

# 基于 Markov 模型的教学动态预测软件的设计与实现

韩苗苗 徐继红

(内蒙古师范大学 内蒙古自治区呼和浩特市 010020)

**摘要:**基础教育均衡发展,实现教育公平是教育的最高境界,为了实现教育公平,需要根据需求进行资源匹配。因此利用 python 语言开发一款基于马尔可夫链模型的教学动态预测软件,依据学生阶段测试成绩,对学生发展的潜在趋势进行预测分析,帮助教育决策部门和教育管理者了解不同班级、学校、区域学生发展的差异,进而对资源的匹配进行优化,同时以期教育领域动态评估的相关研究做出新的探索。

**关键词:**马尔可夫模型、动态预测、软件设计

随着信息技术的不断发展,技术促进学习开始备受研究者的关注。2013 年 11 月,教育部发布《关于实施全国中小学教师信息技术应用能力提升工程的意见》,提出要尽快建立教师主动应用信息技术的机制等要求。<sup>[1]</sup>然而在技术不断融入教育的实践中,其进程可以归结为“理想很丰满,现实很骨感”。随着研究的推进,研究者意识到技术与教育相融合的根本目的是促进学生的发展,不关注学生发展规律的技术应用是盲目而缺乏根基的。<sup>[2]</sup>因此,技术支持的学习评价受到基础教育阶段教师的关注。

本研究开发一款基于马尔可夫链的教学动态预测软件对学生发展潜在趋势进行预测,减少评价所需要的时间,还可以使评价更加科学、准确,帮助教育决策部门和教育管理者科学的进行资源的匹配和优化。

## 一、动态预测软件设计与开发研究现状

传统的静态预测由于自身的局限性,使得预测结果通常是滞后的,因此具有实时性的动态预测就被人们广泛应用。

在教育领域中,对相关数据的动态预测研究相对较少,研究还处在初步发展阶段。郑子君等采用支持较复杂 workflow 模式的群智计算方式,提出一种动态预测算法,解决时空数据中的优化问题。<sup>[3]</sup>张颖等结合高校办学情况实际案例,用传统分析法,提出一种全新的指标达标动态预测和预警分析方法。<sup>[4]</sup>动态预测的优势显而易见,它需要从跨学科的角度开展研究。

## 二、设计实现

### (一)需求分析

基础教育均衡发展、实现教育公平是我国教育事业进程中高度关注的问题,2006 年 9 月,实施的新义务教育法,第一次将教育均衡发展作为方向性要求写入国家法律。高质量的教育需求与优质资源供给不足之间的矛盾已经成为全社会关注的教育热点问题,甄别并预测不同区域之间的教学差异,是基础教育阶段需要迫切解决的问题。2020 年中共中央、国务院印发的《深化新时代教育评价改革总体方案》中要求:“改进结果评价,强化过程评价,充分利用信息技术,提高教育评价的科学性、专业性、客观性。”从国家政策上看,强调过程评价在学生发展中的重要作用。而学生的学习效果评价更是教师调整教学策略、学校和相关管理部门进行资源匹配的依据。

基础教育学校扩招和学生人数的增多造成学生数据数量巨大且

繁杂,同时不同班级学生的基础不同,在有限的时间内,不同的教师、教学方法对学生发展的差异短期内不会立刻显示,问题通常是滞后呈现的。

本研究中采取“放大手段”对学生的发展进行预测。具体做法是让教师在其他条件不变的情况下,再教这个 3 个学期、9 个学期……,这样学生的发展差异也就清晰的展示出来了,同时可以忽略由于基础不同而造成的差异。

### (二)筛选开发语言

Python 是一种面向对象的、解释型的、开源的脚本编程语言,功能强大且操作简单。本研究中选择 python 语言,因其是重要的数据分析辅助工具,在数据处理方面具有独特的优势,功能齐全,矩阵运算、可视化分析。开发环境选择 64 位 Anaconda for Windows Python 2.7, Anaconda 是一个软件包管理器,集成了超过 1500 个数据计算相关的包,可以节省很多安装第三方包的时间。

### (三)模型选择

马尔可夫链是一个建立在随机过程的数学模型,学生成绩的形成过程也可以看成或近似看成随机过程,成绩的形成受到学生的基础、学习习惯等其他因素的干扰,在评价某一阶段整体学生的发展结果,单单以成绩来评估是十分不科学的。马尔可夫链的“放大手段”正好能够消除先前存在的差异,为解决这类问题提供了有效手段,因此使得马尔可夫链模型在教学评价领域得到了广泛的应用。

马尔可夫链模型是以俄国数学家马尔科夫(A.A.Markov)命名的一种动态随机模型,它通过分析随机变量实际的运动情况来预测这些变量未来的运动情况。<sup>[5]</sup>

### (四)关键问题分析与实现

#### 1 数据录入和存储

首先获取 Excel 中的数据。使用 pandas 库,指定文件路径 `PATH='./chengji.csv'`,利用 `read_csv` 读取路径,即可获取数据 `data=pd.read_csv(PATH)`。其次将数据存放在数组中。利用 `values` ( ) 函数返回 `data` 中的值,使用 `numpy` 库将其存入数组中, `Y=np.arange(data.values)`。

#### 2 数据处理

输入的是学生的成绩数据,学生发展的量化过程需要将其分等。在循环中利用条件函数划分成绩等级,如 `grade` 为 1 时(90~100 分)条件语句为 `Y[j][i]>=90 and Y[j][i]<=100`。将生成的等级存放在空白数

组中 `grade1.append(grade)`, 并利用 `reshape()` 函数将得到的数据存放在二维数组中 `grade2=grade1.reshape(len(Y), len(Y[0]))`, 数组中的元素代表成绩等级。

### 3 数据分析

得到经过处理的数据后, 确定初始状态, 并分析学生成绩等级变化情况求出转移矩阵。

#### (1) 确定初始状态

班级总人数为  $N$ , 等级 1~5 的人数分别为  $n_i$  ( $i=1, 2, 3, 4, 5$ ), 则初始状态  $p_0 = (\frac{n_1}{N}, \frac{n_2}{N}, \frac{n_3}{N}, \frac{n_4}{N}, \frac{n_5}{N})$ 。

利用循环遍历初始等级, 在循环中利用 `if...elif...else...` 函数计算  $n_i$  ( $i=1, 2, 3, 4, 5$ ) 的大小。如等级为 1, 则  $n_1 += 1$ , 条件语句为 `grade2[0][i]==1`, 由此可得出初始状态  $p_0$ 。

其中, 数组中的元素默认为小数形式输出, 引用 `fractions` 库可以设置矩阵元素输出的格式为分数, 具体语句为 `np.set_printoptions(formatter={'all': lambda x: str(fractions.Fraction(x).limit_denominator())})`。

#### (2) 确定转移概率矩阵

经过阶段学习后, 学生成绩的转移矩阵变化情况是  $n_{ij}$  ( $i, j=1, 2, 3, 4, 5$ )。第一次测试中等级为 1 的  $n_1$  名学生中, 仍保持一等的为  $n_{11}$ ……由此可以得出等级为 1 的学生转移情况  $p(1) = (\frac{n_{11}}{n_1}, \frac{n_{12}}{n_1}, \frac{n_{13}}{n_1}, \frac{n_{14}}{n_1}, \frac{n_{15}}{n_1})$ , 两次测试的转移概率矩阵为  $p = p(ij) = (\frac{n_{ij}}{n_i})$ , ( $i, j=1, 2, 3, 4, 5$ )。

实现方式为利用 `for` 循环遍历所有学生的成绩进行比较, 利用条件语句来计算  $n_{ij}$  ( $i, j=1, 2, 3, 4, 5$ ) 的大小。若某一学生两次等级均为 1, 条件语句为 `grade2[0][i]==1 and grade2[1][j]==1`, 则  $n_{11} += 1$ ; 同样也可求出  $n_{1j}$  ( $j=1, 2, 3, 4, 5$ ), 则  $n_1 = n_{11} + n_{12} + n_{13} + n_{14} + n_{15}$ 。可求出转移矩阵  $n_{ij}$  ( $i, j=1, 2, 3, 4, 5$ ) 及第一次考试中五个等级的人数  $n_i$  ( $i=1, 2, 3, 4, 5$ )。各等级转移情况为 `b=np.array([n11, n12……n55]).reshape(5, 5)`, `bs=np.array([n1, n1……n5]).reshape(5, 5)`, 转移概率矩阵为 `p=np.divide(b, bs, out=np.zeros_like(b, dtype=np.float64), where=bs!=0)`。由于除数不能为 0, 利用 `np.divide()` 函数, 不为 0 的项正常除, 为 0 的项赋一个默认值。

### 4 输出结果及可视化呈现

得到初始状态和状态转移矩阵后,  $k$  步转化过程为  $p_0 = p_0 * p_k$ 。利用迭代变量借助循环, 经过多步转化  $p_0$  收敛于固定值(稳态), 并将结果可视化。设置经过 20 步完成马尔科夫转化过程  $k=20$ 。利用循环进行  $k$  次迭代变量, 确定  $p_0$  与  $p$  的关系, 即 `p0=np.mat(p0)*np.mat(p)`。利用 `print()` 函数输出  $p_0$ 。引入 `pylab` 库实现可视化, 定义画图颜色数组 `c=np.array(['red', 'green', 'blue', 'orange', 'black'])`, 利用 `subplot(mnp)` 函数创建子图 `pl.subplot(121)`, 并设置画点属性, `pl.scatter(i, p0[0, j], c=c[j], s=.5)`。`pl.show` 将图形显示出来。

若要将学生的发展状况定量描述, 可赋予各等级不同的权重值, 成绩质数  $S = \sum_{i=1}^5 w_i \times s_i$ ,  $w$  为权重值,  $S$  为稳态分布。教师根据经验设置各等级权重 `W=np.array([w1, w2, w3, w4, w5])`, 成绩质数 `s=sum(np.multiply(S, W))`。

### 三、应用案例

某校一班、二班学生人数均为 50, 一班入学测试的平均成绩为 77.1, 二班 76.2, 一段时间的学习后, 一班测试的平均成绩为 74.2, 二班为 75.74。设定优秀(90 分~100 分)、良好(80 分~90 分)、中等(70 分~80 分)、及格(60 分~70 分)和不及格(0 分~60 分)五个等级, 教师将各等级权重设置为 93、83、75、65 和 53。结果为: 稳态: 一班(0.0549 0.1095 0.2072 0.4462 0.1821)、二班(0.1109 0.2086 0.2830 0.2106 0.1870); 发展定量: 一班  $s_1=68.40$ 、二班  $s_2=72.44$ 。

分析发现其他情况不变时, 一班未来成绩的走向为优秀学生 5.49%, 良好 10.95%, 中等 20.73%, 及格 44.62%, 不及格 18.21%。二班优秀 11.09%, 良好 20.86%, 中等 28.30%, 及格 21.06%, 不及格 18.70%。二班成绩质数大于一班。

结论: 尽管两次测试平均分一班均高于二班, 但是根据动态预测的结果, 未来二班学生的发展状况优于一班学生。成绩特点是一班成绩比较集中, 说明一班教师的教学方法有利于中等水平的学生; 二班成绩比较分散, 说明二班教师的教学方法有利于因材施教。教育管理者应尽快根据结果进行教学资源调整, 促进基础教育的均衡发展。

### 四、结论

传统的教学动态预测一般采用线性回归、方差分析等, 但是其应用具有一定的局限性, 不适用基础不同的群体、无法考察学生发展的变化、无法进行预测。而基于马尔科夫链的评估, 强调评估的动态性, 注重学生学习和改变的过程, 而且评估结果重视学生的最近发展区, 强调预测性, 以当前的状况来预测学生未来发展的潜力, 不仅能看到学生的“现在”, 更能看到学生的“将来”。本研究基于该方法设计了一款教学动态预测软件, 对学生的发展状况进行动态评估, 在基础教育扩招、三胎政策的大环境下准确高效的进行数据采集和分析, 把评估-反馈-干预结合在一起, 在资源匹配的过程中实现基础教育均衡发展。

### 参考文献:

- [1]教育部.教育部关于实施全国中小学教师信息技术应用能力提升工程的意见[J].中小学教师培训, 2013, (12): 3-4.
  - [2]董玉琦, 高子男, 于文浩, 包正委, 杨宁, 徐红, 李娜, 赵哲.学习技术(CTCL)范式下的技术促进学习研究进展(1): 基本认识、研究设计与初步成果[J].中国电化教育, 2021(09): 32-41.
  - [3]郑子君, 冯翔, 虞慧群, 李修全.基于关系转移和增强学习的时空大数据动态预测[J].山东大学学报(工学版), 2021, 51(02): 105-114.
  - [4]张颖, 王冬云.高校办学条件达标动态预测和预警系统研究[J].电子科技, 2010, 23(12): 120-121+126.
  - [5]丁殿坤, 焦方蕾, 王汝亮, 等.数学建模基础[M].北京: 北京邮电大学出版社, 2015.
- 作者简介: 韩苗苗(1999.2—), 女, 蒙古族, 内蒙古兴安盟人, 内蒙古师范大学教育学院, 20级在读研究生, 硕士学位, 专业: 教育技术学, 研究方向: 数字化学习与资源研发。
- 基金资助: 内蒙古师范大学研究生科研创新基金资助项目“基于高阶马尔可夫链的教学动态预测软件的设计与实现(CXJJS21007)”