### Problem Chosen

D

**2021**

**MCM/ICM**

**Summary Sheet**

**Team Control Number**

2118508

**An MCM Paper Made by Team 1234567**

**Summary**

世界人口的日益增加导致人类各方面的消费急剧增长，然而，地球的资源非常有限，由此，人的需求和地球的健康产生了巨大的矛盾。目前，世界并没有一个统一的政策来解决可持续发展方面的问题。随着世界人口越来越多，如何满足当代人的需求又不损害后代人的利益，从而成为一个可持续发展的国家是一个值得深思的问题。

首先，我们选取了10个涵盖不同地区和发展程度的国家，再根据联合国制定的UNSCD可持续发展指标体系，从社会、环境、经济三个方面确立了一级指标，再分别从一级指标中细分出22个二级指标。由于指标数量众多，且具有较强相关性，我们采取主成分分析法进行筛选，得到了9个指标作为评判国家是否可持续发展的依据。在此基础上，我们运用了熵权法分别对这三个方面的指标的权重进行了计算，得到了10个国家的得分，最后依据得分对10个国家的数据进行聚类，计算出各指标的两个类中心，然后以指标中心的均值作为标准边界，划分成可持续发展程度高、可持续发展程度较高、可持续发展程度一般三个层次。我们可以通过计算一个国家的得分位于三个层次的哪个区间来判断一个国家是否是可持续发展。

其次，我们选取了巴基斯坦进行研究。通过我们模型一中的研究可知：巴基斯坦在…方面的增长率较低，有较大的缺陷，应该予以扶持、在…方面的增长率较高，对其投资可以获得较大收益。我们针对这个问题选取了…的政策进行援助和刺激其发展，并制定了一个详细的20年计划，帮助其走向一个更可持续化的未来。

最后，我们收集了巴基斯坦2005-2018年的各项指标数据，通过灰色预测法对没有政策扶持的未来发展走向进行预测，得到了未来20年的得分曲线，再假设实施了政策，并进行发展预测，得到了未来20年的得分曲线，通过分析对比两者的曲率变化得知，我们的政策有良好的效果。但由于巴基斯坦具有…的国情，在…方面具有独特的优势，在…方面具有较为严峻的劣势，因此，我们通过国家的可持续发展模型，对其进行了客观的评价，以帮助我们改进我们的政策。在不断对政策的不同侧重进行调整后，我们得到：在…

结合实际情况，我们的模型的优点是能较好地消除贫困，鼓励经济发展，维持地球生态健康，能较为柔和地刺激政策对发达国家和发展中国家，但缺点是对最不发达国家只能进行较为激进的刺激政策。

同时，我们对模型进行了敏感度分析，结果表明模型具有良好的稳定性。

关键词：可持续性发展，EWM，GDM，灰色预测

### [Introduction](#_bookmark0)2

**Contents**

* 1. [Problem Background](#_bookmark1) 2
  2. [Literature Review](#_bookmark2) 2
  3. [Restatement of the Tasks](#_bookmark3) 2

1. [The "...Policy" on given by our team](#_bookmark4)2
   1. [Assumptions for the ""](#_bookmark5) 2
   2. [The statement of "...Policy"](#_bookmark6) 2
2. [Notations](#_bookmark7)2
3. [The Models](#_bookmark9)3
   1. [Model 1](#_bookmark10) 3
      1. [Detail 1 about Model 1](#_bookmark11) 3
   2. [Model 2](#_bookmark13) 3
4. [Strengths and Weaknesses](#_bookmark15)3
   1. [Strengths](#_bookmark16) 3
   2. [Weaknesses](#_bookmark17) 3
   3. [Sensitivity Analysis](#_bookmark18) 4
   4. [Conclussion](#_bookmark19) 4

[Memorandum](#_bookmark20)5

[References](#_bookmark21) 5

**[Appendix A: Further on LATEX](#_bookmark23)6**

# 1 Introduction

## Problem Background

**传统发展模式下日益短缺的资源,日益恶化的环境,以及日益加剧的资源和发展之间的矛盾,引发了人类的思考和担忧。如何解决日益增长的人口和有限的地球资源之间的矛盾，是我们当下面临的最大挑战。自20世纪60年代现代环境运动开始以来，平衡人类的需求与地球的健康一直是一个颇有争议的话题。为了协调经济发展和生态系统健康之间的矛盾，在20世纪80年代引入了可持续发展的概念。**

**自可持续发展的概念提出以来，它已经成为国际社会思考和追求的目标。然而，实现可持续发展在当下变得更加紧迫。联合国预测，到2050年，世界人口将达到90亿。再加上消费的增加，对地球有限的资源造成了更加巨大的压力。2012年，联合国可持续发展大会宣布:“消除贫困、改变不可持续和促进可持续的消费和生产模式、保护和管理经济和社会发展的自然资源基础，是可持续发展的首要目标和基本要求。“减少个人贫困和脆弱性，鼓励经济发展，保持生态系统健康”，是可持续发展的支柱。[1]**

## 1.2 Problem Statement

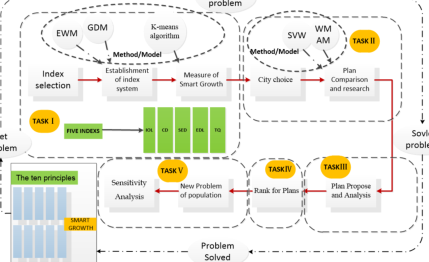
Task1:建立一个国家的可持续发展模型，为区分国家和政策的可持续发展程度提供衡量方法。考虑人类健康，食品安全，清洁饮水，环境质量，能源获取，生计，社会的脆弱性，公平的发展等因素，做出综合评价，并告知ICM最需要支持和干预的国家，以帮助其提高可持续发展程度。

Task2:从联合国所列的48个最不发达国家（LDC）中选择一个国家，使用Task1中建立的模型和研究，考虑该国人口、自然资源、经济、社会和政治条件，为选定的LDC国家创建一个20年的可持续发展计划，从而使其走向一个更可持续的未来。

Task3:使用Task1中建立的模型，评估Task2中制定的20年可持续发展计划对该国持续发展措施的有效性。在你的评价体系下，预测在实施计划后未来20年中的变化。基于所选择的国家，可能需要考虑其他环境因素，如气候变化，发展援助，外国投资，自然灾害，以及政权的不稳定情况。还需确定对该国的可持续发展措施产生最大的效果的项目或政策。

## 1.3 Our Work

提出一种有效的方法来制定可持续发展的规划具有重要意义。因此，首先需要建立评价可持续发展程度的指标体系。其次，选取一个最不发达的国家，通过指标体系对其可持续发展程度进行评价。然后，提出可行的计划，帮助其走向一个更可持续化的未来。再次，预测该计划对选定国家发展产生的影响，对该计划作出评价。最终，考虑环境及政权动荡产生的影响，并确定对选定国家的可持续发展产生最大效益的政策。通过以上分析，本文的流程图如图1所示。



flow chart of this paper

# 2 Assumption and Justifications

**假设从网站上收集的数据是可靠和准确的**

我们模型中使用的数据主要来自世界银行、巴基斯坦统计局等有效的统计网站。因此，这个假设是合理的。

**假设巴基斯坦有一个相对稳定的政治经济环境**

In other words，选定的国家没有破坏性的自然或人类灾害，如大地震，战争和外交中断。我们的模型也没有考虑恐怖袭击和丑闻等外生事件的影响。

**假设巴基斯坦在未来几十年的增长状况与过去10年的增长状况是连续的**

研究了巴基斯坦在过去十年和未来几十年的增长计划。我们发现，这两个时期的增长计划相当相似。另外，我们假设两个城市的经济环境是相对稳定的。因此，我们有理由认为，这两个城市的增长状况与过去十年是连续的。

# 3 Notations

The primary notations used in this paper are listed in Table[1.](#_bookmark8)

Table 1: Notations

Symbol Definition

*Eco* the score of economic

*b* the second one

*α* the last one

Table 1: Notations

|  |  |
| --- | --- |
| Symbol | Definition |
| *Eco* | the score of economic |
| *Env* | the score of environment |
| *Soc* | the score of society |
| …… | …… |

# 4 模型一 建立一个国家的可持续发展模型

## 4.1 Data Pre-processing

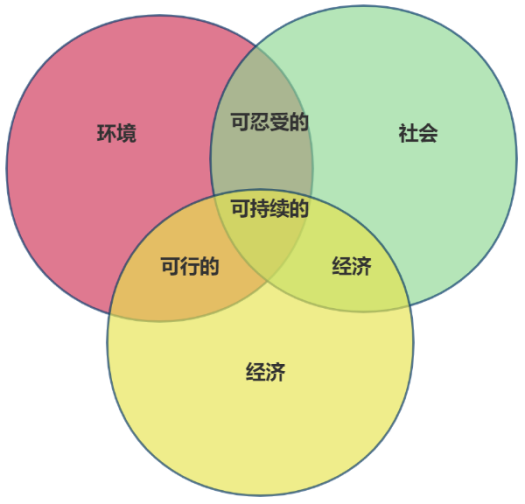
**4.1.1 Data Collection**

收集足够的数据是建立完整指标体系的基础。我们首先搜索数据库，找到的项指标，数据来自城市数据1，。然后通过聚类的方法对10个城市的数据进行了搜索。

**4.1.2 Data Filling**

## 4.2 确立主要指标体系

我们选择了10个国家作为研究不同指标之间相关性的样本，其中囊括发达国家、发展中国家，欧洲国家、亚洲国家，充分保证了研究样本的多样性。由于所选指标应当数量有限、且能适应时代的发展，我们引入了联合国UNSCD[create.pdf]可持续发展指标体系，从社会、环境、经济三个方面确立了一级指标，再由一级指标细分得来有利于量化的20个二级指标：贫困线以下人口比例，谋杀率（每10万人故意杀人案件的数量），5岁以下儿童死亡率，初等教育净入学率，人口增长率，二氧化碳排放，森林覆盖率，受保护的海洋面积比例，所使用的水资源总量的比例，人均GDP占世界比例，生活垃圾回收率……由于所得到的指标数量众多，且具有较强的相关性，我们决定采用主成分分析法对二级指标进行降维处理，选取各个方面指标的范围，得到如下指标：贫困线以下人口比例，谋杀率（每10万人故意杀人案件的数量），5岁以下儿童死亡率，初等教育净入学率，人口增长率，二氧化碳排放，森林覆盖率，所使用的水资源总量的比例，人均GDP占世界比例，生活垃圾回收率。



## 4.3 熵权法确定各方面指标的权重

熵权法作为一种客观的赋权方法，当指标所含信息越多，得到的权重越大。

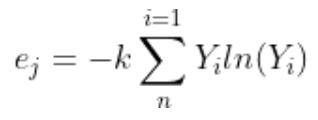
首先，我们对上述各方面得到的3项指标数据进行了标准化处理。假设三项指标分别为：（X\_{i}=\left \{x\_{1},x\_{2},x\_{3} \right \}），标准化后的值为：（Y\_{i}=\left \{Y\_{1},Y\_{2},Y\_{3} \right \}），那么

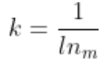


Y\_{i}=\frac{x\_{i}-min(x\_{j})}{max(x\_{j})-min(x\_{j})}

其中，，Yi代表相应指标的值。

然后，我们求各指标的信息熵值e:



其中，令,m为指标的数量，在我们的模型中等于3、ln为自然对数、。

最后，我们得到了社会、环境、经济三个方面的指标的权重，如表…所示。

表… 社会方面各指标的权重

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 谋杀率 | 人口增长率 | 初等教育净入学率 |
| 权重 | 0.5645 | 0.2374 | 0.1981 |

表… 环境方面各指标的权重

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 二氧化碳排放 | 森林覆盖率 | 所使用的水资源总量的比例 |
| 权重 | 0.4759 | 0.112 | 0.4121 |

表… 经济方面各指标的权重

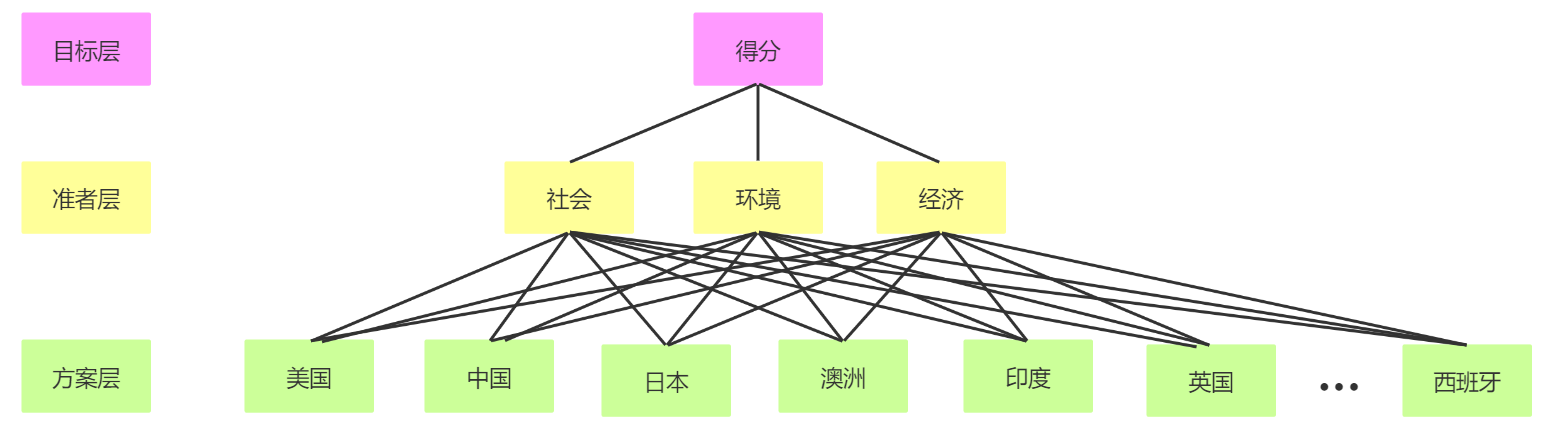
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 贫困线以下人口比例 | 人均GDP占世界比例 | 生活垃圾回收率 |
| 权重 | 0.1506 | 0.3993 | 0.4501 |

可以看出分别在社会、环境和经济方面，谋杀率、二氧化碳排放、所使用的水资源总量的比例、生活垃圾回收率占有比较高的权重，这与我们的预期非常相符。因为谋杀率象征着一个社会的稳定程度和人民的幸福度，二氧化碳大量排放导致的全球变暖和水资源的缺乏是现在全球都在为之焦灼的两大环境问题，生活垃圾回收率高说明国家经济富裕，且有心致力于将国家打造成一个可持续发展的生态乐土。

## 4.3 层次分析法得到所选国家的得分

在了解不同方面的影响因素和相对权重后，我们采用层次分析法，利用较少的定量信息使决策过程数学化，得到了不同国家相对于最高层次的相对重要权值，并进行了优劣次序的评定，为后续找到一个判定可持续发展国家的阈值打下基础。

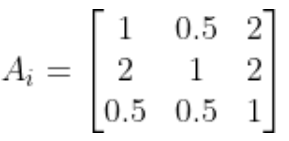
我们假设指标对不同的国家的重要程度是一样的。



图…层次结构图

其中，最高层是我们的决策目的，即得到不同国家的评价分数，记为Z、中间层是我们考虑的因素，决策的准则，记为Ai、最底层是我们的备选方案，记为Bi。

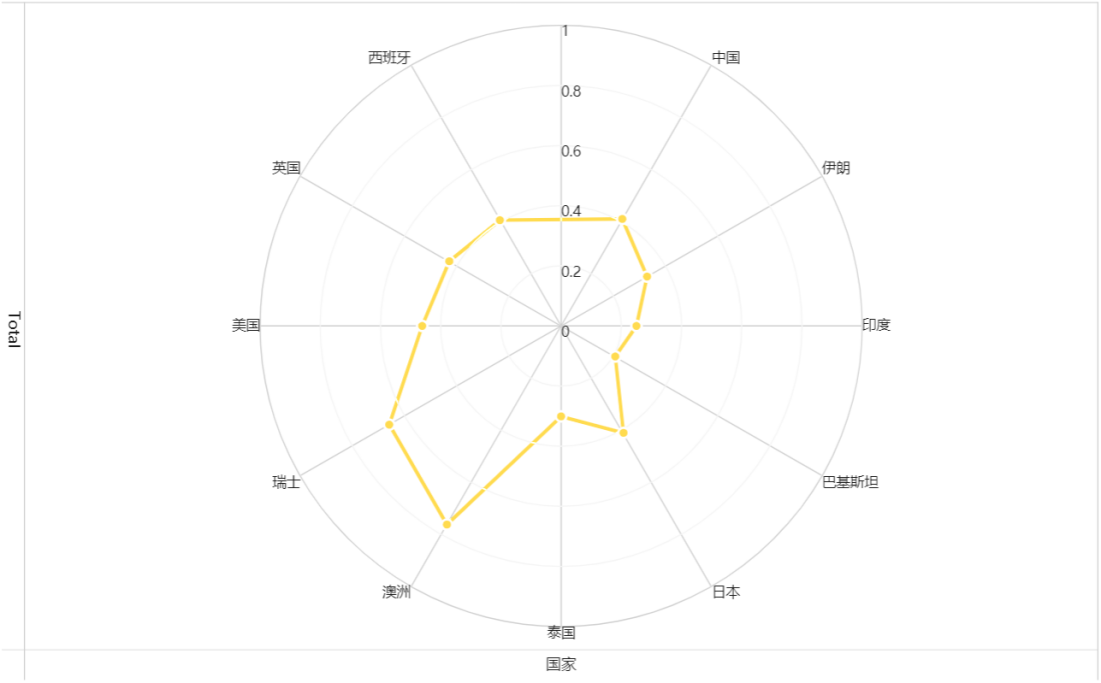
由于不同指标有不同的重要性，我们构造了成对比较矩阵：



分别得到社会、环境、经济对方案层的权重为：



即各指标的权重排序为：社会<环境<经济。由此可计算出不同国家的得分：

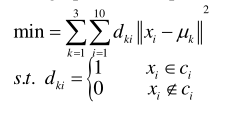


## 4.4 K-means聚类分析法设置标准值

在4.3中建立了三个层次的评价模型，可对城市的可持续发展程度进行定量分析，但为了评估城市智能增长的成功程度，仍需要一个合适的标准来进行判别。因此，采用KA (K-means聚类算法)来制定一个合理的标准。在该算法中，数据集X包含了9个二级指标，K表示数据分类的个数。按照可持续发展程度的高低，分为可持续发展程度高、可持续发展程度较高、可持续发展程度一般三个层次。使用KA算法，将10个城市分为三个类别，故K值为3；表示分区的排序中心，从排序中心到排序中心的距离平方和表示为



其中，表示c到排序中心距离的平方和，PCA的目标是解决下面的优化问题。



## 4.5 制定可持续发展模型的标准

根据上述KA算法,可持续发展模型的标准最终在本节中得到。首先对10个城市的数据进行聚类，计算出各指标的两个类中心，然后以指标中心的均值作为标准边界，以划分可持续发展的程度。可持续发展的标准如下图所示。



# 5 Task 2

巴基斯坦伊斯兰共和国，简称“巴基斯坦”，是一个落后的[发展中国家](https://baike.baidu.com/item/%E5%8F%91%E5%B1%95%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E5%AE%B6/652451" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%B7%B4%E5%9F%BA%E6%96%AF%E5%9D%A6/_blank)，是联合国所列的48个最不发达国家（LDC）之一。巴基斯坦的[国内生产总值](https://baike.baidu.com/item/%E5%9B%BD%E5%86%85%E7%94%9F%E4%BA%A7%E6%80%BB%E5%80%BC/31864" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%B7%B4%E5%9F%BA%E6%96%AF%E5%9D%A6/_blank)有4754亿美元，人均收入2542美元，贫困率据为23%到28%，以年增长率4.9%计算，巴基斯坦还需159年才能成为一个发达国家。[2]巴基斯坦的医疗状况较差，没有完整的医疗体系和医保制度；当地的城市供水系统不健全，长期缺水，是世界上最缺水的国家之一。

## 5.1 计算可持续发展指标

根据4.4节的指标体系和4.5节提出的标准，计算出能够反映城市三个维度的指标。结果如下图所示。



Figure 2: The result of Model 2

由模型1计算得数据可以看出，巴基斯坦可持续发展水平较低，社会、经济发展状况可持续发展程度一般，其中经济发展较可持续发展目标差距十分明显……分析：……。

## 5.2 制定可持续发展计划

考虑到巴基斯坦目前的发展计划还有改进的空间，我们为巴基斯坦制定了一系列的可持续发展计划。

1. ……
2. ……
3. ……

# 6 Task 3

## 6.1 灰色GM（1,1）模型验证计划有效性

根据巴基斯坦2005-2018年数据，使用灰色预测法预测20年后各项指标发展情况，验证计划的有效性。

灰色预测模型是根据少量的、不完全的信息，建立模型并做出预测的方法，具有能够利用“少数据”建模寻求现实规律的良好特性，克服了资料不足和系统周期短的矛盾[3]。这里使用的巴基斯坦数据量满足灰色系统理论的特点，因此可以使用灰色GM（1,1）模型。

巴基斯坦2005-2015年的指标值为：



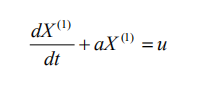
；

作1-AGO累加生成序列：

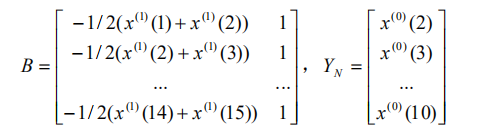


其中

用建立GM（1,1,）的白化形式的微分方程：



其中a为发展系数。

令 

B=\left[\begin{array}{cc}

-1 / 2\left(x^{(1)}(1)+x^{(1)}(2)\right) & 1 \\

-1 / 2\left(x^{(1)}(2)+x^{(1)}(3)\right) & 1 \\

\ldots & \ldots \\

-1 / 2\left(x^{(1)}(14)+x^{(1)}(15)\right) & 1

\end{array}\right], \quad Y\_{N}=\left[\begin{array}{c}

x^{(0)}(2) \\

x^{(0)}(3) \\

\ldots \\

x^{(0)}(10)

\end{array}\right]

记参数为

由最小二乘法得：

则微分方程在初始条件下的解为：



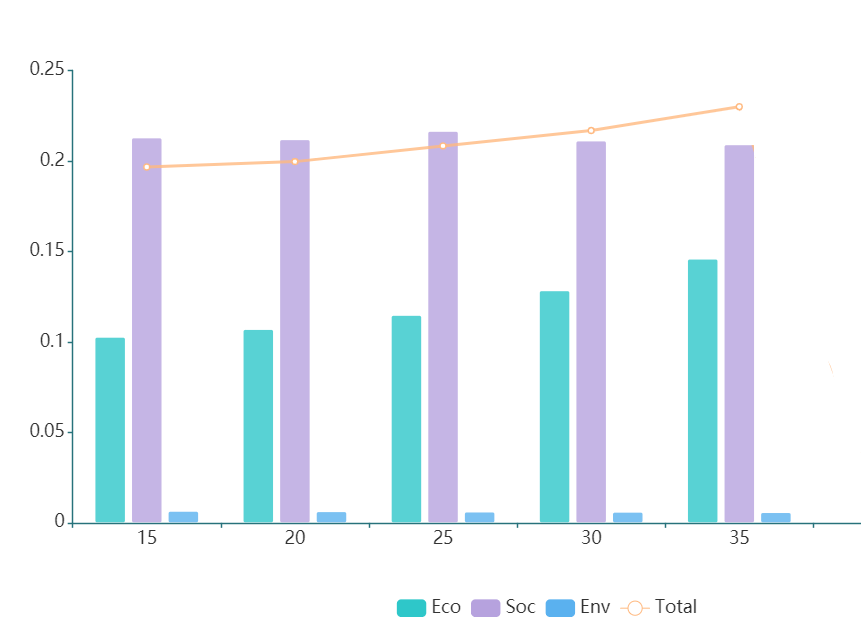
对进行还原，得到的预测模型：



最后用后验差C对模型进行检验。用MATLAB编程求解，得到巴基斯坦20年中9个指标得分得分的预测数据，2030-2035年的预测数据如下表。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| 贫困线以下人口比例 | 0.0751 | 0.0703 | 0.0658 | 0.0616 | 0.0577 |
| 谋杀率 | 0.0149 | 0.0143 | 0.0137 | 0.0130 | 0.0122 |
| 5岁以下儿童死亡率 | 0.4539 | 0.4420 | 0.4303 | 0.4188 | 0.4076 |
| 初等教育净入学率 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 人口增长率 | 0.0177 | 0.0175 | 0.0174 | 0.0172 | 0.0171 |
| 二氧化碳排放 | 0.0044 | 0.0044 | 0.0044 | 0.0044 | 0.0044 |
| 森林覆盖率 | 0.0115 | 0.0112 | 0.0109 | 0.0106 | 0.0104 |
| 受保护的海洋面积比例 | 0.0078 | 0.0078 | 0.0078 | 0.0078 | 0.0078 |
| 所使用的水资源总量的比例 | 0.0779 | 0.0730 | 0.0684 | 0.0642 | 0.0602 |
| 人均GDP占世界比例 | 0.2532 | 0.2623 | 0.2718 | 0.2818 | 0.2921 |
| 垃圾回收率 | 0.0413 | 0.0421 | 0.0430 | 0.0438 | 0.0447 |

由预测数据，可得20年间巴基斯坦可持续发展指标，分别取15、20、25、30、35年的预测数据，五年可持续发展指标得分情况如下图所示。横轴的值代表时间，纵轴的值代表三个二级指标的分值。绿色为巴基斯坦的经济指标得分，紫色为巴基斯坦社会指标得分，蓝色为巴基斯坦的环境指标得分，黄色折线反映巴基斯坦总分情况。从下图我们可以看到，我们的计划总体上更成功地实现了可持续发展。分析：……



# 7 Strengths and Weaknesses

## 7.1 Strengths

* + - First one...
    - Second one ...

## 6.2 Weaknesses

* + - Only one ...

## 7 Sensitivity Analysis

**8 Model Evaluation and Further Discussion**

1. **Strengths**
2. **Weaknesses**
3. **Further Discussion**

## 9 Conclussion

**Memorandum**

**To:** Heishan Yan

**From:** Team XXXXXXX

**Date:** October 1st, 2019

**Subject:** A better choice than MS Word: LATEX

In the memo, we want to introduce you an alternate typesetting program to the prevailing MS Word: **LATEX**. In fact, the history of LATEX is even longer than that of MS Word. In 1970s, the famous computer scientist Donald Knuth first came out with a typesetting program, which named TEX . . .

Firstly, . . .

Secondly, . . .

Lastly, . . .

According to all those mentioned above, it is really worth to have a try on LATEX!

# References

1. Einstein, A., Podolsky, B., & Rosen, N. (1935). Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?. *Physical review*, 47(10), 777.
2. *A simple, easy LATEX template for MCM/ICM: EasyMCM*. (2018). Retrieved December 1, 2019, from <https://www.cnblogs.com/xjtu-blacksmith/p/easymcm.html>

**[1] United Nations. The future we want. Resolution adopted by the General Assembly. 66th Session of the General Assembly, 123rd plenary meeting; 2012 July 27. New York: UN; 2012 Sep 11 (Resolution A/RES/66/288) [cited 2013 Jul 23]. A**

# Appendix A: Further on LATEX

To clarify the importance of using LATEX in MCM or ICM, several points need to be covered, which are . . .

To be more specific, . . . All in all, . . .

Anyway, nobody **really** needs such appendix . . .