数学建模论文指南(草稿)

摘 要

规范的格式是科技文写作的基础。为使参加数学建模的学生掌握必要的排版技巧，快速规范论文格式，也为了方便教练组进行统一培训和指导，本指南将数学建模的论文写作要点进行归纳总结。首先介绍数学建模论文的格式要求，然后讲解如何使用Word提供的样式功能快速调整论文格式，最后附排版练习题一个。本指南仅为草稿，仍需进一步完善，欢迎各位老师和同学提供意见。

关键词 科技文写作；word样式；Matlab程序语言

一、格式规范

本章介绍科技文写作格式的基本规范，分为正文、公式、表格、图片、参考文献、附录、支撑材料、摘要页共8部分。

1.1 正文规范

**规范1.1**：正文使用小四字号，中文用宋体，西文(英文、数字)用Times new roman字体。

**规范1.2**：每一段开头空两中文字宽，段中严禁左侧空格，在样式中自动设置。

**规范1.3**：正文的行距统一用多倍行距，数值填1.25。这种行距可以保证出现公式的正文段落仍有较为统一的行距，不会出现行距忽大忽小。

**规范1.4**:正文里出现的标点符号一律为中文标点, 不能为英文标点. 本段出现的逗号、句号和**冒号**均为英文标点, 严禁在正文段落中使用.

**规范1.5**：列举条目时，小标题要对齐，最好使用1. 2. 3. 或(1) (2) (3)，后面空一格。

**规范1.6**：使用英文括号(美观)，不要用中文括号（难看）。

**规范1.7**：文章标题、章标题和小节标题的字号和格式见表1。

表1 标题格式

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标题类型 | 格式 | 用途 |
| 论文题目 | 四号字，居中，下面和摘要之间空1.5行 | 论文题目 |
| 一级标题 | 四号字，居中 | 章标题，如模型假设、符号说明等 |
| 二级标题 | 小四，左对齐 | 节和小节标题：5.1、5.2.2 |

**规范1.8**：标题中文用黑体，西文(英文、数字)用Times new roman字体。

**规范1.9**：从摘要页开始标页码。插入页码方法：选择‘插入-页码-页边底端-普通数字2(居中)’，然后把页面下方的数字框一下，选择Times new roman字体，按ESC键生效。

**规范1.10**：每一级标题后写一段话，不要空着。如5.1节标题后不要直接接5.1.1节标题，先说一句话。

**规范1.11**：应对表格、图片进行妥当排版，避免在正文中出现大段空白，俗称开天窗。

1.2 公式规范

**规范2.1**：所有公式一律使用Mathtype编辑，严禁使用Word自带的‘插入-公式’功能。因为后者会导致字体和行距混乱。

**规范2.2**：所有变量都用Times new roman字体和斜体，如、、等，这是Mathtype的默认字体，也可以在Mathtype编辑框里选中对应的符号，选择‘样式-变量’获得。

**规范2.3**：所有矩阵、向量用正体加粗，如、、。实现方法：在Mathtype编辑框里选中对应的符号，选择‘样式-矢量矩阵’，不要手动去加粗。

**规范2.4**：所有文本、单位和缩写使用正体不加粗，如、、，实现方法：在Mathtype编辑框里先打出对应的符号，选择‘样式-文本’。

**规范2.5**：定义变量时，常使用**一个字母变量**加一到多个文本下标的形式。如需要定义变量分别统计晴天和雨天的天数，合适的定义为：(1)和，注意变量是斜体，用于区分的文本Sunny和Rainy为正体；(2)和；(3) 和，需在符号说明中声明缩写的具体含义。考虑到英文单词较长，在下标中可以采用1-3个字母的缩写。错误的定义为：(4)或者，前者被视为三个变量的乘积，后者被视为五个变量的乘积。(5)在选择缩写时，一般不用汉语拼音缩写和。

**规范2.6**：正文中如果有分数线，用，不要用。后者会导致行距过宽，如本段所示。

**规范2.7**：正文中出现公式导致行距不统一时，应在‘段落-缩进和间距’中去除‘对齐到网格’。

**错误示范2.8**：

将m，m，m，m，m/s，cm/hm/s代入上式可解得m3。

出现的错误有：(1)单位m、cm/h没有用Mathtype编辑，导致字体不是Times new roman；(2)下标中的缩写m不是正体；(3)使用水平分数线，导致字号过小；(4)行距过大。

修正后结果为：将，，，，， 代入上式可解得。

**规范2.9**：单独成行的公式应居中放置，右侧有标号时，标号应与公式对齐，标号用英文括号括起来，如(1)式所示。

 (1)

**规范2.10**：单独成行的公式右侧可以统一加标号，也可以选择性加标号，但后文中需要引用的公式必须加标号。引用举例：如公式(1)所示。

**规范2.11**：正文段落中多个公式之间的标点符号应为中文标点符号，但单独成行的公式后的标点符号为英文标点符号。

1.3 表格规范

**规范3.1**：正文、附录中出现的所有表格均为三线表：表中无竖线，只有三条1.5磅宽的横线，如表1、表2所示。

**规范3.2**：所有表格应通栏，即左右与正文段落一样宽。

**规范3.3**：表格应等高。表格中有公式时，表格各行高度会忽高忽低。

**规范3.4**：表格题目在表格**正上方**，离表格不应过远。

表2列出了规范3.2-3.4不满足时的解决方案。

**规范3.5**：表格中的字号、字体与正文相同，见规范1.1。

**规范3.6**：较短的表格尽量出现在一页上。严禁出现表格标题在一页上、表格内容在下一页的情形。

表2需手动调整的表格格式

|  |  |
| --- | --- |
| 问题 | 解决方法 |
| 表格不是通栏(左右没有顶格) | 选中表格，‘右键-自动调整-根据窗口调整表格’ |
| 表格标题离表格太远 | 选中表格，‘右键-表格属性-表格-文字环绕-无’ |
| 表格太宽 | 1. 选中表格，‘右键-表格属性-行-尺寸-行高值选最小值’  2. 应用表格样式(或手动去除网格) |

**规范3.7**：较长的表格(跨多页)应放在附录中。

**规范3.8**：表格内容要简洁、不应过于复杂。如果三线表无法满足需要，也许不应该去画更加复杂的表格，而应该把表格精简一下，有些结论性的语句放在正文中。

**规范3.9**：表格应采用Word的表格进行编辑，严禁截图。

**规范3.10**：表格中有数字时，小数点后的位数应统一，一般保留2-4位即可。位数太多即无意义，也占纸张位置。

**规范3.11**：表格中可使用粗体来强调重要的数值。

**规范3.12**：表格中的字号可适当缩小，如使用5号字。

**规范3.13**：引用图片、表格内容时，严禁使用上表、下表，一律使用表格的编号，如：需手动调整的表格格式如表2所示。

**规范3.14**：表格编号为表1、表2、表3等。

1.4 图片规范

**规范4.1**：图片应居中。

**规范4.2**：图片标题在图片**正下方**。

**规范4.3**：图片内字号应与正文相同或略小于正文，字号过小会导致文字难以辨认。

**规范4.4**：图片编号为图1、图2、图3等。

**规范4.5**：图片中的x、y轴代表的含义应有说明。

**规范4.6**：一幅图中的不同曲线应有图例加以区分说明，在Matlab中，图例使用legend函数生成。

**规则4.7**：同一幅图中，不同曲线应使用不同的线宽和线型加以区分。写作者应考虑到论文被打印为黑白颜色时，不同曲线仍能够被区分。

**规则4.8**：一行上只能放一幅图片，严禁将多幅图片并排放。

**规则4.9**：一幅图片可以有多个子图，子图需有编号，用(a)(b)(c)(d)或者(a1)(a2)(b1)(b2)加以区分，在后者中，行数用a、b进行区分，列数用1、2进行区分。

**错误示范4.10**：图1包含三幅子图。其中出现若干错误，归纳如下。

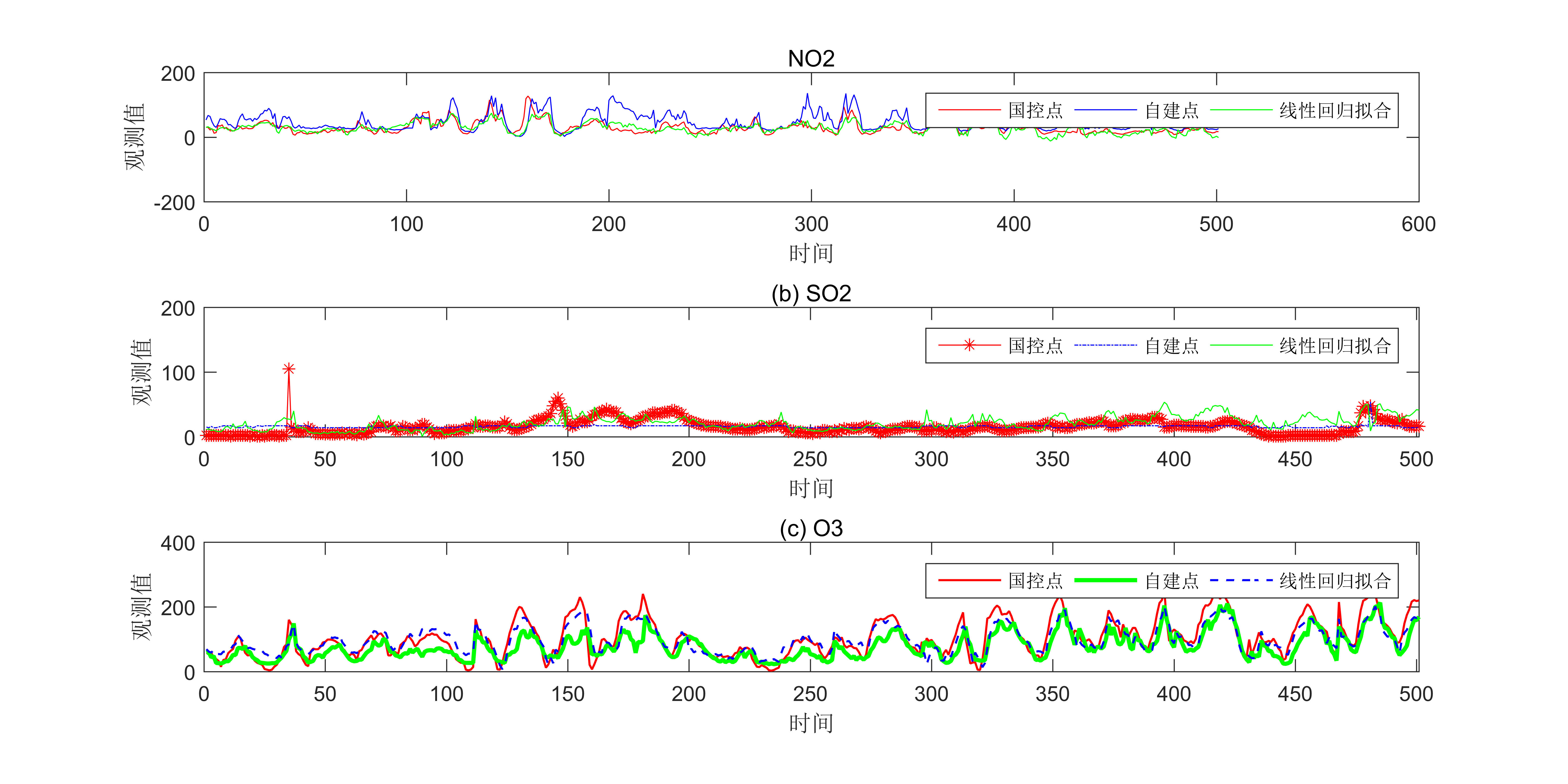


图1 一幅图像中包含多幅子图

(1) 图1(a)标题中缺少标号(a)，三条曲线均为实线，黑白打印后难以区分。曲线的横坐标范围为[0,500]，[500,600]处出现大段空白，影响美观。

(2) 图1(b)对不同曲线使用了不同线型，但星号过大，遮住了另两条曲线。图1(b)中大部分数据点的观测值小于50，变化率过小，难以辨认趋势，应减少纵坐标的显示范围。图1(c)用宽为2的实现和宽为1的虚线对曲线进行区分，较为美观。

(3) 图片上下左右有较大空白，应去除。去除方法：(1)在Matlab生成图片时，去除白边；(2)在word图片选项卡上对图片进行剪裁。

(4) 图片中字体太小，难以辨认。

(5) 子图的标题应在子图正下方而不是上方。由于Matlab提供的title函数把标题写在图片上方，这一错误调整起来较为复杂，可忽略。

(6) 图片中的字体也应使用规范1.1。

**规则4.10**：图片要为正文服务，图片不宜过大、过多。

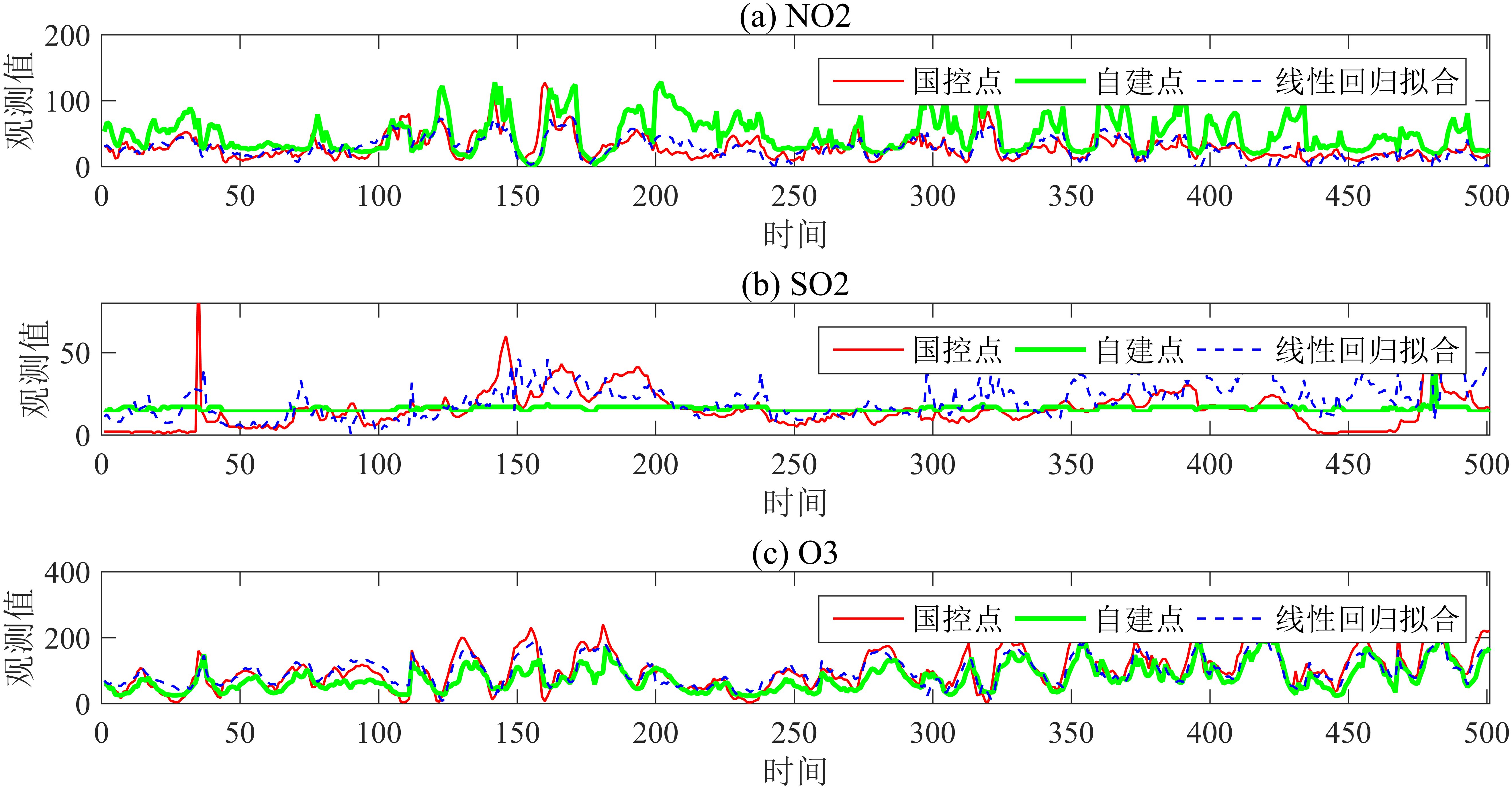


图2 图1修正后的结果

为保证最终生成的pdf格式的论文具有清晰图片，需完成规则4.11-4.13。

**规则4.11**：图片在Matlab中生成后，严禁使用图片窗口上的‘另存为’按钮保存图片。正确的做法是把图片窗口放在屏幕最上方，然后在Matlab的命令行窗口中输入：

set(gcf,'PaperPositionMode','auto');

print('图片名字.png','-dpng','-r600');

其中，第一行保证保存后的图片与Matlab打开的图片窗口有一样的宽高比，所见即所得；第二行使用无损压缩的png图片格式来保存图片，并且保存为600dpi的高清图，保证保存后的图片具有高清晰度。图片窗口上的另存为按钮把图片保存为100dpi，分辨率过低。建议分辨率不要低于300dpi。

**规则4.12**：在把图片贴到Word之前，在Word文档的‘文件-选项-高级-图像大小和质量’中勾选‘不压缩文件中的图像’。这样Word才不会把图像自动压缩为低清晰度格式。

**规则4.13**：在把Word文档打印成pdf时，在‘打印机属性-默认设置’里选择高质量打印，这样打印pdf文档时，图片质量就不会显著降低。

**技巧4.14**：为使子图的标题在图片下方，可分别生成每一幅子图，在Matlab里用表格存放子图并分别写上子图标题，最后去掉表格边框，如图3所示。

1.5参考文献

**规则5.1**：参考文献中所有的标点符号都为英文标点符号。

**规则5.2**：所有英文标点符号后都需要空一格，即一个英文字符，见例5.7中的灰色标识。

**规则5.3**：在正文中引用参考文献时使用正文大小的标号，如[1]，不用上标，如[1]。

**规则5.4**：引用文献应在正文中有对应的具体地点，不能泛泛地引用。如某本书对我影响很大，虽然这本书在本文中没有用到，但是我想引用它，这种做法是错误的。

**建议5.5**：应多引用论文，如在中国知网上搜到的论文，少引用网络资源，如博客。

**规则5.6**：参考文献应使用悬挂缩进，即每一篇文献的第二行不左顶头，而需要空两格，可以在‘段落-缩进和间距-特殊格式’里选择首行缩进。

**例5.7**：

[1] 金志森. 基于层次分析法对城市内涝风险评估与区划方法研究——以泉州东海组团为例[J]. 城市住宅, 2015(12): 97-101.

[2] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.

[3] 卢佩. 基于类生物视觉特性的目标识别[D]. 成都: 中国科学院研究生院, 2014.

[4] 王小龙. 如何测算出任一副图片中的物体的实际尺寸[EB/OL]. (2017-03-25) [2020-08-12]. https://www.zhihu.com/question/20448353/answer/24885779.

**规则5.8**：常用的参考文件类型和缩写为：期刊[J]、专著[M]、毕业论文[D]和网络资源[EB/OL]。其中期刊必须给出期卷号和页码，如例5.7[1]；专著和毕业论文需给出出版社的地点、名称和出版年份，如例5.7[2,3]；网络资源需给出发表日期和访问日期，分别用小括号和中括号括起来，如例5.7[4]。

**规则5.9**：网络资源应给出具体网址，并需注意两点：(1)去除Word自动加上的超链接，否则网址会变蓝并含有下划线；(2)如果网址前后的文字无法和网址在一行上，应选中网址，勾选‘段落-中文版式-允许西文在单词中间换行’。

**规则5.10**：参考文献5-10个较为合适。

**规则5.11**：使用网上公开的代码应引用对应网页，使用书中代码应引用对应书目。

1.6 附录

**规则6.1**：附录应单独成页。具体操作时，严禁使用空格手动翻页，而应选择附录的第一行，在‘段落-换行和分页’中勾选段前分页。

**规则6.2**：附录中的表格应为三线表。

**规则6.3**：附录中的代码应使用Times new roman字体，注意代码应格式化为黑色。

**规则6.4**：附录中的每一段代码应简述其功能。

1.7 支撑材料

**规则:7.1**：支撑材料程序里的**所有数据文件**应与程序放在同一文件夹内，不要引用你的C盘、D盘里某个别人没有的文件夹下的数据。

**规则7.2**：支撑材料内的程序应能够直接运行。如果它在每一位队员的电脑上都能运行，它在评委的电脑上也能运行的概率才比较大。

**规则7.3**：放支撑材料的文件夹名字叫‘支撑材料’，用winrar对其进行压缩，生成一个以.rar为后缀的文件。将上述文件修改为对应的队号和队员名字，我们假设把它修改为‘A01\_张三.rar’。

**规则7.4**：在上传支撑材料前应进行测试：对上述压缩文件进行解压缩，用鼠标单击文件，再右键打开菜单，可以看到两种解压方法：(1)‘解压到当前文件夹’，解压出来的文件夹应叫‘支撑材料’；(2)‘解压到 A01\_张三’，解压出的文件夹应叫‘A01\_张三’，点进去后，里面应该有个文件夹叫‘支撑材料’。这两种结果均说明支撑材料的命名是符合要求的，如果使用解压方法(1)，解压出来的文件夹不叫‘支撑材料’而是队号，说明支撑材料的命名有错误。

1.8 摘要页

**规则8.1**：标题应具体，不能太大。

**规则8.2**：摘要页要单独成页。方法见规则6.1。

**建议8.3**：摘要四要素：问题、方法、模型、结论。 摘要里要有模型介绍、数据、结论，有分析、预测、政策建议更好。

**规则8.4**：摘要里的背景不要写太多。

**规则8.5**：摘要里不要写公式，可以写数值结论。

**规则8.6**：摘要里不要举例子，不要解释名词，不要引用图片和表格。

**规则8.7**：关键词有3-5个，用分号分隔。

**规则8.8**：选择关键词时，不要挑太大、太虚的词，比如拟合、算法、优化、采样。这种词说了和没说一样，体现不出一篇文章的关键点。要写具体一点，比如多项式拟合、遗传算法、线性规划、蒙特卡洛采样等等。

二、Word样式

本节介绍本文提供的排版样式。

2.1 样式简介

在Word界面-开始选项卡上方有样式选项卡，如图3所示，点击其右下角的按钮，会出现图4所示样式菜单，在里面可以管理样式，包括新建、使用、删除、修改样式。每一种样式中可指定中西文字体、字号、缩进、行距、制表符等。选中一段文字或图表，单击样式菜单中对应的样式，相应的段落就会被格式化。

|  |
| --- |
| 图3 样式选项卡与调出样式菜单的按钮 |

表格也可以设置样式。新建表格样式时，样式类型应由‘段落’改为‘表格’。应用表格样式时，首先选中表格，然后在‘表格工具-设计-表格样式’中选择对应的样式。目前表格样式仍有缺陷，如表2所示。

如果样式选项卡里样式太多太杂，可以在下方选项按钮里，把选择要显示的样式从推荐的样式修改为“当前文档中的样式”。

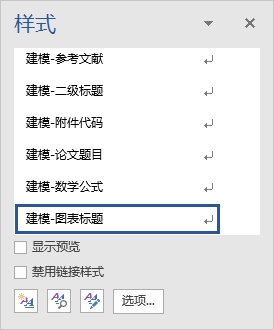


图4 样式选项卡

2.2 数学建模样式

本文建立了表3所列若干样式，使用者可以框选住对应文章片段应用对应样式。需注意以下事项：

**注意1**：一、二级标题前后可适当留白，在对应样式中选择段落，在段前和段后添加需要留白的行数。

**注意2**：排版数学公式分为三步。首先，在一行上写上公式和标号，左右两边、公式和标号之间不要出现空格：

(1)

然后选中公式一行，选择建模-数学公式样式：

(1)

最后，把鼠标先后放在公式左侧和标号左侧，分别按一次tab键，使公式和标号与制表符对齐：

 (1)

**注意3**：除‘建模-表格样式’外，表3中的所有样式均在样式选项卡中选择。使用‘建模-表格样式’需要首先选中表格，然后在‘表格工具-设计-表格样式’中选择。

**注意4**：上述表格样式无法自动对表格内容进行字体格式化，需要使用者手动对表格中的文字按规则1.1进行格式化。此外，格式化后的表格仍然会出现错误，需按表2所示进行修正。

**注意5**：如果表格、表格标题中的公式仍然无法对齐，可尝试用‘建模-数学公式’样式格式化标题并居中。

应按照注意3-5的顺序格式化每一个表格。

**注意6**：严禁使用空格和回车进行缩进、翻页操作。

表3 本文自建样式简介

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 样式名称 | 用途 | 内容 |
| 建模-论文题目 | 格式化总标题 | 四号字居中，段后留空白 |
| 建模-一级标题 | 格式化章标题，包括摘要、问题重述、符号说明等 | 四号字居中 |
| 建模-二级标题 | 格式化小节标题如5.1、5.1.1、附件1等 | 小四字号居左 |
| 建模-正文 | 格式化正文 | 小四字号，中文宋体，西文Times new roman，每段首行缩进 |
| 建模-数学公式 | 格式化数学公式 | 公式居中，标号居右，公式与标号对齐 |
| 建模-图表标题 | 格式化图片和图表标题 | 文字居中 |
| 建模-附件代码 | 格式化附件代码 | 与正文格式相同，但段首不缩进 |
| 建模-参考文献 | 格式化参考文献 | 与正文格式相同，但悬挂缩进 |
| 建模-表格内容 | 格式化表格 | 三线表 |

2.3 排版练习

本文档附有排版练习两个。

第一个练习分为两部分，第一部分是已经经过正确排版的文档。第二部分是未排版的文档，学生应一边阅读文档内容，一边修改。

第二个练习也分为两部分，第一部分是未正确排版的文档，错误之处已标红，学生应对其进行修正。第二部分是修正过的文档，用于对照。

建议教练组集思广益，提供一份包罗万象、错误百出的示范作业，供参加数学建模的所有学生进行排版练习。

把我选中，选择建模-论文题目

选择建模-一级标题(摘要)

把我选中，选择建模-正文。这样我才能是小四字号，中文是宋体，英文是Times new roman。而且我开头还能自动空两个字不劳您费心。本段和上面居中的摘要之间不要人为添加空格。空白已经包含在一级标题样式里了。

关键词 我左边有个空格；我左右都应该有分号；先用建模-正文刷我然后把关键词三个字调成黑体；我这样的有3-5个；我右边啥也没有

一、选择建模-一级标题

请按要求修改格式。首先选中本段，选择建模-正文样式。后边我就不重复了，你们见了正文就把对我做的再做一遍。

1.1 选中我，选择建模-二级标题

如果我是第五行，往上倒着数，数到第一行你看见了啥，是不是居中的、大大的“一、选择建模-一级标题”你把它框一下，然后在开始-段落-换行和分页里选中段前分页，让它和它后面的部分(包括我)跑到下一页去好吗？因为摘要要单独成页。换页的时候不要用空格去手动换页，谢谢。

我也是正文，改我的时候，记得把左边的空格去掉。

二、选择建模-一级标题

在这一部分我们学习表格和公式。你先把我改成正文。

2.1 公式(我是二级标题)

下面一行上这个是三级标题，因为它的格式和二级标题一样，所以你就用建模-二级标题收拾它。别忘了先收拾我，我是建模-正文。

2.1.1 公式1

下面来调整一下公式(5)。具体做法：

(1) 把光标分别放在公式左侧，往左把多余的空格删掉(没有就不用删了)；再把光标放在标号(5)左侧，往左把标号(5)和公式之间的空格删除(没有就不用删了)。

(2) 把公式(5)一行选中，选择建模-数学公式。标尺上此时应出现两个制表符，中间一个居中制表符，右侧一个居右制表符。

(3) 把光标分别放在公式左边和(5)左边，分别按一次Tab键，第一次导致公式居中，第二次导致(5)靠右。

 (5)

2.1.2 公式2

上面一行是三级标题，用建模-二级标题对待它。我是正文。2.1.1节除了最后那个公式以外其他的都是正文，别忘了改。

2.2 表格

下面来格式化表格，共有两个表格给大家改。我是正文。

2.2.1 表格1(我是三级标题，用建模-二级标题格式化)

表1 我是表格标题，用建模-图表标题对我

|  |  |
| --- | --- |
| 步骤标号 | 详情 |
|  | 1. 选中整个表格，在表格工具-设计-表格样式里选中建模-表格内容，把我变成三线表。 |
|  | 2. 选中表格，鼠标右键-自动调整-根据窗口内容调整，使表格通栏。 |
|  | 3. 选中表格，右键-表格属性-行-勾选指定高度，行高值为最小值，防止表格过高。 |
|  | 4. 如果公式对不齐，选中表格，开始-段落，去除对齐到网格前的勾，使公式对齐。 |
|  | 5. 如果表格标题离表格太远，选中表格，右键-表格属性-表格-文字环绕-选择无。 |
|  | 6. 对表格内的文字手动调整字体、自行斟酌是否居中或左对齐。 |

2.2.2 表格练习(我是三级标题)

对着下面的表格来练习一下。我是正文。

表2 城市竞争力水平判断矩阵

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |

如果你改对了，那结果应该如表3所示。

表3 城市竞争力水平判断矩阵

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |

注意，表2和表3标题中如果有公式，使用建模-图表标题去格式化标题时，公式会对不齐，解决方法是格式化完把公式删掉重新写，或者不对有公式的表格标题应用建模-图表标题样式，自行调节。

对照表1步骤在表4上试一次。我是正文。

表4 需要修改(我是表4的标题)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 各指标数据 | 西安市 | 成都市 | 重庆市 |
| 生产总值（亿元） | 8349.9 | 15342.8 | 21588.8 |
| 货物进出口总额（百万美元） | 37699.8 | 58315.6 | 66601.1 |
| 第三产业增加值（亿元） | 5165.4 | 8304.0 | 11367.9 |
| 在岗职工平均工资（元） | 87125.0 | 88011.0 | 81764.0 |
| 城乡居民年末储蓄总额（元） | 8360.3 | 13141.5 | 15907.2 |
| 普通本专科学生（万人） | 71.3 | 84.0 | 76.3 |
| 高等院校数量（个） | 50 | 35 | 38 |
| 医院数量（个） | 642 | 892 | 800 |

修改后的表格应为表5。我是正文。

表5 已改正(我是表5的标题)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 各指标数据 | 西安市 | 成都市 | 重庆市 |
| 生产总值（亿元） | 8349.9 | 15342.8 | 21588.8 |
| 货物进出口总额（百万美元） | 37699.8 | 58315.6 | 66601.1 |
| 第三产业增加值（亿元） | 5165.4 | 8304.0 | 11367.9 |
| 在岗职工平均工资（元） | 87125.0 | 88011.0 | 81764.0 |
| 城乡居民年末储蓄总额（元） | 8360.3 | 13141.5 | 15907.2 |
| 普通本专科学生（万人） | 71.3 | 84.0 | 76.3 |
| 高等院校数量（个） | 50 | 35 | 38 |
| 医院数量（个） | 642 | 892 | 800 |

参考文献(二级标题左端放，下面的文献使用建模-参考文献样式)

[1] 金志森. 基于层次分析法对城市内涝风险评估与区划方法研究——以泉州东海组团为例[J]. 城市住宅, 2015(12): 97-101.

[2] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011: 249-269.

[3] 中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.

附录(二级标题，单独成页)

附录1(三级标题)

1.1 Matlab代码1：calculate\_CR.m

功能：计算CR值，供其他程序调用。

function calculate\_CR(A, RI)

[n,n]=size(A);

[v,d]=eig(A);

r=d(1,1);

CI=(r-n)/(n-1);

CR=CI/RI(n);

if CR<0.10

CR\_Result='通过';

else

CR\_Result='不通过';

end

w=v(:,1)/sum(v(:,1));

w=w'

disp('该判断矩阵权向量计算报告：');

disp(['一致性指标：',num2str(CI)]);

disp(['一致性比例：',num2str(CR)]);

disp(['一致性检验结果：',CR\_Result]);

disp(['特征值：',num2str(2)]);

disp(['权向量：',num2str(w)]);

end

1.2 Matlab代码2：demo\_1.m

功能：生成表格1中数据。

clc

clear all

A=[1 1/9 1;9 1 9;1 1/9 1];

RI=[0 0 0.58 0.90 1.12 1.24 1.32 1.41 1.45 1.49 1.52 1.54 1.56 1.58 1.59];

calculate\_CR(A, RI)

1.3 Matlab代码3：demo\_2.m

功能：生成表格2中数据。

clc

clear all

load('data.mat');

calculate\_CR(A, RI)

1.4 Matlab代码4：demo\_3.m

功能：生成表格3中数据。

clc

clear all

data = load('data.mat');

calculate\_CR(data.A, data.RI)

=========================下面的部分需要修改===================

把我选中，选择建模-论文题目

选择建模-一级标题(摘要)

把我选中，选择建模-正文。这样我才能是小四字号，中文是宋体，英文是Times new roman。而且我开头还能自动空两个字不劳您费心。本段和上面居中的摘要之间不要人为添加空格。空白已经包含在一级标题样式里了。

关键词我左边有个空格；我左右都应该有分号；先用建模-正文刷我然后把关键词三个字调成黑体；我这样的有3-5个；我右边啥也没有

一、选择建模-一级标题

请按要求修改格式。首先选中本段，选择建模-正文样式。后边我就不重复了，你们见了正文就把对我做的再做一遍。

1.1 选中我，选择建模-二级标题

如果我是第五行，往上倒着数，数到第一行你看见了啥，是不是居中的、大大的“一、选择建模-一级标题”？你把它框一下，然后在开始-段落-换行和分页里选中段前分页，让它和它后面的部分(包括我)跑到下一页去好吗？因为摘要要单独成页。换页的时候不要用空格去手动换页。现在试一下把论文标题“把我选中，选择建模-论文题目”也单独成页。

我也是正文，改我的时候，记得把左边的空格去掉。

二、选择建模-一级标题

在这一部分我们学习表格和公式。你先把我改成正文。

2.1 公式(我是二级标题)

下面一行上这个是三级标题，因为它的格式和二级标题一样，所以你就用建模-二级标题收拾它。别忘了先收拾我，我是建模-正文。

2.1.1 公式1

下面来调整一下公式(5)。具体做法：

(1) 把光标分别放在公式左侧，往左把多余的空格删掉(没有就不用删了)；再把光标放在标号(5)左侧，往左把标号(5)和公式之间的空格删除(没有就不用删了)。

(2) 把公式(5)一行选中，选择建模-数学公式。标尺上此时应出现两个制表符，中间一个居中制表符，右侧一个居右制表符。

(3) 把光标分别放在公式左边和(5)左边，分别按一次Tab键，第一次导致公式居中，第二次导致(5)靠右。

 (5)

2.1.2 公式2

上面一行是三级标题，用建模-二级标题对待它。我是正文。2.1.1节除了最后那个公式以外其他的都是正文，别忘了改。

2.2 表格

下面来格式化表格，共有两个表格给大家改。我是正文。

2.2.1 表格1(我是三级标题，用建模-二级标题格式化)

表1 我是表格标题，用建模-图表标题对我

|  |  |
| --- | --- |
| 步骤标号 | 详情 |
|  | 1. 选中整个表格，在表格工具-设计-表格样式里选中建模-表格内容，把我变成三线表。 |
|  | 2. 选中表格，鼠标右键-自动调整-根据窗口内容调整，使表格通栏。 |
|  | 3. 选中表格，右键-表格属性-行-勾选指定高度，行高值为最小值，防止表格过高。 |
|  | 4. 如果公式对不齐，选中表格，开始-段落，去除对齐到网格前的勾，使公式对齐。 |
|  | 5. 如果表格标题离表格太远，选中表格，右键-表格属性-表格-文字环绕-选择无。 |
|  | 6. 对表格内的文字手动调整字体、自行斟酌是否居中或左对齐。 |

2.2.2 表格练习(我是三级标题)

对着下面的表格来练习一下。我是正文。

表2 城市竞争力水平判断矩阵

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |

如果你改对了，那结果应该如表3所示。

表3 城市竞争力水平判断矩阵

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |

注意，表2和表3标题中如果有公式，使用建模-图表标题去格式化标题时，公式会对不齐，解决方法是格式化完把公式删掉重新写，或者不对有公式的表格标题应用建模-图表标题样式，自行调节。

对照表1步骤在表4上试一次。我是正文。

表4 需要修改(我是表4的标题)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 各指标数据 | 西安市 | 成都市 | 重庆市 |
| 生产总值（亿元） | 8349.9 | 15342.8 | 21588.8 |
| 货物进出口总额（百万美元） | 37699.8 | 58315.6 | 66601.1 |
| 第三产业增加值（亿元） | 5165.4 | 8304.0 | 11367.9 |
| 在岗职工平均工资（元） | 87125.0 | 88011.0 | 81764.0 |
| 城乡居民年末储蓄总额（元） | 8360.3 | 13141.5 | 15907.2 |
| 普通本专科学生（万人） | 71.3 | 84.0 | 76.3 |
| 高等院校数量（个） | 50 | 35 | 38 |
| 医院数量（个） | 642 | 892 | 800 |

修改后的表格应为表5。我是正文，夹在表4表5之间。

表5 已改正(我是表5的标题)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 各指标数据 | 西安市 | 成都市 | 重庆市 |
| 生产总值（亿元） | 8349.9 | 15342.8 | 21588.8 |
| 货物进出口总额（百万美元） | 37699.8 | 58315.6 | 66601.1 |
| 第三产业增加值（亿元） | 5165.4 | 8304.0 | 11367.9 |
| 在岗职工平均工资（元） | 87125.0 | 88011.0 | 81764.0 |
| 城乡居民年末储蓄总额（元） | 8360.3 | 13141.5 | 15907.2 |
| 普通本专科学生（万人） | 71.3 | 84.0 | 76.3 |
| 高等院校数量（个） | 50 | 35 | 38 |
| 医院数量（个） | 642 | 892 | 800 |

三、参考文献(二级标题左端放)

[1] 金志森. 基于层次分析法对城市内涝风险评估与区划方法研究——以泉州东海组团为例[J]. 城市住宅, 2015(12): 97-101.

[2] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011: 249-269.

[3] 中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.

附录(二级标题，单独成页)

附录1(三级标题)

1.1 Matlab代码1：calculate\_CR.m

功能：计算CR值，供其他程序调用。

function calculate\_CR(A, RI)

[n,n]=size(A);

[v,d]=eig(A);

r=d(1,1);

CI=(r-n)/(n-1);

CR=CI/RI(n);

if CR<0.10

CR\_Result='通过';

else

CR\_Result='不通过';

end

w=v(:,1)/sum(v(:,1));

w=w'

disp('该判断矩阵权向量计算报告：');

disp(['一致性指标：',num2str(CI)]);

disp(['一致性比例：',num2str(CR)]);

disp(['一致性检验结果：',CR\_Result]);

disp(['特征值：',num2str(2)]);

disp(['权向量：',num2str(w)]);

end

1.2 Matlab代码2：demo\_1.m

功能：生成表格1中数据。

clc

clear all

A=[1 1/9 1;9 1 9;1 1/9 1];

RI=[0 0 0.58 0.90 1.12 1.24 1.32 1.41 1.45 1.49 1.52 1.54 1.56 1.58 1.59];

calculate\_CR(A, RI)

1.3 Matlab代码3：demo\_2.m

功能：生成表格2中数据。

clc

clear all

load('data.mat');

calculate\_CR(A, RI)

1.4 Matlab代码4：demo\_3.m

功能：生成表格3中数据。

clc

clear all

data = load('data.mat');

calculate\_CR(data.A, data.RI)

基于层次分析的城市竞争力比较

摘要 本文通过层次分析法，采用数理分析相结合的方式综合判断权重，构建起城市竞争力评价体系，并对西北地区三个城市——西安、重庆、成都的竞争力进行了分析评估，对“西部大开发”有一定参考价值。

首先，我们把本次探讨的问题——城市竞争力定为目标层，把影响城市竞争力的重要因素：经济实力、公众财务状况、教育卫生定为一级指标；进而探究这三大要素各自所对应的关键指标，定为二级指标。并且，通过大量资料的研究，我们赋予二级指标权重。然后，我们通过列出一级指标、二级指标的成对判断矩阵，用MATLAB计算出各层要素对目标层的权重值和一致性检验结果，进行权重的总排序。最终得出结论，重庆在三座城市中最具竞争力。另外，通过比较各指标的相对权重，对西安市的发展作出以下建议：提高进出口额、发展第三产业、提高居民人均收入以及建立更加完善的公共安全卫生设施。

关键词 层次分析法；城市竞争力；权重

(不要使用回车排版，见规则6.1)

一、问题重述

“西部大开发”是中华人民共和国中央政府的一项政策，目的是把东部沿海地区的剩余经济发展能力，用以提高西部地区的经济和社会发展水平、巩固国防。2000年1月，国务院成立了西部地区开发领导小组。由时任国务院总理朱镕基担任组长，时任国务院副总理温家宝担任副组长。经过全国人民代表大会审议通过之后，国务院西部开发办于2000年3月正式开始运作。西部大开发的范围包括12个省、自治区、直辖市(加上湖北省恩施、湖南省湘西、吉林省延边州)。

2020年5月17日，中共中央、国务院发布《中共中央、国务院关于新时代推进西部大开发形成新格局的指导意见》，这份超一万字，共三十六条的指导意见可谓是事无巨细，足见西部在新时代中的重要地位。成都、重庆、西安这三个省会城市将会肩负西部大开发的重担，这也意味着这三座城市将获得前所未有的发展机遇。

使用层次分析法对成都、重庆、西安这三个省会城市的竞争力进行量化评估，并根据建立的模型对西安存在的问题指出改进的方向。

二、模型假设

1. 假设在一定时间段内城市发展平衡稳定；
2. 假设各城市独立发展。

|  |  |
| --- | --- |
| 符号 | 表示意义 |
|  | 一级指标 |
|  | 二级指标 |
|  | 城市竞争力水平 |
|  | 平均随机一致性指标 |
|  | 一致性比例 |
|  | 最大特征根 |
|  | 一致性指标 |

三、符号说明

四、问题分析

城市竞争力是一个城市综合能力的反应，成都、重庆、西安这三个省会城市将会肩负西部大开发的重担，在对其城市竞争力的评估和比较方面，本文使用层次分析法，先确定一级指标和二级指标，建立递阶层次结构模型，并构造出各层次中所有的判断矩阵，进行层次单排序和总排序的一致性检验，最后对三个城市的城市竞争力作出预估比较，并对西安未来的城市发展提出指导性意见。

五、模型的建立与求解

5.1模型的建立

针对西安、成都、重庆三个城市的城市竞争力的研究，应用层次分析法选取经济实力、教育卫生、公众财务状况为一级指标；选取生产总值、第一产业增加值、第二产业增加值、第三产业增加值、年末总人口、企业职工平均工资、城乡居民储蓄年末余额、货物进出口总额、普通本科人数以及医院数量作为二级指标。建立以下层次分析模型来评估三所城市的城市竞争力。将各指标对城市竞争力的影响权重划分为1-5五个级别，并对二级指标评估权重，模型图示如下：

表5.1.1城市综合竞争力指标体系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 一级指标 | 二级指标 | 权重 |
| 经济实力 | 生产总值 | 5 |
| 货物进出口总额 | 3 |
| 第三产业增加值 | 2 |
| 公众财务状况 | 在岗职工平均工资 | 4 |
| 城乡居民年末储蓄总额 | 2 |
| 教育卫生 | 普通专科学生数量 | 2 |
| 高等院校数量 | 4 |
| 医院数量 | 2 |

5.2模型的求解

5.2.1构造出各层次判断矩阵

对表5.1.1中各项指标构建判断矩阵如下:

表5.2.1城市竞争力水平判断矩阵(注：本表符合要求)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 1.00 | 0.60 | 0.80 |
|  | 1.67 | 1.00 | 1.33 |
|  | 1.25 | 0.75 | 1.00 |

表5.2.2城市竞争力水平判断矩阵

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 1.00 | 0.60 | 0.40 |
|  | 1.67 | 1.00 | 0.67 |
|  | 2.50 | 1.50 | 1.00 |

表5.2.3城市竞争力水平判断矩阵

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  | 1.00 | 0.50 |
|  | 2.00 | 1.00 |

表5.2.4城市竞争力水平判断矩阵

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |

表5.2.5二级指标判断矩阵

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1.00 | 0.60 | 0.40 | 0.80 | 0.40 | 0.40 | 0.80 | 0.40 |
|  | 1.67 | 1.00 | 0.67 | 1.33 | 0.67 | 0.67 | 1.33 | 0.67 |
|  | 2.50 | 1.50 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 1.25 | 0.75 | 0.50 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
|  | 2.50 | 1.50 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 2.50 | 1.50 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 1.25 | 0.75 | 0.50 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
|  | 2.50 | 1.50 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 |

5.2.2计算各层指标权值

对5.2.1的城市竞争力水平判断矩阵逐一计算各层指标权值，通过MATLAB进行运算，具体方法为：

1.逐列进行归一化算法；

2.列向量求和得到和向量；

3.对和向量进行归一化算法。

5.2.3一致性检验

根据最大特征根是否与n相等来判断是否为一致矩阵，判断矩阵一致性的具体步骤如下：

1. 计算一致性指标*CI*具体计算公式为：

 (1)

2.查找平均随机一致性指标*RI*：

表5.2.6随机一致性指标*RI*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* | 1 | 2 | 3 | 4 | *5* | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *RI* | 0 | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 |

3.计算一致性比例*CR*：

 (2)

4.层次总排序一致性检验：

 (3)

应用附录2程序，通过MATLAB计算响应指标，得到一致性检验结果和权值。经计算，各指标均通过一致性检验。

表5.2.7因子层指标总排序权值表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 符号表示 | 二级指标 | 总排序权值 |
|  | 生产总值 | 0.20833 |
|  | 货物进出口总额 | 0.11564 |
|  | 第三产业增加值 | 0.08333 |
|  | 在岗职工平均工资 | 0.16667 |
|  | 城乡居民年末储蓄总额 | 0.09169 |
|  | 普通专科学生数量 | 0.08533 |
|  | 高等院校数量 | 0.17002 |
|  | 医院数量 | 0.07899 |

5.2.4计算三所城市的城市竞争力

根据附录1的实际数据，对三所城市分别就按城市竞争力，结果为：

表5.2.8三市城市竞争力水平

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 城市 | 西安市 | 重庆市 | 成都市 |
| 城市竞争力 | 21882.407 | 27687.536 | 24658.281 |

结果显示，在三所省会城市中，重庆市以27687.536获得最高的城市竞争力，成都排名第二，西安市排名第三。

对于西安市，目前生产总值低于其他两省会城市，建议提高进出口额、发展第三产业、提高居民人均收入以及建立更加完善公共安全卫生设施来提高城市竞争力。

六、模型的评价及推广

6.1模型的评价

6.1.1模型优点

用层次分析法对该问题中的因素进行分析得出权重，再通过对各因素赋权计算，使问题从复杂的定性分析转化为比较客观的定量分析，结果明了；

所用理论方法比较简明，模型具有很强的可扩展性。

6.1.2模型缺点

AHP只能从给定的策略中选择最优的，而不能给出新的策略；

AHP方法中所用的指标体系需要有专家的支持，如果给出的指标不合理则得到的结果也不准确；

AHP方法中进行多层比较的时候需要给出一致性比较，如果不满足一致性指标要求，则AHP方法就失去了作用;

AHP方法需要求矩阵的特征值，但是在AHP方法中一般用的是求平均值(可以算术、几何、协调平均)的方法来求特征值，这对于一些病态矩阵有系统误差。

6.2模型的推广

AHP主要是对问题进行决策、评价、分析、预测等，可以广泛应用于经济计划和管理、能源政策和分配、行为科学、军事指挥、运输、农业、教育、人才、医疗、环境等领域。

七、参考文献

[1] 金志森. 基于层次分析法对城市内涝风险评估与区划方法研究——以泉州东海组团为例[J]. 城市住宅, 2015(12): 97-101.

[2] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011: 249-269.

[3] 中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.

附录

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 各指标数据 | 西安市 | 成都市 | 重庆市 |
| 生产总值（亿元） | 8349.9 | 15342.8 | 21588.8 |
| 货物进出口总额（百万美元） | 37699.8 | 58315.6 | 66601.1 |
| 第三产业增加值（亿元） | 5165.4 | 8304.0 | 11367.9 |
| 在岗职工平均工资（元） | 87125.0 | 88011.0 | 81764.0 |
| 城乡居民年末储蓄总额（元） | 8360.3 | 13141.5 | 15907.2 |
| 普通本专科学生（万人） | 71.3 | 84.0 | 76.3 |
| 高等院校数量（个） | 50 | 35 | 38 |
| 医院数量（个） | 642 | 892 | 800 |

附录1 模型使用指标

附录2

2.2 Matlab代码1：demo\_1.m

功能：生成表格2中数据。

clc

clear all

load(‘data.mat’);

[n,n]=size(A);

[v,d]=eig(A);

r=d(1,1);

CI=(r-n)/(n-1);

CR=CI/RI(n);

if CR<0.10

CR\_Result='通过';

else

CR\_Result='不通过';

end

w=v(:,1)/sum(v(:,1));

w=w'

disp('该判断矩阵权向量计算报告：');

disp(['一致性指标：',num2str(CI)]);

disp(['一致性比例：',num2str(CR)]);

disp(['一致性检验结果：',CR\_Result]);

disp(['特征值：',num2str(2)]);

disp(['权向量：',num2str(w)]);

基于层次分析的城市竞争力比较

摘 要 本文通过层次分析法，采用数理分析相结合的方式综合判断权重，构建起城市竞争力评价体系，并对西北地区三个城市——西安、重庆、成都的竞争力进行了分析评估，对“西部大开发”有一定参考价值。

首先，我们把本次探讨的问题——城市竞争力定为目标层，把影响城市竞争力的重要因素：经济实力、公众财务状况、教育卫生定为一级指标；进而探究这三大要素各自所对应的关键指标，定为二级指标。并且，通过大量资料的研究，我们赋予二级指标权重。然后，我们通过列出一级指标、二级指标的成对判断矩阵，用MATLAB计算出各层要素对目标层的权重值和一致性检验结果，进行权重的总排序。最终得出结论，重庆在三座城市中最具竞争力。另外，通过比较各指标的相对权重，对西安市的发展作出以下建议：提高进出口额、发展第三产业、提高居民人均收入以及建立更加完善的公共安全卫生设施。

关键词 层次分析法；城市竞争力；权重

一、问题重述

“西部大开发”是中华人民共和国中央政府的一项政策，目的是把东部沿海地区的剩余经济发展能力，用以提高西部地区的经济和社会发展水平、巩固国防。2000年1月，国务院成立了西部地区开发领导小组。由时任国务院总理朱镕基担任组长，时任国务院副总理温家宝担任副组长。经过全国人民代表大会审议通过之后，国务院西部开发办于2000年3月正式开始运作。西部大开发的范围包括12个省、自治区、直辖市(加上湖北省恩施、湖南省湘西、吉林省延边州)。

2020年5月17日，中共中央、国务院发布《中共中央、国务院关于新时代推进西部大开发形成新格局的指导意见》，这份超一万字，共三十六条的指导意见可谓是事无巨细，足见西部在新时代中的重要地位。成都、重庆、西安这三个省会城市将会肩负西部大开发的重担，这也意味着这三座城市将获得前所未有的发展机遇。

使用层次分析法对成都、重庆、西安这三个省会城市的竞争力进行量化评估，并根据建立的模型对西安存在的问题指出改进的方向。

二、模型假设

1. 假设在一定时间段内城市发展平衡稳定；

2. 假设各城市独立发展。

三、符号说明

|  |  |
| --- | --- |
| 符号 | 表示意义 |
|  | 一级指标 |
|  | 二级指标 |
|  | 城市竞争力水平 |
|  | 平均随机一致性指标 |
|  | 一致性比例 |
|  | 最大特征根 |
|  | 一致性指标 |

四、问题分析

城市竞争力是一个城市综合能力的反应，成都、重庆、西安这三个省会城市将会肩负西部大开发的重担，在对其城市竞争力的评估和比较方面，本文使用层次分析法，先确定一级指标和二级指标，建立递阶层次结构模型，并构造出各层次中所有的判断矩阵，进行层次单排序和总排序的一致性检验，最后对三个城市的城市竞争力作出预估比较，并对西安未来的城市发展提出指导性意见。

五、模型的建立与求解

5.1模型的建立

针对西安、成都、重庆三个城市的城市竞争力的研究，应用层次分析法选取经济实力、教育卫生、公众财务状况为一级指标；选取生产总值、第一产业增加值、第二产业增加值、第三产业增加值、年末总人口、企业职工平均工资、城乡居民储蓄年末余额、货物进出口总额、普通本科人数以及医院数量作为二级指标。建立以下层次分析模型来评估三所城市的城市竞争力。将各指标对城市竞争力的影响权重划分为1-5五个级别，并对二级指标评估权重，模型图示如表2。

表5.1.1城市综合竞争力指标体系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 一级指标 | 二级指标 | 权重 |
| 经济实力 | 生产总值 | 5 |
| 货物进出口总额 | 3 |
| 第三产业增加值 | 2 |
| 公众财务状况 | 在岗职工平均工资 | 4 |
| 城乡居民年末储蓄总额 | 2 |
| 教育卫生 | 普通专科学生数量 | 2 |
| 高等院校数量 | 4 |
| 医院数量 | 2 |

5.2模型的求解

5.2.1构造出各层次判断矩阵

对表5.1.1中各项指标构建判断矩阵如下:

表5.2.1城市竞争力水平判断矩阵(注：本表符合要求)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 1.00 | 0.60 | 0.80 |
|  | 1.67 | 1.00 | 1.33 |
|  | 1.25 | 0.75 | 1.00 |

表5.2.2城市竞争力水平判断矩阵

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 1.00 | 0.60 | 0.40 |
|  | 1.67 | 1.00 | 0.67 |
|  | 2.50 | 1.50 | 1.00 |

表5.2.3城市竞争力水平判断矩阵

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  | 1.00 | 0.50 |
|  | 2.00 | 1.00 |

表5.2.4城市竞争力水平判断矩阵

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
|  | 1.00 | 2.00 | 1.00 |

表5.2.5二级指标判断矩阵

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1.00 | 0.60 | 0.40 | 0.80 | 0.40 | 0.40 | 0.80 | 0.40 |
|  | 1.67 | 1.00 | 0.67 | 1.33 | 0.67 | 0.67 | 1.33 | 0.67 |
|  | 2.50 | 1.50 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 1.25 | 0.75 | 0.50 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
|  | 2.50 | 1.50 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 2.50 | 1.50 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 |
|  | 1.25 | 0.75 | 0.50 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
|  | 2.50 | 1.50 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 |

5.2.2计算各层指标权值

对5.2.1的城市竞争力水平判断矩阵逐一计算各层指标权值，通过MATLAB进行运算，具体方法为：

1. 逐列进行归一化算法；

2. 列向量求和得到和向量；

3. 对和向量进行归一化算法。

5.2.3一致性检验

根据最大特征根是否与n相等来判断是否为一致矩阵，判断矩阵一致性的具体步骤如下：

1. 计算一致性指标*CI*具体计算公式为：

 (1)

2. 查找平均随机一致性指标*RI*：

表5.2.6随机一致性指标*RI*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* | 1 | 2 | 3 | 4 | *5* | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *RI* | 0 | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 |

3. 计算一致性比例*CR*：

 (2)

4.层次总排序一致性检验：

 (3)

应用附录2程序，通过MATLAB计算响应指标，得到一致性检验结果和权值。经计算，各指标均通过一致性检验。

表5.2.7因子层指标总排序权值表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 符号表示 | 二级指标 | 总排序权值 |
|  | 生产总值 | 0.20833 |
|  | 货物进出口总额 | 0.11564 |
|  | 第三产业增加值 | 0.08333 |
|  | 在岗职工平均工资 | 0.16667 |
|  | 城乡居民年末储蓄总额 | 0.09169 |
|  | 普通专科学生数量 | 0.08533 |
|  | 高等院校数量 | 0.17002 |
|  | 医院数量 | 0.07899 |

5.2.4计算三所城市的城市竞争力

根据附录1的实际数据，对三所城市分别就按城市竞争力，结果为：

表5.2.8三市城市竞争力水平

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 城市 | 西安市 | 重庆市 | 成都市 |
| 城市竞争力 | 21882.407 | 27687.536 | 24658.281 |

结果显示，在三所省会城市中，重庆市以27687.536获得最高的城市竞争力，成都排名第二，西安市排名第三。

对于西安市，目前生产总值低于其他两省会城市，建议提高进出口额、发展第三产业、提高居民人均收入以及建立更加完善公共安全卫生设施来提高城市竞争力。

六、模型的评价及推广

6.1模型的评价

6.1.1模型优点

用层次分析法对该问题中的因素进行分析得出权重，再通过对各因素赋权计算，使问题从复杂的定性分析转化为比较客观的定量分析，结果明了；

所用理论方法比较简明，模型具有很强的可扩展性。

6.1.2模型缺点

AHP只能从给定的策略中选择最优的，而不能给出新的策略；

AHP方法中所用的指标体系需要有专家的支持，如果给出的指标不合理则得到的结果也不准确；

AHP方法中进行多层比较的时候需要给出一致性比较，如果不满足一致性指标要求，则AHP方法就失去了作用;

AHP方法需要求矩阵的特征值，但是在AHP方法中一般用的是求平均值(可以算术、几何、协调平均)的方法来求特征值，这对于一些病态矩阵有系统误差。

6.2模型的推广

AHP主要是对问题进行决策、评价、分析、预测等，可以广泛应用于经济计划和管理、能源政策和分配、行为科学、军事指挥、运输、农业、教育、人才、医疗、环境等领域。

七、参考文献

[1] 金志森. 基于层次分析法对城市内涝风险评估与区划方法研究——以泉州东海组团为例[J]. 城市住宅, 2015(12): 97-101.

[2] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011: 249-269.

[3] 中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.

附录

附录1 模型使用指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 各指标数据 | 西安市 | 成都市 | 重庆市 |
| 生产总值（亿元） | 8349.9 | 15342.8 | 21588.8 |
| 货物进出口总额（百万美元） | 37699.8 | 58315.6 | 66601.1 |
| 第三产业增加值（亿元） | 5165.4 | 8304.0 | 11367.9 |
| 在岗职工平均工资（元） | 87125.0 | 88011.0 | 81764.0 |
| 城乡居民年末储蓄总额（元） | 8360.3 | 13141.5 | 15907.2 |
| 普通本专科学生（万人） | 71.3 | 84.0 | 76.3 |
| 高等院校数量（个） | 50 | 35 | 38 |
| 医院数量（个） | 642 | 892 | 800 |

附录2

2.2 Matlab代码1：demo\_1.m

功能：生成表格2中数据。

clc

clear all

load('data.mat');

[n,n]=size(A);

[v,d]=eig(A);

r=d(1,1);

CI=(r-n)/(n-1);

CR=CI/RI(n);

if CR<0.10

CR\_Result='通过';

else

CR\_Result='不通过';

end

w=v(:,1)/sum(v(:,1));

w=w'

disp('该判断矩阵权向量计算报告：');

disp(['一致性指标：',num2str(CI)]);

disp(['一致性比例：',num2str(CR)]);

disp(['一致性检验结果：',CR\_Result]);

disp(['特征值：',num2str(2)]);

disp(['权向量：',num2str(w)]);