

2020 年第五届“数维杯”大学生 数学建模竞赛论文

目 录 基于主成分灰度加权分析的小康社会可持续发展模型

摘 要

2020 年是我国全面建成小康社会的决战之年，而新冠病毒的爆发必然对我国经济发展造成重要影响，同时我国经济内外部环境变得更加恶劣。对我国全面建成小康社会进程的研究并对可持续发展思路进行分析是有必要的。我们模型结合了我国存在问题的现状以及衡量全面建成小康社会的多重指标并基于大量往年数据分析与规划了全面建成小康社会进程中的问题。

针对问题一，首先我们从人均国内生产总值、恩格尔系数等四个衡量小康社会的标准进行具体分析，总结出全面建成小康社会的具体经验。通过时间序列预测思想，运用趋势移动平均法及三次指数平滑法的模型，并提供了误差比对图和各个指标的对比图以进一步分析，更好地帮助提出未来 20 年的我国通过调整经济发展模式，加强公民生态意识教育，大力开发人力资源等可持续发展的思路。

针对问题二，我们结合了官方数据，从完成难度系数等四个指标来对各省全面建成小康社会总体情况进行分析。我们通过对所选指标数据进行标准化，利用主成分分析法依次将主成分线性组合，得出综合得分模型，最后得到了四个直辖市以及东部沿海省份如浙江等排名比较靠前，青海、新疆等省份排名较为靠后的结论。这一模型具有很强的说服力。

针对问题三，我们根据分析影响可持续发展能力的六个因素，创新性地运用了主成分分析法和灰色关联分析法建立了以辽宁省为代表的短期及长远的经济社会可持续发展模型。最终根据模型得出各个因素影响辽宁省可持续发展程度排名。城镇居民收入，乡镇居民收入，老龄人口抚养比是影响辽宁省可持续发展的重要因素，而人口和水资源总量则影响较弱。

针对问题四，我们基于本文中所述的预测及评价方法和结论，并基于对我国各省份的综合评分及排名表的分析，为其不同发展程度的城市之间提供了不同的合作计划，建立一对一帮扶机制或采取经济与资源发展不协调的地区进行互补式合作模式来促进各地区经济及资源的发展，解释了实施策略的重要性；从而更好的帮助合作双方和总体效率的提升，发挥一定的积极的促进作用。

最后，我们对模型进行了评价及扩展分析，总结了我们的优点和弱点以进一步改善和提高我们的模型

关键词：可持续发展；指标体系；主成分分析；时间序列预测；灰色关联分析

目 录

一、问题重述	2
二、问题分析	2
三、模型假设	3
四、定义与符号说明	3
五、模型的建立与求解	4
5.1 问题 1 的模型建立与求解	4
5.1.1 全面建成小康社会的成功经验	4
5.1.2 预测模型的建立与求解	6
5.1.3 结论	9
5.2 问题 2 的模型建立与求解	11
5.2.1 多重指标对各省全面建成小康社会总体情况的分析	12
5.2.2 评价模型的建立与求解	13
5.2.3 结论	15
5.3 问题 3 的模型建立与求解	16
5.3.1 影响辽宁省经济社会可持续发展的因素分析	16
5.3.2 模型的建立与求解	17
5.4 各省合作计划	20
六、模型的评价及优化	21
6.1 模型的优点	21
6.2 模型的缺点	22
6.3 模型推广	22
参考文献	23
附录	24

一、问题重述

2020 年是我党决胜全面建成小康社会的关键一年，党和国家通过又一个二十多年的艰苦奋斗，即将由 20 世纪末的我国人民生活水平总体达到小康水平迈向全面建成小康社会的胜利道路。这即将成为中华民族发展史上的又一项新的里程碑。而自武汉大规模爆发的疫情使得我国经济发展受到不可避免的冲击，同时未受到全面控制的全球新型冠状病毒疫情对我国经济内外部环境造成了恶劣的影响。深入了解全面建成小康社会的历史进程并且明确未来发展，能够更好的优化解决当前建成小康社会进程中所面临的重点问题。

二、问题分析

2.1 问题 1 的分析

总结归纳过去 20 年间我国全面建成小康社会历程中的成功经验，并结合全球气候变暖、生态环境与人口压力倍增等现状提出未来 20 年的我国可持续发展思路。首先我们可以根据我国全面建成小康社会的指标来衡量小康社会历程中的成功标准并由此总结出经验，其次运用时间序列预测思想建构模型，并且通过真实值与预测值比较来得出可持续发展思路。

2.2 问题 2 的分析

总结归纳诸如我国各省全面建成小康社会完成难度系数、完成比率及未来可持续发展能力等在内的多重指标对各省全面建成小康社会总体情况进行合理的评价与排序。还可以引入可持续发展均衡能力来作为评价总体情况的指标，应用评价模型得出各省全面建成小康社会的总体排名。

2.3 问题 3 的分析

针对世界处于百年未有的大变局及新型冠状病毒疫情全球性蔓延的大环境，建立以某省为代表的短期及长远的经济社会可持续发展模型。这一模型需要充分考虑诸如人口变化、老龄化趋势、城乡居民收入、资源禀赋及生态环境承载力等关键性因素。评价指标要选取完备的指标，适当对数据进行标准化以便分析。

2.4 问题 4 的分析

提供一个各省之间的合作计划。这一计划在充分考虑各省份经济社会发展状况及资源禀赋，同时也能够对合作双方产生积极的促进作用和总体效率的提升。

三、模型假设

- 1、假设未来 20 年各省份没有突发情况发生。
- 2、假设预测出的缺失数据与实际情况相近。
- 3、假设所查找的数据能够客观地反映实际情况。

四、定义与符号说明

符号定义	符号说明
k	趋势预测期数
a_t	预测直线的截距
b_t	预测直线的斜率
N	每次移动平均的长度
t	期数
$M_t^{(1)}$	N 期移动平均值
$M_t^{(2)}$	N 期趋势值的移动平均值
T	预测超前期数
α	为权重系数
X_{ij}	第 i 省第 j 个指标
Z_{ij}	第 i 省第 j 个指标的标准值

五、模型的建立与求解

数据的预处理：

1. 衡量小康标准的部分指标，如大学入学率及城镇居民最低生活保障等指标数据不全

面，不予考虑。

2.对 2000-2020 以及 2020-2040 的人口、水资源、温度等指标数据进行处理，并且进行比对分析，以图表进行展示。

3.对各省全面建成小康社会难度系数指标进行逐项统计，对评价指标进行分析、筛选、调整、改进，并对部分数据标准化，依据指标统计结果。

4.影响某省可持续发展能力部分因素数据缺失，本文用时间序列模型对数据进行预测将其补全。

5.1 问题 1 的模型建立与求解

5.1.1 全面建成小康社会的成功经验

从十九大到二十大，是“两个一百年”奋斗目标的历史交汇期。我们既要全面建成小康社会、实现第一个百年奋斗目标，又要乘势而上开启全面建设社会主义现代化国家新征程，向第二个百年奋斗目标进军。在过去的二十年间，中国社会建设的主要成就体现在，社会保障体现日趋健全，就业与收入分配制度的建立与完善，教育事业取得跨越式发展，社会治理体系的建立与完善，同时新中国民众生活发生了巨变，城乡居民收入显著增长，民众生活质量不断提升。

（一）人均国内生产总值超过 21322.5 元。这是全面建成小康社会的根本标志。我国经济建设取得令世界瞩目的辉煌成就，人均国内生产总值从 2000-2019 年逐渐攀升，由图可看出到 2008 年我国人均国内生产总值已超过 21322.5 元，到 2012 年我国经济总量从世界第十跃至世界第二，对世界经济增长贡献率超过 20%，成功实现从低收入国家向中等偏上收入国家的跨越；到 2019 年全国地区生产总值突破了 90 万亿元，成为推动世界经济增长的主要力量^[1]。

（二）城镇居民人均可支配收入 1.8 万元是我党提出界定小康社会的标准

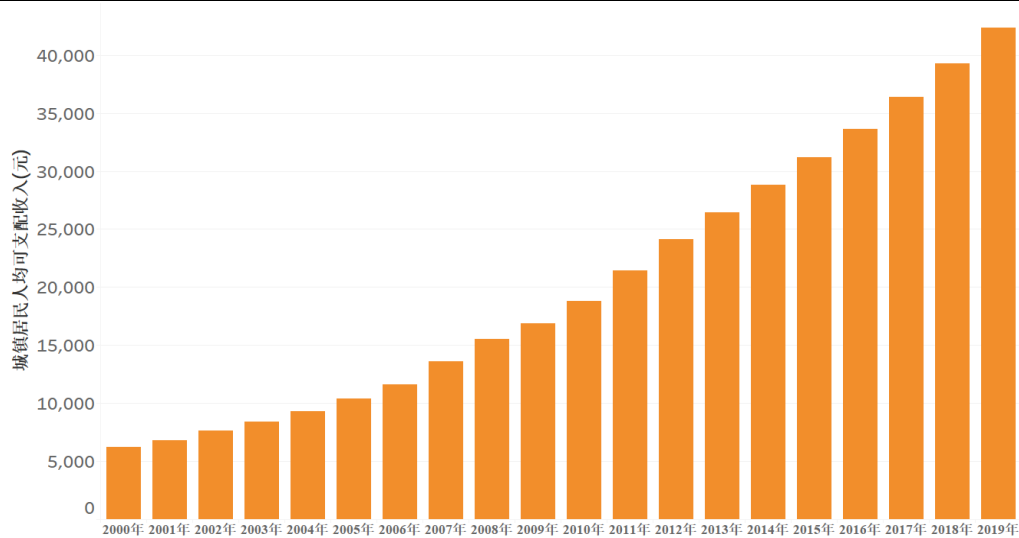


图 5-1 2000-2019 城镇居民人均可支配收入

由上图可以看出从 2000-2019 年我国城镇居民人均可支配收入呈稳步上升态势，2009 年我国城镇居民人均可支配收入已经接近 1.8 万元的小康目标，2010 年则超过了 1.8 万元达到了小康社会的标准

（三）恩格尔系数低于 40% 是衡量小康社会的主要标准之一

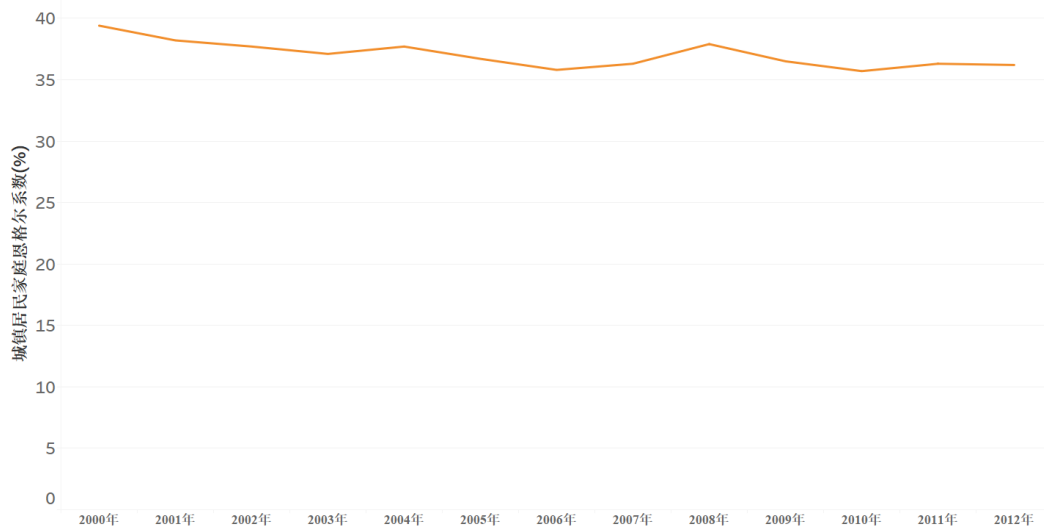


图 5-2 2000-2012 城镇居民家庭恩格尔系数

随着国民经济的发展和人们整体收入水平的提高，中国农村家庭、城镇家庭的恩格尔系数都不断下降。2003 年，平均值为 40%（农村 46%，城镇 37%），属于小康级别；2015 年，平均值为 30.6%，属于相对富裕级别；2016 年，平均值为 30.1%，属于相对富裕级别，距离上升到富足级别只相差 0.1 个百分点。总体看，中国城镇居民生活水平的变化还是符合恩格尔规律的。

(四) 居民家庭计算机普及率 20%。到 2002 年,我国城镇居民家庭平均每百户就由 20 人拥有计算机,到 2012 年更是将近 90 户拥有计算机,居民家庭计算机普及率已远远超过小康社会的标准。我国在经济发展中必须考虑“可持续性”的问题,我们要把握发展规律,协调人口、环境和资源之间的矛盾,最终实现国民生产生活的提高,推进我国社会主义现代化建设。

5.1.2 预测模型的建立及求解

从全球气候变暖、生态环境与人口压力倍增等方面将温度、水资源总量、人口、森林面积、草原面积作为未来 20 年的我国可持续发展的指标。通过时间序列预测思想,运用趋势移动平均法及三次指数平滑法来提出未来 20 年的我国可持续发展的思路。

(一) 趋势移动平均法

趋势移动平均法是趋势预测法(趋势分析法)中的一种,是在移动平均法计算 N 期时间序列移动平均值的基础上,以最近实际值的一次移动平均值为起点,以二次移动平均值估计趋势变化的斜率,建立预测模型的一种方法。趋势移动平均法的预测模型如下:

$$\hat{y}_{t+k} = a_t + b_t \times k \quad (1)$$

式中: k 表示趋势预测期数($k = 1, 2, 3, \dots$); \hat{y}_{t+k} 表示第 $t+k$ 预测期;

$$\begin{cases} a_t = 2M_t^{(1)} - M_t^{(2)} \\ b_t = \frac{2}{N-1}(M_t^{(1)} - M_t^{(2)}) \end{cases} \quad (2)$$

a_t 表示预测直线的截距; b_t 表示预测直线的斜率; N 表示每次移动平均的长度; t 表示期数;

$$M_t^{(1)} = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-N+1}}{N} \quad (3)$$

$$M_t^{(2)} = \frac{M_t^{(1)} + M_{t-1}^{(1)} + \dots + M_{t-N+1}^{(1)}}{N} \quad (4)$$

$M_t^{(1)}$ —— N 期移动平均值

$M_t^{(2)}$ —— N 期趋势值的移动平均值

(二) 三次指数平滑法

构造基于三次指数平滑法的预测模型：

以 N 年为原始时间序列的期数。记 X_t 为第 t 年的实际值，预测未来 20 年的数据。

$$Y_{t+T} = a_t + b_t T + c_t T^2 \quad (5)$$

$$a_t = 3S_t^{(1)} - 3S_t^{(2)} + S_t^{(3)} \quad (6)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} \left[(6-5\alpha)S_t^{(1)} - 2(5-4\alpha)S_t^{(2)} + (4-3\alpha)S_t^{(3)} \right] \quad (7)$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{2(1-\alpha)^2} \left[S_t^{(1)} - 2S_t^{(2)} + S_t^{(3)} \right] \quad (8)$$

$$S_t^{(1)} = \alpha X_t + (1-\alpha)S_{t-1}^{(1)} \quad (9)$$

$$S_t^{(2)} = \alpha S_t^{(1)} + (1-\alpha)S_{t-1}^{(2)} \quad (10)$$

$$S_t^{(3)} = \alpha S_t^{(2)} + (1-\alpha)S_{t-1}^{(3)} \quad (11)$$

式中 Y_{t+T} 为当期的预测值； T 为预测超前期数； a_t ， b_t ， c_t 为第 t 年的预测系数； $S_t^{(1)}$ ， $S_t^{(2)}$ ， $S_t^{(3)}$ 分别为第 t 年对应的一次、二次、三次指数平滑值； α 为权重系数，且 $0 < \alpha < 1$ ； $S_{t-1}^{(1)}$ ， $S_{t-1}^{(2)}$ ， $S_{t-1}^{(3)}$ 分别为一次、二次、三次指数平滑的平滑初始值。

(三) 模型求解

Step1 确定初始值。选择原始数据第 1 期的实际数据作为初始值。

Step2 选择权重系数。当时间序列呈现较稳定的水平趋势时，选取较小的 α 值，一般在 0.05~0.2 之间取值；当时间序列有波动，但长期趋势变化不大时，选取稍大的 α 值，一般在 0.3~0.5 之间取值；当时间序列波动很大，长期趋势变化幅度较大，呈现明显且迅速的上升或下降趋势时，选取较大的 α 值，一般在 0.6~0.8 之间取值。

Step3 进行数据预测。(1)将求得的初始值与权重系数 α 代入公式(9)至(11)，得到一次、二次、三次平滑修匀新数列值；(2)根据公式(6)至公式(8)计算各年的预测系数，为三次指数平滑计算提供基础；(3)根据三次指数平滑公式(5)，选取合适的预测超前指数，对

未来数据进行预测，并得到最终结果。根据模型所得的误差图如下所示：

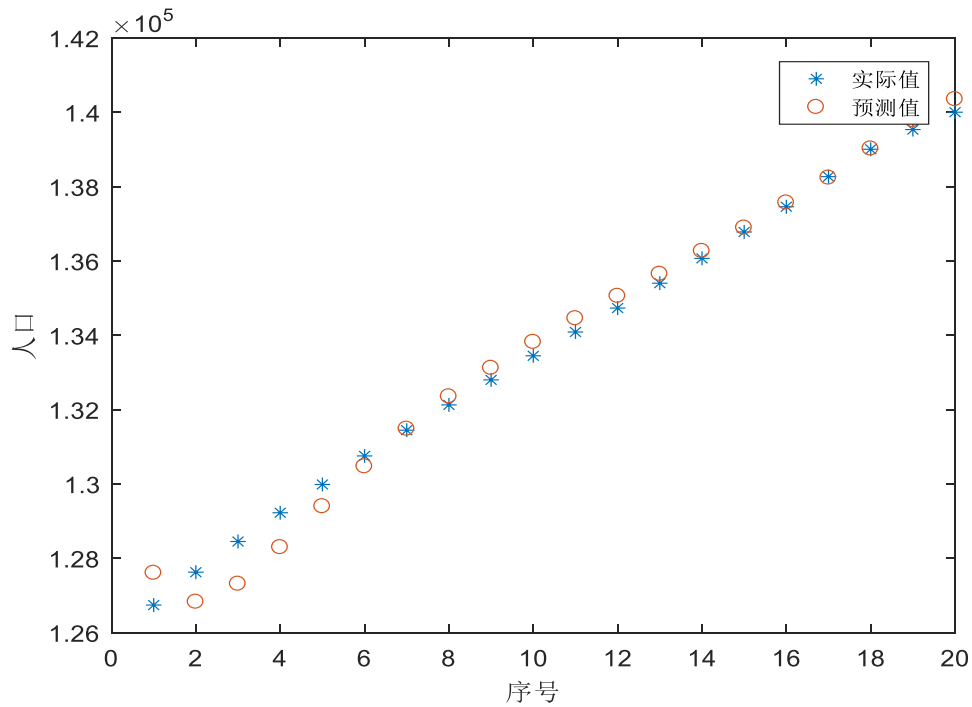


图 5-3 人口误差图

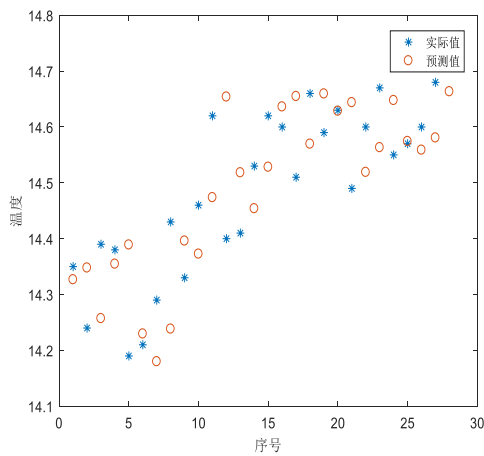


图 5-4 温度误差图

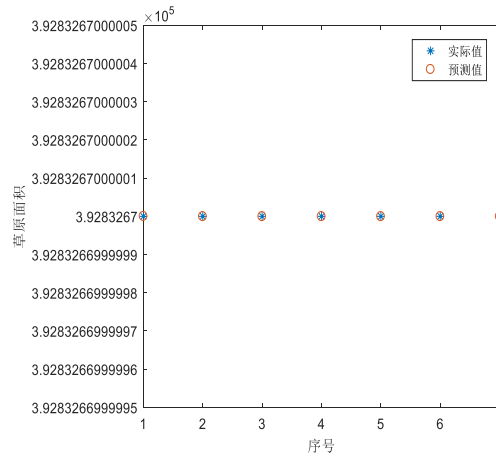


图 5-5 草原面积误差图

由上述误差图可以看出人口总量的实际值与预测值基本呈同步上升趋势，而草原面积的实际值和预测值则完全吻合。表 5-1 具体列出了我国过去 20 年以及未来 20 年五个指标的具体平均数值，可看出温度由 14.5 升到了 15.9，气候变暖趋势还在上升，水资源呈翻倍增加态势，人口数量持续上升，森林面积有所增加，草原面积基本保持不变。

表 5-1 我国 2000-2020 及 2020-2040 五个指标数据的平均值

年份	温度 (摄氏度)	水资源总量 (亿立方米)	人口 (万人)	森林面积 (万公顷)	草原面积 (万公顷)
2000-2019	14.5261	27413.96	133699.6	20378.3	392832.7
2020-2040	15.98104	7868529.149	158731.4	26036.81	392832.7

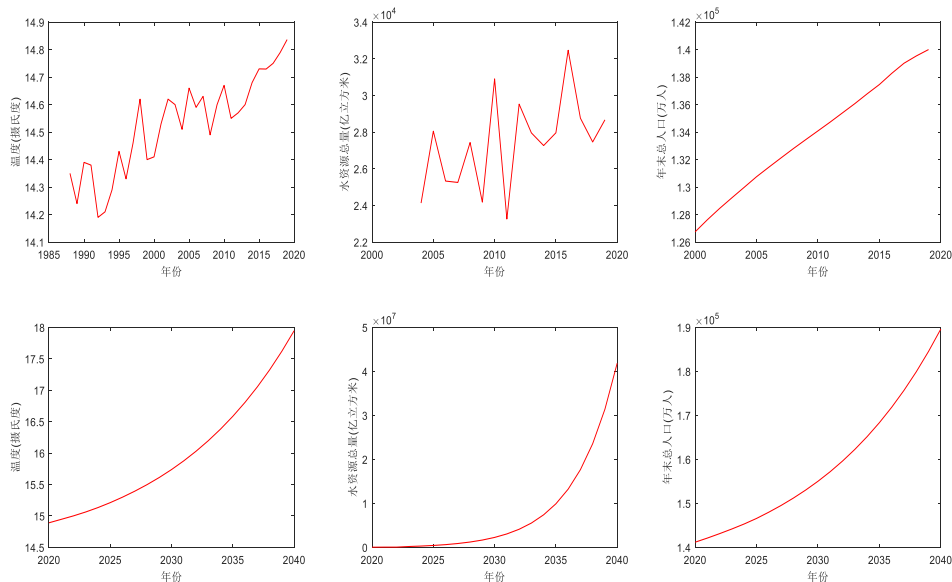


图 5-6 2000-2020 与 2020-2040 温度，水资源总量及人口数量对比图

如果人口增加，气温升高，社会经济的发展水平受限，我国开发自然资源的速度也会受到不同程度的影响，从而影响了—个国家的社会经济发展水平。我们应该进行人力资源的整合利用，促进劳动力合理流动，制定生育办法将人口增加速度降低，加强温室气体再利用，合理利用森林及草原等自然资源来实现我国未来 20 年的可持续发展。

5.1.3 结果

一、过去 20 年间我国全面建成小康社会的成功经验是：

1. 坚持以邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导，用发展的方法解决前进中遇到的新情况、新问题。
2. 坚持党的领导，中国共产党的领导是我国社会主义各项事业胜利的根本保障。
3. 坚持不断创新，理论创新在实践基础上取得与时俱进的新成果，推动社会主义现代化建设事业不断地取得新进展。
4. 坚持改革开放，通过改革进一步促进和谐稳定的局面。

5. 坚持以人的全面发展为中心，推进体制创新、管理创新和科技创新，不断提高社会管理和公共服务水平。

6. 坚持中国自身发展道路，我国政策与生产力相适应，符合中国发展实际，经济建设取得明显成效。使得人均国内生产总值，城镇居民人均可支配收入，恩格尔系数及居民家庭计算机普及率等指标均达到小康标准。

二、基于全球气候变暖，生态环境及人口压力倍增等因素得出的我国未来 20 年可持续发展思路如下：

1. 全球气候变暖：面对这个重大挑战，我们应对气候给予更大的关注^[2]。

（1）调整经济发展模式，促进经济与环境协调发展。我国现处于资源、环境问题、社会发展之间的连锁反应，转变现有的发展模式，走科技含量高、经济效益好、资源消耗低的模式。

（2）“减排越多，变化越小，影响越低”的原则依然适用。适应变化和降低风险将会成为未来的主旋律^[3]。同时，积极进行经济转型和政策调整，加强对温室气体的再利用、吸收和封存，也是未来发展的主要方向。

2. 生态环境：

（1）利用循环经济的发展转变经济增长方式。循环经济在本质上是一种生态经济，它强调资源、产品和再生资源之间的科学合理的循环^[4]。对我国而言，发展循环经济是转变经济增长方式、实现经济社会可持续性发展以及建设生态文明的必由之路。

（2）坚持政府在生态文明建设中的作用。政府应负有保护生态环境、实现和谐发展的生态责任。我国政府需要充分发挥自身在生态文明建设过程中的主导作用，从而不断推进生态文明建设进程。

（3）加强公民生态意识教育。我国必须大力加强宣传教育，让企业和公民个人更深刻地理解，从而为我国在未来 20 年内生态文明可持续发展做出应有的贡献。

3. 人口压力倍增：我们需要大力开发人力资源，促进人力资本积累。人力资源是推动和促进社会变革的主要力量

(1) 控制人口增长，实现适度人口目标。包括建立生育计划奖惩制度，提高结婚年龄，改善公共医疗卫生条件和儿童营养状况等^[5]

(2) 努力增加就业机会，减轻人力资源的闲置和浪费状况。包括建立完善的劳动力市场，积极发展劳动密集型产业，促进劳动力的合理流动，广泛拓展就业途径等。

(3) 增加人力资本投资。我国有必要大幅度提高教育经费的比重，增加人力资本投资强度，提高人力资本投资效益。

5.2 问题 2 的模型建立与求解

5.2.1 多重指标对各省全面建成小康社会总体情况的分析

针对我国各省全面建成小康社会总体情况，本题从各省全面建成小康社会完成难度系数、完成比率、可持续发展均衡指数及未来可持续发展能力四个指标来对各省市进行评价与排序。

1. 各省全面建成小康社会完成难度系数的主要因素考虑包括土地自然资源评价指数、居民住房质量、社会安全指数及生态环境评分指数四个方面。且此四项评分指数越高，则难度系数越高，则全面建成小康社会进展越快，难度越小。反之，如难度系数较低，则该省全面建成小康社会完成难度越大。

(1) 土地资源评价指数：各省当地拥有的未经开采加工的自然资源，如矿产资源、水利资源及生物资源等。该评价指数越高，则其土地资源越丰富，为全面建设小康社会提供有力保障。

(2) 居民住房质量：是衡量一个地区居民生活质量的重要标志，也是现阶段建设小康社会的重要标志之一。住房质量同时也包括房屋的质量，如维护修缮，防水供暖等。

(3) 社会安全指数：该指标是评价一个地区社会安全状况总体变化程度的重要指标，是国家统计局全面建设小康社会统计监测指标体系的重要指标之一。包括社会治安、交通安全、生活安全和生产安全等。如北京社会安全指数较高，云南则相对较低。

(4) 生态环境评分指数：包括生物丰富度、植被覆盖、水网密度、土地退化情况及污染负荷等，反映了各省生态环境质量状况。

综合以上四个因素，可以看出北京的难度系数最高为 3.8464，说明北京建成小康社会完成进展较快较容易；青海省的难度系数最低仅为 0.5579，青海省建成小康社会的难度较大，两个地区相差悬殊。

表 5-2 小康总体情况指标

省份	难度系数	完成率	可持续发展均衡指数	可持续发展能力
北京	3.846466194	80	1	0.59
上海	3.819503505	79	2	0.6
浙江省	3.250559148	78	2	0.66
江苏	2.601796955	77	2	0.94
广东省	2.648503868	76	2	1.07
重庆	2.440174083	75	3	-0.35
天津	2.975276889	74	1	0.22
山东省	2.201245089	73	2	0.78
湖北省	1.664524774	72	2	0.03
安徽	1.352171812	71	1	-0.27
福建	2.863858307	70	2	0.02
河南省	1.567395962	69	1	0.19
湖南省	1.761653332	68	2	-0.17
海南	1.614516322	67	1	-0.42
广西壮族自治区	1.855978982	66	2	-0.34
贵州省	0.590445493	64	1	-0.73
河北省	1.412463703	63	1	0.15
云南省	0.911996248	62	1	-0.53
内蒙古	0.903766719	61	1	0.01
陕西省	1.384494288	60	2	-0.09
四川省	1.947055267	59	3	-0.02
辽宁省	0.960678749	58	2	0.12
江西省	1.736326382	57	2	-0.26
宁夏回族自治区	0.669033642	56	2	-0.42
甘肃省	0.56942459	55	2	-0.3
新疆维吾尔自治区	0.805089777	54	2	-0.24
黑龙江	1.425169173	53	2	0.11
青海省	0.557924086	52	1	-0.43
吉林省	1.27681837	51	2	0.04

2.各省全面建成小康社会的完成比率通过查阅我国省份最高完成率（北京 80%），省份最低完成率（吉林省 51%）及平均完成率，其他各省份按照等距分布的原则即可得出各省全面建成小康社会的完成率。

3.由表可以看出各省市可持续发展能力得分，分别代表各地区可持续发展能力高低。分数越高，可持续发展能力越强，反之越低。各地平均得分约为 0.03 小于 0.03 代表可持续发展能力低于全国水平，反之亦然。简单分析不难看出：广东省得分最高为 1.07，贵州省得分最低，仅为-0.73，两者相差悬殊；江苏、山东、浙江、上海得分介于 0.59 到 0.94

之间,可持续发展能力较为接近,显著高于全国平均水平;贵州、山西、云南得分较低,可持续发展能力较差。

4.可持续发展均衡指数本题分为 1, 2, 3 三个等级,如北京天津安徽等城市的可持续发展均衡指数为 1,说明其在建成小康社会的过程中的所有领域发展都比较均衡,而重庆四川等城市可持续发展均衡指数为 3,说明其在建成小康社会的过程中的某个领域发展的迅速,其他领域较弱一些。

5.2.2 评价模型的建立与求解

在可持续发展评价过程中,构建指标体系和选择评价方法是两个最为重要的部分。指标体系建立以后就应当选取适当的评价方法,目前应用较多的有综合评价法、DEA 法、生态足迹法、主成分分析法、层次分析法(AHP)、模糊综合评判法、空间分析法等^[6]。其中主成分分析法由于客观性较强、便于操作等原因倍受青睐,本文选用主成分分析法。主成分分析法是一种降维的客观评价方法,它是在保证信息损失尽可能少的前提下,把反映样本的某项特征的多个指标变量转化为少数几个综合变量的多元分析方法。具体步骤如下:

Step1 原始数据进行标准化。采集维随机变量个样品,构造样本阵,对样本阵元进行如下标准化变换:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{s_j}, \quad i=1,2,\dots,k, \quad j=1,2,\dots,n \quad (12)$$

其中, $\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{k}$, $s_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{k-1}$, X_{ij} 为第 i 省第 j 个指标, Z_{ij} 为第 i 省第 j

个指标的标准值,得标准化阵 Z 。

Step2 对标准化阵 Z 求相关系数矩阵

$$R = [r_{ij}]_n \quad \text{且} \quad R = \frac{Z^T Z}{k-1} \quad (13)$$

其中, $r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n z_{kj} \cdot z_{ki}}{k-1}$, $i, j=1,2,\dots,n$

Step3 解样本相关矩阵 R 的特征方程 $|R - \lambda I_p| = 0$ 的特征值 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$ 及特征向量 u_1, u_2, \dots, u_n 。

Step4 计算特征值特征向量贡献率 $\lambda_i / \sum_{k=1}^n \lambda_k$ 和累计贡献率 $\frac{\sum_{k=1}^m \lambda_k}{\sum_{k=1}^n \lambda_k} \geq 0.90$ ，根据特征值和累积贡献率选出 m 个主成分。特征值大于 1 或累积贡献率达到 90% 以上即可作为主成分，并由此得出因子回归系数 P_j 。可根据 P_j 计算出各省的因子得分。

$$F_{ik} = \sum_{j=1}^n P_j Z_{ij} \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (14)$$

其中， F_{ik} 为第 i 省第 k 个主成分的因子得分； P_j 表示第 j 个指标因子回归系数。

Step5 由于各主成分包含的信息不一致，因此以所选主成分的方差贡献率为权数，将各因子得分进行综合，得出各省市各子系统综合评价指数为：

$$W_i = \sum_{k=1}^m F_{ik} N_k \quad (15)$$

其中， N_k 为选用主成分的方差贡献率。

Step6 根据综合因子得分排序。

表 5-3 小康总体情况指标的贡献率

小康总体情况指标	贡献率
难度系数	0.6081
完成率	0.2539
可持续发展均衡指数	0.1027
可出续发展能力	0.0353

根据以上模型及求解可以得出下表

表 5-4 成分得分系数矩阵及综合得分系数

省份	主成分 1	主成分 2	主成分 3	综合得分系数
北京	2.7615	1.5261	0.1451	4.4326
上海	2.8974	-0.1388	0.3230	3.0816
天津	1.3804	1.3962	0.2566	3.0332
浙江省	2.5404	-0.1670	0.0035	2.3769
安徽	-0.4351	1.3651	0.5371	1.4671
江苏	2.3943	-0.2124	-0.7373	1.4446
福建	1.0213	-0.3343	0.6328	1.3197
广东省	2.5155	-0.2511	-1.0134	1.2511

海南	-0.6999	1.2642	0.6694	1.2337
河南省	0.1238	1.2707	0.3443	1.0502
重庆	0.8316	-1.7988	1.7092	0.7420
山东省	1.6924	-0.3074	-0.7703	0.6147
湖北省	0.3911	-0.2703	0.3889	0.5097
湖南省	-0.0392	-0.3660	0.5662	0.1611
贵州省	-1.9168	1.2139	0.7891	0.0862
广西壮族自治区	-0.3084	-0.4084	0.7946	0.0777
河北省	-0.4048	1.1086	-0.6334	0.0704
云南省	-1.5995	1.1397	0.4089	-0.0508
内蒙古	-1.0250	1.0683	-0.6264	-0.5831
江西省	-0.8622	-0.6639	0.1381	-1.3879
陕西省	-0.6945	-0.5916	-0.1084	-1.3945
青海省	-2.3433	0.8567	-0.4018	-1.8884
辽宁省	-0.8433	-0.6609	-0.7130	-2.2172
四川省	-0.1090	-2.2659	0.1238	-2.2511
宁夏回族自治区	-1.8009	-0.6704	0.0799	-2.3914
黑龙江	-0.8753	-0.8024	-0.8319	-2.5097
新疆维吾尔自治区	-1.6264	-0.7416	-0.3153	-2.6832
甘肃省	-1.7854	-0.7071	-0.2185	-2.7110
吉林省	-1.1810	-0.8512	-0.8522	-2.8844

主成分表达式如下:

$$F_1 = 2.7615x_1 + 2.8974x_2 + \dots - 1.1810x_{29} \quad (16)$$

$$F_2 = 1.5261x_1 - 0.1388x_2 + \dots - 0.8512x_{29} \quad (17)$$

$$F_3 = 0.1451x_1 + 0.3230x_2 + \dots - 0.8522x_{29} \quad (18)$$

综合得分为:

$$W_1 = 4.4326x_1 + 3.0816x_2 + \dots - 2.8844x_{29} \quad (19)$$

5.2.3 结论

表 5-5 各省全面建成小康社会情况总体排名

排名	省份	分数
1	北京	4.4326
2	上海	3.0816
3	浙江省	3.0332
4	江苏	2.3769
5	广东省	1.4671
6	重庆	1.4446
7	天津	1.3197
8	山东省	1.2511
9	湖北省	1.2337
10	安徽	1.0502
11	福建	0.7420

12	河南省	0.6147
13	湖南省	0.5097
14	海南	0.1611
15	广西壮族自治区	0.0862
16	贵州省	0.0777
17	河北省	0.0704
18	云南省	-0.0508
19	内蒙古	-0.5831
20	陕西省	-1.3879
21	四川省	-1.3945
22	辽宁省	-1.8884
23	江西省	-2.2172
24	宁夏回族自治区	-2.2511
25	甘肃省	-2.3914
26	新疆维吾尔自治区	-2.5097
27	黑龙江	-2.6832
28	青海省	-2.7110
29	吉林省	-2.8844

根据各省全面建成小康社会总体情况排名分析显示：4个直辖市及东部沿海省份的排名比较靠前。北京、上海、天津、江苏、重庆、天津等省市除了在资源环境方面不太占优势外，经济社会、环境治理等方面都走在前列。青海、甘肃、新疆等省份排名较为靠后，建成小康社会总体情况较落后。

5.3 问题3的模型建立与求解

5.3.1 影响辽宁省经济社会可持续发展的因素分析

在新型冠状病毒疫情全球性蔓延的大环境下，有针对性地对区域可持续发展状况的评估与分析是必要的。本题建立了以辽宁省为代表的短期及长远的经济社会可持续发展模型，考虑人口变化、老龄化趋势、城乡居民收入、资源、生态环境承载力、人口寿命六个因素来构建模型。（其他省份也可以用相同的方式来建立模型）

表 5-6 2009-2019 各个因素的数据统计

年份	人口 (万人)	老龄人口 抚养比 (人)	城镇居民 收入(元)	乡镇居民 收入(元)	水资源总量 (亿立方米)	森林面积 (万公顷)	煤炭储量 (亿吨)	石油储量 (万吨)	天然气储量 (亿立方米)	人均寿命 (岁)
2009	4341	14.9	9376	2590.4	170.96	557.31	43.8	14937.7	187.1	76.04
2010	4375	15.88	14925	5014.9	606.7	557.31	46.63	18799.01	209.43	76.38

2011	4383	13.8	19512	7014.6	294.79	557.31	30.97	17880.89	194.82	76.71
2012	4389	12.5	23296	8660.9	547.3	557.31	31.92	16946.82	178.54	77.05
2013	4390	12.9	26696.96	10161.21	463.17	557.31	28.33	16411.23	169.46	77.39
2014	4391	15.7	29081.75	11191.49	145.93	557.31	27.57	15777.4	156.57	77.73
2015	4382	16.8	31125.73	12056.87	179	557.31	26.8	15052.8	149.9	78.07
2016	4378	17.4	32876.09	12880.71	331.6	557.31	26.73	14351.6	154.54	78.41
2017	4369	18.6	34993.39	13746.8	186.3	557.31	23.0992	13400	142.1932	78.75
2018	4359	20	37341.93	14656.33	235.4	571.83	21.0362	12268	138.874	79.09
2019	4352	21.8346	39777.2	16108.29	219.0538	571.4509	18.4178	10929	136.7438	79.42

本题中影响可持续发展能力的六个因素对应表中为

人口变化：人口

老龄化趋势：老龄人口抚养比

城乡居民收入：城镇居民收入、乡镇居民收入

资源：煤炭储量、石油储量、天然气储量

生态环境承载力：水资源总量、森林面积

人口寿命：人均寿命

5.3.2 模型的建立与求解

(一) 主成分分析

在评估可持续发展水平时，考虑到综合评估的结果常常与指标权重的确定、合并规则的选取密切相关，因而受到主观因素的影响较大，而各子系统指标数目均较多，这时问题尤为突出。因此在对可持续发展水平的评估中首先采用主成分分析法来计算各子系统的可持续发展水平^[7]。

(1) 将原始数据进行标准化处理。为了比较不同质的指标，消除变量量纲的影响，对全部指标要进行无量纲处理。

(2) 求无量纲后数据的相关系数矩阵 R。

(3) 求 R 的特征值、特征向量和贡献率。

表 5-7 R 的特征值、特征向量和贡献率

指标	人口	老龄人口 抚养比	城镇居民 收入	乡镇居民 收入	水资源 总量	森林 面积	煤炭 储量	石油 储量	天然气 储量	人均寿命
贡献率	0.6961	0.1725	0.8328	0.0245	0.0176	0.004 8	0.000 5	0.000 1	0.000 0	0.0000

(4) 确定主成分的个数。将特征值从大到小排序，计算其累计贡献率，确定特征值的

个数，其对应的特征向量就是所需要的主成分个数，本题确定了三个主成分。

(5) 对其经济意义作解释，其意义由各线性组合中权重较大的几个指标的综合意义来确定。利用主成分分析法，由各个因素分别计算出辽宁省 2009 年到 2018 年的可持续发展评分表

表 5-8 2009 年到 2018 年的可持续发展评分

年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
可持续发展评分	-2.8439	-2.3486	-0.0993	0.5509	-0.0765	0.5048	-6.7103	1.6208	1.5512	3.6149

(二) 灰色关联分析

灰色关联分析是在灰色系统理论上，通过一定的方法确定系统中各因素之间的关系，找出影响最大的因素。基本思想是通过根据参考序列和若干比较序列之间几何形状的相似程度来判断序列之间的关联度如何，关联度越高表示该比较序列对参考序列的影响越大。

Step1 以可持续发展评分为参考序列，令其值为 X_0 ，其在 2009-2019 年的评分为 $X_0(k)(k=1,2,\dots,n)$ 。比较数列为人口、老龄化人口抚养、城镇居民收入、乡镇居民收入、水资源总量、森林面积、煤炭储量、石油储量、天然气储量和人均寿命 10 个因素值，它们的数列为 $X_i(k)(k=1,2,\dots,n)(i=1,2,\dots,10)$ 。

Step2 因可持续发展评分含有负值，对每一年的可持续发展评分加上最小值的绝对值，使每一评分都大于等于 0。

Step3 对数据进行标准化处理。因数据指标单位各不相同，影响数据比较，利用公式()进行标准化处理。

$$\bar{X}_i(k) = \frac{X_i(k)}{\max X_i(k)} \quad (20)$$

Step4 求两级最小差与最大差。

$$\min_i(\Delta_i(\min)) = \min_i \left(\min_k |x_0'(k) - x_i'(k)| \right) \quad (21)$$

$$\max_i(\Delta_i(\max)) = \max_i \left(\max_k |x_0'(k) - x_i'(k)| \right) \quad (22)$$

Step5 计算灰色关联系数。为 x_i 对 x_0 在 k 时刻的关联系数。其中 0.5 是分辨系数。

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i(\Delta_i(\min)) + 0.5 \max_i(\Delta_i(\max))}{|x_0(k) - x_i(k)| + 0.5 \max_i(\Delta_i(\max))} \quad (23)$$

Step6 根据关联度进行排序。

表 5-9 各个因素关联度排序

因素	关联度
人口(万人)	0.6167
老龄人口抚养(人)	0.8157
城镇居民收入(元)	0.8425
乡镇居民收入(元)	0.8278
水资源总量(亿立方米)	0.6258
森林面积(万公顷)	0.6288
煤炭储量(亿吨)	0.6664
石油储量(万吨)	0.6468
天然气储量(亿立方米)	0.6626
人均寿命(岁)	0.6285

综合得分为 $W = 0.6167x_1 + 0.8157x_2 + \dots + 0.6285x_{10}$ (24)

表 5-10 各个因素影响辽宁省可持续发展程度排名

排名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
因素	城镇居民收入(元)	乡镇居民收入(元)	老龄人口抚养比(人)	煤炭储量(亿吨)	天然气储量(亿立方米)	石油储量(万吨)	森林面积(万公顷)	人均寿命(岁)	水资源总量(亿立方米)	人口(万人)

由表可看出排名靠前的几类因素，如城镇居民收入，乡镇居民收入，老龄人口抚养比是影响辽宁省可持续发展的重要因素，而人口和水资源总量则影响较弱。辽宁省应该重视城乡居民收入及老龄化趋势，在一定程度上提高城乡居民收入，并且从人口老龄化方面做出相应的计划。同时，坚持资源节约和环境保护并举的措施，能够实现辽宁省经济发展和资源环境保护的双赢。

本题对可持续发展程度的评估方法，不仅适用于辽宁省，而且也适用于其他资源地区，特别是对指标的量化处理，使我们能更加精确、有效地评估某个地区短期及长远的经济社会可持续发展能力。

5.4 各省合作计划

表 5-11 各省份的资源评分、经济评分、综合评分及排名

省份	资源评分	经济评分	综合评分	排名
湖北	30	25	55	1
四川	29	26	55	2
河南	23	27	50	3
江西	28	16	44	4
湖南	20	24	44	5
内蒙古	32	11	43	6
重庆	27	15	42	7
陕西	25	17	42	8
云南	26	12	38	9
安徽	19	19	38	10
新疆	31	6	37	11
西藏	34	1	35	12
青海	33	2	35	13
广东	4	31	35	14
浙江	6	28	34	15
山西	24	9	33	16
河北	9	23	32	17
山东	3	29	32	18
江苏	2	30	32	19
广西	17	14	31	20
辽宁	11	18	29	21
北京	8	20	28	22
甘肃	22	5	27	23
福建	5	22	27	24
贵州	18	7	25	25
宁夏	21	3	24	26
黑龙江	12	10	22	27
上海	1	21	22	28
海南	16	4	20	29
天津	7	13	20	30
吉林	10	8	18	31

通过各省份的资源排名和经济排名分别对各省份进行资源评分和经济评分，将其二者之和作为综合评分，进行排名。可以发现湖北、四川、河南、江西、湖南、内蒙古、重庆、陕西、云南和安徽前 10 名的省份资源和经济发展很好并且很均衡；新疆、西藏、青海、广东、浙江、山西、河北、山东、江苏和广西 10 个省份在资源和经济两者发展差距较大，导致发展不均衡；广西、辽宁、北京、甘肃、福建、贵州、宁夏、黑龙江、上海、海南、天津和吉林 12 个省份发展有所差距。

建立一对一帮扶机制能够促进各地区经济及资源的发展。排名前 10 的省份从经济发展和资源开发上帮助排名最后 10 名的省份，要尊重人作为社会发展的主体地位；发展要靠地区居民自己的创造来想办法进行；把地区的文化和传统作为新发展的基础；尊重

自然环境和生态系统；两地互相合作，重建新型、开放的共同体，然后转向社会各个内部结构的改革，各类发展资源要素空间配置，尤其是产业和就业岗位空间布局要与劳动力人口分布统筹，要类型契合^[8]。是要把经济发展好的例如湖北四川等地与经济发展较为落后的广西辽宁来共同研究规划和调配各类发展要素资源，去除制度藩篱；作为发展基础和类型不同的单元，这些形成一对一帮扶的城市要建立起分工协作、合作交流的网络机制。优先安排利用排名靠前省份的闲置资源，引导排名靠后省份的投资商，科技含量高的采取相应的租免政策。

经济与资源发展不协调的地区进行互补式合作。如广东省经济评分为 33，资源评分却为 4，虽综合评分较高但经济与资源发展不协调；青海省经济评分为 2，资源评分达到了 33 的高分。那么这两个省份则可以开启互补合作计划。共同建设绿色循环产业体系，生态环境联防联控，可以使广东省的环境资源得到充分的保护和发展。实行市场一体化和公共服务协同共享专项等，能够有效的提升青海省的经济发展水平。任何两个经济与资源发展不均衡的省份都可开启此互补合作计划。还可进展综合交通互联互通合作计划及旅游对口服务，既提高了资源丰富度发展的可能性，又提高了经济收入促进经济发展。通过此方式更有效的提高了两地总体效率。

不同地区影响可持续发展能力建设的主要因素各不相同，各地区应该因地制宜，扬长补短，把经济建设放在首位，转变传统的资源消耗型经济增长方式，实行清洁生产，走循环经济之路；同时自觉控制人口模、转变消费方式，珍惜合理利用每一种资源，使人口再生产与资源环境再生产相适应；做到人口、资源、环境与经济、社会的和谐发展，努力走上可持续发展之路。本题所提出的计划在充分考虑各省份经济社会发展状况及资源禀赋，同时也能够对合作双方产生积极的促进作用和总体效率的提升。

六、模型的评价

6.1 模型的优点

(1)主成分分析法消除了评价指标之间的相关影响。实践证明指标之间相关程度越高，主成分分析效果越好。同时减少了指标选择的工作量，确定的权值是客观的、合理的。它克服了某些评价方法中认为确定权数的缺陷。

(2)灰色关联分析法可以在很大程度上减少由于信息不对称带来的损失，分析时不需要典型的分布规律，并且对数据要求低，工作量较少，其结果与定性分析结果会较吻合，

是系统分析中比较简单、可靠的一种分析方法。

(3) 时间序列分析能够根据过去的变化趋势预测未来的发展，根据客观事物发展的这种连续规律性，运用过去的历史数据，通过统计分析进一步推测未来的发展趋势。

6.2 模型的缺点

(1) 主成分的解释其含义一般多少带有点模糊性，不像原始变量的含义那么清楚确切。因此提取的主成分个数。通常应明显小于原始变量个数。

(2) 要求需要对各项指标的最优值进行现行确定，主观性过强，同时部分指标最优值难以确定。

(3) 运用时间序列分析进行量的预测，实际上将所有的影响因素归结到时间这一因素上，只承认所有影响因素的综合作用，并在未来对预测对象仍然起作用。并未去分析探讨预测对象和影响因素之间的因果关系，由于事物的发展不仅有连续性的特点，而且又是复杂多样的。

6.3 模型的推广

主成分分析法容易忽视了各评价指标对评价对象的影响程度，将各评价指标对评价结果的重要性均等看待，影响了评价结果的客观性。为了体现不同的评价指标对评价结果的影响程度不同，可以采用对指标赋予权重的方法加以改进，以提高评价结果的真实性。如果评价指标较多，指标的权重采用较为简单的环比评分法确定。环比评分法容易操作，评分的可塑性、可控性较大，能够较准确地表达不同指标对评价结果的影响。具体方法：根据各评价指标对评价结果的影响大小，对其重要性进行评分，评分可以为百分制、十分制，也可以为小数、分数。计算各个评价指标得分的比重，即各自的权重。

参考文献

- [1]孙娜, 新中国成立 70 年来的经济建设伟大成就和宝贵经验[J], 沈阳干部学刊, 2019, 21(6), 11-14
- [2]席利娟, 聚焦全球变暖:推进人类健康可持续发展[J], 产业与科技论坛, 2010, 9(2): 22-24
- [3]李梁, 酷热 2019 再敲全球变暖警钟, 生态经济, 2020, 36(05): 1-4
- [4]凌金林, 美丽中国构建背景下的生态文明建设问题研究, 上海师范大学
- [5]李刚, 李海军, 发展中国家实现可持续发展的基本思路, 知识经济, 2010, 7: 44-45
- [6]刘伟, 肖永琴, 中国各省市可持续发展能力比较分析, 人口理论, 2006, 04(007): 2-8
- [7]邢会, 河北省区域可持续发展评估体系的建立及实证研究, 河北工业大学
- [8]车乐, 邓小兵, 人地统筹、城乡互动、市场合作——可持续发展的新型城镇化发展模式探索, 华南理工大学学报, 社会科学版, 2016, 18(02): 75-83

附 录

问题一：

预测未来：

```
clear all;
close all;
wendu=[14.3514.2414.3914.3814.1914.2114.2914.4314.3314.4614.6214.414.4114.5314.6214.6
14.5114.6614.5914.6314.4914.614.6714.5514.5714.614.6814.73];
shuiziyuan=[24129.5628053.125330.1425255.1627434.324180.230906.4123256.729528.79
27957.8627266.927962.632466.428761.227462.528670];
renkou=[126743127627128453129227129988130756131448132129132802133450134091134735135404
136072136782137462138271139008139538140005];
senlinmianji=[17490.9217490.9217490.921749119545207692076920768.73207692076922044.62
22044.6222044.6222044.6222044.62];
caoyuan=[392832.67392832.67392832.67392832.67392832.67392832.67392832.67];
for ye=1:50
    %趋势移动平均法
    y=wendu;
    m1=length(y);
    n=6;
    for i=1:m1-n+1
        yhat1(i)=sum(y(i:i+n-1))/n;
    end
    yhat1;
    m2=length(yhat1);
    for i=1:m2-n+1
        yhat2(i)=sum(yhat1(i:i+n-1))/n;
    end
    yhat2;
    % figure(1);plot(1:28,y,'ro');
    a21=2*yhat1(end)-yhat2(end);
    b21=2*(yhat1(end)-yhat2(end))/(n-1);
    wendu2(ye)=a21+b21;
    % fprintf('趋势移动平均法计算得到下一年温度: %.2f\n',wendu2)
```

```

y=shuiziyuan;
m1=length(y);
n=6;
for i=1:m1-n+1
    yhat11(i)=sum(y(i:i+n-1))/n;
end
m2=length(yhat11);
for i=1:m2-n+1
    yhat22(i)=sum(yhat11(i:i+n-1))/n;
end
yhat2;
% figure(2);plot(1:16,y,'ro');
a21=2*yhat11(end)-yhat22(end);
b21=2*(yhat11(end)-yhat22(end))/(n-1);
shuiziyuan2(ye)=a21+b21;
% fprintf('趋势移动平均法计算得到下一年水资源总量: %.2f\n',shuiziyuan2)
y=renkou;
m1=length(y);
n=6;
for i=1:m1-n+1
    yhat12(i)=sum(y(i:i+n-1))/n;
end
yhat12;
m2=length(yhat12);
for i=1:m2-n+1
    yhat22(i)=sum(yhat12(i:i+n-1))/n;
end
yhat22;
% figure(3);plot(1:20,y,'ro');
a21=2*yhat12(end)-yhat22(end);
b21=2*(yhat12(end)-yhat22(end))/(n-1);
renkou2(ye)=a21+b21;
% fprintf('趋势移动平均法计算得到下一年人口: %.2f\n',renkou2)
y=senlinmianji;

```

```

m1=length(y);
n=6;
for i=1:m1-n+1
    yhat13(i)=sum(y(i:i+n-1))/n;
end
yhat13;
m2=length(yhat13);
for i=1:m2-n+1
    yhat23(i)=sum(yhat13(i:i+n-1))/n;
end
yhat23;
% figure(4);plot(1:15,y,'ro');
a21=2*yhat13(end)-yhat23(end);
b21=2*(yhat13(end)-yhat23(end))/(n-1);
senlinmianji2(ye)=a21+b21;
% fprintf('趋势移动平均法计算得到下一年森林面积: %.2f\n',senlinmianji2)
y=caoyuan;
m1=length(y);
n=2;
for i=1:m1-n+1
    yhat14(i)=sum(y(i:i+n-1))/n;
end
yhat14;
m2=length(yhat14);
for i=1:m2-n+1
    mfs(i)=sum(yhat14(i:i+n-1))/n;
end
% figure(5);plot(1:7,y,'ro');
a21=2*yhat14(end)-mfs(end);
b21=2*(yhat14(end)-mfs(end))/(n-1);
caoyuan2(ye)=a21+b21;
% fprintf('趋势移动平均法计算得到下一年草原面积: %.2f\n',caoyuan2)
%三次指数平滑法
yt=wendu;

```

```

n=length(yt);
alpha=0.3; st1_0=mean(yt(1:3)); st2_0=st1_0;st3_0=st1_0;
st1(1)=alpha*yt(1)+(1-alpha)*st1_0;
st2(1)=alpha*st1(1)+(1-alpha)*st2_0;
st3(1)=alpha*st2(1)+(1-alpha)*st3_0;
for i=2:n
st1(i)=alpha*yt(i)+(1-alpha)*st1(i-1);
st2(i)=alpha*st1(i)+(1-alpha)*st2(i-1);
st3(i)=alpha*st2(i)+(1-alpha)*st3(i-1);
end
st1=[st1_0, st1];st2=[st2_0, st2];st3=[st3_0, st3];
a=3*st1-3*st2+st3;
b=0.5*alpha/(1-alpha)^2*((6-5*alpha)*st1-2*(5-4*alpha)*st2+(4-3*alpha)*st3);
c=0.5*alpha^2/(1-alpha)^2*(st1-2*st2+st3);
yhat=a+b+c;
% figure(6);plot(1:n, yt, ' *', 1:n, yhat(1:n), ' O');legend(' 实际值', ' 预测值');xlabel('
序号');ylabel(' 温度');
xishu=[c(n+1), b(n+1), a(n+1)];
wendu4(ye)=polyval(xishu, 2);
% fprintf(' 三次指数平滑法计算得到下一年温度: %.2f\n', wendu4)
yt=shuiziyuan;
n=length(yt);
alpha=0.3; st1_0=mean(yt(1:3)); st2_0=st1_0;st3_0=st1_0;
st1(1)=alpha*yt(1)+(1-alpha)*st1_0;
st2(1)=alpha*st1(1)+(1-alpha)*st2_0;
st3(1)=alpha*st2(1)+(1-alpha)*st3_0;
for i=2:n
st1(i)=alpha*yt(i)+(1-alpha)*st1(i-1);
st2(i)=alpha*st1(i)+(1-alpha)*st2(i-1);
st3(i)=alpha*st2(i)+(1-alpha)*st3(i-1);
end
st1=[st1_0, st1];st2=[st2_0, st2];st3=[st3_0, st3];
a=3*st1-3*st2+st3;
b=0.5*alpha/(1-alpha)^2*((6-5*alpha)*st1-2*(5-4*alpha)*st2+(4-3*alpha)*st3);

```

```

c=0.5*alpha^2/(1-alpha)^2*(st1-2*st2+st3);
yhat=a+b+c;
%   figure(7);plot(1:n,yt,'*',1:n,yhat(1:n),'o');legend('实际值','预测值');xlabel('
序号');ylabel('水资源总量');
xishu=[c(n+1),b(n+1),a(n+1)];
shuiziyuan4(ye)=polyval(xishu,2);
%   fprintf('三次指数平滑法计算得到的下一年水资源总量: %.2f\n',shuiziyuan4)
yt=renkou;
n=length(yt);
alpha=0.3; st1_0=mean(yt(1:3)); st2_0=st1_0;st3_0=st1_0;
st1(1)=alpha*yt(1)+(1-alpha)*st1_0;
st2(1)=alpha*st1(1)+(1-alpha)*st2_0;
st3(1)=alpha*st2(1)+(1-alpha)*st3_0;
for i=2:n
st1(i)=alpha*yt(i)+(1-alpha)*st1(i-1);
st2(i)=alpha*st1(i)+(1-alpha)*st2(i-1);
st3(i)=alpha*st2(i)+(1-alpha)*st3(i-1);
end
st1=[st1_0,st1];st2=[st2_0,st2];st3=[st3_0,st3];
a=3*st1-3*st2+st3;
b=0.5*alpha/(1-alpha)^2*((6-5*alpha)*st1-2*(5-4*alpha)*st2+(4-3*alpha)*st3);
c=0.5*alpha^2/(1-alpha)^2*(st1-2*st2+st3);
yhat=a+b+c;
%   figure(8);plot(1:n,yt,'*',1:n,yhat(1:n),'o');legend('实际值','预测值');xlabel('
序号');ylabel('人口');
xishu=[c(n+1),b(n+1),a(n+1)];
renkou4(ye)=polyval(xishu,2);
%   fprintf('三次指数平滑法计算得到下一年人口数量: %.2f\n',renkou4)
yt=senlinmianji;
n=length(yt);
alpha=0.3; st1_0=mean(yt(1:3)); st2_0=st1_0;st3_0=st1_0;
st1(1)=alpha*yt(1)+(1-alpha)*st1_0;
st2(1)=alpha*st1(1)+(1-alpha)*st2_0;
st3(1)=alpha*st2(1)+(1-alpha)*st3_0;

```

```

for i=2:n
st1(i)=alpha*yt(i)+(1-alpha)*st1(i-1);
st2(i)=alpha*st1(i)+(1-alpha)*st2(i-1);
st3(i)=alpha*st2(i)+(1-alpha)*st3(i-1);
end
st1=[st1_0, st1]; st2=[st2_0, st2]; st3=[st3_0, st3];
a=3*st1-3*st2+st3;
b=0.5*alpha/(1-alpha)^2*((6-5*alpha)*st1-2*(5-4*alpha)*st2+(4-3*alpha)*st3);
c=0.5*alpha^2/(1-alpha)^2*(st1-2*st2+st3);
yhat=a+b+c;
% figure(9); plot(1:n, yt, '*', 1:n, yhat(1:n), 'o'); legend('实际值', '预测值'); xlabel('
序号'); ylabel('森林面积');
xishu=[c(n+1), b(n+1), a(n+1)];
senlinmianji4(ye)=polyval(xishu, 2);
% fprintf('三次指数平滑法计算得到下一年森林面积: %.2f\n', senlinmianji4)
yt=caoyuan;
n=length(yt);
alpha=0.3; st1_0=mean(yt(1:3)); st2_0=st1_0; st3_0=st1_0;
st1(1)=alpha*yt(1)+(1-alpha)*st1_0;
st2(1)=alpha*st1(1)+(1-alpha)*st2_0;
st3(1)=alpha*st2(1)+(1-alpha)*st3_0;
for i=2:n
st1(i)=alpha*yt(i)+(1-alpha)*st1(i-1);
st2(i)=alpha*st1(i)+(1-alpha)*st2(i-1);
st3(i)=alpha*st2(i)+(1-alpha)*st3(i-1);
end
st1=[st1_0, st1]; st2=[st2_0, st2]; st3=[st3_0, st3];
a=3*st1-3*st2+st3;
b=0.5*alpha/(1-alpha)^2*((6-5*alpha)*st1-2*(5-4*alpha)*st2+(4-3*alpha)*st3);
c=0.5*alpha^2/(1-alpha)^2*(st1-2*st2+st3);
yhat=a+b+c;
% figure(10); plot(1:n, yt, '*', 1:n, yhat(1:n), 'o'); legend('实际值', '预测值'); xlabel('
序号'); ylabel('草原面积');
xishu=[c(n+1), b(n+1), a(n+1)];

```

```
caoyuanmianji4(ye)=polyval(xishu,2);
% fprintf('三次指数平滑法计算得到下一年草原面积: %.2f\n',caoyuanmianji4)
kjg(ye)=(wendu4(ye)+wendu2(ye))/2;
t123=length(wendu);
wendu(t123+1)=kjg(ye);
% fprintf('综合计算得到的温度: %.2f\n',kjg)
gjg(ye)=(shuiziyuan4(ye)+shuiziyuan2(ye))/2;
t121=length(shuiziyuan);
shuiziyuan(t121+1)=gjg(ye);
% fprintf('综合计算得到的水资源: %.2f\n',gjg)
djg(ye)=(renkou2(ye)+renkou4(ye))/2;
t122=length(renkou);
renkou(t122+1)=djg(ye);
% fprintf('综合计算得到的人口: %.0f\n',djg)
sjg(ye)=(senlinmianji2(ye)+senlinmianji4(ye))/2;
t124=length(senlinmianji);
senlinmianji(t124+1)=sjg(ye);
% fprintf('综合计算得到的森林面积: %.2f\n',sjg)
cjg(ye)=(caoyuan2(ye)+caoyuanmianji4(ye))/2;
t125=length(caoyuan);
caoyuan(t125+1)=cjg(ye);
% fprintf('综合计算得到的草原面积: %.2f\n',cjg)
End
人均GDP:
clc;
clear all;
close all;
y=[7089266006600145413950237471734368439874363023080826180241002049416738 14368 12487
10666 9506 8717 7942];
x=[2019:-1:2000];
bar(x,y)
绘制对比图
clc;
close all;
```

```
clear all;
x1=[19881989199019911992199319941995199619971998199920002001200220032004200520062007
200820092010201120122013201420152016201720182019];
y1=[14.3514.2414.3914.3814.1914.2114.2914.4314.3314.4614.6214.414.4114.5314.6214.6
14.5114.6614.5914.6314.4914.614.6714.5514.5714.614.6814.7314.7293898114.75009382
14.7891295114.83652588];
figure(1);subplot(2,3,1);plot(x1,y1,'r');ylabel('温度(摄氏度)');xlabel('年份');
x2=[20202021202220232024202520262027202820292030203120322033203420352036203720382039
2040];
y2=[14.8905563414.9452660415.0007165615.0626810715.1328678915.2112304415.29821854
15.3934286115.4973338515.6116036115.7375759815.8763878816.0292054916.19719903
16.3818062416.5847697216.8079678317.0534170417.323307617.6200282617.94622509];
figure(1);subplot(2,3,4);plot(x2,y2,'r');ylabel('温度(摄氏度)');xlabel('年份');
x1=[2004200520062007200820092010201120122013201420152016201720182019];
y1=[24129.5628053.125330.1425255.1627434.324180.230906.4123256.729528.7927957.86
27266.927962.632466.428761.227462.528670];
figure(1);subplot(2,3,2);plot(x1,y1,'r');ylabel('水资源总量(亿立方米)');xlabel('年份
');
x2=[20202021202220232024202520262027202820292030203120322033203420352036203720382039
2040];
y2=[28846.6084246689.3997146689.39971184906.0592288358.8261426422.6381613470.005
869298.80671206553.3321655238.9152252314.8243047361.7994106418.2555516982.472
7394564.8989894045.35313221392.5417650816.1723547285.3731396513.9641844942.49];
figure(1);subplot(2,3,5);plot(x2,y2,'r');ylabel('水资源总量(亿立方米)');xlabel('年份
');
x1=[20002001200220032004200520062007200820092010201120122013201420152016201720182019];
y1=[126743127627128453129227129988130756131448132129132802133450134091134735135404
136072136782137462138271139008139538140005];
figure(1);subplot(2,3,3);plot(x1,y1,'r');ylabel('年末总人口(万人)');xlabel('年份');
x2=[20202021202220232024202520262027202820292030203120322033203420352036203720382039
2040];
y2=[141164.9268142109.0814143117.6503144180.8086145314.9089146568.9224147991.9763
149522.654151194.7261153019.9142155015.2478157204.6208159614.1505162256.9824
165157.7328168341.7074171837.7426175678.3949179898.9723184536.4405189632.3608];
```



```

figure(1);subplot(2,3,6);plot(x2,y2,'r');ylabel('年末总人口(万人)');xlabel('年份');
x1=[2004200520062007200820092010201120122013201420152016201720182019];
y1=[17490.9217490.9217490.921749119545207692076920768.73207692076922044.6222044.62
22044.6222044.6222044.6222476.17466];
figure(2);subplot(2,2,1);plot(x1,y1,'r');ylabel('森林面积(万公顷)');xlabel('年份');
x2=[20202021202220232024202520262027202820292030203120322033203420352036203720382039
2040];
y2=[22780.6491122971.5883323154.0280423345.0122623565.3505523839.5289324126.40987
24418.0518524725.9282625056.5194625417.5875725816.8339126251.94726724.4985927239.30738
27801.7616328417.9913929094.1976529835.7743230648.9704731541.0751];
figure(2);subplot(2,2,3);plot(x2,y2,'r');ylabel('森林面积(万公顷)');xlabel('年份');
x1=[2004200520062007200820092010201120122013201420152016201720182019];
y1=[17490.9217490.9217490.921749119545207692076920768.73207692076922044.6222044.62
22044.6222044.6222044.6222476.17466];
figure(2);subplot(2,2,2);plot(x1,y1,'r');ylabel('草原总面积(千公顷)');xlabel('年份');
x2=[2010201120122013201420152016201720182019];
y2=[392832.67392832.67392832.67392832.67392832.67392832.67392832.67392832.67392832.67
392832.67];
figure(2);subplot(2,2,4);plot(x2,y2,'r');ylabel('草原总面积(千公顷)');xlabel('年份');

```

问题二:

```

clc;
close all;
clear all;
A=[3.8464661948010.59
3.8195035057920.6
3.2505591487820.66
2.6017969557720.94
2.6485038687621.07
2.440174083753-0.35
2.9752768897410.22
2.2012450897320.78
1.6645247747220.03
1.352171812711-0.27
2.8638583077020.02

```

```

1.5673959626910.19
1.761653332682-0.17
1.614516322671-0.42
1.855978982662-0.34
0.590445493641-0.73
1.4124637036310.15
0.911996248621-0.53
0.9037667196110.01
1.384494288602-0.09
1.947055267593-0.02
0.9606787495820.12
1.736326382572-0.26
0.669033642562-0.42
0.56942459552-0.3
0.805089777542-0.24
1.4251691735320.11
0.557924086521-0.43
1.276818375120.04
];
a=size(A,1);
b=size(A,2);
for i=1:b
    SA(:,i)=(A(:,i)-mean(A(:,i)))/std(A(:,i));
end
CM=corrcoef(SA);
[V,D]=eig(CM);
for j=1:b
    DS(j,1)=D(b+1-j,b+1-j);
end
for i=1:b
    DS(i,2)=DS(i,1)/sum(DS(:,1));
    DS(i,3)=sum(DS(1:i,1))/sum(DS(:,1));
end
T=0.9;

```

```

for k=1:b
    if DS(k,3) >= T
        com_num=k;
        break;
    end
end
for j=1:com_num
    PV(:,j)=V(:,b+1-j);
end
new_score=SA*PV;
for i=1:a
    total_score(i,1)=sum(new_score(i,:));
    total_score(i,2)=i;
end
result_report=[new_score,total_score];
result_report=sortrows(result_report,-4);
disp('特征值、贡献率、累计贡献率:')
DS
disp('信息保留率 T 对应的主成分数与特征向量:')
com_num
PV
disp('主成分得分及排序')
result_report
问题三:
时间序列预测代码
clc;
clear all;
close all;
mfs=[];
%趋势移动平均法
y=mfs;
m1=length(y);
n=5;
for i=1:m1-n+1

```

```

    yhat1(i)=sum(y(i:i+n-1))/n;
end
yhat1;
m2=length(yhat1);
for i=1:m2-n+1
    yhat2(i)=sum(yhat1(i:i+n-1))/n;
end
yhat2;
a21=2*yhat1(end)-yhat2(end);
b21=2*(yhat1(end)-yhat2(end))/(n-1);
a1=a21+b21;
%三次指数平滑法
yt=mfs;
n=length(yt);
alpha=0.3; st1_0=mean(yt(1:3)); st2_0=st1_0;st3_0=st1_0;
st1(1)=alpha*yt(1)+(1-alpha)*st1_0;
st2(1)=alpha*st1(1)+(1-alpha)*st2_0;
st3(1)=alpha*st2(1)+(1-alpha)*st3_0;
for i=2:n
    st1(i)=alpha*yt(i)+(1-alpha)*st1(i-1);
    st2(i)=alpha*st1(i)+(1-alpha)*st2(i-1);
    st3(i)=alpha*st2(i)+(1-alpha)*st3(i-1);
end
st1=[st1_0, st1];st2=[st2_0, st2];st3=[st3_0, st3];
a=3*st1-3*st2+st3;
b=0.5*alpha/(1-alpha)^2*((6-5*alpha)*st1-2*(5-4*alpha)*st2+(4-3*alpha)*st3);
c=0.5*alpha^2/(1-alpha)^2*(st1-2*st2+st3);
yhat=a+b+c;
xishu=[c(n+1), b(n+1), a(n+1)];
a2=polyval(xishu, 2);
q123=(a1+a2)/2
主成分评分代码
clc;
close all;

```

```
clear all;
A=[434114. 993762590. 4170. 96557. 3143. 814937. 7187. 176. 04
437515. 88149255014. 9606. 7557. 3146. 6318799. 01209. 4376. 38
438313. 8195127014. 6294. 79557. 3130. 9717880. 89194. 8276. 71
438912. 5232968660. 9547. 3557. 3131. 9216946. 82178. 5477. 05
439012. 926696. 9610161. 21463. 17557. 3128. 3316411. 23169. 4677. 39
439115. 729081. 7511191. 49145. 93557. 3127. 5715777. 4156. 5777. 73
438216. 831125. 7312056. 87179557. 3126. 815052. 8149. 978. 07
437817. 432876. 0912880. 71331. 6557. 3126. 7314351. 6154. 5478. 41
436918. 634993. 3913746. 8186. 3557. 3123. 099213400142. 193278. 75
43592037341. 9314656. 33235. 4571. 8321. 036212268138. 87479. 09
435221. 834639777. 216108. 29219. 0538571. 450918. 417810929136. 743879. 42
];
a=size(A, 1);
b=size(A, 2);
for i=1:b
    SA(:, i)=(A(:, i)-mean(A(:, i)))/std(A(:, i));
end
CM=corrcoef(SA);
[V,D]=eig(CM);
for j=1:b
    DS(j, 1)=D(b+1-j, b+1-j);
end
for i=1:b
    DS(i, 2)=DS(i, 1)/sum(DS(:, 1));
    DS(i, 3)=sum(DS(1:i, 1))/sum(DS(:, 1));
end
T=0.9;
for k=1:b
    if DS(k, 3) >= T
        com_num=k;
        break;
    end
end
end
```

```
for j=1:com_num
    PV(:,j)=V(:,b+1-j);
end
new_score=SA*PV;
for i=1:a
    total_score(i,1)=sum(new_score(i,:));
    total_score(i,2)=i;
end
result_report=[new_score,total_score];
result_report=sortrows(result_report,-4);
disp('特征值、贡献率、累计贡献率:')
DS
disp('信息保留率 T 对应的主成分数与特征向量:')
com_num
PV
disp('主成分得分及排序')
result_report
灰度关联分析
clc;
clear all;
close all;
x=[0.3532152420.3984634080.6039483660.6633474320.6060312620.65913596400.761088222
0.7547299090.9432593661
0.9886130720.9963561830.9981780920.9995445230.99977226110.9979503530.997039399
0.9949897520.9927123660.991118196
0.6824031580.7272860510.6320244020.5724858710.5908054190.7190422540.769421011
0.7969003320.8518589760.9159773941
0.2357129210.3752149470.4905322650.5856621380.6711623740.7311160660.782501785
0.8265058880.8797348730.9387772391
0.1608116070.3113241690.4354652170.5376672510.6308062490.6947658630.748488511
0.7996323630.8533990880.9098625611
0.28178671510.4858908850.9020932920.7634250870.240530740.2950387340.546563376
0.307071040.3880006590.361057854
0.9746078380.9746078380.9746078380.9746078380.9746078380.9746078380.974607838
```

```
0.9746078380.97460783810.999337041
11.0646118720.7070776260.7287671230.6468036530.6294520550.6118721460.610273973
0.5273789950.4802785390.420497717
0.79460035410.9511612580.9014740670.8729837370.83926760.8007230170.763423180.712803493
0.6525875560.581360401
0.89337726210.9302392210.8525044170.8091486420.747600630.715752280.7379076540.67895335
0.6631046170.6529332
0.9574414510.9617224880.9658776130.970158650.9744396880.9787207250.9830017630.9872828
0.9915638380.9958448751];
data=x;
n=size(data,2); %求矩阵的列数
ck=data(1,:); %提出参考数列
bj=data(2:end,:); %提出比较数列
m2=size(bj,1); %求比较数列的个数
for j=1:m2
    t(j,:)=bj(j,:)-ck;
end
mn=min(min(abs(t'))); %求最小差
mx=max(max(abs(t'))); %求最大差
rho=0.5; %分辨系数设置
ksi=(mn+rho*mx)./(abs(t)+rho*mx); %求关联系数
r=sum(ksi')/n %求关联度
[rs,rind]=sort(r,'descend') %对关联度进行排序
```