4.3 序列自相关

胡华平

## 1 教学目标

* 能够正确写出自相关性的数学表达式；
* 能够区分自相关性的不同图形模式；
* 能够列举引起自相关性的主要原因；
* 能够正确说出自相关性下OLS参数估计量公式的含义；
* 能够正确写出自相关性下OLS估计量的方差和协方差公式；
* 能够区分BLUE性质和LUE性质的差异；
* 能够列举自相关问题的理论后果和实际后果；
* 能够读懂残差模式图，正确得出诊断结论；
* 能够正确理解Durbin-Watson（德宾-沃森）检验法的原理和过程，正确得出诊断结论；
* 能够正确理解LM（拉格朗日乘数）检验法的原理和过程，正确得出诊断结论；
* 能够综合应用多种诊断方法，对实际案例进行全面诊断；
* 能够根据自相关问题的诊断结论，快速给出有效的模型矫正方案；
* 能够综合应用各种矫正方法，有效减弱实际案例中的自相关问题；

## 2 课时安排

* 课时1（40分钟）：自相关性问题的内涵与性质
* 课时2（40分钟）：自相关性的问题与后果
* 课时3（40分钟）：自相关性问题的诊断
* 课时4（40分钟）：自相关性问题的矫正

## 3 教学内容

1. 自相关性的内涵与性质：自相关性的基本概念、定义和数学表达式，然后重点区分自相关的不同类型，并梳理诱发自相关性的主要原因，最后概括自相关性的特征。
2. 自相关性的问题与后果：自相关情形下的估计问题，比较考虑自相关时OLS估计和忽视自相关时OLS估计的差异性，然后梳理自相关问题的理论后果和实际后果。
3. 自相关性的诊断：讲述自相关问题的多种诊断方法，包括残差模式图观察法、Durbin-Watson（德宾-沃森）检验法、LM（拉格朗日乘数）检验法。
4. 自相关性的矫正：学习自相关问题的两大类矫正方法，一类是直接修正自相关问题的广义最小二乘法（GLS）矫正，主要包括基于一阶差分法变换、基于残差辅助方程、基于D-W统计量、基于迭代方法；另一类是间接修正自相关问题的标准误矫正法，主要是尼威-威斯特(Newey-West) 一致标准误法（HAC）矫正法。

## 4 教学步骤

### 4.1 课时1：自相关性的内涵与性质

#### 4.1.1 课堂引入

回顾经典：时间序列数据、滞后变量、一阶差分、经典CLRM假设 。梳理和回顾旧知识，突出经典CLRM假设中的无自相关性假设。

导入新课 ：经典CLRM假设中，随机干扰项无自相关性在实际中是“常态”么？这一假设很“现实”么？利用设问法提出：随机干扰项无自相关性是“不食人间烟火的天使”，可遇而不可求么？利用设问法，挑战旧知识中的无自相关性假设，引出自相关性的话题。。

#### 4.1.2 讲授内容

1. 自相关的概念和内涵：自相关与序列相关、$u\_{t}$的方差协方差矩阵、自相关的定义、数学表达。
2. 自相关的类型和特征：自相关的图形模式、自相关的特征。
3. 引起自相关的原因：经济变量的“惯性”、模型设定偏误、滞后效应、数据“编造”。

#### 4.1.3 案例分析

1. 类比案例：随机干扰项无自相关性是“不食人间烟火的天使”，可遇而不可求么？
2. 图形案例：展示几种常见的自相关图形模式，归纳出自相关模式特征。对比展示滞后变量自相关图形与原序列时序图形的区别与联系。
3. 成本案例：通过成本-产出案例说明设定偏误导致的自相关问题；通过生猪价格的蛛网现象案例，说明滞后效应带来的自相关问题；通过人口普查案例来说明数据“内插”或“外推”带来的自相关问题。
4. 类比案例：引用列夫.托尔斯泰《安娜·卡列尼娜》名言：幸福的家庭都是相似的，不幸的家庭却各有各的不幸。强调序列自相关性的多种多样。

#### 4.1.4 课程讨论

提问：自相关性问题既然十分普遍，那会成为模型中潜在的“病毒”么？经典模型会不会“生病”？

讨论：自相关性问题是普遍存在的；自相关表现形式多种多样；自相关性问题一般比较隐蔽。

### 4.2 课时2：自相关性的问题与后果

#### 4.2.1 课堂引入

复习回顾：自相关的定义、类型和性质、经典CLRM假设下，OLS估计的BLUE性质。

导入新课：自相关性问题一旦出现，会对经典模型带来多大的“伤害力”？怎样来评估？引出本节课话题。

#### 4.2.2 讲授内容

1. OLS估计问题：忽视1阶自相关AR(1)、马尔科夫一阶自回归AR(1)、白噪声$ε\_{t}$。
2. OLS估计问题：考虑1阶自相关AR(1)、比较两类OLS估计结果。
3. GLS估计问题：考虑1阶自相关AR(1)。
4. 三种估计类型的综合比较：参数估计不再是有效估计量、参数的显著性检验失去意义、模型的预测失效。

#### 4.2.3 案例分析

1. 图形案例：通过动画演示，将主要结论“可视化”，获得视觉与理论的配对，深化理解。
2. 仿真案例：通过软件模拟简单的1阶正自相关情形，展示过程结论，综合得出比较结论，让抽象的理论推导“可触摸”。
3. 类比案例：马尔科夫1阶自相关情形，只是“撞沉泰坦尼克号大船的冰山之一角”，自相关问题的潜在“伤害力”在实践中可能远超过预想。

#### 4.2.4 课程讨论

提问：随机干扰项是来自于总体回归模型的，是无法直接观察得到的，那实际中怎样才能“感知”到存在自相关性模式呢？

讨论：如果出现了自相关性，OLS估计将不能获得“完美”的BLUE性质，只能得到LUE性质；GLS估计方法可以消除自相关性，并获得BLUE性质。

### 4.3 课时3：自相关性问题的诊断

#### 4.3.1 课堂引入

复习回顾：残差和标准化残差、滞后变量、自相关的内涵、定义和模式。简要回顾上节课已学相关知识。

导入新课：自相关模式多种多样，怎样才能知道模型存在严重的自相关问题？指出自相关问题诊断的复杂性，引出本节课话题。

#### 4.3.2 讲授内容

1. 观察残差模式图：检验原理、判断依据、检验步骤、$e\_{t}$的时序图（$e\_{t}$对时间的散点图）、$e\_{t}$和$e\_{t−1}$的散点图
2. Durbin-Watson（德宾-沃森）检验法：检验原理、德宾-沃森d统计量、适用条件、判断依据、检验步骤。
3. LM（拉格朗日乘数）检验法：检验原理、适用条件、判断依据、检验步骤。

#### 4.3.3 案例分析

1. 生产力案例：说明工资-生产率案例的背景、数据和变量，进行残差模式图的实例分析。
2. 类比案例：利用汽车“后视镜”盲区和可视区的生活常识，形象地展示Durbin-Watson（德宾-沃森）检验法的使用原理。

#### 4.3.4 课程讨论

提问：如果模型同时含有异方差问题和自相关问题，以上检验方法会失效么？

讨论：残差图形模式观察属于经验方法；Durbin-Watson（德宾-沃森）检验法适合于1阶自相关情形；LM（拉格朗日乘数）检验法可以针对更复杂的自相关情形。

### 4.4 课时4：自相关性问题的矫正

#### 4.4.1 课堂引入

复习回顾：回顾自相关问题的诊断方法：观察残差表现模式图；Durbin-Watson（德宾-沃森）检验法；LM（拉格朗日乘数）检验法。简要复习上节课的知识点，强调“找出病症”才是“实施手术”的重要前提。

导入新课：如果诊断发现了自相关“症状”，该如何“对症下药”矫正问题模型？如果是一名医生，怎样根据“诊断结果”提出有效“救治方案”？引发思考，导出本节课内容。

#### 4.4.2 讲授内容

1. 广义最小二乘法（GLS）：一阶差分和的表达式、广义差分的表达式。
2. 广义最小二乘法（GLS）矫正：基于残差辅助方程。矫正前提：残差辅助方程判明1阶自相关；矫正原理：辅助模型与自相关模型的关系；矫正过程：辅助回归和1阶差分回归。
3. 广义最小二乘法（GLS）矫正：基于D-W统计量。矫正前提：主回归与DW统计量；矫正原理：DW统计量与自相关模型的关系；矫正过程：1阶差分回归。
4. 广义最小二乘法（GLS）矫正：基于迭代方法。矫正前提：科克伦-奥克特迭代法；矫正原理：多次反复估计自相关系数$ρ$；矫正过程：科克伦-奥克特多阶自相关回归。
5. 一致标准误法（HAC）矫正：尼威-威斯特(Newey-West)校正法。矫正前提：异方差-自相关一致标准误(HAC)；矫正原理：同时处理异方差和自相关；矫正过程：尼威-威斯特(Newey-West)程序。

#### 4.4.3 案例分析

1. 工资案例：利用工资-生产率案例数据，进行EViews软件操作结果展示。
2. 类比案例：如果是一名医生，怎样根据“诊断结果”提出有效“救治方案”？强调“找出病症”才是“实施手术”的重要前提。

#### 4.4.4 课程讨论

提问：怀特（White）异方差稳健标准误校正法，与尼威-威斯特(Newey-West) 一致标准误法（HAC）自相关矫正法，二者有什么联系么？

讨论：矫正方法总体分为纯粹修正自相关问题和间接修正OLS标准误差两类。谨防对自相关问题反应过度，各种矫正方法可能会产生“副作用”。

## 5 评估方式

形成性评估：讨论、案例分析、小组合作等

总结性评估：课堂测试、小组互评等

## 6 课程总结

采用课堂问答的形式提高学生的课程反馈和掌握程度。

1. 课时1（自相关性的内涵与性质）讲述多自相关性的基本概念、定义和数学表达式，然后重点区分自相关的不同类型，并梳理诱发自相关性的主要原因，最后概括自相关性的特征。需要熟练掌握已学“一元线性回归模型”和“多元线性回归模型”的全部内容后的扩展，它们与本单元的有效衔接极为关键。
2. 课时2（自相关性的问题与后果）讲述自相关情形下的估计问题，比较考虑自相关时OLS估计和忽视自相关时OLS估计的差异性，然后梳理自相关问题的理论后果和实际后果。OLS估计的BLUE性质涉及到复杂而严谨的数学推导，涉及到异方差问题后会进一步增大学习难度。
3. 课时3（自相关性问题的诊断）讲述自相关问题的多种诊断方法，包括残差模式图观察法、Durbin-Watson（德宾-沃森）检验法、LM（拉格朗日乘数）检验法。所有诊断方法都紧密围绕随机干扰项$u\_{t}$(不能直接观测)的“替身”$e\_{t}$（可以直接观测）展开。残差模式图观察法，相对比较直观。Durbin-Watson（德宾-沃森）检验法和LM（拉格朗日乘数）检验法都属于成熟的定量化诊断方法，EViews实验上机操作中也要求熟练掌握。
4. 课时4（自相关性问题的诊断）中，直接修正自相关问题的广义最小二乘法（GLS）矫正方法，原理相对简单，可操作性强，学习难度相对较低。间接修正自相关问题的标准误矫正法，主要依赖计算机软件程序来控制，背后运作原理和流程相对复杂，学习难度相对较大。

## 7 教学资源

### 7.1 网络资源

* 在线课程：《计量经济学》在线开放课程(胡华平主讲，全球公开访问) <https://www.huhuaping.com/course/course-em/>
* 多媒体教学资源：西北农林科技大学在线网络教学平台《计量经济学》(需要学校权限访问) <http://eol.nwsuaf.edu.cn/meol/jpk/course/layout/newpage/index.jsp?courseId=35257>

### 7.2 图书文献

* 李子奈, 潘文卿. 计量经济学[M]. 第5版. 北京: 高等教育出版社, 2020.
* 古扎拉蒂. 计量经济学基础[M]. 第5版.北京:中国人民大学出版社, 2011.
* 伍德里奇. 计量经济学导论: 现代观点[M].第6版. 北京: 中国人民大学出版社, 2018.

### 7.3 公开课平台

* 爱课程网：http://www.icourses.cn/home/
* 北京大学MOOCs课程：http://mooc.pku.edu.cn
* 新浪公开课：http://open.sina.com.cn/
* 网易公开课：http://open.163.com/
* 西北农林科技大学尔雅通识课程网址：http://nwsuaf.fanya.chaoxing.com/portal
* 西北农林科技大学网络教学综合平台http://eol.nwsuaf.edu.cn/eol/homepage/common/