多水平模型在小学生成绩中的应用
——以贵州省榕江县为例

杨春松　尚宏印　向毅

（兴义民族师范学院 数学科学学院　中国　贵州　兴义　562400）

【摘 要】：研究小学生语文成绩、性别等变量对英语成绩的影响程度，为基层教育工作者提供参考建议意见。获取贵州省黔东南苗族侗族自治州榕江县 6 镇 13 乡 49 所小学共 4320 名学生的成绩数据，先对数据进行整理，后采用多水平模型对数据进行分析。以学生为水平一，学校为水平二，建立模型分析学校对学生成绩的影响。研究发现不同学校的英语成绩存在差异，且在小学生成绩中男生的英语成绩比女生的要低，语文成绩对英语成绩的影响比较大。多水平模型在具有层次结构数据的分析上解释效果较好。

【关键词】：多水平模型；小学生成绩；嵌套数据

【项目名称】：大学生职业成熟度对就业现状调查的统计分析

【项目编号】：20195201868

Application of multi-level model in primary school students' grades

——Take Rongjiang County, Guizhou Province, for example

“ Yang Chunsong ”

Xingyi National Normal College,statistics,17 statistics class,20174043142

Abstract: Based on the results data of 4320 students in 49 primary schools in 6 townships and 13 townships in Lujiang County, Guizhou Province, two-level multi-level models were used for analysis. To explore the influence of variables such as language and gender on English scores of primary school students. The study found that there are differences in English scores in different schools, and that boys' English scores are lower than those of girls in primary school, and that Chinese scores have a greater impact on English scores. The multi-level model is well interpreted in the analysis with hierarchical data.

Key words:　Multi-level model ；Pupils' grades；Hierarchical model

引言

为落实中国共产党第十五届中央委员会第五次全体会议和第三次全国教育工作会议的精神要求，更一步实现“教育要面向现代化，面向世界，面向未来”的战略指导思想，国家教育部决议，小学将开设英语课程，并将其作为二十一世纪初幼儿、小学、普通中等教育课程改革的重要内容[1]。两千零一年，我国教育部发布《义务教育英语课程标准（实验稿）》，英语这一科目进入小学课堂，至今已有二十年，我国英语教育取得了较好的成果，英语教育方式方法也逐步完善。在世界几大语言中，汉语使用人最多，得益于中国人口基数庞大，而使用范围最广的英语则有着举足轻重的地位。随着中国国际化趋势，产业国际化。生活中处处可见英语。商标、品牌名称、影视音乐、网上冲浪中比比皆是。英语在各业行各中的应用也是越来越普及。英语在我国教育中越来越受重视，学好一门语言，得从小做起。针对处在西南地区的贵州省，英语成绩一直是不太理想的。为加强小学生的英语成绩，我将对贵州榕江小学生英语成绩进行分析，并提出相关意见建议，以供相关部门作参考。在参考了大量文献之后，关于小学生成绩这一方面，很多学者都了相应的研究。唐一鹏等三人基于学习策略与教学策略改进问题对提升中小学生的学业成绩做了分析[2]，周慧敏等人研究了小学数学焦虑与数学成绩的关系[3]，陈瑜研究了英语课堂焦虑与小学生英语口语表达成绩的关系[4]。但是这些研究当中，大多学者在进行分析时，忽略掉了组内相关这一指标。多水平模型恰巧就是解决组内相关这一指标的模型，然而往往我们见到的多水平模型大多都利用在医学等方面。基以于小学生成绩的分析，李南运用多层次模型对西部小学生数学学业成就进行了分析[5]，但没有对模型的构造进行讲解。在此基础之上，本文将简单介绍多水平的模型构造，以及运用多水平模型对成绩进行实证分析。本文第二章将讲解多水平模型的基本原理，第三章将运用多水平模型对小学生英语成绩进行分析建模，第四章则是对分析出的结果作出解释以及给相关部门提供的参考建议。

1 基本原理

1.1 模型简介

多水平统计模型[6]是针对嵌套类型数据（层次数据）而形成的统计模型，其最早的系统性研究见 Goldstein(1995)。哈维 · 戈德斯坦是英国伦敦大学教授，他和一些研究该领域的学者把这种解决层次数据方法叫做“多层分析”(Multilevel Anal-ysis)。随着研究的不断深入，时代的变化变迁，也有越来越多的学者把这种统计模型称作“多水平统计模型”。层次结构数据是一种非独立数据，即是个体的行为不仅仅只是受到其自身的个体因素的影响，还受到了其生活环境因素的影响。如一个家庭里面的子女的性格更加相像。这种嵌套的样本使用传统的最小二乘（OLS）回归方法分析会产生一定估计误差。误差来自于不满足一般线性模型或是 logistics 模型的独立性假设。多水平模型分析方法考虑了数据之间的相关关系，很大程度上减少了这种统计误差，而且可以很好的避免由人主观意识采选分析单位可能发生的误差以及可同时分析高水平和低水平变量对因变量的作用。

1.2 模型构造

下面将引用一个例子对基本原理进行阐述。假设有一个两水平数据。水平 2 为家庭，水平 1 为孩子，所含的数据中仅有一个解释变量 X 。

$$y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}x_{ij} + e_{ij} \quad (2.1)$$
$$j = 1,2,\mathrm{L},\mathrm{n}$$
$$\mathrm{i} = 1,2,\mathrm{L},\mathrm{m}$$

其中 j 为水平 2 家庭单位，i 为水平 1 孩子单位。y_{ij} 为第 j

个家庭中 i 个孩子因变量观测值，X_{ij} 为第 j 个家庭中 i 个孩子解释变量观测值。β_{0j} 和 β_{1j} 为需要估计的参数。e_{0ij} 为随机误差项。

$$\beta_{0j}=\gamma_{00}+u_{oj}$$
$$\beta_{1j}=\gamma_{01}+u_{1j}$$

γ_{00} 为平均截距，反映 Y_{ij} 与 X_{ij} 的平均关系。u_{oj} 为随机变量，表示第 j 个家庭 y 的平均估计值与总体均数的离差值，这个离差值表示了第 j 个家庭对该家庭的学生 y 的随机效应。γ_{01} 表示解释变量 X 在所有家庭中的平均效应估计值，u_{1j} 表示解释变量 X 在所有家庭中的特殊效应。

$$y_{ij}=\underbrace{\left(\gamma_{00}+\gamma_{01}x_{ij}\right)}_{\text{固定效应}}+\underbrace{\left(u_{0j}+u_{1j}x_{ij}+e_{ij}\right)}_{\text{随机效应}} \quad (2.2)$$

1.3 组内相关 ICC 的度量

$$\begin{aligned}Var\left(y_{ij}\middle|\beta_0,\beta_1,x_{ij}\right)&=Var\left(u_{0j}+e_{ij}\right)\\&=Var\left(u_{0j}\right)+Var\left(e_{ij}\right)+Cov\left(u_{0j},e_{ij}\right)\\&=\sigma^2_{u_0}+\sigma^2_{e_0}\end{aligned} \quad (2.3)$$

最终得到的结果即是两个水平方差的和。

构造组内相关系数（ICC inctra-class correlation），ICC 反映了家庭内个体之间的相关程度，即是在同一环境成长下的家庭中子女们的关联程度。

$$\rho=\frac{\sigma^2_{u_0}}{\sigma^2_{u_0}+\sigma^2_{e_0}}$$

2 实例分析

2.1 数据来源与说明

从贵州省黔东南苗族侗族自治州榕江县教育局获得 2018-2019 下学期小学六年级成绩。包含了榕江县 6 镇 13 乡 49 所小学共 4320 名学生的数据，数据读入 SPSS 进行分析，有如下变量：

①Student:学生学号

②Area:学生所在乡镇

③School:学生所在学校代码

④Gender:性别，0 男生，1 女生

⑤English:英语成绩

⑥Math:数学成绩

⑦Chinese:语文成绩

注：(1) 为了便于模型的观看，模型一律采用变量英文大写的第一个字母。虽然学生学号与学生所在学校代码第一个大写字母都为 S，但是在后面文中分析的模型表示中没有涉及到学生学号学生所在学校代码这个变量，所以对模型来说没有影响。(2) 为在进行描述性统计分析时便于观察，将变量学生所在学校代码进行编号处理。起为古州镇八吉小学，终为忠城镇中心小学，依次编号为 1—49。在需要说明时将会把编号和该学校名称一同显示。(3) 学校分为共 3 类学校。A 类为古州镇的古州一小和古州二小，B 类为古州三小加车民小学以及其他乡镇的中心校，C 类为其他完小。

2.2 多水平模型分析

针对获取的小学生成绩数据及本次研究的内容与方向，将制定零模型（空模型），零模型是为了观察水平 1 因变量是否在水平 2 中聚集。零模型的检验将影响着下一步解释变量的引入。零模型通过检验后，即是认为存在组内相关，计算组内相关 ICC，查看 ICC 程度。在此基础之上构造全模型，引入解释变量。

模型 1：没有解释变量

$$\text{第一层：}E_{ij}=\beta_{0j}+e_{ij}$$
$$\text{第二层：}\beta_{0j}=\gamma_{00}+u_{0j}$$

表 0-1 零模型的固定效应估计

参数	估计	标准误差	Df	t	显著性	95% 置信区间	
						下限	上限
截距	54.483004	.964130	48.169	56.510	.000	52.544667	56.421342

表 0-2 零模型的协方差参数估计

参数		估计	标准误差	Wald Z	显著性	95% 置信区间	
						下限	上限
残差		271.593389	5.874818	46.230	.000	260.319627	283.355389
截距 [个体 = School]	方差	38.424852	8.964703	4.286	.000	24.323316	60.701806

由SPSS软件分析结果表 0-1和表 0-2可得 $\gamma_{00}=54.483$，$Var\left(e_{ij}\right)=\sigma^2_{e0}=271.593$，$Var\left(u_{0j}\right)=\sigma^2_{u0}=38.425$ 他们的显著性P值均小于0.05。由于模型不仅仅只是有一个残差项，就发生了不为零的组内相关。反若映 ρ 为0，表明数据不是嵌套型的，可以忽略学校对学生成绩的影响，即可以简化为传统的线性回归模型。反过来说，若存在不为零的 σ^2_{u0} 则不能忽略学校的存在。学校差异估计值为 $\rho=0.123944$，具有统计学意义，不同学校的英语成绩水平是有一定差别的。因为各乡镇教学水平、教师质量、以及学生的学习态度等影响因素，所以不同乡镇不同学校的成绩不同英语成绩有差异在情理之中。那么也就是说我们接下来我们研究是有意义的。小学生成绩可以用多水平统计模型进行分析。

模型2：语文成绩、性别有且有可能对16岁成绩有影响，纳入性别变量Gender和语文成绩，拟合如下模型

$$\text{第一层：}E_{ij}=\beta_{1j}C_{ij}+\beta_2G_{ij}+e_{ij}$$
$$\text{第二层：}\beta_{0j}=\gamma_{00}+u_{0j}$$
$$\beta_{1j}=\gamma_{10}+u_{1j}$$

模型中语文成绩Chinese同时作为固定因子和随机因子。即：

$$E_{ij}=\left(\gamma_{00}+\gamma_{10}C_{ij}+\beta_2G_{ij}\right)+\left(u_{0j}+u_{1j}C_{ij}+e_{ij}\right)$$

表 0-3 全模型的固定效应估计

参数	估计	标准误差	df	t	显著性	95% 置信区间	
						下限	上限
截距	15.176530	1.417994	70.683	10.703	.000	12.348911	18.004149
Chinese	.693688	.020514	62.540	33.815	.000	.652688	.734689

[Gender=0]	-2.842100	.402416	4247.184	-7.063	.000	-3.631047	-2.053154
[Gender=1]	0[b]	0	.	.	.	.	.

a. 因变量: 英语。

表 0-4 全模型的协方差参数估计

参数		估计	标准误差	Wald Z	显著性	95% 置信区间	
						下限	上限
残差		156.202855	3.413544	45.760	.000	149.653690	163.038627
截距 [个体 = School]	方差	50.316647	15.241585	3.301	.001	27.788901	91.107057
Chinese [个体 = School]	方差	.009405	.003241	2.902	.004	.004787	.018480

由表 0-3和表 0-4得$\gamma_{00} = 15.176530$，$\gamma_{10} = 0.693688$，$\beta_2 = -2.8421$，对固定效应进行了显著性检验，显著性都小于0.05，一般的我们会认为他们通过了显著性检验，说明语文成绩及性别对英语成绩都存在不同程度上的影响。性别是该模型中的哑变量，男同学对女同学成绩来说，-2.8421说明了男同学比女同学成绩要稍微差了那么一点点。最终得出如下模型（保留3位小数）：

$$E_{i,j} = 15.177 + 0.694C_{i,j} - 2.842G_{i,j}$$

3 结论建议

3.1 结论

经过研究分析最终得到的结论是：

（1）模型1零模型分析时，学校差异估计值为ρ=0.123944，说明了学校对小学生的成绩有显著影响，学校不同则成绩不同；

（2）模型2分析结果得出β_2的估计值为-2.8421，则说明了小学中男生的英语成绩比女生成绩低；

（3）模型2分析结果得出γ_{10}的估计值为0.693688，这说明了小学语文成绩对英语成绩存在显著影响。

3.2 建议

针对以上分析结果，我对存在的差异问题提出一些建议：

（1）关于学校之间差异问题：一是加大力度建设农村学校，由于城乡差异大，导致的在学校建设上农村学校经费较少，所以加强农村学校的建设尤为重要。二是加大对农村老师的津贴制度，农村生活条件差、质量不高，往往会导致新招入的老师“落荒而逃”，所以应加大政策力度，以吸引新的血液融入农村教师这个集体。三是加强对农村教师的培训，随着教育现代化，一些新的设备也都进入了农村学校课堂，但是很多农村老师都是缺乏经验不会使用，所以应加大培训力度，让物尽其用。

（2）关于英语成绩男生比女生低的问题：一是抓心态缩小差距，英语成绩问题男生比女生低的原因主要是在传统教育教学中，英语多半还是靠记靠背，男生较女生来说心态差，往往较容易放弃，所以在教育教学过程中，老师们要多挖掘多发现新的方法，把男生们稳下来，只有这样才能逐步的把英语成绩男生女生之间的差异问题瓦解掉。二是提认识男女有别，老师在教育教学过程中，往往看的是整体的成绩，或是与其他班级之间的成绩差别，很少有关注到男女之间差距这一问题，所以老师应对男生女生之间成绩差别问题引起重视。

参考文献：

[1]石磊.多水平统计模型及其统计诊断[M].北京:科学出版社,2008:27-50

[2]张雷,雷雳,郭伯良.多层线性模型应用[M].北京:教育科学出版社,2003.1:12-27

[3]教育部关于积极推进小学开设英语课程的指导意见[J].中华人民共和国国务院公报,200134-37.

[4]何致敏,徐韬,王惠珊,张悦,潘晓平,叶健莉,罗荣.我国县区级妇幼保健机构儿童保健服务能力影响因素的多水平模型分析[J].中国妇幼卫生杂志,2019,10(05):9-13+19.

[5]衡明莉,李丽,杨进波.多水平模型及其在医学领域中的应用[J].中国新药杂志,2019,28(15):1819-1823.

[6]卜苏洪. 贵州省少数民族地区乙肝感染家庭聚集性与家庭结构、家庭乙肝知识知晓情况的关系研究[D].贵州医科大学,2019.

[7]张敏,姜锐,李勇,石磊.基于高层次结构数据的多水平模型贝叶斯推断及应用[J].数理统计与管理,2019,38(02):357-366.

[8]王红雨,张林.70 岁及以上老年人身体活动特征及对健康体适能影响的多水平分析[J].南京体育学院学报(自然科学版),2017,16(04):1-6.

[9]李南. 西部小学生数学学业成就的影响因素探究[D].天津师范大学,2019.

[10]唐一鹏,王闯,胡咏梅.如何提升中小学生的学业成绩？——基于学习策略与教学策略改进的视角[J].华东师范大学学报(教育科学版),2020,38(03):93-105.

[11]张斌.乡村振兴背景下家长教育观念对小学生成绩及创造力发展的实证研究[J].课程教育研究,2020(08):237.

[12]任科.元认知训练对提高农村留守小学生数学成绩有效性的研究[J].中小学心理健康教育,2020(05):10-14.

[13]王文菲.小学生注意特点、注意品质与学习成绩的相关[J].中小学心理健康教育,2020(02):69-71.

[14]周慧敏,于晓丹. 小学生数学焦虑与数学成绩的关系——空间工作记忆的调节作用[C]. 中国心理学会.第二十二届全国心理学学术会议摘要集.中国心理学会:中国心理学会,2019:582-583.

[15]陈瑜. 英语课堂焦虑、语言学习策略与小学生英语口语表达成绩的关系[D].山东师范大学,2019.