

选择的问题

B

2023HSBC

M/ICM

汇总表

团队编号

00638

通过社会稳定预警模型预测不稳定因素

颜色革命，是一个政治术语，指20世纪80年代-2010年代因选举不透明、选举舞弊或其他政治事件而在全国大选后发生的群众抗议运动，在政治学^[1]，并非都是革命。近几十年来，随着经济、政治和自然因素的变幻莫测，爆发了各种颜色革命。社会动荡不安，社会稳定受到严重挑战。在危机日益频繁和激烈的现代社会，克服危机并非易事。因此，我们开发了一个社会稳定预警模型，以期利用已知的社会条件来预测一个社会在未来一段时间内是否会出现更大的动荡甚至崩溃。

本文以主观判断结合相关学科知识确定权重向量，选取了人均GDP、人均GDP增长率、失业率、大学入学率、CPI（清廉指数）、通胀率、综合危机数等7个因素，并将其作为权重向量。

从定性和定量的角度建立社会稳定指标体系。之后，我们利用机器学习算法、TOPSIS方法和GM(1,1)模型建立了高置信度的社会稳定预警模型。该模型通过计算社会的综合得分，将社会稳定程度区分为稳定、中等和不稳定三种状态。

起初，我们采用AHP法和熵权法确定各评价指标的权重，但得到的模型评价效果并不理想。因此，我们采用决策树、随机森林、梯度提升决策树等机器学习算法对训练数据进行学习和判断，选择预测效果最好的机器学习算法，并从中得到各指标的权重，从而优化我们的TOPSIS模型。最后，我们选择了以召回率和准确率为评价指标的随机森林模型，并将其权重向量作为TOPSIS模型的权重向量。同时，随机森林模型的召回率为77.7%，准确率为78.4%，也可以作为一个很好的社会稳定预警模型。

就现有数据而言，TOPSIS模型判定为“不稳定”的国家和时期涵盖了9次颜色革命，其余2次颜色革命涵盖在判定为“中等”的国家和时期中。结合现有的TOPSIS模型和GM(1,1)模型，我们对2023年阿塞拜疆的社会稳定状况进行了预测，并用具体的预测值进行了解释。

在预测社会动荡的同时，通过模型对当前社会发展提出更具建设性的建议，为维护社会和平稳定做出贡献。在采纳模型给出的建议后，我们根据结果对现有数据进行了适当的修改，发现社会稳定指数比原来的社会稳定指数更倾向于社会稳定结果，这也体现了我们建议的可行性和正确性。

关键词：社会稳定、TOPSIS、随机森林算法、GM (1, 1) 模型

^[1]Polese, Abel; Beachain, Donnacha O. The Color Revolution Virus and Authoritarian Antidotes: 政治抗议与政权

目 录

1. 导言	3
1.1 问题背景.....	3
1.2 重述.....	3
1.3 我们的方法.....	4
2. 模型概述和一般假设.....	4
2.1 假设.....	4
2.2 机型概览.....	5
3. 模型准备.....	7
3.1 注释.....	7
3.2 数据.....	7
3.2.1 数据收集.....	7
3.2.2 数据清理.....	8
4. 解决问题.....	8
4.1 任务 1.....	8
4.1.1 指标的选择.....	8
4.1.2 相关性和因果性.....	9
4.2 任务 2.....	12
4.2.1 数据处理.....	12
4.2.2 重量测定.....	13
4.2.2.1 熵权法.....	13
4.2.2.2 随机森林算法.....	14
4.2.3 阈值确定（Topsis）.....	15
4.2.4 敏感性分析.....	16
4.3 任务 3.....	16
4.3.1 社会稳定评估.....	16

4.3.2 未来社会稳定预测（基于 GM(1,1) 模型）17

4.3.3 对国家发展的建议.....19

4.4 任务 4.....19

4.5 任务 5.....20

5. 摘要.....21

6. 附录.....22

1. 导言

1.1 问题背景

冷战结束以来,一些西方国家把 "颜色革命 "作为干涉别国内政、颠覆别国命运的重要手段。打着 "反腐败"、"反独裁"、"改善民生 "的幌子,"颜色革命 "往往被用来争取 "民主"、"人权 "和 "自由"。

参与者参与 "街头政治 "和 "民主运动",寻求实现政权更迭。但实际上,"颜色革命 "的本质是一些国家通过低成本、非战争手段扶植接近本国的政权,以巩固和维护其世界地位。在世界格局发生前所未有变化的背景下,跟踪和研判 "颜色革命 "的新动向,对于更好地把握全球战略演变、维护国家安全利益具有重要意义^[2]。



图 1: 康乃馨革命 ^[3]

1.2 重述

1. 建立从定性和定量角度评估社会稳定的指标体系,并探索这些选定指标之间的相关性和因果关系。
2. 在既定指标体系的基础上,通过指标间的协同与平衡,建立社会稳定预警模型。
3. 利用现有模式对颜色革命推翻政权失败的国家进行评估,指出革命失败的原因,并根据评估结果提出可行性建议。
4. 利用现有的社会稳定预警模型,评估颜色革命导致政权更迭的国家和地区,并指出导致政权更迭的社会不稳定原因。
5. 就如何最大限度地防止颜色革命和维护社会稳定提出建议。

1.3 我们的方法

根据课题要求，我们解决问题的主要思路和方法如下。

1. 我们根据本课题的背景和社会学知识，选取适当的社会因素作为评价指标，建立了社会稳定的指标体系，然后利用皮尔逊相关系数和斯皮尔曼相关系数探讨各指标之间的关系，从而为建立模型提供依据。

2. 我们采用 TOPSIS 方法，通过已经建立的指标体系来判断和预测社会的稳定性。

3. 我们利用熵权法和机器学习树方法生成了指标的客观权重向量，并评估了该权重向量在 TOPSIS 模型中的效果，以解决 AHP 方法可能会使预测效果降低的问题。

4. 我们使用 GM (1,1) 模型进行短期预测，将预测结果与 TOPSIS 社会稳定模型相结合。然后，我们利用该模型进行预测分析，评估一些国家和地区的社会稳定状况，并提出维护社会稳定的建议。

2. 模型概述和一般假设

2.1 假设

本文的基本假设如下：

假设 1：我们选择的指标具有代表性，能够全面反映社会稳定状况。

假设 2：在我们建立的社会稳定指标体系中，每个指标都不是完全独立的，指标之间可以相互制衡、相互影响。

假设 3：我们建立的社会稳定指标体系适用于所有国家。

假设 4：附件中提供的 1995 年至 2021 年的所有数据均真实可靠。

假设 5：使用平均值或相邻值来填补少量空缺数据是合理的。

假设 6：使用线性回归模型填补同一国家的适量缺失数据是合理的。

假设 7：使用与目标国国力和国情相似的国家的平均数据来填补大量缺失数据是合理的。

假设 8：对于每个具体国家而言，该国正面和负面新闻的权重并不因年份而有很大的差异。

假设 9: "人均国内生产总值增长率"指标在本文中被视为区间变量,因此该指标的评分机制是合理的。

2.2 机型概览

该模型包含七项指标作为评估基础。

1. 人均国内生产总值（现值美元）
2. 人均 GDP 增长率得分（通过对人均 GDP 年增长率的综合评估得出）
3. 总失业率（占劳动力总数的百分比）（模拟国际劳工组织估计值）
4. 清廉指数（CPI）
5. 高等教育入学率（占人口百分比）
6. 以消费者价格指数衡量的通货膨胀率（年通货膨胀率）
7. 整体社会危机（基于该国的新闻报道）

该模型以 TOPSIS 方法为基础，结合随机森林算法生成的近似最优权重向量，构成了评估社会稳定程度的预警模型。该模型得出的评价分数越高，代表社会越稳定。如果某国某年的评价得分低于不稳定临界值，则认为该年该国社会不稳定，容易发生各种社会动荡，需要格外注意和防范；如果评价得分高于稳定临界值，则认为该国社会状态总体稳定，该年基本不会发生严重的社会动荡；如果评价得分介于不稳定临界值和稳定临界值之间，则认为该国社会稳定程度一般，发生社会动荡的可能性较小。该模型按照 1:2:1 的比例对测试表现做出 "不稳定"、"中等" 和 "稳定" 三种不同的判断。

总之，整个建模过程如下。

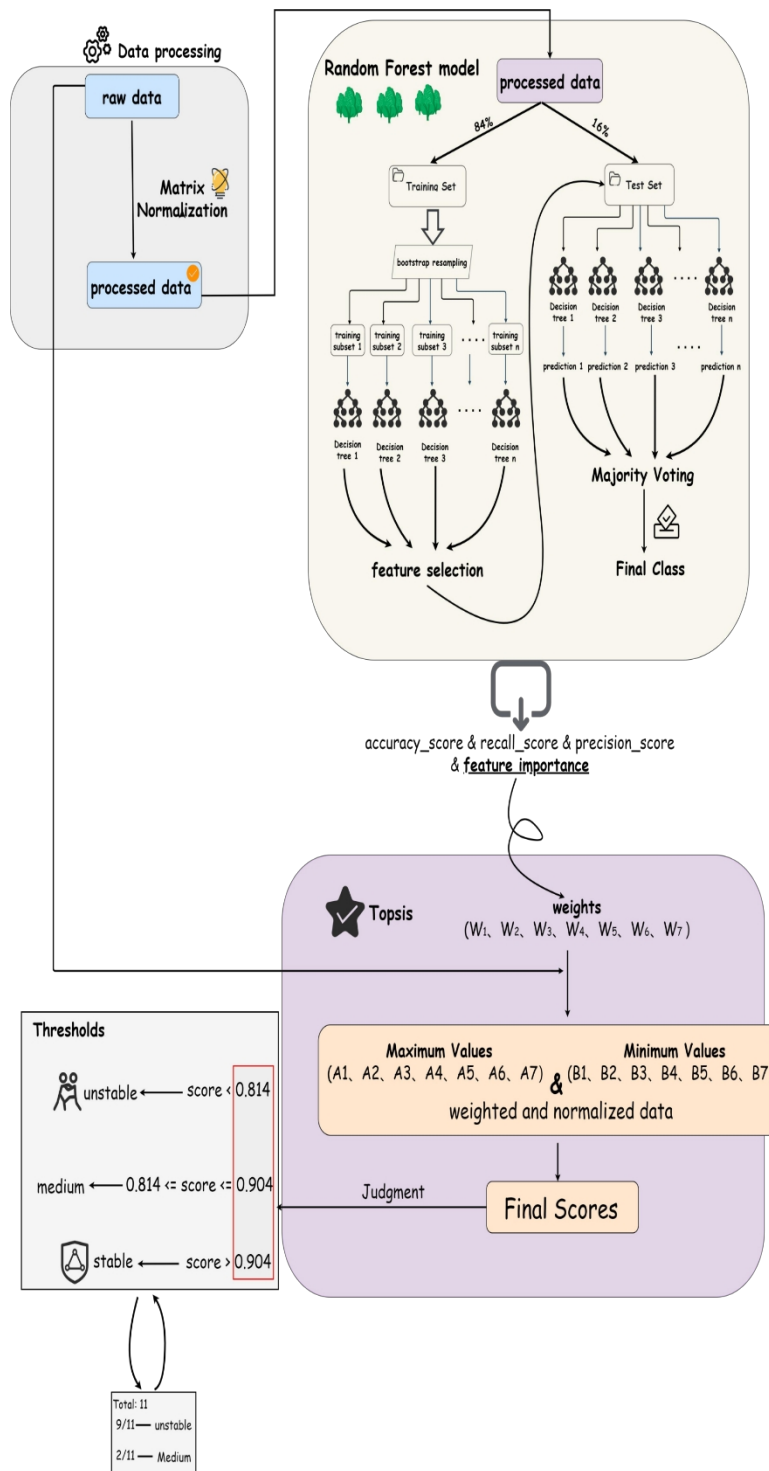


图 2：模型概览

3.模型准备

3.1 注释

符号	意义
$X_i(i = 1, 2, 3...7)$	七项指标的原始数据依次为：人均国内生产总值、人均国内生产总值增长率、失业率、消费物价指数、入学率、通货膨胀、综合危机
$\sum_{1995-2021} X_i$	1995 年至 2021 年第 i 个国家的数据项总和
S_i^+	在拓扑分析法中，第 i 指标与其最大值之间的距离
S_i^-	在拓扑分析法中，第 i 指标与其最小值之间的距离
W_i	i th 指标的权重
C_i	i th 指标的归一化系数
MAX_i	第 i 指标处理后的理想最优解
MIN_i	i th 指标处理后的理想最差解决方案

3.2 数据

3.2.1 数据收集

名称	资料来源
人均国内生产总值增长率（年增长率）	https://data.worldbank.org.cn
以消费物价指数衡量的通货膨胀率（年通货膨胀率）	https://data.worldbank.org.cn
失业率	https://data.worldbank.org.cn
入学率	https://data.worldbank.org.cn
人均国内生产总值（美元现价）	https://data.worldbank.org.cn
消费物价指数	https://www.transparency.org
ICEWS 编码事件数据	https://dataverse.harvard.edu/

3.2.2 数据清理

我们选择了亚美尼亚、阿塞拜疆、巴巴多斯、白俄罗斯、厄瓜多尔、格鲁吉亚、德国、几内亚、日本、哈萨克斯坦、科威特、吉尔吉斯斯坦、立陶宛、俄罗斯、塔吉克斯坦、坦桑尼亚、突尼斯、土耳其、土库曼斯坦、乌克兰和乌兹别克斯坦的数据。从世界银行数据库中获得的少量空缺数据用平均值代替。根据完整性，所有数据集均选取了 1995-2021 年间的数据。来自 ICEWS 的数据因数据量过大而未作处理，该数据集仅统计了上述时间段内各国每年发生社会冲突的次数。

同时，由于国家数量不同，数据难免存在差异，我们采用了正则化和归一化手段，将数据统一到同一尺度水平。

4. 解决问题

4.1 任务 1

4.1.1 选择指标

在广泛阅读社会学、经济学和历史文献之后，我们在这个问题中选择了可能影响社会稳定的七个指标：人均 GDP、人均 GDP 增长率、大学入学率、失业率、腐败感知指数、通货膨胀和综合危机。

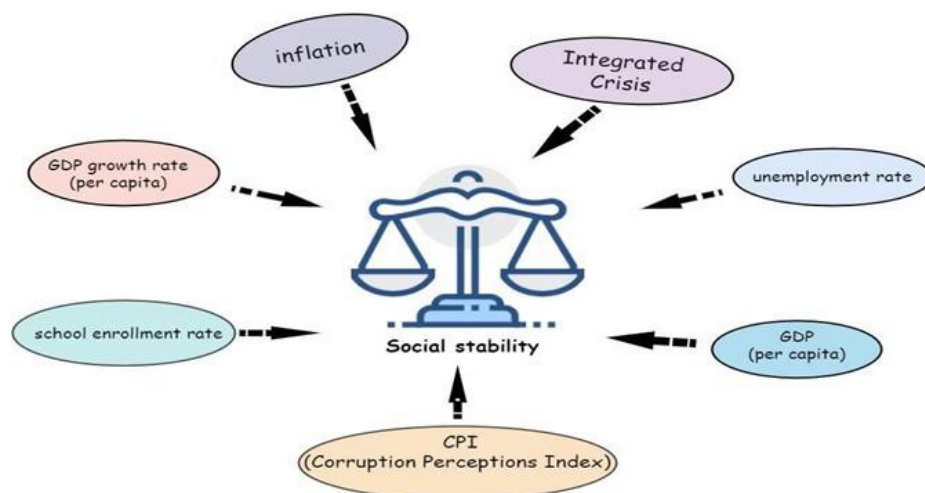


图 3：社会稳定指标体系

1. 国内生产总值（人均）

国内生产总值（人均）是一个国家或地区经济中生产的所有最终产品和劳动力的价值除以该国特定时期（通常为一年）的总人口的商。

2. 人均国内生产总值增长率

GDP 增长率（人均）是指人均 GDP 的年增长率，通常用来衡量经济发展的逐年变化速度。

3. 学校入学率

入学率是一项教育指标，指一个国家每年实际大学入学人数与有能力上大学的人数之比，通常用于衡量一个国家接受高等教育的机会和公民素养。

4. 失业率

失业率是一定时期内失业人口与劳动人口的比率，通常用来衡量闲置劳动力的数量，反映一个国家或地区的失业状况。

5. 腐败感知指数

清廉指数（CPI）是根据商人、学者和国家分析家的意见，对各国公职人员和政治家的腐败程度进行的评估。

6. 通货膨胀

通货膨胀，原意是指流通中货币数量的增加，也指相关商品或服务的价格在一段时间内（通常是一年）的上涨和人们购买力的下降，通常用来衡量一个国家的整体物价上涨或生活成本增加等情况。

7. 综合危机

综合社会危机由社会政治参与者之间的冲突（个人、团体、部门和民族国家之间的敌对行动）组成，通常被用来衡量一个国家的社会环境如何。

4.1.2 相关性和因果性

为了探究变量之间的相关性，我们计算了变量之间的皮尔逊相关系数和斯皮尔曼相关系数。皮尔逊相关系数的计算公式为

$$\rho(x, y) = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma(x) \cdot \sigma(y)} = \frac{E[(x - \mu_x)(y - \mu_y)]}{\sigma(x) \cdot \sigma(y)}$$

斯皮尔曼相关系数的计算公式为

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

d_i 表示 i^{th} 数据对的位值差， n 表示观测样本总数。^[4]

我们绘制相关系数矩阵热图

^[4]Meidushaccc, "数学建模：相关分析学习--皮尔逊和斯皮尔曼相关系数》，
https://blog.csdn.net/weixin_67565775/article/ 详情，2023 年 2 月 5 日

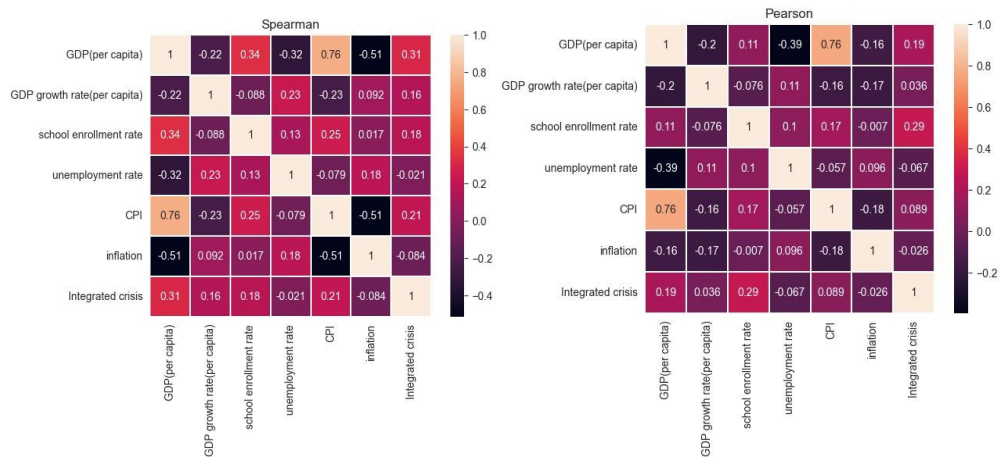


图 4：相关系数矩阵 heatmap

从图中可以发现，两种方法下 CPI 与人均 GDP 的相关系数均高达 0.76，具有较强的相关性。其余相关系数较低，基本处于弱相关甚至几乎不相关的水平。

相关程度	相关性非常强	强相关性	中等相关性	弱相关性	非常弱或没有相关性
相关性绝对值系数	0.8-1	0.6-0.8	0.4-0.6	0.2-0.4	0-0.2

变量相关强度表

人均 GDP 与 CPI 呈正相关，2018 年 2 月发表的理论经济学快报也得出了类似的结论："CPI较高的国家通常人均GDP较高。"CPI较高的国家公民经商自由度更高，整个国家吸引外资的能力更强，人均GDP也更高。同时，较高的人均 GDP 会进一步提高 CPI，充足的国民财富有助于投入人力物力改善国家治理体系和打击腐败。人均 GDP 与失业率呈负相关，奥地利定律[5]表明，失业意味着生产要素的非利用，因此失业率的上升伴随着实际 GDP 的下降，这与我们的定性研究结果也是一致的。此外，人均国内生产总值低的国家消费需求低，无法提供足够的工作岗位，也会反作用于失业率，导致失业率下降。

。

上述因果关系如图所示：

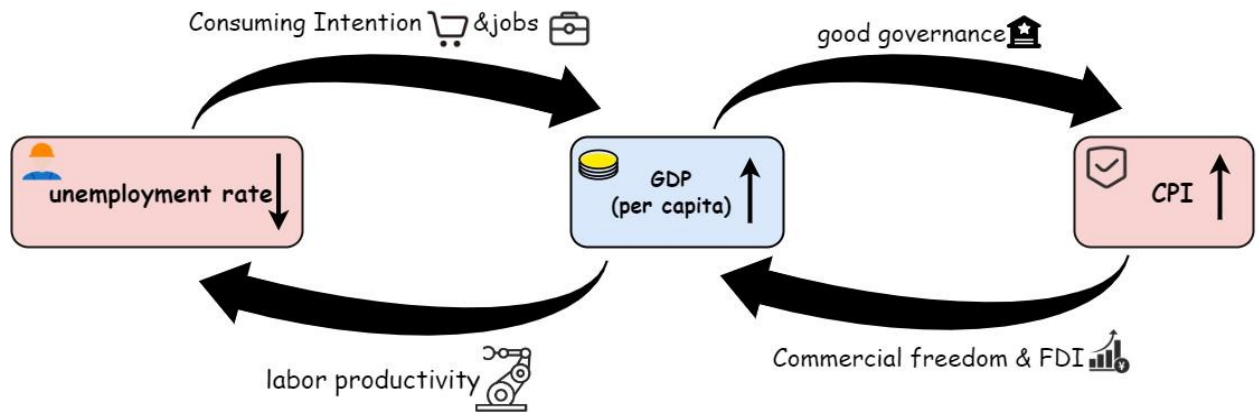


图 5：因果关系图

我们分别提炼出 CPI 和人均 GDP 的数据，并绘制出矩阵散点图。

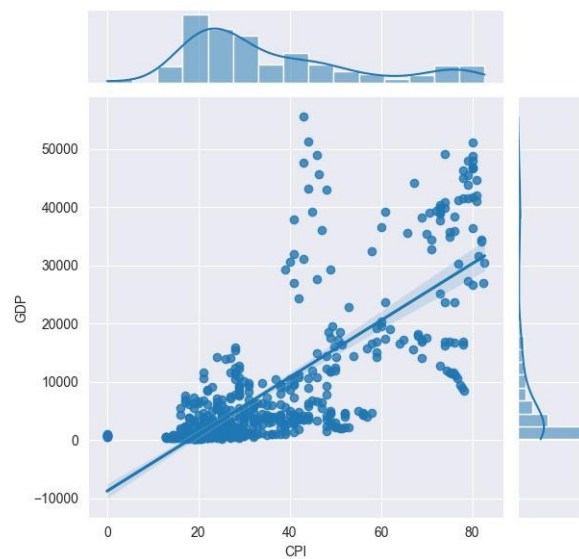


图 6：矩阵散点图（消费物价指数和人均国内生产总值）

由此可见，线性拟合的效果并不理想。因此，我们选择了最小二乘法来拟合曲线，以探索两者之间的函数关系。结果如图 7 所示：

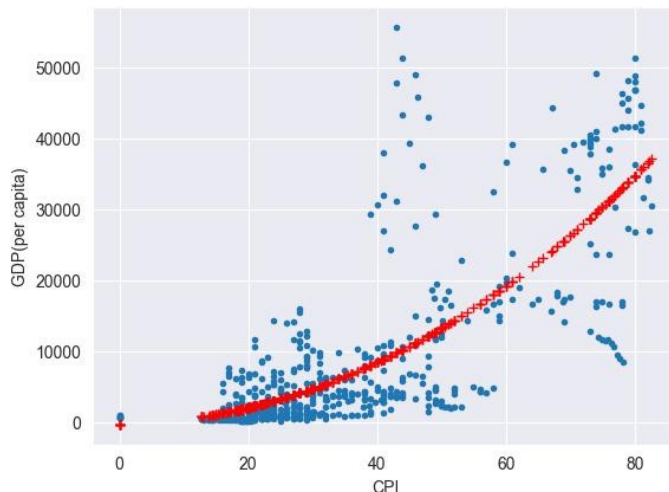


图 7：函数拟合图 拟合的函数

关系为
$$y = 0.007699x^3 + 4.545x^2 + 24.77x - 346.7$$

y 是国内生产总值（人均）， x 是消费物价指数得分。

4.2 任务 2

4.2.1 数据处理

我们的数据集包含 21 个国家 1995 年至 2021 年（共 27 年）期间七项指标的变化情况。为便于建模，我们创建了一个矩阵（567*7）来存储所有数据。其中，每一行代表一个国家一年中七个不同指标的数据，每一列代表同一指标在不同国家和不同年份的取值。

从收集到的数据来看，综合社会危机的数值与国家大小密切相关，一些大国的综合社会危机指标甚至会超过小国的数值两个数量级。因此，为了排除国家大小带来的干扰和误差，将综合社会危机指标换算为该国当年综合社会危机占该国 27 年总社会危机的比例，具体如下

$$\text{integrated crisis score} = \frac{x_7}{\sum_{1995-2021} x_7}$$

在实验开始之前，我们设想 GDP（人均）增长与社会稳定呈正相关。人均 GDP 增长越快，社会就越稳定。然而，在最初的实验之后，我们发现，在发生颜色革命的 11 个国

家中，该国的人均 GDP 增长率也往往较快

这与我们最初的假设不符。在查阅相关资料和文献后，我们发现，事实上，除了经济倒退和发展缓慢外，经济发展过快也不利于社会稳定，而社会在适度发展时是最稳定的，适度发展通常是指人均 GDP 年增长率在 3% 左右。因此，我们将该指标设为区间型指标，处理该指标的原则如下：

人均国内生产总值增长率：

$$score = \begin{cases} 0 & x_2 \leq -18 \\ 100 \times (1 - \frac{x_2 - 3}{30}) & -18 < x_2 < 3 \\ 100 \times (1 - \frac{3 - x_2}{21}) & 3 \leq x_2 \leq 33 \\ 0 & x_2 > 33 \end{cases}$$

同时，为避免因幅度不同而产生系统误差，我们对所有数据按列进行归一化处理，将各指标的幅度降低到同一水平。

4.2.2 重量测定

4.2.2.1 熵权法

主观赋予七个指标权重的 AHP 方法对我们尝试后得到的实验结果非常不满意，它无法明确区分发生颜色革命的国家 and 年份。因此，我们尝试了熵权法，这是一种非主观分配权重的方法。

概率矩阵 P 中的每个元素如下：

$$p_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{\sum_{i=1}^n \tilde{z}_{ij}}$$

Z 是经过归一化处理的矩阵：首先计算每

$$z_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}$$

个指标的熵：Z 是经过归一化处理的矩阵

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

然后计算每个指数的变异系数：

$$\varepsilon = 1 - e$$

得到的方差系数向量代表了每个指标所包含的信息量，即指标所包含的信息量越大，则指标的方差系数越大。

较大的方差系数向量中的相应分量，将方差系数向量作为权重向量是一个非常客观的选择。

4.2.2.2 随机森林算法

经过实验，熵权法得到的权重向量仍不足以使 Topsis 模型的评估效果令人满意，因此我们采用了预警模型中常用的随机森林算法。

我们的团队认为，社会稳定预警模型需要更加激进，这意味着我们宁愿让模型在社会稳定时发出错误的不稳定预警，也不愿让它在社会真正动荡时没有发出任何预警。因为在这两种情况下，后一种情况的危险性都要大得多。同时，我们认为颜色革命的发生只是社会动荡的众多表现形式之一，而不是社会动荡的决定性因素（其他因素包括示威游行、恐怖袭击等）、

因此，经过讨论，我们将模型需要达到的效果简化为

1. 区分社会的稳定程度，用颜色对社会进行分类
最大限度地将革命视为 "不稳定"。
2. 该模型不应过度预测，将太多的社会状态视为 "不稳定"。数据的正样本是 "有颜色革命的国家 and 年份"，负样本是 "没有颜色革命的国家 and 年份"。因此，我们选择准确率和召回率作为随机森林模型的评价标准，并希望我们的模型具有尽可能高的召回率，即成功地将颜色革命的发生归类为 "不稳定"，并尽可能保持 "不稳定" 判断的比例。我们希望我们的模型能够获得更高的召回得分，即模型能够成功地将颜色革命的发生归类为 "不稳定"，并尽可能保持 "不稳定" 社会的判断比例，避免模型盲目地将所有社会都认定为 "不稳定"，以实现召回得分的最大化。

由于随机森林模型预测的实际上是样本为正的的概率，因此只要概率不为零，我们就认为这个社会是不稳定的。根据这一规则，经过多次实验，随机森林模型的准确率得分和召回率得分都达到了很高的水平。

我们最终选定的模型如下

```
accuracy_score = 0.7840670859538784  
recall_score = 0.7777777777777778
```

该模型的相应权重向量如下

$w = [0.016133870975143155, 0.27124328336250164, 0.01683815759318027, 0.024425250495824176, 0.013710197760681922, 0.1388210119528406, 0.5188282278598283]$

经过讨论，我们团队决定使用随机森林算法得到的权重向量作为 Topsis 模型的权重向量，而不是直接使用随机森林模型作为社会稳定预警模型。主要原因是随机森林模型的

可读性不理想，模型内部结构复杂。其可解释性也较低，难以准确解释。同时，该随机森林模型不能有效地对社会稳定形势进行三角分析。

4.2.3 阈值确定 (Topsis)

从上述随机森林算法中获得的权重向量被用于 Topsis 模型，以计算每个国家每年的得分。得分越高，社会越稳定。

$$score = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^+}$$

$$s_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^7 \left(\frac{x_i w_i}{c_i} - MAX_i \right)^2}$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^7 \left(\frac{x_i w_i}{c_i} - MIN_i \right)^2}$$

经过对召回分数和准确分数的权衡，我们的团队选择了 0.814 作为不稳定阈值，0.904 作为稳定阈值。如果综合评价得分低于 0.814，则认为社会不太稳定，容易发生颜色革命等社会运动（约 25% 的数据属于这一类）；如果综合评价得分高于 0.904，则认为社会相对稳定，国家不太可能发生大规模动乱（约 25% 的数据属于这一类）；如果综合评价得分介于两个阈值之间，则认为社会适度稳定，仍有发生动乱的小概率事件。

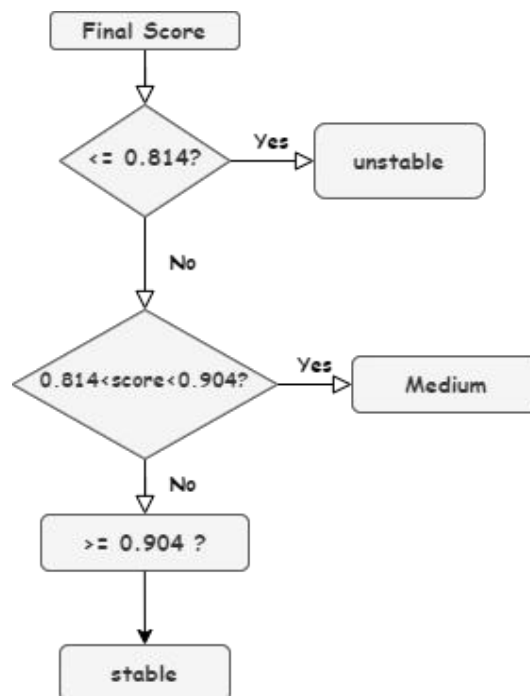


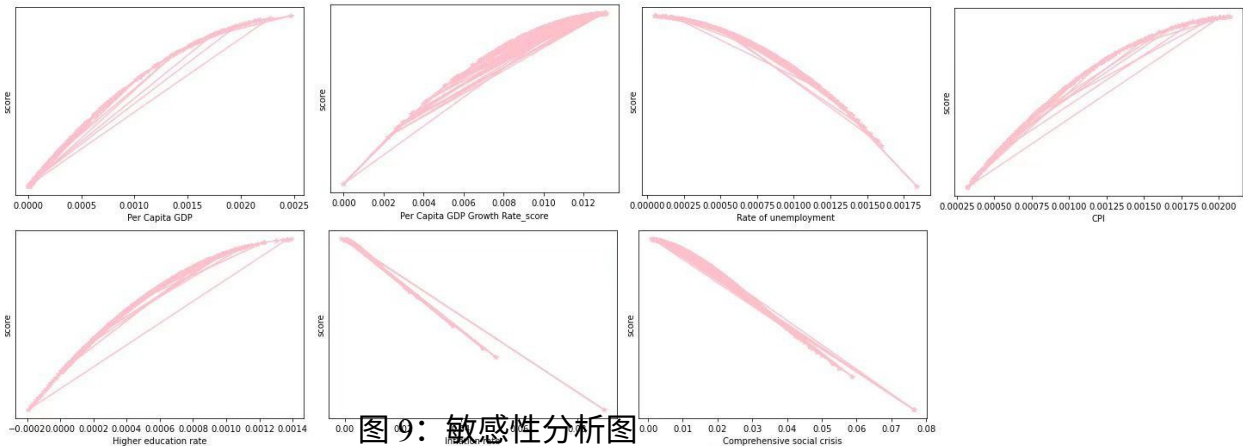
图 8：评分流程图

在发生颜色革命的 11 个国家中，有 9 个国家在发生颜色革命的当年被认为社会不稳定，而另外两个国家在发生颜色革命时被认为社会处于中等稳定状态。综合来看，我们认为 0.904 和 0.814 是最合适的阈值，既能成功预测大多数颜色革命为 "不稳定"，又不会过度判定社会不稳定。这一模型的结果具有很强的参考性和实用性。如果一个国家在某一年被认定为 "不稳定"，该国政府就需要采取措施稳定社会，防止社会运动的发生。

同时，该模型将七项评价指标整合在一起，不同指标之间相互补充、相互制约，共同参与形成最终的预测得分，使评价结果更加科学。

4.2.4 敏感性分析

最后，我们从灵敏度的角度分别分析了模型的每个指标，横轴代表每个指标，纵轴代表得分。分析结果如下



4.3 任务 3

4.3.1 社会稳定评估

在被选中的 21 个国家中，共有 18 个国家发生过试图推翻政权但以失败告终的颜色革命。本题以阿塞拜疆为例。

阿塞拜疆在 2005 年发生了一场紫色革命。将 2005 年阿塞拜疆的七个因子代入模型，得分为 0.776，在预警范围内。然后，我们提取了阿塞拜疆七个因子随时间变化的折线图，很明显，通货膨胀率、人均 GDP、人均 GDP 增长率和综合危机这四个因子的值在观察后出现了明显的异常。

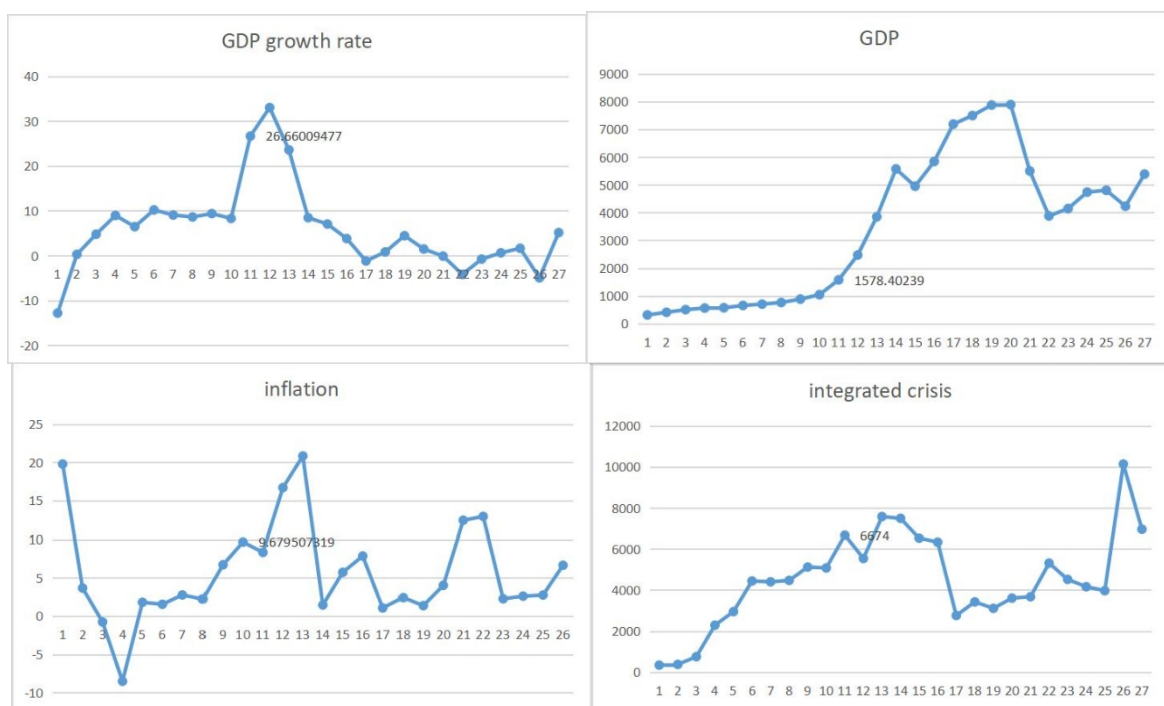


图 10：四个因素数值变化的折线图

从图中可以看出，这四个因素在颜色革命发生的 2005 年 发生了比较大的变化。人均 GDP 增长率在 2005 年突然飙升至 26.66%，人均 GDP 也出现了大幅增长，通货膨胀率也在 2005 年前后成为最高的存在，综合危机出奇的高，比上一年增加了近 20%。这四个因素的反常现象使阿塞拜疆社会逐渐动荡不安，内部矛盾激化，外部局势紧张。这导致了 "紫罗兰革命 " 的发生。

4.3.2 未来社会稳定预测（基于 GM(1,1) 模型）

我们的评价指标以及 TOPSIS 模型很好地解释了颜色革命时期阿塞拜疆的社会状况，分析了颜色革命发生的原因。由此，我们希望对阿塞拜疆未来短期内的社会稳定状况进行预测，为国家的发展和运行提供一些参考信息。

我们的目标是预测 2023 年阿塞拜疆的社会稳定状况，由于是短期预测，我们选择了 GM(1,1) 方法。为了充分利用现有数据，尽量减少旧数据对预测结果的影响，我们选择使用阿塞拜疆最近十年的数据来预测 2023 年的各项指标值。

为了确定 GM (1,1) 模型是否适用于我们的数据，在进行预测分析之前，我们对阿塞拜疆过去十年的数据项进行了级联测试。

$$\sigma^{(0)}(k) = \frac{x^0(k-1)}{x^0(k)} \quad \sigma^{(0)}(k) \in (e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}})$$

如果每个指标的级联检验结果都在区间内，则可以认为灰色预测模型适用于数据；反之，则需要放弃该模型或对数据进行转换。

根据级联检验的结果，我们对每个指标进行不同程度的转换，以确保每个数据项都通过级联检验。之后，就可以构建预测模型了。

首先，对阿塞拜疆过去十年的每项数据进行逐项汇总，以消除数据的随机性，加强每项指标的规律性。

$$Y[k] = \sum_{i=1}^k X[i]$$

以人均国内生产总值为例：

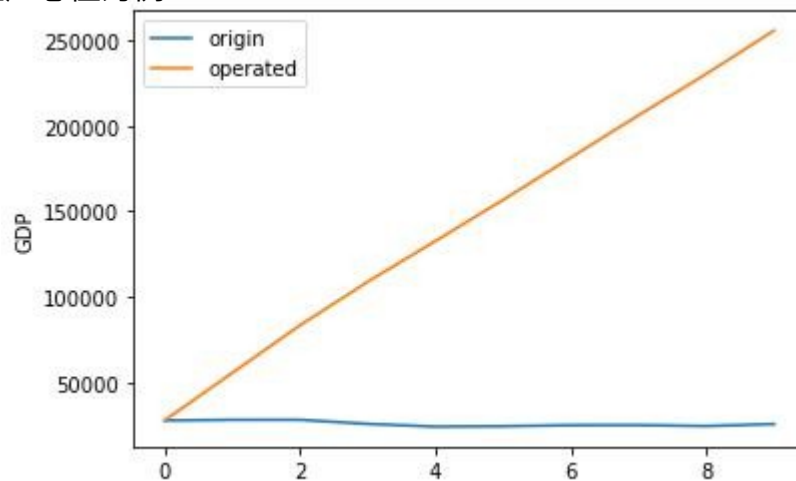


图 11：积累前后的人均国内生产总值

然后，根据累积数据的特征，利用最小二乘法构建线性模型。可以求出每个指标的拟合模型的斜率和截距。根据得到的线性表达式，我们可以计算出 2023 年阿塞拜疆七项指标累积数据的预测值。根据累积值，我们可以计算出在我们的线性表达式下每年指标数据的预测近似值。

$$X[k] = Y[k] - Y[k-1]$$

结合实际数据对预测结果进行残差检验（相对误差检验）。

$$\varepsilon(k) = \left| \frac{X[k] - \hat{X}[k]}{X[k]} \right|$$

如果测试结果均小于 0.2，则认为模型正确。

所有数据都通过了残差检验，因此 GM(1,1) 模型是正确有效的。获得的 2023 年阿塞拜疆七项指标的预测数据如下：

1. 人均国内生产总值（按现值美元计算）：5092.8
2. 人均 GDP 增长率得分（根据人均 GDP 年综合增长率得出）：-0.254
3. 总失业率（占劳动力总数的百分比）：5.179 4. Corruption Perception Index (CPI): 29.10
5. 高等教育入学率（占人口百分比）：28.08
6. 以消费者价格指数衡量的通货膨胀率（年通货膨胀率）：5.84 7: 5.84
7. Aggregate social crisis (based on news coverage of the country): 4919

根据我们的 TOPSIS 社会稳定预警模型，我们利用七种预测方法计算了 2023 年阿塞拜疆的社会稳定得分，最终得分约为 0.841，介于稳定和不稳定临界值之间，被归类为 "中等"，表明 2023 年阿塞拜疆的社会稳定度为中等。社会动荡的可能性较低。

4.3.3 对国家发展的建议

关于阿塞拜疆发展的建议如下。

1. 不要让其他国家过度干涉国家内政，因为外国势力的入侵会割裂社会内部。统治阶级可以采取政治控制措施来巩固政权，如实施宗教政策、禁止反对派活动、实施政治审查、禁止反对派表达意见、实施政治教育、捍卫宣传政权的宗旨、执行政治体制等。
2. 国内生产总值畸高增长应引起重视。经济的畸形发展往往是以牺牲其他利益为代价的，会导致社会发展不充分、不平衡，甚至不得人心。因此，经济发展应该稳中求进，而不是跨越式发展。
3. 改善社会经济状况，提高人民物质生活水平，提高政府服务效率，完善社会保障体系，并采取其他措施巩固政权。

4.4 任务 4

本问题选取了吉尔吉斯斯坦的数据。2005 年吉尔吉斯斯坦爆发了郁金香革命，并取得了成功。首先，根据模型，吉尔吉斯斯坦 2005 年的指数为 0.6297263，在所有预测数据中处于较低水平。这也印证了已建立的社会稳定预警模型，即当年社会极不稳定，容易发生革命。由于模型中权重最高的是综合危机，占 51%，因此我们可以合理地推测

，当得到的数值出现较极端时，综合危机的数值波动较大。其次，人均 GDP 增长率在模型中的权重为 27.2%。

由于前两个因素的权重几乎达到 80%，而且吉尔吉斯斯坦 2005 年的预测显示出极端的不稳定性，因此其他因素对这场革命的影响在此可以忽略不计。验证数据如图所示：

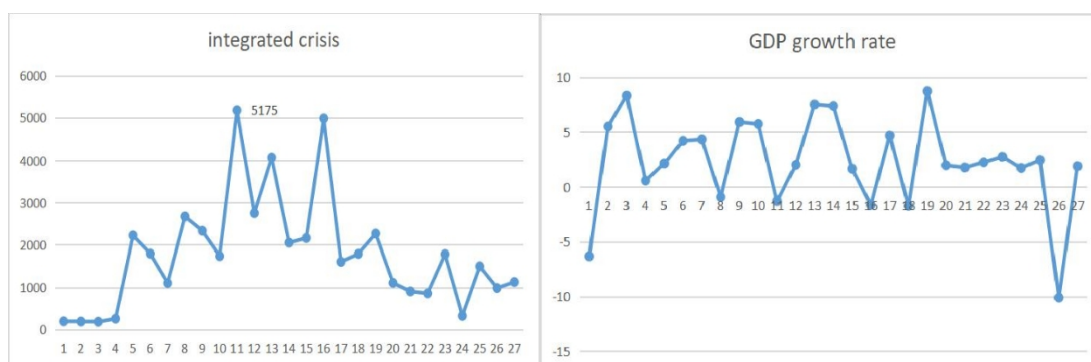


图 12：验证数据

可以看出，2005 年综合危机的数量急剧增加，几乎是前几年的三倍，这与我们的猜测基本吻合。社会矛盾的高发，是社会内部矛盾严重的表现。另外，从下图可以看出，2005 年的 GDP 增长率为负数，这说明吉尔吉斯斯坦当时资金短缺。当时，吉尔吉斯斯坦是中亚乃至世界上最贫穷的国家之一。独立后，吉尔吉斯斯坦的经济发展缓慢，直到 2004 年才恢复到 1990 年独立前的 80%，其中影子经济约占 40%，外债达到 19.2 亿美元，相当于一年的国内生产总值。吉尔吉斯斯坦近 60% 的人口生活在贫困线以下，失业率非常高，尤其是在南部，近四分之三的人口失业。约有 70 万人在俄罗斯、哈萨克斯坦和其他国家工作。社会分化严重，贫富差距、南北差距、民族差距突出，特别是北富南贫的状况日益明显。社会矛盾的计划导致过敏性体质的人，尤其是穷人，对政府越来越不满。与此同时，吉尔吉斯斯坦严重的腐败现象也侵蚀了政权的根基，统治者的威信丧失殆尽。在这种情况下，反对派利用不公正的议会选举，煽动群众走上街头。绝对有人响应，于是郁金香革命爆发了^{[6][7][8]}。

4.5 任务 5

为了防止颜色革命的爆发，维护社会稳定，我们在已建立的社会预警模型和社会稳定指标体系的基础上，提出以下建议。

1. 加强政治教育，引导人们正确认识政治。加强社会主义政治文明教育，正确引导公民的政治思想、

^[6] 吴宏伟. 吉尔吉斯斯坦政权更迭的深层原因及未来政治走向[J]. 当代世界, 2010 (5) : 4.

^[7] 余谦敬. 权力精英理论视角下吉尔吉斯斯坦独立以来三次非正常政权更迭研究[D]. 上海外国语大学, 2022. DOI:10.27316/d.cnki.gswyu.2022.000040.

^[8] 赵龙庚. "吉尔吉斯斯坦政权更迭与新政权面临的挑战". 和平与发展》.04 (2005) .

提高他们的政治意识，促进对社会正义和公平的理解，改善政治秩序。

2、加强政府及其部门对公民权利的保护。建立健全有效的法律法规体系，更新和完善法律法规。

法规，保障公民的诉讼权和行政复议权，确保公民的基本权利得到有效保护。

3.加强社会管理。建立健全社会治安防范体系，加大社会管理力度，坚决打击违法犯罪活动，及时发现和查处违法行为，维护社会治安秩序。

4、严格控制宗教活动，坚决防止利用宗教活动影响政治活动。

5、建立健全民主机制，改善民生，加强社会公平正义，提高人民的经济收入，提高人民的生活水平。
人民，确保社会稳定。

6、加强新闻媒体力量，加大报道力度，针对一些社会热点和群众关心的问题，及时地进行报道，及时向社会传递正能量。

7、不过度强调经济增长，反对 GDP 主义。保持相关方面（如生态、就业、居民收入等）的平衡发展^[9]。

5. 摘要

通过一系列研究和模型结果，我们可以发现，社会不稳定与综合危机的发生频率高度相关。这一因素在模型中占据了 50%以上的权重。与课题组最初猜测不同的是，经济因素与革命爆发的关联度其实并不高。此外，根据数据显示，当经济发展异常迅速时，社会就会趋于不稳定。经济发展过快会带来很多问题，主要表现为发展不平衡、产业发展不均衡、社会保障体系滞后、经济周期加快、法制调整适应难度加大、治理难度加大、思想混乱、贫富差距过大等，影响社会稳定。从经济学角度看，政府在保证经济健康发展、增加社会财富总量的同时，尽可能合理地分配社会财富，就能维护社会稳定。当一个国家能够在保持稳定发展的过程中解决民生问题，严惩腐败，使政府工作公开透明，社会就会稳步发展，越来越好。^[10]

^[9] Du X.Y..经济增长对社会稳定的双重影响[J].武警学院学报, 2008 年第 149 期 (11): 35-38.

^[10] 王磊, 胡鞍钢. 经济发展与社会政治不稳定关系的实证研究--基于跨国数据的比较分析[J]. 经济社会体制比较, 2010,(01):83-89.9.

6.附录

▲	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1	Country N	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2	Armenia	8.12	9.53	9.61	9.38	8.41	8.69	7.82	8.01	8.15	8.3	8.13	8.22	7.77	7.05	8.28	9.07	9.24	9.1	8.84	9.22	8.56	8.26	8.54	8.06	9	8.19	7.01
3	Azerbaijan	6.09	9.57	9.65	9.22	9.04	8.55	8.57	8.54	8.34	8.35	7.76	7.99	7.53	7.62	7.94	8	9.06	8.89	8.99	8.83	8.8	8.25	8.51	8.65	8.72	6.96	7.81
4	Barbados	9.73	9.74	7.85	7.49	9.06	8.73	8.61	7.21	7.4	7.67	6.89	7.61	7.97	8.24	8.73	8.87	9.25	9.15	8.81	9.36	8.66	9.67	8.55	9.61	8.67	8.77	8.57
5	Belarus	4.51	9.16	9.01	8.92	6.47	6.87	7.78	8.46	8.83	8.65	8.63	7.63	8.61	8.36	8.68	8.72	8.67	8.82	9.25	8.58	7.09	8.96	8.55	9.39	9.07	6.7	6.61
6	Ecuador	9.21	9.25	8.87	9.12	8.99	8.56	8.77	8.93	8.73	7.87	6.99	7.15	6.83	6.92	8.08	7.94	9.2	8.63	9.03	9.19	8.81	8.84	8.55	8.83	8.78	9.22	8.47
7	Georgia	8.24	9.28	9.46	9.36	8.75	8.49	8.31	7.98	7.77	7.32	8.05	7.99	7.51	5.41	7.61	8.74	9.11	8.92	8.81	8.92	9.09	9.33	8.54	9.19	9.25	9.28	8.67
8	Germany	9.62	9.39	9.26	9.12	8.6	8.47	8.1	8.37	8.16	8.14	8.09	8.17	7.66	8.32	8.6	8.98	9.09	9	8.95	8.66	7.73	7.83	8.55	8.14	8.73	8.82	8.77
9	Guinea	9.44	9.3	9.46	9.41	9.02	8.62	8.2	9.16	8.86	9.26	9.17	9.1	7.13	8.32	6.93	6.6	8.31	8.45	7.61	7.97	7.46	9.27	8.54	8.74	8.66	8.41	7.94
10	Japan	9.71	9.54	9.52	9.12	9.13	8.32	8.21	8	7.82	8.05	7.58	7.65	7.67	7.79	8.23	8.27	8.65	8.83	8.88	8.74	8.7	8.6	8.56	8.96	8.66	9.22	9.07
11	Kazakhstan	8.07	9.4	9.55	9.28	8.83	8.08	8.46	7.45	8.27	8.01	7.66	7.46	7.89	7.95	8.2	8.01	8.49	8.71	8.64	8.64	8.59	8.73	8.54	8.81	9.15	9.34	8.22
12	Kuwait	9.5	9.37	9.28	9.05	8.58	8.44	7.94	8.19	7.1	7.04	7.83	7.84	8.03	8.27	8.49	9.1	8.64	8.58	8.77	8.22	7.35	9.36	8.49	9.18	9.36	9.29	9.3
13	Kyrgyzstan	9.38	9.48	9.52	9.62	8.11	8.5	9.07	7.87	8.12	8.57	6.3	7.81	6.91	8.27	8.24	6.39	8.65	8.52	8.16	9.07	9.23	9.29	8.55	9.66	8.77	8.96	9.04
14	Lithuania	9.43	9.5	9.43	9.45	8.74	8.68	8.15	7.77	8.37	8.53	8.79	8.87	8.79	8.96	8.84	9.32	9.22	9.24	8.13	8.27	7.82	7.82	8.55	7.32	7.51	7.79	7.02
15	Russia	7.84	9.03	9.42	8.98	7.8	7.74	7.91	7.86	8.01	8.01	7.96	8.22	8.4	8.1	8.39	8.89	9.12	8.94	8.84	8.6	8.25	8.44	8.55	8.56	8.61	9.11	8.29
16	Tajikistan	9.04	8.65	9.15	9	8.48	7.75	7.23	7.85	8.24	8.17	8.31	8.09	8.28	7.68	8.31	8.16	8.15	8.41	8.78	8.37	8.37	9.48	8.54	9.37	9.48	9.69	8.05
17	Tanzania	9.41	9.37	9.46	9.14	8.52	8.14	7.41	8.53	8.49	8.42	8.14	8.68	8.94	8.46	8.77	8.84	8.55	8.14	7.63	8.18	7.39	7.84	8.54	9.08	8.98	8.85	8.55
18	Tunisia	9.54	9.56	9.65	9.51	9.43	9.39	9.02	9.32	9.14	8.78	9.24	9.42	9.34	9.04	9.22	9.27	6.38	6.94	6.55	6.74	6.12	8.38	8.54	8.68	8.65	8.88	7.48
19	Turkey	8.92	8.9	8.88	8.44	8.07	8.23	8.08	8.19	7.97	7.78	7.87	7.82	8.05	8.31	8.44	8.49	8.97	8.72	8.68	8.72	8.05	7.72	8.53	8.61	8.74	9.22	9.05
20	Turkmenist	9.24	9.45	9.12	9.35	8.54	8.16	8.53	7.69	8.7	9.17	8.68	8.82	6.73	7.37	7.77	8.22	8.24	7.82	8.3	8.46	8.21	9.02	8.55	9.09	8.85	9.49	8.56
21	Ukraine	6.33	8.84	9.45	9.46	8.88	8.7	8.27	8.64	8.77	7.94	8.15	8.24	8.36	8.39	8.74	9.05	9.4	9.26	8.73	5.38	7.13	8.42	8.52	8.76	8.47	9.03	7.26
22	Uzbekistar	9.55	9.56	9.62	9.27	8.45	8.08	8.2	7.72	7.58	7.2	6.28	7.5	8.01	8.7	8.54	8.43	9.17	9.14	8.92	8.98	8.91	8.49	8.52	8.95	9.17	9.28	8.28

图 13：当前所有数据的模型得分

- 1. 为了便于观察，所有分数都乘以 10。
- 2. 红色字体表示不稳定，黑色字体表示中等，蓝色字体表示稳定。
- 3. 黄色背景表示确实发生了革命。

[1] Polese, Abel; Beachain, Donnacha O. The Color Revolution Virus and Authoritarian Antidotes: 政治抗议与政权

[2] 郑东超.警惕 "颜色革命 "新动向[J].Frontline,No.499(04):52- 53.2022

- [3] 图片来源 Reddit, 发布者: u/GalleonCauldronr/ChineseSocialist, "【历史上的昨天】1974 年 4 月 25 日, 葡萄牙爆发康乃馨革命, 推翻了执政 48 年的独裁政权, "
https://www.reddit.com/r/China_irl/comments/uc3n1z, 2023 年 2 月 4 日
- [4] Meidusha ccc, "数学建模: 相关分析学习--皮尔逊 (pearson) 相关系数和斯皮尔曼 (spearman) 相关系数", https://blog.csdn.net/weixin_67565775/ 文章/细节, 2023 年 2 月 5 日
- [5] 奥昆, 阿瑟-M.《潜在国民生产总值: 其测量方法和意义》, 美国统计协会, 1962 年商业和经济 统计分会会议记录。略有改动后重印于 Arthur M. Okun, The Political Economy of Prosperity (华盛顿特区: 《繁荣的政治经济学》):
- [6] 吴宏伟. 吉尔吉斯斯坦政权更迭的深层原因及未来政治走向[J]. 当代世界, 2010 (5): 4.
- [7] 于谦京. 权力精英理论视角下吉尔吉斯斯坦独立以来三次非正常政权更迭研究[D]. 上海外国语大学, 2022. DOI:10.27316/d.cnki.gswyu.2022.000040.
- [8] 赵龙庚". 吉尔吉斯斯坦政权更迭及新政权面临的挑战". 和平与发展》.04 (2005 年)。
- [9] Du X.Y.. 经济增长对社会稳定的双重影响 [J]. 武警学院学报, 第149 (11) 期: 35-38.2008
- [10] 王磊, 胡鞍钢. 经济发展与社会政治不稳定关系的实证研究--基于跨国数据的比较分析[J]. 经济社会体制比较, (01): 83-89.2010.