



Theory and Application of Spatial Panel Structural VAR Model Based on Interaction Effect

基于交互效应的空间面板 结构VAR模型理论与应用

刘亚清 © 著

图书在版编目(CIP)数据

基于交互效应的空间面板结构 VAR 模型理论与应用/刘亚清著.

—上海:上海财经大学出版社,2020.6

ISBN 978-7-5642-3502-4/F·3502

I. ①基… II. ①刘… III. ①区域经济发展-产业发展-研究-中国

IV. ①F269.27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 056181 号

责任编辑 徐 超

联系信箱 1050102606@qq.com

封面设计 贺加贝

基于交互效应的空间面板 结构 VAR 模型理论与应用

刘亚清 著

上海财经大学出版社出版发行
(上海市中山北一路 369 号 邮编 200083)

网 址: <http://www.sufep.com>

电子邮箱: webmaster@sufep.com

全国新华书店经销

江苏凤凰数码印务有限公司印刷装订

2020 年 6 月第 1 版 2020 年 6 月第 1 次印刷

710mm×1000mm 1/16 12.25 印张(插页:2) 187 千字
定价:58.00 元

刘亚清

华中科技大学数量经济学博士，清华大学应用经济学博士后，现为华中科技大学同济医学院医药卫生管理学院副教授，博士生导师。主要研究方向为卫生政策与管理、计量经济学方法论与基础应用研究，以及空间计量经济学在区域经济学中的应用。近年来，主持参与课题10余项，其中主持国家自然科学基金1项（基于交互效应的空间面板数据结构VAR模型理论方法与应用研究），主持北京市青年英才专项基金1项（环渤海经济圈的基础经济结构和结构变迁研究），主持北京市教委基本科研业务项目1项（区域产业结构优化与生态环境协同发展研究），主持中国博士后基金1项（中国区域市场的空间联动效应以及传导机制研究），参与国家社科基金3项，参与国家开发银行项目1项。在《经济学动态》《金融研究》《城市问题》《经济经纬》《管理评论》《统计与决策》等期刊发表论文20余篇，出版专著《基于环渤海地区的基础经济结构研究》，出版编著《统计分析Eviews及其应用》。

前 言

与传统的计量经济模型(如线性回归模型、联立方程模型)等以经济理论为基础建立描述经济变量之间结构关系的模型不同,西姆斯(Sims, 1980)提出的向量自回归(VAR)模型是一种基于经济数据来研究经济系统动态变化的时间序列分析模型。VAR模型采用多方程联立的形式,在模型的每一个方程中,内生变量对模型所有内生变量的滞后项进行回归,从而估计全部内生变量间的动态关系。经过30多年的发展,VAR模型在宏观经济变量性质的准确描述和预测以及经济政策影响因素和效果的模拟研究等领域具有广泛应用,已成为经济政策分析的重要方法。2011年的诺贝尔经济学奖授予了西姆斯教授,其获奖理由就是开创性地利用VAR模型分析宏观经济中的因果关系,对实证宏观计量经济的发展做出了重要贡献。这也充分反映了VAR类模型在经济分析中的广泛应用和强大的解释力。

采用VAR模型分析经济问题时,由于VAR模型是基于数据驱动模型,一种非理论模型,故其单个参数估计值的经济解释是困难的。故在VAR模型中通常不解释单个参数估计值的经济意义,而是分析经济系统中受到某种冲击时各个变量的动态变化,以及每个冲击对内生变量变化的贡献程度,也即我们熟悉的脉冲响应函数和方差分解分析。

然而,VAR模型中内生变量的即期关系并没有得到有效体现,从而导致经济变量间的即期关系包含在随机扰动项中,造成了随机误差项的相关。简约式VAR模型未考虑结构性的经济冲击,难以与实际经济状况相吻合,对于诸如脉冲响应函数和方差分解的解释出现了一定困难。布兰查德和柯(Blanchard and Quah, 1990)对简约式VAR模型进行修正,提出包含内生变量即期关系的结构向量自回归(SVAR或结构VAR)模型。结构VAR模型相比于传统联立方程

而言,两者之间的关键差异在于后者通常采用过多的约束来识别系统。通常情况下,结构 VAR 模型避免过度简化模型,为识别参数施加恰好足够多的参数,使得模型可以恰好识别。即结构 VAR 模型尝试加入结构性约束得到唯一的结构关系,解决模型对信息的识别问题,使得脉冲响应和方差分解具有一定的经济意义。此后,结构 VAR 模型逐渐取代了简约式 VAR 模型,在时间序列的性质研究、预测、宏观经济政策分析等领域得到更加广泛的应用。

然而,随着模型中变量数的增加,VAR 模型的待估参数成倍增加,只有增加样本数才能有效估计模型参数,霍尔茨-埃金、纽伊和罗森(Holtz-Eakin、Newey and Rosen,1988)对面板数据 VAR 模型的探讨则可以有效解决此问题。由于面板数据模型的多样本性,而且与时间序列数据或者横截面数据相比,面板数据在控制异质性、降低数据多重共线性、减少数据偏倚性等诸多方面更具优势。因此,面板数据 VAR 模型的理论与应用研究受到众多学者的关注。尤其是由米肖和范索斯特(Michaud and Van Soest,2008)、米切尔和威尔(Mitchell and Weale,2008)发展出的面板数据结构 VAR 模型,可以系统反映经济体系中各个内生变量的同期和跨期关系,在经济变量的动态关系研究领域得到了广泛的关注与应用。

另一方面,随着近年来区域经济学与空间计量经济学的发展,学者对区域经济变量的空间效应做了大量探究。无论是托布勒(Tobler,1970)提出的地理学第一定律,认为地理事物或属性具有空间分布上互为相关,且地理位置越近相关性越强;还是安塞林(Anselin,1988)、格里夫斯(Griffith,1988)、埃尔霍斯特(Elhorst,2003)、勒萨热和佩斯(Lesage and Pace,2008)等学者对经济变量空间相关性的理论与实证研究,都充分说明了区域经济数据空间相关的特点是经济研究问题中不得不考虑的问题。这意味着,时间序列尤其是区域时间序列不仅仅是时间相关的,其中隐含的空间相关性无疑也是不可忽视的经济现象。

从经济学的角度来看,在分析经济变量变化的一般规律时,忽视变量间的空间相关不能有效体现经济变量的相互作用关系,有失完整性。经济变量的空间相关不仅仅可以由地理位置邻近产生,也可以是基于经济、社会结构等相似导致。从计量经济学角度看,考虑模型中经济变量的空间相关性,同时通过模

型设定、估计以及检验完成对经济变量的预测,将提高对经济运行规律的模拟和分析能力,减少残差项中的信息含量,进而拓展计量经济学模型的应用范围。而如果不考虑空间相关,仅用面板数据结构 VAR 模型对经济现象进行分析,将导致模型的误设与参数的有偏估计,其实证结果将具有一定的不准确性,这违背了应用计量经济学模型进行经济预测的初衷。因此,应将经济变量的空间效应纳入面板数据结构 VAR 模型,即构建空间面板数据结构 VAR 模型来克服现有研究中存在的不足。这不仅符合探索区域(空间)经济规律的需要,也提高了估计量和检验统计量对现实的拟合度和可靠性,同时拓展了 VAR 类模型在区域宏观经济领域的应用,提高了对实际问题的分析能力。

近年来,迪贾辛托(Di Giacinto,2003,2010)、比恩斯托克(Beenstock,2007)等学者在面板数据结构 VAR 模型的基础之上,通过对模型参数施加空间约束的形式,进一步纳入了经济变量的空间效应,即构建了同时包含时间效应和空间效应的空间面板数据结构 VAR 模型,进而克服了面板数据结构 VAR 模型无法反映经济变量空间效应的问题。因此,空间面板数据结构 VAR 模型不仅可以探究经济变量间在时间上的动态响应机制,还可以探讨邻近区域单元间经济变量的空间相互作用机制,这对 VAR 模型的发展与应用无疑具有一定的推动作用。

然而,迪贾辛托(Di Giacinto,2003,2010)、比恩斯托克(Beenstock,2007)构建的空间面板数据结构 VAR 模型并未分析不同区域单元个体对共同因素影响的差异反映,或者通过在模型中考虑个体效应和时间效应的方式来描述区域单元个体的空间异质性。这在实际问题的应用中存在一定缺陷。例如,在现实经济问题分析中,由于自然、社会禀赋差异,影响所有个体的共同因素(也就是时间效应)对不同的个体会有不同的影响,从而将产生时间和个体(也就是空间)的交互效应。纵然面板结构 VAR 模型本身就可以反映变量间的交互效应,而不同个体对于共同因子的反映差异又该如何体现?空间面板数据结构 VAR 模型对此未做进一步分析。为此,本书基于现有研究基础,在已有的空间面板数据结构 VAR 模型中,引入基于共同因子的交互效应,建立基于交互效应的空间面板数据结构 VAR 模型,以反映共同因子对个体的差异影响,这将进一步增强

空间面板数据结构 VAR 类模型的解释力和应用范围。

本书首先介绍了结构 VAR 及面板数据结构 VAR 模型、空间面板数据模型等相关理论,希望通过梳理这些内容建立一个相对完整的空间面板数据结构 VAR 模型研究框架。在空间面板数据结构 VAR 模型基础之上,进一步纳入时间和个体交互项,给出基于交互效应的空间面板数据结构 VAR 模型的理论基础和估计方法。最后,本书将交互效应空间面板数据模型、空间面板数据结构 VAR 模型和交互效应空间面板数据结构 VAR 模型应用于区域宏观经济诸如产业协同发展、能源消费、经济增长空间传导机制等经济问题的分析。希望通过此部分对交互效应空间面板数据结构 VAR 模型及其相关理论的应用,一方面可以检验模型对现实经济问题的解释与分析能力,同时可为探究中国区域产业关联传导机制与路径、区域经济增长空间传导路径、区域产业协同发展等问题提供一种分析工具,为相关的经济问题提供理论支持与政策建议。

本书的具体结构为:第 1 章介绍结构 VAR 模型以及面板数据结构 VAR 模型的相关理论;第 2 章梳理空间面板数据模型的现有研究;第 3 章对空间面板数据结构 VAR 模型的理论基础和估计给出说明;第 4 章构建交互效应空间面板结构 VAR 模型及其估计程序;后面第 5~8 章是对交互效应理论以及空间面板数据结构 VAR 模型的相关应用。

目前而言,空间面板结构 VAR 模型以及交互效应空间面板结构 VAR 模型的理论及其应用研究相对较少,因而难免存在问题、缺陷甚至错误。欢迎读者不吝批评指正。本书在编写过程中参考了大量国内外的相关研究,在此表示感谢!参考文献中如有遗漏,敬请谅解。

刘亚清

2020 年 1 月

目 录

前言/1

上篇 理论

第 1 章 面板数据结构 VAR 模型/3

内容提要/3

1.1 结构 VAR 模型概述/4

1.2 面板结构 VAR 模型概述/13

1.3 本章小结/19

本章主要参考文献/20

第 2 章 空间面板数据模型/23

内容提要/23

2.1 空间计量经济学概述/24

2.2 横截面空间数据的空间回归模型/29

2.3 空间面板数据模型/33

2.4 空间动态面板数据模型/40

2.5 本章小结/47

本章主要参考文献/49

第 3 章 空间面板数据结构 VAR 模型/52

内容提要/52

3.1 模型设定/53

3.2 模型识别/59

3.3 模型估计/60

3.4 时空脉冲响应分析/62

3.5 蒙特卡罗模拟/64

3.6 本章小结/73

本章主要参考文献/73

第 4 章 交互效应空间面板结构 VAR 模型/76

内容提要/76

4.1 交互效应空间面板数据结构 VAR 模型构建/77

4.2 交互效应空间面板数据结构 VAR 模型估计/83

4.3 蒙特卡罗模拟/87

4.4 本章小结/89

本章主要参考文献/90

下篇 应用

第 5 章 环渤海地区产业结构调整的能量消费效应/95

内容提要/95

5.1 引言/96

- 5.2 交互效应空间面板数据模型构建与估计/99
- 5.3 蒙特卡罗模拟/104
- 5.4 环渤海地区产业结构调整的能量消费效应实证分析/105
- 5.5 结论/113

本章主要参考文献/115

第6章 京津冀地区产业协同发展是否已实现?

——基于生产性服务业与制造业的分析/117

内容提要/117

- 6.1 引言/117
- 6.2 京津冀地区产业协同发展探究模型构建/121
- 6.3 空间面板数据结构 VAR 估计量的有限样本性质/125
- 6.4 变量选取与数据说明/127
- 6.5 京津冀地区产业协同发展探究实证结果分析/130
- 6.6 结论/137

本章主要参考文献/138

第7章 区域经济增长传导机制与路径研究/141

内容提要/141

- 7.1 引言/141
- 7.2 区域经济增长传导路径与机制模型/144
- 7.3 区域经济增长传导机制与路径实证分析/149
- 7.4 结论/154

本章主要参考文献/154

第 8 章 京津冀产业结构与经济增长空间相互作用分析/157

内容提要/157

8.1 引言/157

8.2 经济增长与产业结构空间相互作用模型/162

8.3 交互效应空间面板结构 VAR 估计量的有限样本性质/167

8.4 产业结构与经济增长空间相互作用实证分析/170

8.5 结论/176

本章主要参考文献/177

本书主要结论/180

上 篇

理 论

第 1 章 面板数据结构 VAR 模型

内容提要

向量自回归模型的构建是基于数据驱动的,在涉及多变量并且有相互制约和影响的经济分析中是一个强有力的分析工具。随着 VAR 模型研究的推进,缺少内生变量同期结构关系的 VAR 模型受到质疑,布兰查德和柯(Blanchard and Quah, 1990)对 VAR 模型进行修正,提出包含内生变量即期结构关系的结构向量自回归模型(SVAR)则有效克服了此问题,使得方差分解和脉冲响应具有一定的经济意义。结构向量自回归模型在股票成交量与收益率(唐齐鸣,刘亚清, 2008)、货币政策冲击(蒋益民,陈璋, 2009)、财政支出与居民消费(胡永刚,杨志峰, 2009)等诸多领域得到广泛应用。

一方面,限于结构 VAR 模型数据可获得性较少,而系统中的参数估计量会随着变量的增加而成倍增加。另一方面,结构 VAR 模型对于截面个体的异质性没有直观体现。而基于面板数据的向量自回归模型(PVAR)有效克服了上述经济问题研究中的缺陷。综合考虑数据时间维度与横截面维度特性的 PVAR 模型,不仅继承了传统 VAR 模型的优良特性,更在降低数据的长度要求与研究横截面个体的个体效应、时间效应等方面具有较大优势。这也为宏观甚至微观经济分析提供了一个强有力的工具。

本章从结构向量自回归模型出发,对结构 VAR 模型的估计与识别,脉冲响应和方差分解等基本内容做了梳理。在结构向量自回归模型的基础之上,我们进一步对面板结构 VAR 模型的设定与估计等相关内容进行了一定探讨。

1.1 结构 VAR 模型概述

西姆斯教授以统计学相关理论为基础提出向量自回归模型,把系统中每一个内生变量作为系统中所有内生变量滞后值的函数来构造模型。西姆斯使用基于 VAR 模型的多变量格兰杰因果分析、脉冲响应函数和方差分解等方法分析模型变量之间的因果关系和动态关系等问题。但简约式 VAR 模型中变量的同期关系隐藏在误差项中,无法解释。结构向量自回归模型在此基础之上,进一步纳入了内生变量之间的同期关系,更具实用性。

1.1.1 结构 VAR 模型及其估计

(1) VAR 模型

与传统的计量模型相比,VAR 模型主要具有以下特点:第一,模型描述了数据之间的统计性质,较少依赖严格的经济理论。故在模型的建立过程中,只需要确定哪些共有变量有相互关系,将其纳入 VAR 模型中,以及确定滞后阶数 p ,以反映出变量间相互影响的大部分。第二,解释变量中未涵盖当期变量,故所有与联立方程模型有关的问题在 VAR 模型中都不存在。第三,模型中包含了较多的变量,待估参数较多,当样本容量较小时,多数参数的估计量误差较大。

向量自回归(vector auto regressive, VAR)模型能够刻画变量间的动态影响。含有 k 个变量的 p 阶 VAR(p)的标准形式表示如下:

$$y_t = \alpha + A_1 Y_{t-1} + \cdots + A_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (t=1, 2, \cdots, T) \quad (1.1)$$

其中

$$Y_{t-i} = \begin{bmatrix} y_{1t-i} \\ y_{2t-i} \\ \vdots \\ y_{kt-i} \end{bmatrix}, A_i = \begin{bmatrix} a_{11}(i) & a_{12}(i) & \cdots & a_{1p}(i) \\ a_{21}(i) & a_{22}(i) & \cdots & a_{2p}(i) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{k1}(i) & a_{k2}(i) & \cdots & a_{kp}(i) \end{bmatrix}, i=1, 2, \cdots, p;$$

$$\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_{10} \\ \alpha_{20} \\ \vdots \\ \alpha_{p0} \end{bmatrix}, \epsilon_t = \begin{bmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \\ \vdots \\ \epsilon_{pt} \end{bmatrix}$$

其中, Y_t 是所关注的 k 维内生变量向量, p 为内生变量的滞后阶数, A_i 是 Y_{t-i} 对应的内生变量滞后项的自回归系数。 ϵ_i 为随机扰动项, 设定为均值为 0 的独立白噪声过程, 即 $\epsilon_{it} \sim i. i. d(0, \sigma_i^2)$ 。一般情况下, 不同方程的扰动项 ϵ_{it} 和 ϵ_{jt} 存在协相关关系, 但不存在自相关关系, 即其方差-协方差矩阵 Ω 为正定矩阵:

$$\Omega = E \left(\begin{bmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \\ \vdots \\ \epsilon_{kt} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{1t} & \epsilon_{2t} & \cdots & \epsilon_{kt} \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1k} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sigma_{k1} & \sigma_{k2} & \cdots & \sigma_k^2 \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

式中, $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ ($i, j = 1, 2, \dots, k$)。

式(1.1)可以写成滞后算子的形式:

$$A(L)Y_t = \epsilon_t \quad (1.3)$$

其中, $A(L) = I_k - A_1L - A_2L^2 - \cdots - A_pL^p$ 。

如果行列式 $\det[A(L)]$ 的根都在单位圆外, 则式(1.1)为平稳过程, 式(1.3)满足可逆性条件, 可以将其表示为无穷阶的向量移动平均形式(VMA(∞)):

$$Y_t = C(L)\epsilon_t \quad (1.4)$$

其中, $C(L) = A(L)^{-1}$, $C(L) = C_0 + C_1L + C_2L^2 + \cdots$, $C_0 = I_k$ 。

简约 VAR 模型式(1.1)的解释变量中不包含任何当期变量, 因此 VAR 系统中的每一个方程都可以用普通最小二乘法(OLS)单独进行估计, 其参数估计量具有一致性和有效性。同时可以得到扰动项的协方差矩阵 Ω 中的 $(k^2 + k)/2$ 个参数, 即为

$$\tilde{\Omega} = \frac{1}{T} \sum \tilde{\epsilon}_t \tilde{\epsilon}_t' \quad (1.5)$$

其中, $\tilde{\epsilon}_t = Y_t - \tilde{A}_1 Y_{t-1} - \cdots - \tilde{A}_p Y_{t-p}$ 。当 VAR 参数估计出来后, 根据 $A(L)C$

$(L)=I_k$ 可以得到相应 VMA(∞)模型的参数估计。

在 VAR 建模过程中,一个需要注意的重要问题就是 VAR 模型的每一个变量都必须具有平稳性。如果内生变量 Y_t 是平稳的,则系数可以进行 OLS 估计,方差也可以计算出来。如果 Y_t 中的全部或部分变量含有单位根,直接运用 OLS 估计残差可能是非平稳的,这样会产生伪回归问题。此时,应检验这些非平稳变量之间是否存在协整关系,如果存在协整关系,可以直接建立 VAR 模型,否则需要对非平稳变量进行差分,然后再对差分变量建立 VAR。

而对于 VAR 模型的估计,一个重要问题就是正确确定滞后期 p 。一方面,如果滞后期太少,会导致误差项的自相关性比较严重,不能充分利用所构造模型的变量信息,并导致参数的非一致性估计。而另一方面,滞后阶数过大,会导致自由度减小,直接影响模型参数估计量的有效性。此时,应该通过 LR 统计量、赤池信息准则(AIC)、施瓦茨准则(SC)等方式确定最佳滞后阶数。

(2)结构 VAR 模型

在 VAR 模型的一般形式中内生变量仅仅出现在方程的右边,所以不存在同期相关性问题,变量间同期相关关系(内生性)隐藏在误差项的相关结构中。一般意义上的 VAR 模型是一种联立方程的模型的简约式,且存在参数过多的缺点,为减少参数需要对其施加约束条件,一般采用其对应的结构形式(SVAR)可以得到较好的效果。

$$B_0 Y_t = \alpha + B_1 Y_{t-1} + \dots + B_p Y_{t-p} + \mu_t \quad (t=1, 2, \dots, T) \quad (1.6)$$

其中, B_0 是一个非奇异矩阵,且反映了变量间的同期相关。 μ_t 为结构型冲击扰动项, $\mu_{it} \sim i. i. d(0, \sigma_i^2)$, 因其变量间即期关系和动态影响都得到了反映,故其协方差矩阵 Σ 为对角矩阵。

类似,式(1.6)也可以写成滞后算子的形式

$$B(L)Y_t = \mu_t, E(\mu_t \mu_t') = I_k \quad (1.7)$$

其中, $B(L) = B_0 - B_1 L - B_2 L^2 - \dots - B_p L^p$, $B(L)$ 是滞后算子 L 的 $k \times k$ 的参数矩阵, $B_0 \neq I_k$ 。

不失一般性,式(1.6)假定结构是误差项 μ_t 的方差-协方差矩阵标准化为单位矩阵 I_k 。如果矩阵多项式 $B(L)$ 可逆,可以表示出结构 VAR 的无穷阶的