

基于组合预测和动态的生产-废物-危害综合模型

编程

总结

近年来，塑料垃圾问题引起了广泛关注。其不断增长的趋势给环境和人类带来了严重的威胁。因此，为了缓解塑料危机，我们采取了以下措施。

首先，设计了一个 PWH 模型来模拟塑料的生产-废物-危害生命周期。PWH 模型是基于收集的塑料年产量、塑料使用寿命、年回收率和焚烧率的数据。PWH 模型每年分别输出一一次性或一次性塑料及其他塑料所产生的废物和危害(我们引入了一个函数来量化危害)。

其次，我们使用 PWH 模型来确定在不造成进一步环境损害的情况下，可减轻的一次性塑胶废物的最高水平:按一次性塑胶比率 27.8% 计算，到 2020 年，一次性塑胶每年产生的废物为 1,097 万吨，最大缓解量为 343 万吨。

第三，我们将 PWH 模型整合到 IPWH 模型中，加入多种影响因素:塑料的替代品;政策干预;公民生态意识的提升;以及清除海洋和陆地上累积的塑料垃圾。除了与 PWH 模型相同的输出外，IPWH 还输出塑料替代品的增长趋势，累积塑料危害。

然后，我们使用 IPWH 模型在线性回归的帮助下进行预测，并与 PWH 模型的预测进行比较。在此基础上，通过使用动态规划(Dynamic Programming)，我们为可实现的最小塑料垃圾水平设定了目标:目标 1，减少一次性塑料产生的年度塑料垃圾，到 2125 年实现;目标 2，减少塑料危害，2131 年实现。

接下来，我们利用 IPWH 的结果研究了实现上述目标的影响。当目标 1 实现时:在环境层面:每年一次性塑料废物的 4.89 亿吨(46.0%)和累积管理不善的塑料废物的 449 亿吨(58.2%)将会减少;在经济层面，传统塑料产业将损失 37.64% 的经济，而塑料替代产业将提供 9.61% 的新就业岗位;最后，人类的生活条件将得到改善。

最后，我们分析了全球范围内塑料垃圾水平的区域差异。利用 AHP 和 k -均值算法，我们建立了一个度量系统，并提供了 186 个国家的等级分数。我们为公平问题提供解决方案:改善废物管理系统和多边合作。

关键词:塑料垃圾，一次性或一次性塑料，动态规划，

AHP，k -均值算法



关注数学模型
获取更多资讯

基于组合预测和动态的生产-废物-危害综合模型

编程

2020 年 2 月 18 日

内 容

1 介绍	3
1.1 问题的背景	3
1.2 问题的重述	3
2 一般假设	4
3 符号	4
4 PWH(生产-废物-危害)塑料的生命周期仿真模型	4
4.1 生产模型	6
4.2 垃圾模型	6
4.3 危害模型	7
4.4 塑料分类和寿命分布	7
5 PWH 模型的实现	8
6 IPWH(综合生产-废物-危害)模型	10
6.1 塑料材料的替代品	10
6.2 政策干预	12
6.3 公民的绿色意识	12
6.4 损害复苏	13
7 IPWH 模型的实现	13
7.1 塑料垃圾水平的最低可实现目标	13
7.1.1 目标设置	13



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

7.2 实现目标的影响.....	15
7.2.1 对环境的影响	15
7.2.2 对传统塑料行业的影响.....	16
7.2.3 对塑料替代行业的影响.....	16
7.2.4 对人类生活的影响	16
全球差距与区域制约	17
8.1 塑料垃圾等级公制系统.....	17
8.2 股票发行	18
8.3 可能的解决方案	19
8.3.1 在“严重”级别国家加强充分和良好的废物管 理.....	19
8.3.2 多边合作	19
9 敏感性分析	20
	.
10 优势与劣势	20
	.
11 的结论	21
12 备忘录附 录	23
	26
附录 A 所有 186 个国家和地区的评分和水平附录 B PWH 模式代码	26
	27
附录 C 任务 1 代码	27
附录 D IPWH 模型和任务 2、3 的代码	28

有道文档翻译
pdf.youdao.com



关注数学模型
获取更多资讯

1 介绍

1.1 问题背景

自 20 世纪 50 年代以来，大规模塑料生产行业蓬勃发展。一方面，这是第二次世界大战后塑料产品需求不断增长的必然结果:家庭、工业、医疗等。此外，塑料由于其便宜、多用途、重量轻和耐腐蚀性而占了上风。[1]

然而，由于耐腐蚀的特性，大多数塑料都很难分解，在环境中会持续存在长达一个世纪。这引起了人们对塑料垃圾问题越来越多的关注。根据此前的研究，2015 年，初级塑料产量为 4.07 亿吨;约四分之三(3.02 亿吨)最终成为垃圾，但其中只有 9%得到了适当的回收利用。[1]在这些管理不善的塑料中，一次性或一次性塑料占了绝大多数。

更糟糕的是，这些管理不善的塑料对环境造成了重大危害。那些被丢弃到海洋中的塑料经常被海鸟和海龟等海洋生物误食，很容易缠住它们。在人体健康方面，六岁以上人群 93%的尿液样本中都含有“双酚 A”——一种用于制造塑料饮料容器的化学物质，会导致内分泌健康问题。[3]

因此，迫切需要一个准确的模型来评估和预测当前以及未来的塑料垃圾状况，并因此提供相应的合理方案来缓解塑料垃圾危机。



图 1:加纳的塑料垃圾[4]

1.2 重述问题

我们首先需要建立一个模型，在不恶化当前塑料环境水平的情况下，评估一次性或一次性塑料的最大水平



关注数学模型
获取更多资讯

污染。然后，我们需要开发一个进一步的综合模型，考虑到影响塑料垃圾严重程度的多个因素(使用一次性或一次性塑料;监测这种使用的政策;它可能的无害替代品……)。然后，我们使用这个集成模型对未来趋势进行预测，找出理想的缓解策略，并评估缓解的可能影响。最后，我们被要求考虑关于塑料垃圾问题的区域差异，并讨论其公平性问题。

2 一般假设

我们的模型做了以下一般假设。其他基于不同模型的假设将在接下来的模型相关章节中列出。

- 1.我们忽略了 1950 年以前产生的塑料垃圾。
- 2.除“包装材料”外，其他年度塑料制品的生产比例保持不变。
- 3.各种塑料制品一旦制造出来就投入使用。生产和使用之间没有时间差。
- 4.所有一次性或一次性塑料都无法回收。
- 5.成功回收的塑料废弃物将用于明年全年的塑料总产量。

3 符号

本文采用表 1 中的表示法。

4 PWH(生产-废物-危害)塑料的生命周期仿真模型

在本节中，我们设计了一个 PWH(生产-废物-危害)模型，以模拟每年生产、使用和由此产生的废物的过程，以及塑料对环境的危害或污染。在这个模型中，我们区分了 2 种塑料:一次性或一次性塑料和其他塑料。

在规划方面，我们采用动态规划代替递归预测。这样，在解决优化问题的同时，可以大大提高模型的计算效率和精度。

PWH 模型收集和使用的输入数据包括从[1]和[5]收集的塑料年产量、回收率、焚烧率、废弃率和不同塑料的寿命信息。



关注数学模型
获取更多资讯

表 1:表示法

象征	定义
t	时间(年)
年代	一次性或一次性塑料的百分比
a	塑料替代品取代一次性或一次性塑料的百分比
年代	塑料替代品替代其他塑料的百分比
α o	
AP(t)	第 t 年塑料总产量
AP _s (t)	t 年一次性或一次性塑料的年产量
AP _o (t)	t 年其他塑料年产量
AP _a (t)	t 年塑料替代品的年产量
亚历山大-伍尔兹 _s (t)	第 t 年一次性塑料废物年产量
	t 年其他塑料废弃物年产量
亚历山大-伍尔兹 _o (t)	第 t 年塑料“替代”废物的年产量
亚历山大-伍尔兹 _a (t)	
我	塑料的类型
β _我	i 型塑料的生产比例
j	一个塑料制品的使用寿命
Di (j)	i 型塑料的寿命分布
是(t)	t 年一次性塑料或一次性塑料的焚化率
io (t)	t 年其他塑料的焚化率
ro (t)	第 t 年塑料和其他塑料的成功回收率
类风湿性关节炎(t)	第 t 年塑料替代品的成功回收率
H (t)	第 t 年对环境的危害
p (t)	第 t 年政策强度水平
c (t)	t 年市民生态意识水平
η (t)	第 t 年 累 计 塑 料 废 弃 物 年 去 除 率

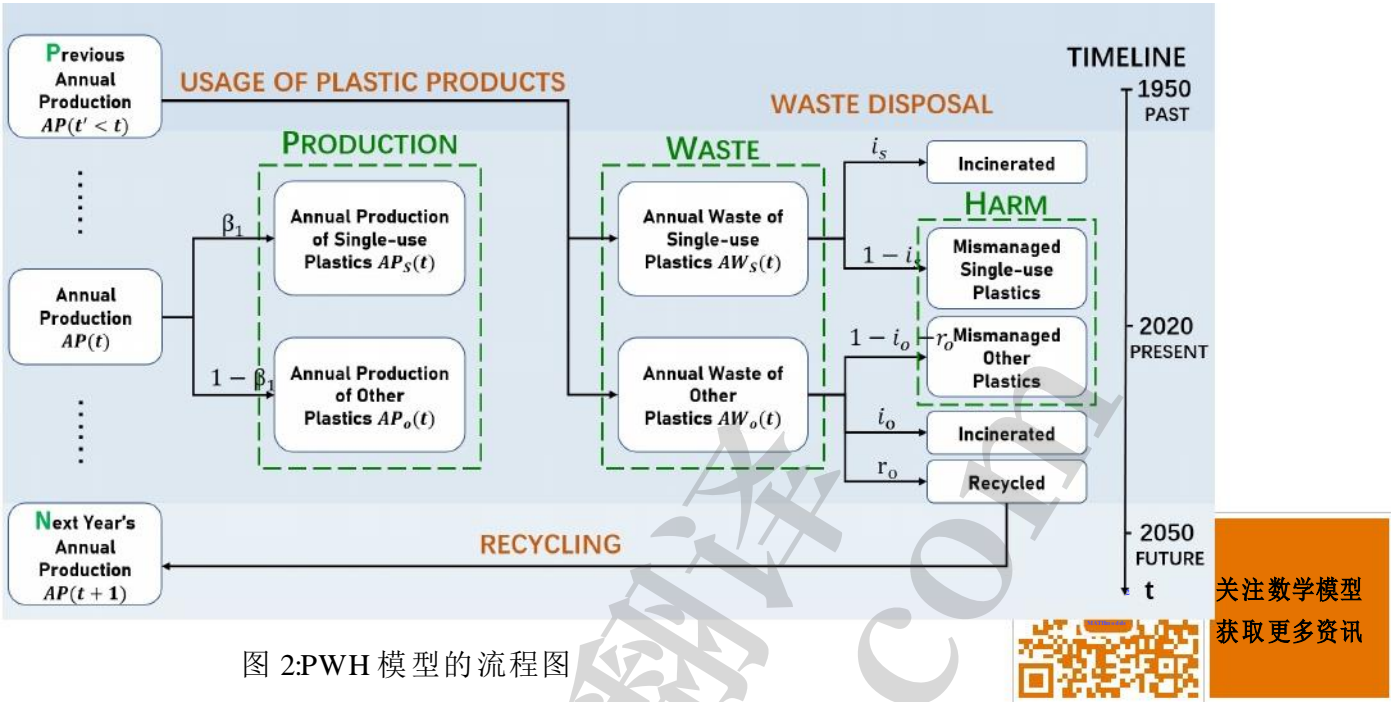


图 2:PWH 模型的流程图

假设在这个模型中，我们假设 $s = \beta_1$ 。这是基于两个事实:目前大多数塑料包装是一次性使用的;包装塑料在所有行业中使用寿命最短(章节 4.4)，这符合“一次性”的性质。

4.1 生产模式

基于以上假设，我们承认一次性或一次性塑料的生产速率等于 β_1 ，因此我们有，

$$AP_s(t) = \beta_1 \times AP(t)$$

(1)

$$AP_o(t) = (1 - \beta_1) \times AP(t)$$

(

4.2 浪费模型

在我们的模型中，我们将一年的“年度废物”定义为在该年终止使用的塑料(一年或几年前生产的)。

因此，公式 1,2 中的前一年总产量使我们能够通过将前一年生产的所有类型的塑料在今年[1]达到使用寿命的总和来计算年度浪费。

$$AW_s(t) = \sum_{j=1}^{t-1950} AP_s(t-1)D_1(j)$$

(3)

$$AW_o(t) = \sum_{j=1}^{t-1950} \sum_{i=2}^8 AP_{o,i}(t-j)D_i(j)$$

(

其中，不同塑料的寿命分布将在第 4.4 节中外推。



图 3:PWH 模型每年产生塑料废物的结果



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

4.3 危害模型

本节描述了塑料成为废物(过期使用寿命)时的废物管理过程。目前，存在几种处理方式:焚烧、回收、填埋、丢弃到河流和海洋中。在加工垃圾中，对环境造成巨大威胁的是管理不善的垃圾。

管理不善的废物是那些极有可能通过风或潮汐运输进入海洋，或从内河水道带到海岸线的物质。管理不善的废物是指随意丢弃或处置不当的物质的总和。[1]

在我们的模型中，它等于既不回收也不焚烧的垃圾。因此，我们将每年对环境造成的“危害” H 定义为管理不善的塑料垃圾总量，

$$H(t) = AW_s(t) \times (1 - i_s) + AW_o(t) \times (1 - i_o - r_o)$$

(5)



图 4:PWH 模型对年危害塑性结果的结果

4.4 塑料分类和使用寿命分布

在我们的模型中，我们将所有生产的塑料分为几个类别。我们收集了它们的生产率数据，以及每个类别的平均寿命和标准偏差。

本文采用对数正态分布作为塑性寿命模型。这是基于这样一个事实，即对数正态分布可以用来描述工业单位的寿命，我们可以将其与塑料的寿命进行类比。因此，提供了塑料的平均寿命和标准差，我们就可以计算出它们寿命的概率分布如下。

既然我们知道，

$$E(X) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$
$$var(X) = (e^{\sigma^2} - 1) \cdot e^{2\mu + \sigma^2}$$

(6)



表 2:塑料的类别及其寿命

类别	生产比	平均寿命-时间(年)	标准偏差
包装	35.9%	0.5	0.1
运输	6.6%	13	3.
建筑与施工	16.0%	35	7
电子	4.4%	8	2
消费者和机构产品	10.3%	3.	1
工业机械	0.7%	20.	3.
纺织	11.5%	5	1.5
其他	14.5%	5	1.5

我们能够计算 μ 和 σ 用于编程

$$\mu = \ln(E(X)) - \frac{1}{2} \ln(1 + \frac{var(X)}{E(X)^2})$$

(8)

$$\sigma^2 = \ln(1 + \frac{var(X)}{E(X)^2})$$

(9)

最后，我们有

$$D(x; \mu; \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}$$

(10)

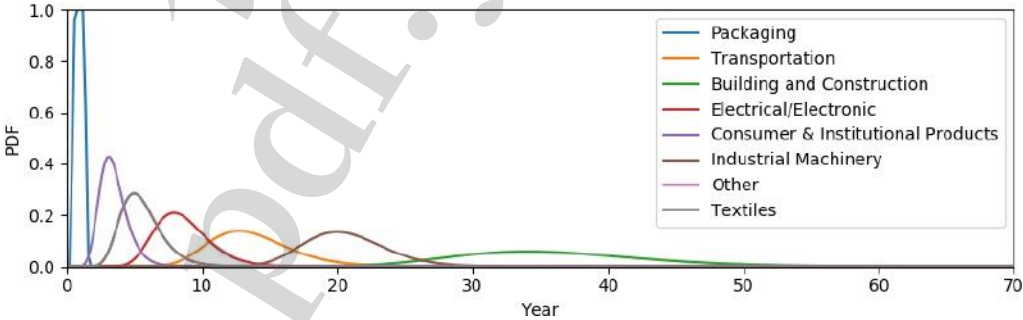


图 5:不同塑料寿命的概率分布 $D_{i(j)}$

5 PWH 模型的实现

从图 3 中，我们观察到，尽管一次性或一次性塑料在所有塑料生产中的比例 (35.9%) 大大低于其他塑料的比例(64.1%)，但两者(AW)每年产生的废物 $s(t)$ ， $AW_o(t)$ 接近。而且，前者不能回收，导致了更严重的年度危害。。我们还从数据中观察到，增长速度继续加快，因此没有显示出放缓的迹象。



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

因此，我们有理由得出这样的结论:一次性或一次性塑料垃圾是塑料垃圾危机的主要原因。这完全符合现实。换句话说，降低一次性或一次性塑料的使用水平对于缓解整个危机至关重要。

因此，在本节中，我们推行已建立的 PWH 模型，以解决任务一:评估在不进一步破坏环境的情况下，可减少的一次性或一次性塑胶废物的最大数量。

我们首先要定义几个术语。

进一步的环境破坏由于技术的限制，我们目前无法:处理一次性废物;回收或焚烧所有塑料制品。这意味着我们无法停止对环境的破坏，除非我们根除大部分塑料的使用，而这是不可能的。因此，我们将“不会进一步破坏环境”定义为:能够在一定程度上减缓当前的年度危害(这里我们选择 10%)。

在这项任务中，我们的目标是最大限度地缓解一次性塑料废物，具体如下:改变 β_1 今年的;计算新的 $AW_s(t+1)_{\beta_1}$ 有关;计算其与 AW 的最大差值 $s(t+1)_{original}$ β 变化前 $_1$ 。

最后，

$$\begin{aligned} \text{最大缓解} &= AW_s(t+1)_{\beta_1=35.9\%} - AW_s(t+1)_{\beta_1} \text{ 年代。 } T \quad 0 \leq \beta_1 \leq 1, \\ H(t+1)_{\beta_1} &\leq H(t+1)_{\beta_1=35.9\%} \times (1-10\%) \end{aligned}$$

(11)

在那里，

$$\begin{aligned} H(t+1)_{\beta_1} &= AW_s(t+1)_{\beta_1} \times (1 - \text{我}_{s(t+1)}) + AW_o(t+1)_{\beta_1} \times (1 - \text{我}_o - r(t+1))_o(t+1) \\ (12) \quad AW_s(t+1)_{\beta_1} &= AW_s(t+1)_{\beta_1=35.9\%} + (\beta_1 - 35.9\%) \times AP(t) \end{aligned}$$

(13)

根据模型的回归预测，我们采用动态规划的思想来计算任意时间跨度内的最大值 $H(t)$ 。我们把每年预测的 H 作为一个新的状态，根据参数的变化来预测目标函数的值，做出新的决策，以实现最优选择。(完整代码在附录中提供。)

公式 12、13 基于以下建模假设:一次性塑料的年浪费源于前一年的生产;其他塑料垃圾的寿命长于一年，因此我们可以忽略它们与去年产量的关系。

利用 PWH 模型求解方程 11 的优化问题。解决方案如表 3 和图 6 所示。



关注数学模型
获取更多资讯

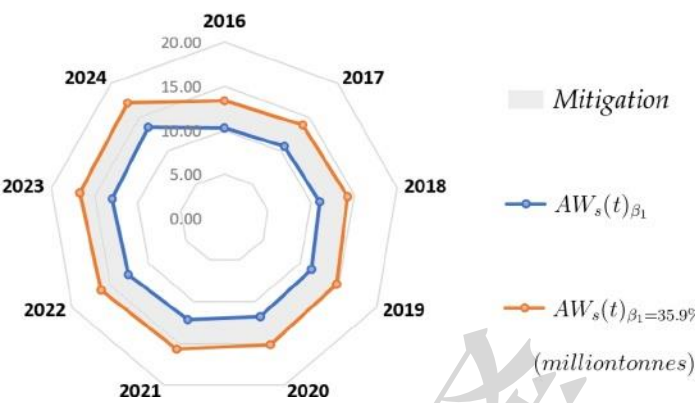


图 6:任务 1 的结果:每年一次性塑料废物和最大限度地缓解

表 3:任务 1 的解决方案

一年	一次性使用比率	每年一次性使用废物(百万公吨)	最大限度减少(100 万吨)
2016	27.6%	10.28	3.09
2017	27.6%	10.62	3.19
2018	27.6%	10.97	3.30
2019	27.8%	11.41	3.32
2020	27.8%	11.77	3.43
2021	27.8%	12.14	3.54
2022	28.0%	12.61	3.56
2023	28.0%	13.00	3.67
2024	28.2%	13.48	3.68

6 IPWH 综合生产-废物-危害模型

在本节中，我们整合了以前的 PWH 模型，将影响塑料废物水平的多个因素加入其中。(Task2)

塑料材料的替代品

目前，塑料的替代品是部分可回收材料，如纸张或玻璃，部分可生物降解材料，如聚乳酸聚酯，淀粉基聚合物等。与此同时，一些人致力于通过添加称为前降解浓缩物(PDCs)的添加剂，使传统热塑性塑料具有可生物降解性。[6]

在我们的集成模型中，我们讨论了上述类型的替代方案的影响。



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

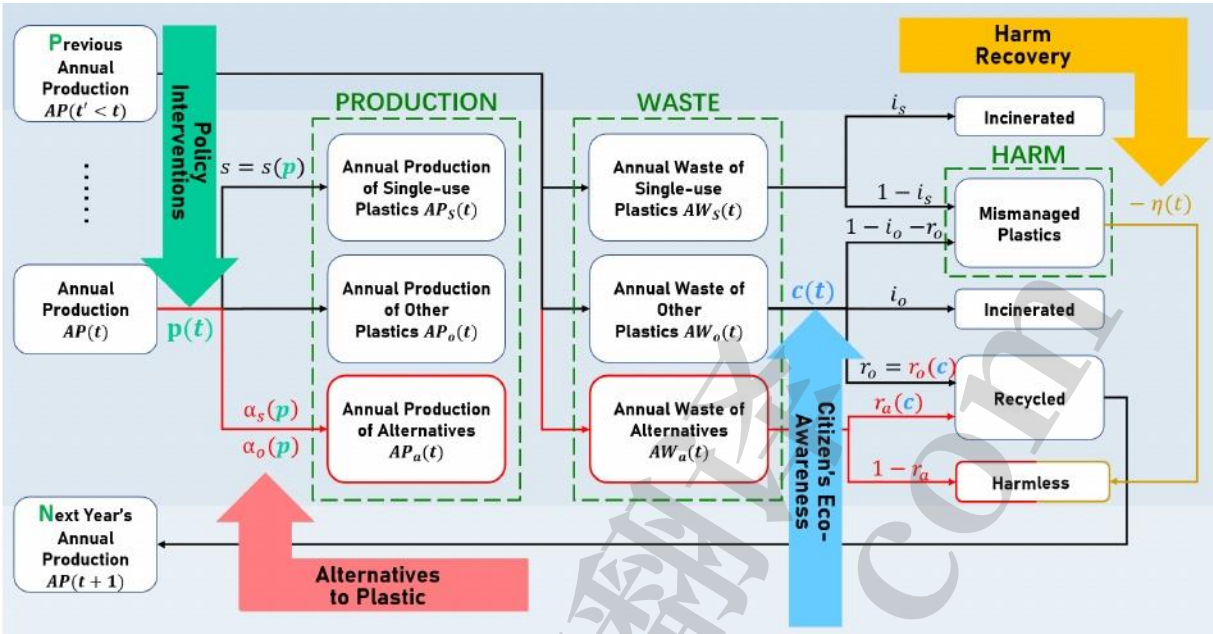


图 7:IPWH 模型流程图

假设

- 我们假设所考虑的所有塑料替代品废物都是可回收的，回收率为 r_a ，或可生物降解(对环境完全无害)，回收率为 $1 - r_a$ 。
- 由于一些包装被可回收的替代品所取代，第 4 节中所做的假设不再可靠。相反，我们有 $s = \beta_1 \times (1 - \alpha_s)$
- 2015 年之前没有生产替代品。
- 由于技术限制，所有回收率和替代率都存在上限。我们在式 16、式 17 中假设这些限制。

我们还考虑了被替代品替代的其他塑料之间的一次性塑料的不同百分比。我们将初始替代比例设定为 2015 年($\alpha_{s,initial}$, $\alpha_{o,initial}$)。具体来说，我们承认一次性塑料更容易被替换，因为它们的使用更广泛;它们更容易制造。

$$0 \leq \alpha_s < \alpha_o \leq 1$$

这样我们就可以计算出塑料替代品的年产量和浪费量。

$$AP_a(t) = AP(t) \times \beta_1 \times \alpha_s + AP(t) \times (1 - \beta_1) \times \alpha_o \tag{14}$$

$$T - 2015 \leq T \leq 2015$$

$$AW_a(t) = \sum_{j=1}^X AP(t-j) \beta_1 \alpha_s D_1(j) + \sum_{j=1}^X AP(t-j) (1 - \beta_1) \alpha_o D_1(j) \tag{15}$$

$$J = 1 \quad i = 2 \quad J = 1$$



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

6.2 政策干预

各国已经实施了政策，以缓解塑料废物危机。值得注意的是，2015 年之后，国家层面上管理一次性或一次性塑料的政策数量急剧增加。[7]

因此，在本节中，我们通过定义描述政策“强度”水平的参数 $p(t)$ 来强调 2015 年后政策干预的有效性。我们用初值 $p(0) = 1$ 的凸函数进行模拟(我们采用指数)，因为我们认为发展速度将会增加，因为这是一个在全球范围内传播的过程。

我们假设产品(以前由塑料制成)的年需求保持当前的增长趋势。由于政策干预减少了塑料产品，这直接导致了塑料替代品替代量的增加。也就是说， α_s 和 α_o 与 $p(t)$ 正相关。我们将这个关系设计如下。

$$p(t) = e^{a_p \times (t-2016)}$$

一个 p 是控制政策力度增长速度的常数。

$$\begin{aligned} \alpha_s(t) &= \min(\alpha_{s,initial} \times p(t), 0.8) \\ \alpha_o(t) &= \min(\alpha_{o,initial} \times p(t), 0.5) \end{aligned} \tag{16}$$

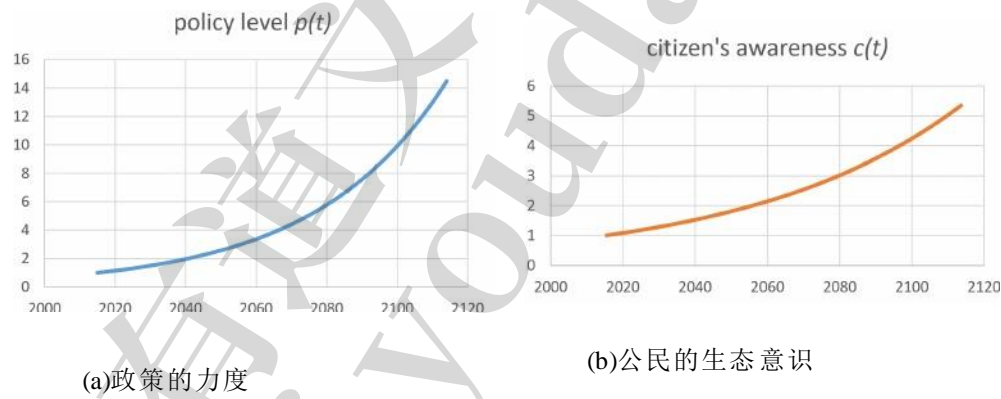


图 8:控制替代品比例和回收率的量化措施(新参数 p , c)

6.3 公民的生态意识

社会对塑料垃圾危机的认识对于减缓环境破坏至关重要。其影响集中在资源的再利用和循环利用，鼓励负责任地使用和最大限度地减少废物和垃圾的产生。[7]

我们用 $c(t)$ 模拟市民获得环境意识的渐进过程(图 8b)。并且在这个模型中，我们关注的是公民的环保意识对回收过程的影响。它的作用类似于政策对替代品比例的影响。具体来说， r_a 和 r_o 与 $c(t)$ 正相关。我们设计 $c(t)$ 及其与 r 的关系如下。

$$c(t) = e^{a_c \times (t-2016)}$$



一个 c 是控制公民生态意识增长速度的常数。

$$\begin{aligned}ra(t) &= \min (ra_{\text{初始}}(t) \times c(t), \\1)ro(t) &= \min (ro_{\text{初始}}(t) \times c(t)\end{aligned}$$

(17)

6.4 伤害恢复

所有被清除的累积废物都是不可回收的，但可以以无害的方式处理。

近年来，为了对地球上累积的塑料垃圾进行回收和再处理，人们做出了努力，发展了技术。我们将这一过程定义为“伤害恢复”，用 $\eta(t)$ 表示累积塑料废物的年清除量。

$$\begin{aligned}H(t) &= H(t)_{\text{original}} - \eta(t) \\ \eta(t) &= \eta_{\text{海洋}}(t) + \eta_{\text{陆地}}(t)\end{aligned}$$

(18)

(19)

我们把每年的去除分为海洋去除和陆地去除。对于海洋清除，在过去，从海洋中收集塑料使用的是蝠鲼拖网船，这是一种鱼拖网船和浮游生物拖网船的混合体。[8]目前，估计可以从海洋中收集和清除 725 万吨塑料碎片。[9]而对于陆地的清除，我们假设未来人类将能够回收以前填埋在陆地上的塑料垃圾。

我们假设清除的增长速度为线性及其方程。 $b_{\text{ocean}}b_{\text{land}}$ 式 20 中的是描述年移除的确切增长率的常数。

$$\begin{aligned}\eta_{\text{海洋}}(t) &= b_{\text{ocean}} \times t + \\7.25 \times 10^6 \quad \eta_{\text{陆地}}(t) &= b_{\text{land}}\end{aligned}$$

(20)

7 IPWH 模型的实现

在本节中，我们使用我们的 IPWH 模型来设定全球一次性塑料废物的最小可达到水平的目标。然后，我们讨论实现我们的目标的多重影响。(Task3)

7.1 塑料垃圾水平的最低可实现目标

7.1.1 目标设定

正如我们之前在第 5 节中讨论并在图 3 和图 4 中所示， $AW_s(t)$ 和 $H(t)$ 将继续以极快的速度增长，如果不采取措施，将不会收敛。

因此，我们为我们的 IPWH 模型设定了两个不同的目标。



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

- 目标 1: $AW_s(t)$ 开始下降。
- 目标 2: $H(t)$ 开始下降。

原因解释如下。首先，通过我们的 IPWH 模型，我们能够减缓 AW 的增长速度 $s(t)$ 和 $H_s(t)$ 因为 IPWH 是缓解塑料废物危机的多种措施的综合。然后，对于 $AW_s(t)$ ，由于一次性塑料垃圾是有害的，我们需要尽可能地抑制其每年的增长;对于 $H(t)$ ，它代表所有塑料造成的总危害。

因此，拐点目标 1 代表一次性塑料方面缓解塑料垃圾危机的成功;目标 2 则代表整个塑料行业的缓解。

7.1.2 结果



图 9: $AW_s(t)$ 采用 PWH 和 IPWH 模型。

我们用 IPWH 计算表明，目标 1 可以在 2125 年实现，目标 2 可以在 2131 年实现，参数值如下。

参数	代年 最 初的	代年 最 初的	美 联 社	交 流	bocean	平 淡 无 奇
价值	0.1	0.05	0.014	0.007	2.5×10^5	2.5×10^5

特别值得注意的是，我们还可以计算 IPWH 结果与 PWH 模型预测结果的差异：

$$\begin{aligned}\Delta AW_s(t) &= AW_{s,PWH}(t) - AW_{s,IPWH}(t) \\ &= 489、440、602 \text{ 吨} \\ \Delta H(t) &= H_{PWH}(t) - H_{IPWH}(t) \\ &= 1\,416\,352\,725 \text{ 吨} \\ \Delta h_{\text{蓄积}}(t) &= h_{\text{蓄积}, PWH}(t) - h_{\text{蓄积}, IPWH}(t)\end{aligned}$$

(21)

= 44,922, 807,233 吨



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

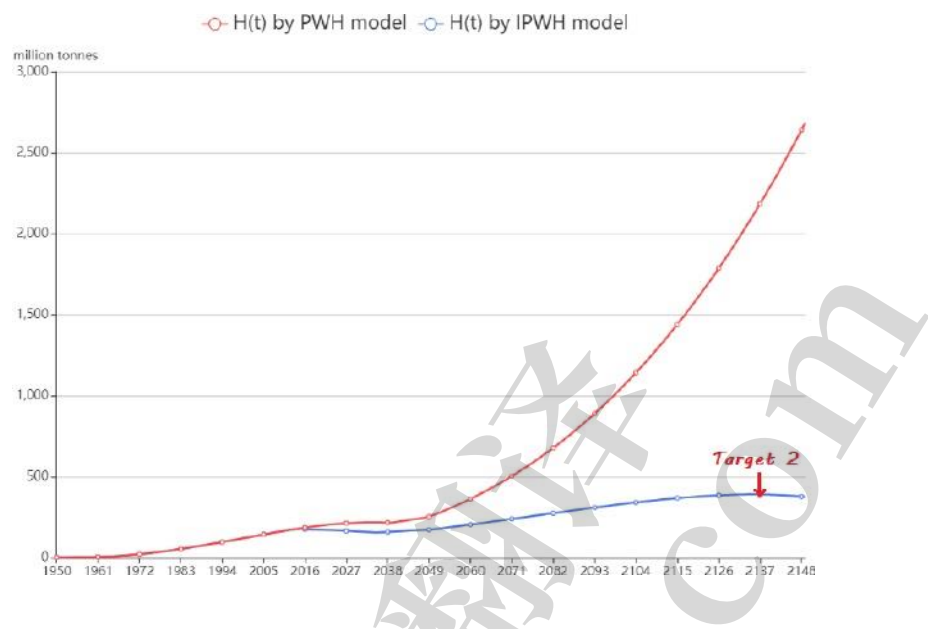


图 10:PWH 与 IPWH 模型的 $H(t)$ 比较

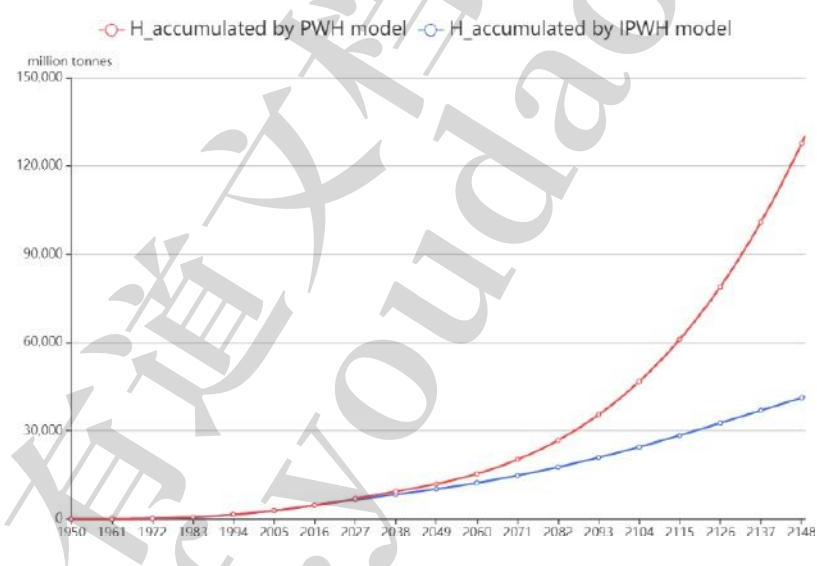


图 11: $H_{\text{accumulated}}(t)$ 的比较采用 PWH 和 IPWH 模型。

7.2 达成目标的影响

7.2.1 对环境的影响

对环境的影响可以直接用 $H(t)$ 的变化来描述。从公式 21 中，我们可以知道确切减少的塑料垃圾数量和危害:当目标 1 实现时，减少 4.89 亿吨，占年度一次性塑料垃圾的 46.0%;449 亿吨，即 58.2%的累积管理不当的塑料废物将因 IPWH 模式所纳入的措施而减少。



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

7.2.2 对传统塑料行业的冲击

首先，由于塑料替代品的出现，生产增长率 $AP_o(t)$ 和 $AP_s(t)$ 减慢，尤其是后者。

其次，回收率 r 的增加 $r_o(t)$ 对降低塑料制品的制造成本起作用。因为回收的塑料都用于明年的生产。

假设

- 所有塑料制品视为相同的，具有相同的制造成本 b 和利润。
- 回收一个塑料制品可以节省 70%的成本。
- 制造一件塑料产品的利润是其成本的 50%。

我们计算实现目标 1 时传统塑料行业的经济损失。

$$\begin{aligned} \text{原始利润} &= (AP_o + AP_s + AP_a) \times (50\% + 70\% \cdot r_{o,original} \cdot \beta_1) \times \text{达成目标后的 } b \\ \text{利润} &= (AP_o + AP_s) \times 50\% + AP_o \times 50\% \cdot r_o \times b \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{塑料工业损失} &= 1 - \frac{\text{Profit After Achieving Targets}}{\text{Original Profit}} \\ &= 37.64\% \end{aligned}$$

(22)

7.2.3 对塑料替代产业的影响

虽然塑料行业在很大程度上受到了负面影响，但新的方式使塑料替代品行业迎来了春天。

由于更大的研发需求;制造工艺更复杂，塑料替代品行业需要相对更大的招聘规模。我们假设要大 30%。然后我们可以计算出在实现我们的目标时，塑料替代行业提供的新工作岗位。

(23)

$$\begin{aligned} \text{提供的新工作岗位}(\%) &= 30\% \times \frac{AP_a}{AP_o + AP_s + AP_a} \\ &= 9.61\% \end{aligned}$$

7.2.4 对人类生活的影响

塑料不是惰性的，但含有几种具有潜在毒性的化学物质。虽然含量尚不确定，但塑料中含有的化学物质或通过塑料垃圾运输的化学物质对人类有影响。[10]从而减少了塑料垃圾和污染

通过实现目标可以缓解对人类健康的负面影响。



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

其他影响包括:更安全的海鲜和海产品的可获得性提高;商品的年度支出增加(由于塑料替代品价格上涨);子孙后代更广泛的环保意识。

8 全球差距和区域限制

塑料垃圾危机是一个全球性问题，因果关系并不均匀分布。因此，在本节中，我们将讨论全球塑料垃圾水平的差异和公平问题。(4)任务

8.1 塑料垃圾水平的公制体系

我们从塑料垃圾水平的原因和影响方面选择了三个指标作为我们的度量指标:人均塑料垃圾产生量(原因);塑料垃圾管理不足的比例(效果);全球废物管理不善的份额(效应)。我们从数据库[1]中收集了 186 个国家的有效数据。

数据归一化由于三个指标的维度不同，我们用公式 24 将数据归一化为 0 到 1 之间的值。另外，我们的指标都是成本指标:越大，情况越严重。

$$a_{i,j,normalized} = \frac{a_{i,j} - \min_{i' \in \{1,2,...186\}} a_{i',j}}{\max_{i' \in \{1,2,...186\}} a_{i',j} - \min_{i' \in \{1,2,...186\}} a_{i',j}}$$

$i \in \{1, 2, ...186\},$ $j \in \{1, 2, 3\}$

(24)

重量测定指数。本文采用 AHP 确定了各变量的权重

表 4:AHP 确定的指标权重

指数(我)	我 ₁ :塑料垃圾葛-人均生育率	我 ₂ :塑料份额管理的不足	我 ₃ :全球份额废物管理不善
重量(w)	0.242637	0.66941	0.087946

最终得分我们可以用公式 25 计算每个国家的最终得分。分数有多高描述了塑料垃圾危机的严重程度。

最终得分= w₁ 我₁ + w₂ 我₂ + w₃ 我₃

(25)

我们将所有 186 个国家的塑料垃圾严重程度分为三个级别:严重、中等、轻微，通过将数据集聚类为三个级别

使用 K-means 算法进行聚类。



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

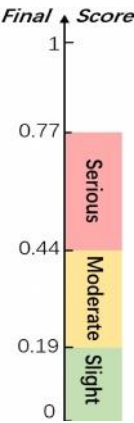


表 5:基于 K-means 算法的类别信息

严重程度	轻微的	温和的	严重的
最高分数	0.185724755	0.43091417	0.764190323
最低分数	0.013298209	0.19443249	0.467481143

附录 A 提供了所有 186 个国家和地区的分数和水平。

8.2 公平问题

我们使用上述指标计算所有国家和地区的得分。我们制作了图 13 来分析塑料垃圾水平的区域分布。

分布在地理上是不均衡的。在大陆层面上，最严重的塑料垃圾危机主要出现在东南亚和中东非洲。总体而言，北美、南欧和北欧的情况较好。

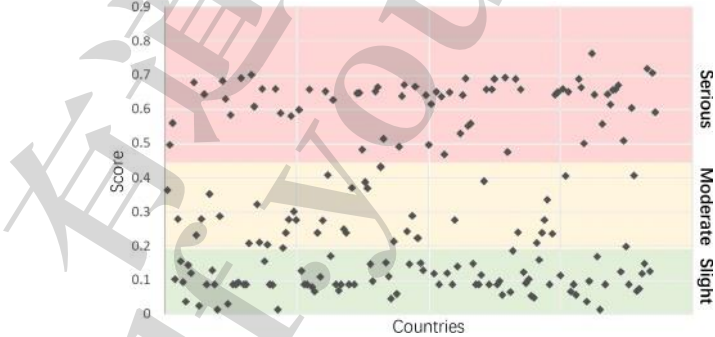


图 12:各国塑料垃圾水平的极化分布

分布是两极分化的。从图 12 和表 5 中我们可以看出，国家在某种程度上集中在两极，属于“中等”级别的国家相对较少。这可能是由于世界范围内经济水平的差异导致了应对塑料垃圾危机的措施和意识的不平衡。



关注数学模型
获取更多资讯

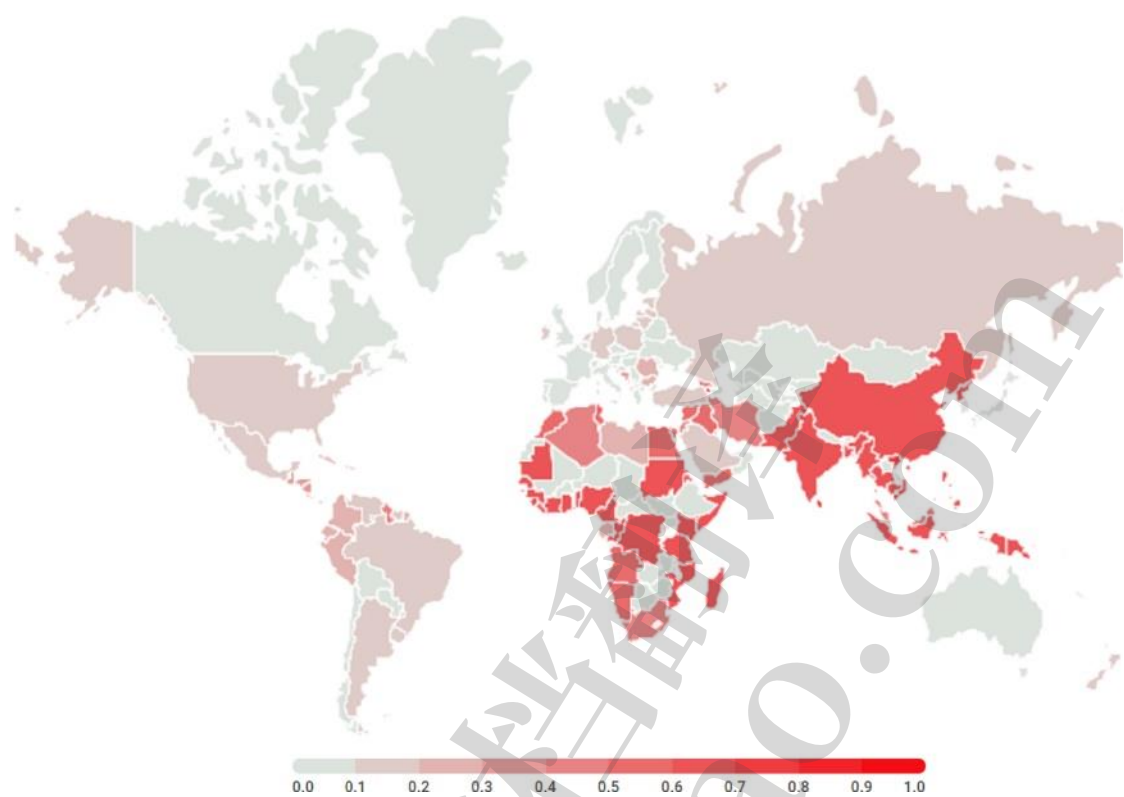


图 13:全球得分分布热图

8.3 可能的解决方案

8.3.1 “严重”级别国家的改善，以加强充分和良好的废物管理

值得注意的是，以美国为例:美国的最终得分为 0.119;属于“轻微”。然而，美国每人每天产生 0.34 公斤塑料废物，几乎是全球第一。但这与美国是平衡的美国在全球垃圾管理不善的比例仅为 0.86%。

我们注意到，这是发达国家的普遍趋势。德国在人均每日塑料垃圾产生量(0.56 公斤)方面排名第一，但适当的废物管理(占全球管理不善份额的 0.1%)仍然使德国处于“轻微”类别。

因此，我们将塑料垃圾的轻度水平在很大程度上归因于塑料垃圾管理的高度适当。而这一点在“严重”级别的国家尤其应该引起重视，这些国家产生了大量的塑料垃圾，但在很大程度上管理不善。

8.3.2 多边合作

我们注意到，塑料垃圾水平的严重分布在一定程度上符合经济水平。

发展中国家的得分往往较低，尤其是亚洲和非洲国家。皮毛，



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

此外，这些国家妥善处理塑料垃圾的能力和可用性也较低。这是由于他们的经济和技术限制。

同时，正如第 8.3.1 节所提到的，发达国家的情况更好，因为他们有足够的废物管理水平。

因此，我们建议在能够更好应对塑料挑战的“轻微”级国家和“严重”级国家之间建立多边合作。毕竟，作为地球上的居住者，塑料垃圾危机是我们共同面临的挑战。

9 敏感性分析

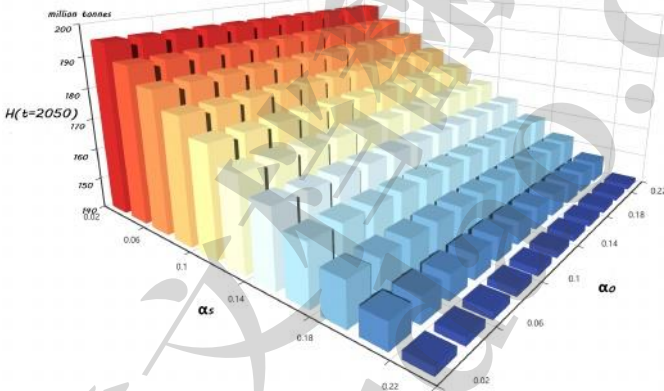


图 14: α 的影响 $\alpha_{s,original}$ 和 $\alpha_{o,original}$ 关于 2015 年 H 的危害($t = 2050$)

在我们的 IPWH 模型中，模型的结构是由两对参数决定的: ($\alpha_{s,initial}$, $\alpha_{o,initial}$) 和 (p , c). 参数对 ($\alpha_{s,initial}$, $\alpha_{o,initial}$) 与塑料替代品的比例有关，参数对 (p , c) 与政策和市民的生态意识有关。在我们建立模型的过程中，由于缺乏相关的数据，这些参数都是我们自己假设的。因此，我们分析了它们的敏感性。

α_s 、起始和 α_o 的敏感性，起始对 α_s 的敏感性，起始和不敏感对 α_o 的

$p(t)$ 和 $c(t)$ 的敏感性在前面的章节中，我们确定了方程 16 和方程 17 中 $p(t)$ 、 $c(t)$ 的解析公式：我们假设它们的增长趋势分别由 a_p 和一个 c_o 。因此，这个分析是通过改变 a_p 和一个 c_o 。从图 15 中，我们可以看出 $H(t)$ 对 $p(t)$ 敏感，对 $c(t)$ 不敏感。

10 优势与劣势

强度



关注数学模型
获取更多资讯

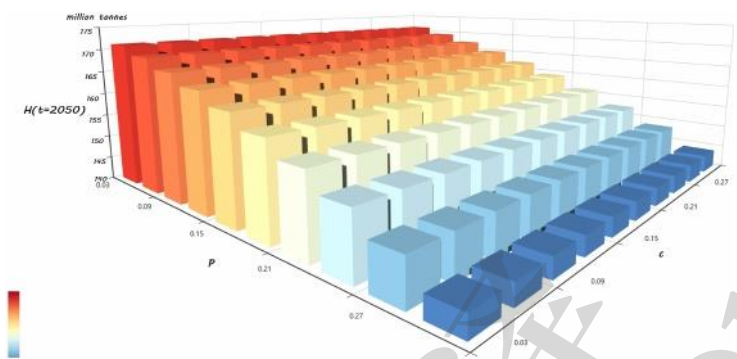


图 15: $p(t)$ 和 $c(t)$ 对 2015 年 H 时危害的影响($t = 2050$)

- 1.我们从[5]中获得灵感来设计我们的 $AW(t)$ 方程。我们优化了它的核心算法，并考虑了多个数据集的变化。因此，我们的模型具有唯一性和较高的预测精度。
- 2.参数的全面性:我们引入政策函数 $p(t)$ 、人类影响函数 $c(t)$ 来量化非数值的影响;我们针对不同类别的塑料采用不同的回收率、焚化率、替代率函数。
- 3.我们设计了函数 H 来量化塑料垃圾的污染程度(对环境的危害)。
- 4.根据收集到的数据的不同趋势，我们使用回归拟合，以便能够进行长期预测。
- 5.由于使用了动态规划，我们的程序具有很高的速度。
- 6.可扩展性:我们的模型可以用来模拟和预测任何国家或地区的情况，只要提供相关数据。

弱点

- 1.当预测要求较大的时间跨度时，可能会出现比较大的预测误差。
- 2.在长期预测方面，我们缺乏回收和焚烧率的信息，而完全基于当前趋势预测这些率会导致很大的误差，特别是当它们接近上限时，目标函数 $H(t)$ 趋于与时间 t 成线性。

11 结论

本文通过建立 PWH 和 IPWH 模型来分析塑料生产与废弃物及其危害之间的关系。首先，根据我们得到的数据，我们得出了

在介绍塑料生产的基础上，对塑料生产和生产的未来趋势进行了预测



关注数学模型
获取更多资讯

其废弃物的不同部分。其次，通过迭代的次数，我们得到了塑料产生的危害的未来价值。同时，我们发现一次性塑料在所有塑料中所占的比例最大。然后我们引入了一种新的替代材料，以减少原产地的年危害。此外，我们用 $c(t)$ 和 $p(t)$ 来描述公民的生态意识和政策的影响。在修改后的模型和这些数据的帮助下，我们设定了一个可实现的目标，尽可能减少一次性塑料的使用。最后，我们还分析了全球差异和区域制约因素。

有道文档翻译
pdf.youdao.com



关注数学模型
获取更多资讯

12 个备忘录

备忘录

收件人:国际塑料废物管理理事会(ICM)发件人 :团队#2010035

日期:2020.2.17

主题:缓解塑料危机

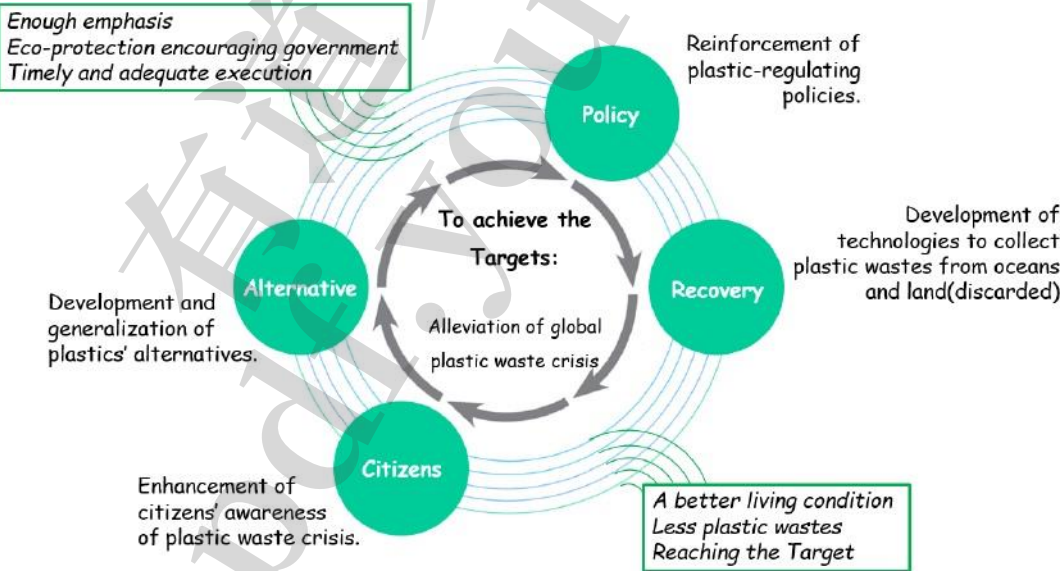
尊敬的先生或女士:

根据您的要求,我们设计了两个模型:PWH 模型和 IPWH 模型,以模拟塑料生命周期的生产-废物-危害。在它们的帮助下,我们提供了一个现实的、可实现的缓解全球塑料垃圾危机的目标水平(简称 target)。

1.实现目标的前提条件

现状:基于 PWH 模拟,我们观察到目前的塑料废物增长趋势不会放缓,除非采取减缓措施。

因此,我们提出了以下建议措施。



2.目标

- 目标目标基于 IPWH 的预测,我们设定了两个可实现的目标。目标目标 1:减少每年一次性使用或处置塑料产生的塑料废物;目标目标 2:减少塑料废物每年对环境造成的危害。
- 时间线基于 IPWH,到 2125 年可实现目标 1,到 2131 年可实现目标 2。



关注数学模型
获取更多资讯

3.实现目标的影响

上述目标的实现带来了各种影响，其中大多数是巨大的利益。

- 环境 4.89 亿吨，占年度一次性塑料垃圾的 46.0%;449 亿吨，可减少累计管理不善塑料垃圾的 58.2%。
- 传统塑料行业由于塑料替代品的广泛使用，塑料行业将遭受 37.64%的经济损失。
- 塑料替代行业 9.61%的新工作岗位将由该行业提供。
- 人类生命有毒塑料化学物质对人类健康的威胁将会减轻。

我们还分析了塑料垃圾水平的全球差异和区域约束。具体来说，我们建立了一个公制体系，我们提供了 186 个国家的分级分数和严重程度。



图 16:全球得分分布热图(Heat Map of Global Score Distribution)

最后，我们的 PWH 和 IPWH 模型以及我们的度量系统都具有良好的可扩展性，可以在有数据的情况下用于任意给定区域的模拟和预测。(如有兴趣，请见附录 a)

我们真诚地希望我们的模型、结果和建议能够为您提供有价值的信息。

最好的问候,
2010035-团队

关注数学模型
获取更多资讯

参考文献

[1] H. R. M. Roser, 《塑料污染》，我们的数据世界，2020 年，
<https://ourworldindata.org/plastic-pollution> 。

[2] A. L. P. G. L. D.白梦宇 1，朱立新，“中国海洋塑料废弃物年入海量估算与预测”，2018。

[3] C. for Disease Control and Prevention, “人体暴露于环境化学品的全国报告”，2018。(在线)。可用:
<https://www.cdc.gov/exposurereport/index.html>

[4] Wikipedia, “塑料污染。”“(在线)。可用:
https://en.wikipedia.org/wiki/Plastic_pollution

[5] K. L. L. Roland Geyer, Jenna R. Jambeck, “所有塑料的生产、使用和命运”，2017 年。

p J. K.;v.m.g. Maria Trimarchi, “十大环保塑料替代品”，2019 年。(在线)。可得:<https://science.howstuffworks.com/environmental/green-tech/sustainable/5-plastic-substitutes3.htm>

[7] UNEP, 《一次性塑料:可持续发展路线图》，2018 年。

超音速飞行。李福丽, “海洋环境中塑料垃圾的来源、发生和影响”。2016。

[9] H. S. K. J. K. O. J. M. H. G. Song yk ., ”海洋表面微层中微小合成聚合物颗粒的大量聚集。2014。

[10] D. E. N. A. Service, “塑料废物:生态和人类健康影响”，2011。



关注数学模型
获取更多资讯

附录

附录 A 所有 186 个国家和地区的分数和水平

Entity	Score	Level	Entity	Score	Level	Entity	Score	Level
Albania	0.364	moderate	Germany	0.171	slight	North Korea	0.688	serious
Algeria	0.494	serious	Ghana	0.628	serious	MNP	0.087	slight
Angola	0.559	serious	Gibraltar	0.087	slight	Norway	0.097	slight
Anguilla	0.102	slight	Greece	0.068	slight	Oman	0.057	slight
ATG	0.279	moderate	Greenland	0.087	slight	Pakistan	0.692	serious
Argentina	0.155	slight	Grenada	0.250	moderate	Palau	0.474	serious
Aruba	0.094	slight	Guadeloupe	0.238	moderate	Palestine	0.065	slight
Australia	0.037	slight	Guam	0.087	slight	Panama	0.186	slight
Bahamas	0.144	slight	Guatemala	0.372	moderate	PNG	0.688	serious
Bahrain	0.120	slight	Guernsey	0.087	slight	Peru	0.240	moderate
Bangladesh	0.678	serious	Guinea	0.646	serious	Philippines	0.658	serious
Barbados	0.231	moderate	GNB	0.647	serious	Poland	0.123	slight
Belgium	0.025	slight	Guyana	0.481	serious	Portugal	0.092	slight
Belize	0.279	moderate	Haiti	0.388	moderate	Puerto Rico	0.102	slight
Benin	0.644	serious	Honduras	0.369	moderate	Qatar	0.054	slight
Bermuda	0.087	slight	Hong Kong	0.147	slight	Reunion	0.048	slight
BIH	0.353	moderate	Iceland	0.097	slight	Romania	0.209	moderate
Brazil	0.129	slight	India	0.653	serious	Russia	0.159	slight
VGB	0.087	slight	Indonesia	0.665	serious	Saint Helena	0.238	moderate
Brunei	0.013	slight	Iran	0.431	moderate	KNA	0.277	moderate
Bulgaria	0.288	moderate	Iraq	0.513	serious	Saint Lucia	0.336	moderate
Cambodia	0.682	serious	Ireland	0.151	slight	SPM	0.087	slight
Cameroon	0.629	serious	Israel	0.111	slight	VCT	0.236	moderate
Canada	0.030	slight	Italy	0.045	slight	Samoa	0.642	serious
Cape Verde	0.583	serious	Jamaica	0.214	moderate	STP	0.650	serious
Cayman Islands	0.087	slight	Japan	0.059	slight	Saudi Arabia	0.113	slight
Channel Islands	0.087	slight	Jordan	0.489	serious	Senegal	0.660	serious
Chile	0.093	slight	Kenya	0.638	serious	Seychelles	0.406	moderate
China	0.691	serious	Kiribati	0.672	serious	Sierra Leone	0.650	serious
CXR	0.087	slight	Kuwait	0.243	moderate	Singapore	0.066	slight
Cocos Islands	0.087	slight	Latvia	0.148	slight	Sint Maarten	0.087	slight
Colombia	0.209	moderate	Lebanon	0.289	moderate	Slovenia	0.056	slight
Comoros	0.701	serious	Liberia	0.666	serious	SLB	0.688	serious
Congo	0.607	serious	Libya	0.224	moderate	Somalia	0.663	serious
Cook Islands	0.322	moderate	Lithuania	0.150	slight	South Africa	0.500	serious
Costa Rica	0.211	moderate	Macao	0.129	slight	South Korea	0.037	slight
Cote d'Ivoire	0.659	serious	Madagascar	0.641	serious	Spain	0.096	slight
Croatia	0.155	slight	Malaysia	0.495	serious	Sri Lanka	0.764	serious
Cuba	0.204	moderate	Maldives	0.614	serious	Sudan	0.642	serious
Curacao	0.087	slight	Malta	0.119	slight	Suriname	0.169	slight
Cyprus	0.085	slight	MHL	0.651	serious	Sweden	0.014	slight



关注数学模型
获取更多资讯

COD	0.659	serious	Martinique	0.087	slight	Syria	0.556	serious
Denmark	0.013	slight	Mauritania	0.636	serious	Taiwan	0.087	slight
Djibouti	0.589	serious	Mauritius	0.467	serious	Tanzania	0.644	serious
Dominica	0.194	moderate	Mexico	0.120	slight	Thailand	0.614	serious
DOM	0.239	moderate	Micronesia	0.650	serious	Togo	0.656	serious
Ecuador	0.278	moderate	Monaco	0.087	slight	Tokelau	0.657	serious
Egypt	0.580	serious	Montenegro	0.276	moderate	Tonga	0.670	serious
El Salvador	0.301	moderate	Montserrat	0.139	slight	TTO	0.124	slight
GNQ	0.276	moderate	Morocco	0.528	serious	Tunisia	0.507	serious
Eritrea	0.598	serious	Mozambique	0.641	serious	Turkey	0.199	moderate
Estonia	0.128	slight	Myanmar	0.690	serious	TCA	0.087	slight
Faeroe Islands	0.087	slight	Namibia	0.550	serious	Tuvalu	0.603	serious
FLK	0.087	slight	Nauru	0.558	serious	Ukraine	0.407	moderate
Fiji	0.658	serious	Netherlands	0.149	slight	ARE	0.068	slight
Finland	0.080	slight	ANT	0.087	slight	GBR	0.074	slight
France	0.066	slight	NCL	0.087	slight	United States	0.119	slight
French Guiana	0.238	moderate	New Zealand	0.115	slight	Uruguay	0.148	slight
PYF	0.110	slight	Nicaragua	0.391	moderate	Vanuatu	0.719	serious
Gabon	0.274	moderate	Nigeria	0.658	serious	Venezuela	0.126	slight
Gambia	0.653	serious	Niue	0.087	slight	Vietnam	0.706	serious

附录 B PWH 模型代码

```

导入 numpy 为 np
导入 pandas 为 pd
导入 csv

从 scipy。Stats import lognorm
import math                                #塑料寿命标准差#塑料寿命预期

进口 matplotlib。pyplot as plt
D =
[0.1, 3, 7, 2, 1, 3, 1.5, 1.5]
E = [0.5,
13, 35, 8, 3, 20, 5, 5]
b = 0.359

Def use_age(kind, year):

    d = d [kind] ** 2 .
    S =数学。log((1 + d / (E[kind] ** 2))) ** 0.5

    mu = math.log(E[kind]) - 0.5 * math.log。日志((1 + D(种) / (E[这种] * *
    2)))res = lognorm。Cdf (year, s, scale=math.exp(mu)) - lognorm。log。Cdf
    (year-1, s, scale=math.exp(mu))

    返回 res

塑料类(对象):

    Def __init__(self, total, year, discard=100, inc=0, rec=0):
    self。
    Total = Total
    自我。年=年

    自我。Trans = total *
    0.066

    自我。Pack = total *
    b .

    自我。Bui_Cons= total *
    0.160

    自我。Elect = total *
    0.044

    自我。con_indus=总 * 0.103

    自我。IndMach = total *
    0.007
```

自我。 Other = total *
0.145

自我。 Tef = total *
0.115

自我。 失调=丢弃/100

自我。 Inc = Inc /
100

自我。 Rec = Rec /
100 .

def Recycle(self, rec):

自我。 Total +=
rec .

自我。 Trans += rec * 0.067
self。 Pack += rec * 0.448 self。
Bui_Cons+= rec * 0.188 self。
选+= rec * 0.038



关注数学模型
获取更多资讯

```
        自我。con_indus+= rec * 0.008
        自我。Other += rec *
        0.132
#阅读年度塑料产量
Global_plastics_production_file = ' global-plastics-production.csv '
df_AP= pd。(Global_plastics_production_file, usecols=[2,3])
df_AP_list = np.array(df_AP)
Ap_list= df_AP_list.tolist()
AP= list(Ap_list 中项目的塑料(项目[1], 项目[0]))
#阅读比率
G_P_F= ' global-plastic-fate.csv '
df_R= pd。read_csv(G_P_F, usecols=[0,2,3])
df_R 数组
R_list= df_R_list.tolist()
对于 R_list 中的
项:
    if item[0] == ' Discarded ':
        AP[物品[1]- 1950]。失调=物品[2]/ 100
    elif item[0] == '焚烧':
        AP[物品[1]- 1950]。Inc = item[2] / 100
    elif item[0] == '回收':
        AP[物品[1]- 1950]。Rec = item[2] / 100

AW_s = np.zeros(66)
AW_o = np.zeros(66)
AW = np.zeros(66)
Plt= np.zero (66)
对于范围(1,66)中的 t:
    AW_s[t] +=AP[t-1]。Pack * use_age(0,1)
    AW_s[t] +=AP[t-2]。Pack * use_age(0,2)
#一次性塑料
    对于范围(1,t+1)中的 j:
        AW_o[t] +=AP[t - j]。Trans * use_age(1, j)
        AW_o[t] +=AP[t - j]。Bui_Cons * use_age(2, j)
        AW_o[t] +=AP[t - j]。select * use_age(3, j)
        AW_o[t] +=AP[t - j]。con_indus * use_age(4, j)
        AW_o[t] +=AP[t - j]。IndMach * use_age(5, j)
        AW_o[t] +=AP[t - j]。其他* use_age(6, j)
        AW_o[t] +=AP[t - j]。Tef * use_age(7, j)
    AW[t] =AW_s[t] +AW_o[t]
    AP[(t+1) % 66]。回收(AW_o[t] *AP[t].Rec)

张开( "data_1951 - 2015。Csv', 'w ', newline="") as csvfile:
    Writer = csv.writer(csvfile)
    作家。作者([ "年", "AW_s", "AW_o", "AW",
    "污染" ])
    对于范围(1,66)中的 i:
        作家。write ([i+1950, AW_s[i], AW_o[i], AW[i],
        Plt[i]])
X = np.;阿兰热(1951,2016,1)
plt.subplot
(121)

plt。plot(x, AW_o[1:], label= 'AW_o', color= 'r
')
```

```
plt.plot(x, AW_s[1:], label= 'AW_s', color= 'b'
)

plt.plot(x, AW[1:], label= 'Total ', color= '
g')

plt.legend
()

plt.subplot
(122)

plt.plot(x, Plt[1:], label= 'Pollution', color= '
y')

plt.legend
()

plt.show
()
```

附录 C

任务 1 代码

将 **numpy** 导入为 **np**

进口 **matplotlib**。Pyplot 作为
scipy 中的 PLT。Stats import
lognorm import math

A = 104580.93 b =
409084324.46 c =
400055166835.44



关注数学模型
获取更多资讯


```
D = [0.1, 3, 7, 2, 1, 3, 1.5, 1.5]
E = [0.5, 13, 35, 8, 3, 20, 5, 5]
Ratio = [0, 0.103, 0.250, 0.069, 0.161, 0.011, 0.226, 0.179]
Beta = 0.359 #一次性塑料的比例

Def use_age(种类, 年份):
    d = d[kind] ** 2 .
    S =数学。log((1 + d / (E[kind] ** 2))) ** 0.5
    mu = math.log(E[kind]) - 0.5 * math.log。log((1 + D[kind] / (E[kind] ** 2))))
    Res = lognorm。log。Cdf(year, s, scale=math.exp(mu)) - lognorm。提供
    (第一年,年代,
    规模 = math.exp( μ ))
    返回 res

def AP(t):
    返回 a*(t**2) - b*t + c

def AW_s(t, x):
    Res = 0
    res +=AP(t-1) * x * use_age(0,1)
    res +=AP(t-2) * x * use_age(0,2)
    返回 res

def AW_o(t):
    Res = 0
    对于范围(1,t+1)中的 I:
        对于范围(1,8)中的 j:
            res +=AP(t-i) *比值[j] * use_age(j, i)
    返回 res

def Hp_test(年份, x):
    Res = 0
    T =年 - 1950 年
    res =AW_s(t, x)*(1 -(0.7045*年- 1394)/100)+AW_o(t)*(1 -
    (0.7045*年- 1394)/100 -(0.7*年- 1391)/100)
    返回 res

    """x 代表一次性塑料的比例"""

如果__name__ == '__main__ ':
    _Hp= [0]
    对于 range(2016, 2026)中的 I:
        res =Hp_test(i, beta)
        _Hp.append(res)

    错误 = 0
    对于范围(1,10)中的 I:
        X = 0.3
        Min_x =
            x .
        而 x > 0:
            X -= 0.002
            flag = False
            错误 = abs(Hp_test(2015+i, x) /_Hp[i] - 1)
            如果 error <
            0.1:
```

```
flag = True
if flag 为 True:
    如果 x <
min_x:
        Min_x =
        x .

其他 :

打破

Print (str(2015+i) +” :最小 beta 是 ” +格式(min_x,
'.3f ') + ', AW_s 是' + '
format(AW_s(i+2015,min_x), '.2f')+', AW_o是'+
format(AW_o(i+2015), '.2f')+ "和 Pull是"+
format(Hp_test(i+2015, min_x), '.2f ') + "。 错误为 “
+格式(错误, '.4f '))
打印 (” 原点 beta 为 +格式(beta, '.3f ') +
, AW_s 是'+格式(AW_s(i+2015,beta), '.2f ') +
', AW_o 是' +格式(AW_o(i+2015), '.2f ') + '和拉是' +格式
(Hp_test(i+2015, beta), '.2f '))
```



关注数学模型
获取更多资讯

附录 D

IPWH 模型和任务 2、3 的代码

导入 numpy 为 np

导入数学

进口 matplotlib。Pyplot 作为
scipy 中的 PLT。Stats import
lognorm 导入时间

导入 csv

AP= np.零(202)

APs= np.zero (202)

APo= np.zeros(202)

AP1a= np.zero (202)

APoa= np.zeros(202)

AWs= np.zeros(202)

AWo= np.zero (202)

AW1a= np.zeros(202)

AWoa= np.零(202)

A = 104580.93

B = 409084324.46

C = 400055166835.44

D =[0.1, 3, 7, 2, 1, 3, 1.5, 1.5] #塑料寿命标准差

E =[0.5, 13, 35, 8, 3, 20, 5, 5] #塑料寿命预期

Ratio =[0.359, 0.066, 0.160, 0.044, 0.103, 0.007, 0.145, 0.115] #塑料比

A1 = 0.1

Ao = 0.05

C = 0

P = 0

Def use_age(kind, year):

d = d [kind] ** 2 .

S =数学。log((1 + d / (E[kind] ** 2))) ** 0.5

mu = math.log(E[kind]) - 0.5 * math.log。(日志((1 + D(种) / (E[这种] * *

2)))res = lognorm。Cdf (year, s, scale=math.exp(mu)) - lognorm. log。Cdf

(year-1, s, scale=math.exp(mu))

返回 res

AP_Func(t):

#预测未来塑料产量返回 a*(t**2) - b*t +

c

def AP_Gene(t):

对于 i在 range(0,t)中 :tmp

=AP_Func(1950+i)AP[i]

= tmp

对于范围(0,t)内的 i:

tmp = AP_s(i)

APs[i] = tmp

tmp = APo_a(i)

APoa[i] = tmp

tmp = AP_o(i)

APo[i] = tmp

tmp = AP1_a(i)

AP1a[i] = tmp

```
def AW_Gene(t):  
    for i in range(1, t): tmp  
        =AW_s(i)AWs[i] =  
        tmp tmp  
        =AW_o(i)AWo[i] =  
        tmp tmp =  
        AW1_a(i)AW1a[i] =  
        tmp tmp =  
        AWo_a(i)AWoa[i] =  
        tmp  
  
def ratio_a1 (t):  
    #一次性塑料回用中的替代材料比例 min(a1 *  
    P_Func(t), 0.8)  
  
def ratio_a2 (t):  
    最小值(ao *P_Func(t), 0.5)
```



关注数学模型
获取更多资讯

```
def AP_s(t):
    #一次性塑料生产(交替)

    返回 AP[t] *比率 [0]* (1 - ratio_a1(t)) def
AP1_a(t):
    #当 t < 67 时，包装中的替代材料生产:
    返回 0
    返回 AP[t] * ratio[0] * ratio_a1(t)

def AP_o(t):
    #其他塑料生产
    返回 AP[t] *(1 -比率 [0])*(1 -比率 a2(t))

def APo_a(t):
    #其他塑料的替代材料生产，如果 t < 67:
    返回 0
    返回 AP[t] *(1 -比值 [0])* ratio_a2(t)

def AW_s(t):
    #每年的一次性塑料垃圾
    Res = 0
    如果 t <
67:
        res +=AP[t-1] *比值[0]* use_age(0,1)
        res +=AP[t-2] *比值[0]* use_age(0,2) else:
            res +=AP_s(t-1) * use_age(0,1)
            res +=AP_s(t-2) * use_age(0,2)
    返回 res

def AW_o(t):
    #其他塑料年浪费
    # t = year - 1950
    Res = 0
    如果 t <
67:
        对于范围(1,t)中的 I:
            对于范围(1,8)中的 j:
                res +=AP[t - i] * ratio[j] * use_age(j, i)
    else:
        对于范围(1,67)中的 I:
            对于范围(1,8)中的 j:
                res +=AP[67 - i] * ratio[j] * use_age(j, i)
        for i in range(67, t):
            对于范围(1,8)中的 j:
                tmp =AP_o(t - i) * ratio[j] * use_age(j, i-66)
    返回 res

def AW1_a(t):
    #替代材料在包装中的浪费 res = 0
    如果 t <
67:
        通过
    Elif t == 67:
        res +=AP1_a(t-1) * use_age(0,1)
    else:
```

```
res +=AP1_a(t - 1) * use_age(0,1)
res +=AP1_a(t - 2) * use_age(0,2)返
回 res
```

```
def AWo_a(t):
    #替代材料在其他塑料中的浪费
    如果 t<
    67:
        返回 0
    其他 :
        Res = 0
        对于范围(67,t)中的 i:
            对于范围(1,8)中的 j:
                res +=APo_a(t - i) * ratio[j] * use_age(j,i-66)返
回 res
```

```
def C_Func(t):
    如果 t<66:
        返回 1
```



关注数学模型
获取更多资讯

```

    其他：
        返回数学。exp(C * (t - 65))

def P_Func(t):
    如果 t<
66:
        返回 1
    其他：
        返回数学。exp(P * (t - 65))

def i_o (t):
    #焚烧比在其他塑料
    年份= t + 1950
    年

    返回最小值((0.7045 *年 - 1394)/ 100 (0.8 - r_o (t)), 0.5) def i_s
(t):
    #一次性塑料的焚烧率
    年份= t + 1950
    年

    回报 min((0.7045*年 - 1394)/ 100,0.5)

def r_o (t):
    #在其他塑料中的回收率
    年份= t + 1950
    年

    返回 min((0.7*年 - 1391)/100 *C_Func(t), 0.5)

def J (t):
    #人类对塑料垃圾年的回忆= t + 1950
    如果年份<2013
    年：
        返回 0

    Res = 500000 *(2013 年)- 7500000 返
    回 Res

def Hp(t): #
    伤害

    返回 AWs[t]*(1 - i_s(t)) +AWo[t]*(1 - i_o(t) - r_o(t))

def Hp_origin (t):
    # origin harm
    Res1 = 0

    res1 +=AP[t - 1] * 0.359 * use_age(0,1)
    res1 +=AP[t - 2] * 0.359 * use_age(0,2)
    Res2 = 0

    对于范围(1,t + 1)中的 I:
        对于范围(1,8)中的 j:
            res2 +=AP[t - i] * ratio[j] * use_age(j, i)

    Year = t+1950

    R10 =(0.7045*年- 1394)/100 #原产地焚烧比 r20 =(0.7*年-
    1391)/100 #原产地回收比 r2 = min(r20, 0.5, 0.8-r10)

    R1 = min(r10, 0.5)

    Res = res1*(1 - r1) + res2*(1 - r1 - r2)

    返回 res

def max_H(Pollu):
```

```
Maxh = 0
Max_h_year = 1950
T = 0
对于 Pollu 中的
h:
    T += 1
    如果 h >
maxh:
        Maxh = h
        Max_h_year = 1950 + t
打印(str(max_h_year) + ": " + " 马克斯 • H是 "+格式(maxh .2f))
```

```
图 (def):
plt.figure (1)
plt.subplot (121)
plt。plot(年份, 产地, label= ' Original ', color= ' b ')
plt。plot(年份, 污染, label= ' Alter ', color= ' r ') plt。
plot(年份, H_J, label= ' H-J', color= ' g ')
plt.title(污 染 的)
plt.legend ()
plt.subplot (122)
```



关注数学模型
获取更多资讯


```
plt.plot(Year, Accum, label= ' Alter ', color= ' r ') plt。
plot(Year, Acc_origin, label= ' Origin ', color= ' b ')
plt.title(' cumulative ')

plt.legend ()
plt.figure (3)

plt.plot(年份, AWs[:200], label=
'AW_s')

plt.legend ()
plt.figure (3)
plt.subplot (121)

plt.plot(年份, 产地, label= ' Original ', color= ' b ')
plt.plot(年份, 污染, label= ' Alter ', color= ' r ') plt。
plot(年份, H_J, label= 'H-J', color= ' g ')

plt.title(污染的)
plt.legend ()
plt.subplot (122)

plt.plot(Year, Accum, label= ' Alter ', color= ' r ') plt。
plot(Year, Acc_origin, label= ' Origin ', color= ' b ')
plt.title(' cumulative ')

plt.legend ()
plt.figure (2)

plt.plot(年份, AWs[:200], label=
'AW_s')

plt.legend ()

plt.show ()

def 写 ():
    张开( " full_data_1951 - 2150。Csv ', ' w ', 换行符="")as csvfile:
        writer = Csv .writer(csvfile)
        作家。writerow([ " 年 ", " AP ", " AP_o ",
            " AP_s ", " APo_a ",
            " AP1_a", "AW_o", "AW_s", "AWo_a", "AW1_a", "H",
            "H-J"])
        对于 T 中
        的 i:
            writer.writerow
            (
                [i + 1950, AP[i], APo[i], APs[i], APoa[i], AP1a[i],
                AWO[i], AWs[i], AWOa[i], AW1a[i], 污染[i],
                H_J[i]]

如果 __name__ == ' __main__ ':

    张开( " pc_data。Csv ', ' w ', newline="") as csvfile:
        Writer = csv.writer(csvfile)
        作家。writerow(['a1 ', 'ao ', 'H(2120)'])
        而 C < 0.020:
            C += 0.002
            P = 0
            P < 0.03:
                P += 0.003
                AP_Gene(130)
                AW_Gene (130)
                res =Hp(100)-J(100)
                打印("p: " + str(p) + ", c: " + str(c) + ", H: " +
                    format(res, ' .2f ') + "AW_s:"
                    +格式(AWs[100], ' .2f ') + "AW_o:" +格式
                    (AWo[100], ' .2f '))
                作家。writerow([P, C, format(res, ' .2f ')])
```

```
AP_Gene(201)
AW_Gene (201)
年= np.arange(1951, 2151) T =
Year - 1950
污 染 = []
H_J = []
Origin = []
Accum = []
Acc_origin = []
for i in T:
    (Hp_origin(i)) H0 =Hp(i)
    Pollution.append (H0)
    HJ=Hp(i) - J(i)
    H_J.append(HJ)
Res = 0
对于污染中的项目:res
+=项目
    acc.append(res)
Res = 0
对于 Origin 中的
item:
    Res += item
    Acc_origin.append(res)
```



关注数学模型
获取更多资讯

```
AWs_origin = []
for i in T:
    res =AP[i - 1] *比值[0]* use_age(0,1) +AP[i - 2] *比值[0]*
        use_age(0,2)
    AWs_origin.append(res)

max_H(污 染)
max_H(H_J)
张开('714_1951 - 2150。Csv', 'w', newline='') as csvfile:
    Writer = csv.writer(csvfile)
    作家。writerow(["Year", "AP", "AP_o", "AP_s",
        "APo_a",
        "AP1_a", "AW_o", "AW_s", "AWo_a",
        "AW1_a", "H", "H-j", "H_origin",
        "Accum", "Accum_origin" ])

t 中的 t:
I = t - 1
writer.writerow
(
    [i + 1950, AP[i], APo[i], APs[i], APoa[i], AP1a[i],
    AWo[i], AWs[i], AWoa[i], AW1a[i], 污 染[i],
    H_J[i], Origin[i], Accum[i],
    Acc_origin[i]])
```

有道文档翻译
pdf.youdao.com



关注数学模型
获取更多资讯