湖南省人民政府学位委员会办公室
湖南省教育厅学位管理与研究生教育处

2019 年湖南省高校第四届研究生数学建模竞赛

题　目：国家自主贡献研究评判

摘　要：

国家自主贡献的评判问题本质是一个评价指标体系构建与未来预测问题，本问题最大的难点在于评价指标的合理选取以及指标权重的确定，针对于此，本文利用鱼骨图法选取确定了相关评价指标，并针对传统层次分析法中存在的专家评分权重 “主观因素多、权重难验证”等情况，创新形成了基于互联网大数据热度趋势的权重确定层次分析法，进行各类评价。最后利用多元层次回归分析法对中国未来发展进行预测，并提出了可行建议。

第一问要求定量研究不同类型的国家“共同但有区别的责任”并评价“共同但有区别的责任”的合理性和公平性，为了避免“环保历史虚无主义”“唯环保论”“单纯经济观点”思路，本文贯彻“绿水青山与金山银山”之间的辩证关系，通过查阅文献、头脑风暴，并通过鱼骨图对所有指标进行梳理，通过聚类分析、主要成分分析，构建国家经济、生态环境、社会文化、政治意识和历史责任的 5 个准则层，16 项具体指标层，并突出运用历史碳排放这一指标分析发达国家的工业革命时期以来的历史责任。对于指标的公平性和合理性，本文因采取主观赋权的层次分析法进行评价，将其主要理解为指标权重分析，改进传统专家评分权重随意性较大等情况，创新运用谷歌学术进行大数据分析，通过检索词热度来确定权重，得到了权重。

第二问要求定量分析美国、欧盟、中国和印度的“自主贡献”服从“共同但有区别的责任”原则的程度如何。本文查阅了世界银行、新浪财经宏观经济数据、各国统计数据、部分环保组织数据，并对这些数据进行无量纲、标准化处理，运用层次分析法进行分析，得到了排序结果，同时我们与世界一些环保组织的评判结果进行验证，评判结果大体符合。

第三问本质是一个预测模型建立问题，在这里本文建立输出因变量为碳排放量的多元线性回归模型，并选取 GDP、能源消耗、可再生能源占比作为输入变量，并对三个输入变量采用趋势外推法进行预测，经过检验，该模型符合预期，同时对三个输入变量进行灵敏度分析，从数学角度确定可以采取哪些措施更为有效。提出了增加新能源比重，在 2030 年提升到百分之二十以上的建议建议。

第四问我们结合前三问的建模结果，从五个方面对联合国提出建议。

关键词：层次分析；自主贡献；多元回归。

1 问题重述

(1) 对于每个国家的“自主贡献”，我国倡导“坚持共同但是确实有区别的责任，构建公平高效的国际合作机制”，请根据文献以及你们的理解，搜集相关数据，定量研究不同类型的国家“共同但有区别的责任”应包括哪些内容，评价“共同但有区别的责任”的合理性和公平性。

(2) 根据你们的定义，请分析美国、欧盟、中国和印度的“自主贡献”服从“共同但有区别的责任”原则的程度如何。

(3) 请建模分析中国若要达到承诺的“自主贡献”，应该采取哪些行动，你们的模型应该要考虑到行动的可行性、有效性和代价。

(4) 请准备一份执行摘要提交给《联合国气候变化框架公约》秘书处阐述你们的观点。

2 问题的分析

2.1 问题 1 的分析

问题一要求定量研究不同类型的国家“共同但有区别的责任”并评价“共同但有区别的责任”的合理性和公平性，本文深度研究各国自主贡献方案，秉承大环保理念，在指标选取上，一方面注重选取与环境保护直接相关的单位 GDP 能耗、环保专利数量这些直观环保因素；另一方面，本文贯彻唯物辩证法，选取了生态经济、产业结构这些虽不直接影响自主贡献目标，但实质上产生根本驱动作用的因素；同时为了能够说明发达国家自工业革命时代以来产生的环境污染与破坏责任，我们引入了历史碳排放量。通过查阅文献、头脑风暴构建国家经济、生态环境、社会文化、政治意识和历史责任的 5 个准则层，30 项具体指标层[1]，并通过鱼骨图对所有指标进行梳理，通过聚类分析、主要成分分析，确定了 5 个准则层，16 项具体指标。

对于指标的公平性和合理性，因本文采取主观赋权的层次分析法进行评价，将其主要理解为指标权重分析，层次分析法比较适用于社会类问题分析，与客观分析法相比，其能够反映权重的属性，但其缺点是初始权重需要专家打分确定，对于竞赛来说，操作性低，容易出现不客观随意赋值情况，为此我们创新运用谷歌学术进行大数据分析，通过检索词热度来确定权重，并根据其他文献资料进行修正，得到了权重排名。

2.2 问题 2 的分析

对于第二问，我们主要在对第一问确定的指标基础上进行，按照层次分析法原则进行分析。本文对数据进行深层次地处理，所取得的数据均来源于世界银行、国家统计局、国家发改委、各国统计部门以及相关国际环保组织，为方便计算，我们对数据进行了无量纲、以及归一化处理。同时按照层次分析法步骤，先后进行判别矩阵构造、一致性检验、并对各个指标以及综合指标进行排序，为了检验评判结果，可以与主流环保组织的结果进行评定。

2.3 问题 3 的分析

对于第三问，本质上是一个预测模型选取与灵敏度分析问题，为此我们选取碳排放量为输出因变量建立多元线性回归模型，并根据国内外研究成果共识，选取 GDP、能源消耗、可再生能源占比作为输入变量，并对三个输入变量采用趋势外推法进行预测，同时还需要对该模型合理性进行检验。确定如何采取行动问题，实质上是一个灵敏度分析问题，同时对三个输入变量进行灵敏度分析，看对最终结果的影响，同时要根据当前技术发展实际，对实现路径的可行性进行更准确的分析。

2.4 问题 4 的分析

对于第四问，本文综合研究的选取的五个准则层，分别给出了切实可行意见。所有可行意见主要是基于前三问的求解。

3 模型假设

(1)假设网上查到的数据真实可靠；
(2)假设排放可以衡量环境污染情况；
(3)因美国中途退出巴黎协定，但依然可按照其退出前的承诺进行评价；
(4)因欧盟未提交相关自主贡献报告，而是以各个国家的形式提供，考虑到欧盟方面没有统一的环保口径统计数据，全部欧盟国家数据获取较难，我们选取德国的相关数据；
(5)假设新能源没有碳排放，均为核电、风电等；
(6)假设所有选取的指标和输入变量在未来不会发生突变。

4 符号说明

表 1 符号说明

符号	含义
C_i	准则层
C_{ij}	i 准则层下的 j 指标
A_{C_x}	C_x判断矩阵
a_{ij}	C_i与C_j的重要程度
$\vec{W}$	判断A_{C_x}的特征向量
λ_{max}	判断A_{C_x}的最大特征值
CI	判断A_{C_x}的一致性指标
RI	判断A_{C_x}的平均随机一致性指标
CR	判断A_{C_x}的一致性程度
x_i^*	i 指标数据的值，
$\min_i x_i$	i 指标样本空间的最小值
$\max_i x_i$	i 指标样本空间的最大值
I	目标层、准则层和子准则层的综合指数

5 模型的建立与求解

5.1 问题一的求解

“共同但有区别的责任”本质上就是评价指标选取，从当前学术界对各国自主贡献评价来看，各类学者在评价指标体系上有着不同探索，有的重点关注碳排放强度指标评价；有的结合森林覆盖率、单位能耗结合产业政策进行研究；还有的围绕自主贡献实现路径进行定型研究。总体来说，目前学术上进行整体的定量分析的文献还比较少，还是停留在定型分析或者单个指标分析的层次上。

结合联合国可持续委员会的 DSR 评价模型以及联合国统计局 FISD 等国际组织定量分析模型以及习近平新时代中国特色社会主义思想关于环境保护的有关论述，本文认为，不能片面地从单位 GDP 能耗等纯直观的环保指标进行选取，还必须考虑相关联的技术进步、政府行为、环保文化宣传等这些因素，从整体上进行综合评判，评价才准确，更要考虑到发达国家从工业革命开始到现在就进行了大量的碳排放，历史碳排放量必须考虑进去。

5.1.1 指标内容及权重确定

指标权重是评价体系中突出各指标相对重要程度的量度，其值确定的合理性直接关乎一个评价体系的优劣。当前流行的几种常用方法有专家打分法、评价区间统计法、层次分析法、主分量分析法和灰色决策法等。本文将综合运用鱼骨图法和层次分析法求解国家自主贡献评价体系指标及其权重，其求解流程如下：

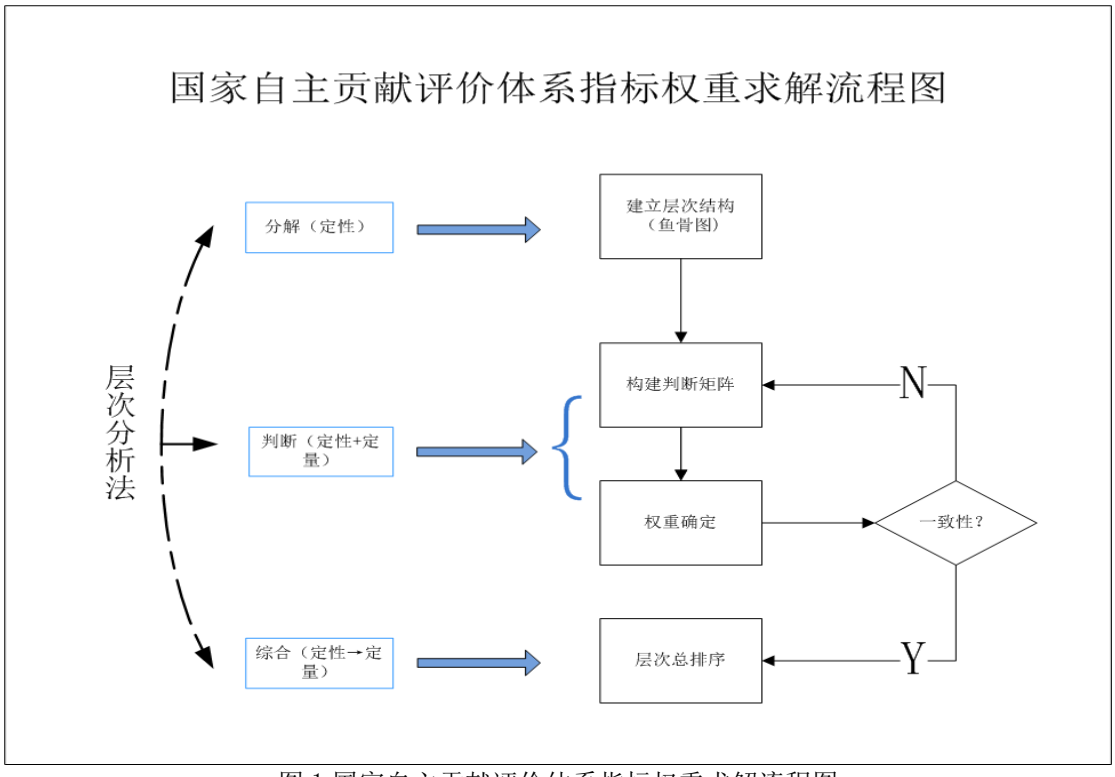

图 1 国家自主贡献评价体系指标权重求解流程图

Step1：运用鱼骨图法确定国家自主贡献评价体系指标内容。

在自然、社会和人构成的有机整体中对国家自主贡献分析评价应当在系统全面性、主题相关性、因子代表性和数据可获取性的基础上展开。本文运用鱼骨图

[2]法对国家自主贡献从多维度、多领域、各方面进行综合考量，构建了以国家经济、生态环境、社会文化、政治意识和历史责任的 5 个准则层(设为$C_i, i = 1,2,3,4,5$)和 16 个指标层(设为$C_{ij}, i = 1,2,\dots,5 \quad j = 1,2,\dots,n$，n 为 i 准则下指标的个数)评价体系，其结果如下：

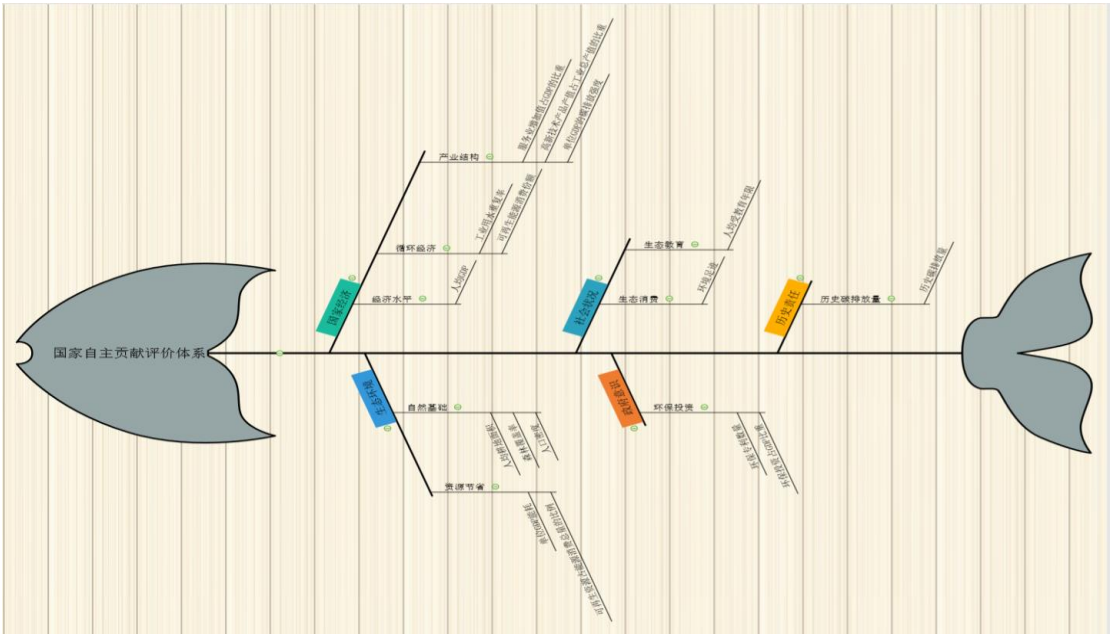

图 2 鱼骨图法

Step2：指标无量纲化。

无量纲化处理是综合评价步骤中的一个必要环节，通过无量纲化处理可以消除计量单位差异，将评价指标的绝对值，转化为相对值。根据指标实际值和无量纲化的结果数值关系特征可以分为三大类：直线型无量纲化方法（阈值法、均值法以及标准差化方法等）、折线型无量纲化方法（凸折线型法、凹折线型法和三折线型法等）和曲线型无量纲化方法。综合多方面因素考虑本文将采用极值无量纲化方法，具体公式表达如下：

$$x_i^* = \frac{x_i}{\max\limits_i x_i}$$

其中x_i表示 i 指标数据的值，$\max\limits_i x_i$表示 i 指标样本空间的最大值，经过极值无量纲化方法处理后$x_i^* \in [0,1]$并拥有统一的量纲

Step3：建立判别矩阵群。

判别矩阵是针对第二步中所确定的上一层次因素而言，本层次中和其有关的各因素之间的相对重要性的数量表示形式。例如确定上图中国家经济(C_1)的各指标的相对重要性，构建判断矩阵。则有：

表 2　n 阶判断矩阵

A_{C_1}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	·	C_{1n}
C_{11}	1	a_{12}	a_{13}	·	a_{1n}
C_{12}	a_{21}	1	a_{23}	·	a_{2n}
C_{13}	a_{31}	a_{32}	1	·	a_{3n}
·	·	·	·	·	·
C_{1n}	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	·	1

其中，a_{ij}通常取为 1, 2, 3, …, 9 及它们的倒数（$a_{ij}=1/a_{ji}$，$a_{ii}=1$），a_{ij}常用取值方法如下表所示：

表 3 判断矩阵a_{ij}含义描述

相对重要程度a_{ij}	重要性等级
1	C_{1i}和C_{1j}同等重要
3	C_{1i}比C_{1j}略微重要
5	C_{1i}比C_{1j}相当重要
7	C_{1i}比C_{1j}明显重要
9	C_{1i}比C_{1j}极端重要
2，4，6，8	C_{1i}与C_{1j}重要性介于$a_{ij}=2n-1$和$a_{ij}=2n+1$之间

在确定C_{1i}和C_{1j}的重要性等级时，通常采用专家评分法进行确定，但是此法随意性较大，模型的精确度很大程度上依赖于专家的业务水平。针对这种情况，本文立足各项统计数据，创新运用谷歌学术进行大数据分析，通过关联检索词热度来确定权重，其具体步骤为：

① 结合头脑风暴和知识图谱的方法筛选与主题相关的关键词（G_k），得到自主贡献、环保、温室效应、节能减排、气候变化五个关键词。

② 通过检索式“G_k*C_{mi}”在谷歌学术中进行检索得到热度R_k，进而得到指标C_{mj}的总热度R_{mi}为$R_{mi}=\sum_{k=1}^{5}R_k$。

③ 则令$K_{ij}=\frac{R_{mi}}{R_{mj}}$，$K_{ij}=\frac{1}{K_{ji}}$。$a_{ij}$、$K_{ij}$和重要性程度取法如下：

表 4 重要性程度取法

K_{ij}	相对重要程度a_{ij}	重要性等级
$K_{ij}=1$	1	C_{mi}和C_{mj}同等重要
$1<K_{ij}\leq 1.5$	2	C_{mi}比C_{mj}的重要性介于同等重要和略微重要之间
$1.5<K_{ij}\leq 2$	3	C_{mi}比C_{mj}略微重要
$2<K_{ij}\leq 3$	4	C_{mi}比C_{mj}的重要性介于略微重要和相当重要之间
$3<K_{ij}\leq 4$	5	C_{mi}比C_{mj}相当重要
$4<K_{ij}\leq 6$	6	C_{mi}比C_{mj}的重要性介于相当重要和明显重要之间
$6<K_{ij}\leq 8$	7	C_{mi}比C_{mj}明显重要

$8 < K_{ij} \leq 10$	8	C_{mi}比C_{mj}的重要性介于明显重要和极端重要之间
$10 < K_{ij}$	9	C_{mi}比C_{mj}极端重要

Step4：最大特征值法求权重。

对于 Step3 中求得的判断矩阵$A_{C_1} = (a_{ij})$，通过求解$A_{C_1} * \vec{W} = \lambda_{max} * \vec{W}$得到其最大特征值$\lambda_{max}$和对应的特征向量$\vec{W} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$，$w_i$表示第 i 个指标的权重。求解特征值和特征向量的方法有很多，在这里给出和积法求解过程：

（1） 将判断矩阵列正规化得到正规化后的判断矩阵$\overline{A_{C_1}}$。

$$\overline{a_{ij}} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^{n} a_{kj}} \qquad i, j = 1,2 \dots, n$$

（2） 将列正规化后的判断矩阵$\overline{A_{C_1}}$按行相加。

$$\overline{w_i} = \sum_{j=1}^{n} \overline{a_{ij}} \qquad j = 1,2 \dots, n$$

（3） 将向量$\vec{W} = (\overline{W_1}, \overline{W_2}, \dots, \overline{W_n})^T$正规化。

$$w_i = \frac{\overline{w_i}}{\sum_{j=1}^{n} \overline{w_j}} \qquad i = 1,2 \dots, n$$

（4） 计算判断矩阵的最大特征值λ_{max}。

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^{n} \frac{(A_{C_1} * w)_i}{n * w_i}$$

并计算出下面的权重指标，每个指标后面括号为权重大小，比如，如下表。对于生态环境的权重为 0.3221；社会状况的权重为 0.1104。其余权重均在括号中标准。

表 5 各级权重

准则层	子准则层	指标层	单位
国家经济(0.4755)	经济水平（0.6243）	人均 GDP	美元
	产业结构（0.2395）	服务业增加值占 GDP 的比重(0.1638)	%
		高新技术产品产值占工业总产值的比重(0.2973)	%
		单位 GDP 的碳排放强度(0.5389)	千克/万美元
	循环经济（0.1372）	工业用水重复率（0.75）	%
		可再生能源消费份额（0.25）	%
生态环境(0.3221)	自然基础(0.9)	人均耕地面积（0.1103）	平方米
		森林覆盖率（0.5438）	%
		人口密度（0.3459）	人/平方千米
	资源节省(0.1)	单位 GDP 能耗(0.6666)	吨标准煤/万美元
		可再生资源占能源消费总量的比例(0.3334)	%
社会状况(0.1104)	生态教育(0.75)	人均受教育年限	年
	生态消费(0.25)	环境足迹	/
政府意识(0.0543)	环保投资	环保专利数量（0.2）	件/百万人
		环保投资占 GDP 比重（0.8）	%
历史责任(0.0377)	历史碳排放量	历史碳排放量	万吨

5.2 问题二的求解

在问题一权重得到确定的基础上，我们得到了完整的评价指标体系，之后进行层次分析得到完整的国家自主贡献综合指数。

所谓综合指数是将多种不能同度量现象的数值，分别改变为能同度量的数值进行对比的一种无量纲指数。计算综合指数的基本方法有综合法和平均法两种。综合法关键在于引入同度量因素以解决多种不同事物由于不同度量而不能加总的问题，进而得到一个可以加总的综合总量，通过两个综合总量对比来综合反映多个个体的总变动程度。平均法指数是对个体指数进行加权平均来综合反映多个个体的变动程度，其关键在于选择哪一种平均方法以及权数的确定。

本文采用综合法将层次分析法得到的权重与极差标准化法处理后的无量纲数相乘而后累加求和得到目标层、准则层和子准则层的综合指数。这样就能够比较全面的分析各国的环保情况，相关公式如下：

$$I = \prod_{i=1}^{n} w_i * x_i$$

其中x_i表示下一层次的 i 指标无量纲化值或指标数，w_i表示 i 指标的权重，n 表示下一层次的指标个数。

本文查阅了世界经济合作组织、各国统计部门、国家发改委以及新浪财经宏观经济等公布的数据，将获取到的美国、欧盟、中国和印度数据进行无量纲预处理，而后运用评价模型进行评价，得到如下结果：

表 6 中欧印美准则层得分

评价指数得分	中国	欧盟	印度	美国
国家经济	41.72	60.88	26.00	91.52
生态环境	52.76	87.19	61.56	67.57
社会状况	44.01	91.28	33.29	96.28
政府意识	32.20	80.67	6.12	58.34
历史责任	6.69	56.48	2.01	100.00
综合指数	43.69	73.62	36.27	82.85

表 7 中欧印美子准则层得分

评价指数得分	中国	欧盟	印度	美国
经济水平	15.61	58.38	3.22	100.00
产业结构	94.61	54.08	55.34	75.02
循环经济	67.89	83.65	78.23	81.04
自然基础	50.22	91.05	59.21	68.08
资源节省	75.62	52.43	82.71	62.96
生态教育	55.32	100.00	42.55	95.04
生态消费	10.09	65.14	5.50	100.00
环保投资	32.20	80.67	6.12	58.34
历史碳排放量	6.69	56.48	2.01	100.00

结果分析：

（一）综合指数。

根据国家自主贡献评价得分结果显示，美国综合指数最高为 82.85；欧盟综合指数为 73.62 紧随其后；中国综合指数为 43.69 排行第三；印度综合指数为 36.27 最低。这表明以美国为代表的发达国家和以欧盟为代表发展水平较高的经济体在应对全球气候变化威胁的节能减排过程中需要承担相对大的分配任务。

（二）国家经济

在国家经济项目评分中，美国综合指数最高为 91.52；欧盟综合指数为 60.88 排行第二；中国综合指数为 41.72 排行第三；印度综合指数为 26.00 最低。其中中国人均 GDP 无量纲指数为 15.61 与美国、欧盟相大大落后，而其高新技术产品产值占工业总产值的比重的指数相比于其他三方较好，这与中国政府进行经济体制改革所做的努力息息相关。

（三）生态环境

生态环境项目评分中，欧盟综合指数最高为 87.19；美国综合指数为 67.57 排行第二；印度综合指数为 61.56 排行第三；中国综合指数为 52.76 最低。欧盟

的人口密度指数居于最高，这也从另一方面表明其担负的减排强度要求较高。中印两国的单位 GDP 能耗较高，这与两国相对落后的经济技术水平分不开的，这不仅需要发达国家对其提供和资金、技术和能力建设支持，更需要其本国提高产业调整和进行技术革新，降低单位能耗。

（四）社会状况

社会状况项目评分中，美国综合指数最高为 96.28；欧盟综合指数为 91.28 紧随其后；中国、印度两国落后较大，综合指数分别为 44.01 和 33.29。这反映出了发达国家和发展中国家教育资源分布不均导致国民受教育程度相差较大。百年大计，首在教育，应对气候变化威胁是一个长期的过程，这需要我们每一代人的持续发力，而国民教育水平与国家经济发展水平密不可分，这不仅要求现阶段欧美等发达国家在节能减排的过程中担负相对多的任务，同时也要求发展中国家要致力于提高国民教育水平，增强国民对应对气候变化的忧患意识。

（五）政府意识

政府意识项目评分中，欧盟综合指数最高为 80.67；美国综合指数为 58.34 排行第二；中国综合指数为 32.20 排行第三；印度综合指数为 6.12 最低。这与国家的政策息息相关，同为先进的经济体，可是美国欧盟两方相差甚远，这表明美国作为一个有能力的大国在环保领域内承担的任务与其地位极不相符。中印两国指数值相对较低，这结果与其落后的经济水平和科技水平有关。

（六）历史责任

历史责任项目评分中，美国综合指数最高为 100；美国综合指数为 56.48 排行第二；中国综合指数为 6.69 排行第三；印度综合指数为 2.01 最低。第一次工业革命带来的社会化大生产的同时也使得碳排放量成指数倍的增长，历史责任项目指标值表明美国和欧盟这批充分享受工业革命带来的福利的经济体在应对气候变化威胁中应当担负主要的任务。

5.3 问题三的求解

根据中国自主贡献方案，到 2030 年我国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 60%～65%。因此本问题拟构建多元线性回归碳排放模型，其中碳排放量为输出变量。关于输入变量的确定，目前各国关于于碳排放影响因素的研究非常广泛，其中，经济增长、能源消费、新能源占比这三个因素占比比较大，因此本文的三个输入变量为经济增长、能源消费、新能源占比，在相关输入变量不发生突变的情况下，并采用外推法对输入变量进行预测。根据多元线性回归模型建立求解 2030 年中国碳排放量，并对输入变量进行灵敏度分析，从而确定具体行动措施。

5.3.1 碳排放量预测模型建立

预测模型为: $Y = Z\beta$

其中 $Y = (\mathrm{y}_1, y_2, ..., y_n)^T$

$$Z = \begin{bmatrix} 1 & \mathrm{z}_{11} & \cdots & \mathrm{z}_{1p} \\ 1 & z_{21} & \cdots & z_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & z_{n1} & \cdots & z_{np} \end{bmatrix}$$

$$\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, ..., \beta_p)^T$$

式中 Y 为二氧化碳排放量；

式中 Z 分别为经济增长、能源消费、新能源占比；

式中 β 为系数向量

系数向量的最小二乘估计为：

$$\beta = (Z^T Z)^{-1} Z^T Y$$

表 8 多元线性回归模型初始数据

年份	GDP（万亿美元）	能源消耗（百万吨油当量）	新能源占比	碳排放量（百万吨）
2000	2.2	1003	5.1	3327
2001	2.4	1059	6.0	3486
2002	2.6	1156	5.7	3809
2003	2.9	1348	4.8	4495
2004	3.2	1576	5.1	5291
2005	3.6	1793	5.1	6058
2006	4.0	1968	5.1	6653
2007	4.6	2140	5.3	7211
2008	5.0	2222	6.8	7351
2009	5.5	2322	6.5	7695
2010	6.1	2487	7.2	8098
2011	6.7	2687	6.8	8749
2012	7.2	2795	8.2	8911
2013	7.8	2903	8.7	9148
2014	83	2970	9.9	9165
2015	89	3014	10.5	9153

假设变量不存在突变，根据过去的趋势经验，采用外推法对输入变量进行预测。一般形式如下：

$$z_t = \varphi_0 + \varphi_t t + \tau_t$$

式中：z_t 表示 t 年时的 GDP、一次能源消费量和新能源所占比例；φ_t 表示估计的年平均变化率；φ_0 表示截距；τ_t 表示随机干扰量。

按照图表数据 MATLAB 编程外推可得 2030 年 GDP、一次能源消费量和新能源的预测值为：

GDP（万亿美元）	一次能源消费量（百万吨油当量）	新能源（占比）
17.2	4597.3	21.4%

之后建立多元回归方程，经过 MATLAB 计算后可得，方程为：

$$y = -0.0234 - 0.2829z_1 + 1.3276z_2 - 0.67z_3$$

首先利用该多元回归方程的值与 2018 年的实际碳排放量进行对比

二氧化碳排放量预测值（百万吨）	二氧化碳排放量真实值（百万吨）	预测值与真实值相差百分比
10000	9113	0.9%

根据计算预测值与真实值之间的误差小于百分之五，说明模型构建合理，能够很好的进行预测，检验通过。

从逻辑上看 ，碳排放量的增加主要由三部分引起，一方面可以看出一次能源消费量的增加也导致消费量增加，另一方面可以看出新能源占比提升导致碳排量增加，这也说明，从现实意义上看，方程也是符合实际。

5.3.1 碳排放量 2030 年预测及灵敏度分析

根据前面的多元回归方程和外推法得出的三个输入变量参数，运用 MATLAB 可以计算出 2030 年碳排放总量为 13773 百万吨，当年的 GDP 为 17.2 亿万美元与 2025 年的单位国内生产总值之间比较可得，碳排放强度下降了 53.4%。可以看出按照当前的发展路径，我国不能达到当初自主方案的设定计划。

因为模型的因变量因素有三个，其中主动因素有两个，即增加新能源占比和降低一次能源消耗两方面入手，这样就转化成为灵敏度分析，对能源消费量和新能源比例这两种因素发生变化而引起碳排放量变化的影响程度进行分析。

可以计算，新能源每增加 5%，碳排放强度下降 2.3%左右；一次能源消费量每减少 5%，碳排放强度下降 1.4%左右。

可以看出新能源对于碳排放减少有着显著提升，为此中国为达到自主贡献方案的目标，必须加大风电、核电、太阳能等新能源的利用，力争在 2030 年新能源占比超过 20%。

5.4 问题四的求解

致联合国相关组织的意见建议

当前世界气候变化正进入关键节点，从我们目前预测情况看，世界完成碳排放目标有些困难，特别是部分国家在履行会议要求上执行不力，为此我们提出以下建议。

一是加强各国合作，增进各方互信。环境保护问题是一个复杂的系统工程问题，单靠个别国家的单打独斗，是难以应付的，必须建立长效的沟通机制，比如政府、学者参与的年度论坛，政府间高级别论坛，跨大洋、跨流域保护组织合作。各国可以就经济结构改善、环保文化宣传、政府与民间作用等方向发挥余热，同时制度化的互信有利于全球环保事业推进。

二是促进技术转移，帮助发展中国家。目前发达国家的历史责任感还是不够强烈，在环保技术转移上不愿意优惠转让，单纯以知识产权保护为借口制造壁垒，为此要建立环保专利制度，发达国家应由国家出资，无偿转让一些环保专利，促进发展中国家进步。

三是加强环保宣传，促进意识进步。目前，大众对环保存在着说起来重要、做起来次要的情况，特别是对于垃圾分类、水循环利用，在一些发展中国家还是做的不够。另外，总体环保观树立不牢，唯环保论思想最近抬头，特别是最近比较火热的瑞典环保女孩，必须树立发展和环保同步的意识，才能避免更深层次的环保危机。

四是健全评价体系，更加客观公正。目前对于自主贡献的评价，还是以定性的研究为主，更全方面的定量评价比较缺乏，建议联合国能够权威构建评价体系，涵盖生态经济、生态文化等等各个方面，同时这些指标要更加能够揭示深层次原因。

五是增加资金支持，确保更加有效。建议世界银行设立专门的环保分项业务部门，同时设立碳排放减排基金会。确保有足够资金去支持非洲等欠发达国家，通过做加法，确保全球环境更加完善。

6 模型的评价与推广

本文充分利用大数据视野，能够有效解决传统层次分析法模型中存在的打分权重不够客观等问题，能够更加符合学术界的学术趋势，更是解决了主观赋权类问题赋权不客观情况，有着相对崭新的视野。

不足之处，本文对于预测模型，因为需要预测的年限较长，目前还没有相对更合适的数学模型。

参考文献

[1] 蓝庆新,彭一然,冯科.城市生态文明建设评价指标体系构建及评价方法研究——基于北上广深四城市的实证分析[J].财经问题研究,2013(09):98-106.

[2]李亚杰.基于鱼骨图分析法的公路物流低碳发展影响因素分析[J].商场现代化,2015(15):47.

附录

第二问主程序：

```
[a,b]=xlsread('shuju.xlsx');
c=zeros(16,4);
c=a(:,1:4);
for i=1:16
    d=max(c(i,:));
    c(i,:)=c(i,:)/d;
end
y1=zeros(16,4);
x1=zeros(16,4);
for j=1:16
    y1(j,:)=c(j,:)*a(j,5);
end
for k=1:16
    x1(k,:)=y1(k,:)*a(k,6);
end

y2=zeros(9,4);
y2(1,:)=x1(1,:);
y2(2,:)=sum(x1(2:4,:));
y2(3,:)=sum(x1(5:6,:));
y2(4,:)=sum(x1(7:9,:));
y2(5,:)=sum(x1(10:11,:));
y2(6,:)=x1(12,:);
y2(7,:)=x1(13,:);
y2(8,:)=sum(x1(14:15,:));
y2(9,:)=x1(16,:);
y3=zeros(5,4);
y3(1,:)=(y2(1,:)+y2(2,:)+y2(3,:))*0.4755;
y3(2,:)=(y2(4,:)+y2(5,:))*0.3221;
y3(3,:)=(y2(6,:)+y2(7,:))*0.1104;
y3(4,:)=y2(8,:)*0.0543;
y3(5,:)=y2(9,:)*0.0377;
y4=zeros(1,4);
for n=1:4
     y4(1,n)=sum(y3(1:5,n));
end
```

第三问主程序：

```
[a,b]=xlsread('gdp.xlsx');
c=zeros(16,4);
c=a(:,1:4);
```

```
for j=1:4

    d=max(c(:,j));
    c(:,j)=c(:,j)/d;
end
m=16;n=3;
y=c(13:28,4);
x1=c(13:28,1);
x2=c(13:28,2);
x3=c(13:28,3);
X=[ones(length(y),1),x1,x2,x3];
[b,bint,rint,s]=regress(y,X);
```