

- 当代财经管理名著译库
- DSGE经典译丛

[英] 格里·库普 (Gary Koop)
迪米特里斯·克罗比利斯 (Dimitris Korobilis) 著

李力 郝大鹏 王博 译
王博 李力 校

实证宏观经济学

贝叶斯多元时间序列方法

Bayesian Multivariate Time Series
Methods for Empirical Macroeconomics



东北财经大学出版社
Dongbei University of Finance & Economics Press

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

- 当代财经管理名著译库
- DSGE经典译丛

[英] 格里·库普 (Gary Koop)
迪米特里斯·克罗比利斯 (Dimitris Korobilis)

著

李力 郝大鹏 王博 译
王博 李力 校

实证宏观经济学

贝叶斯多元时间序列方法

Bayesian Multivariate Time Series
Methods for Empirical Macroeconomics



FE 东北财经大学出版社
Dongbei University of Finance & Economics Press
大连

辽宁省版权局著作权合同登记号：06-2018-63

Bayesian Multivariate Time Series Methods for Empirical Macroeconomics by Gary Koop and Dimitris Korobilis

© 2018. Authorized translation of the English edition © 2010 Now Publishers, Inc. This translation is published and sold by permission of Now Publishers, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same

图书在版编目 (CIP) 数据

实证宏观经济学：贝叶斯多元时间序列方法 / (英) 格里·库普 (Gary Koop), (英) 迪米特里·克罗比利斯 (Dimitris Korobilis) 著; 李力等译. —大连: 东北财经大学出版社, 2018.5
(DSGE 经典译丛)

ISBN 978-7-5654-3126-5

I. 实… II. ①格… ②迪… ③李… III. 贝叶斯方法-应用-宏观经济学-研究 IV. ①F015
②F222.1

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第068123号

东北财经大学出版社出版发行

大连市黑石礁尖山街217号 邮政编码 116025

网 址: <http://www.dufep.cn>

读者信箱: dufep@dufe.edu.cn

大连图腾彩色印刷有限公司印刷

幅面尺寸: 170mm×240mm 字数: 98千字 印张: 8.5

2018年5月第1版 2018年5月第1次印刷

责任编辑: 李 季 刘 佳 责任校对: 刘东威

封面设计: 张智波 版式设计: 钟福建

定价: 40.00元

教学支持 售后服务 联系电话: (0411) 84710309

版权所有 侵权必究 举报电话: (0411) 84710523

如有印装质量问题, 请联系营销部: (0411) 84710711

《DSGE 经典译丛》编委会

戴瀚程 段鹏飞 范 英 冯文成 何 晖 黄 涛 李 冰
刘 宇 王 博 王 克 王文甫 吴振宇 向国成 徐占东
许志伟 杨 波 闫先东 张同斌

内容简介

宏观经济学的实证研究者经常使用多变量时间序列模型。例如，VAR模型、因子增广型VAR模型以及这些模型的时变参数形式（包括具有多元随机波动率的变体形式）。这些模型有大量的参数，因此可能会出现过度参数化问题。贝叶斯方法已成为解决这一问题越来越普遍的手段之一。在本书中，我们将讨论VAR模型、因子增广型VAR模型和这些模型时变参数的扩展形式，并展示在这些模型中贝叶斯推断是如何进行的。除了最简单的VAR模型外，贝叶斯推断需要使用为状态空间模型开发的马尔科夫链蒙特卡洛模拟方法，在本书中，我们将具体介绍这些算法。本书重点面向宏观经济学的实证研究者，并就如何在实证中使用这些模型和方法等方面为其提供建议和实证示例。本书的相关网站提供了在这些模型中实施贝叶斯推断的Matlab代码。

译者序

本书介绍了贝叶斯方法在VAR模型、状态空间模型、随机波动率模型、动态因子模型、TVP-VAR模型、FAVAR模型、TVP-FAVAR模型等主流实证宏观模型中的应用，既涵盖模型先验分布的选取，对于吉布斯抽样等马尔科夫链蒙特卡洛模拟方法（MCMC）也有不同程度的论述。该书简明扼要，又不失深度，既可供实证宏观领域的研究者参考使用，也可作为高年级本科生和研究生学习高级宏观和时间序列分析等课程的技术手册。

本书作者之一Koop是宏观计量领域的权威。我和郝大鹏最初接触Koop的论文是在“二主”的时候。那时，我们还很年轻，不懂这么多模型的套路，我在南开，他在天大，双修金融。他课下常和我讨论Koop1996年发表在JoE期刊上的那篇文章，当时的“二主”学霸云集，教室里总是没座，我们只能在B201门口的座椅上仰望星空，兴致盎然之际感叹Koop论文之精妙。谈笑风生之间深谙宏观理论之艰辛，从此挣扎于计量模型的泥潭，入戏太深，画面太美，不忍卒观。永远的八里台，抹不去的天南街，最念念不忘的还是水上公园那家湘芙蓉菜馆。后来他家诸多菜品我都能脱口而出，如数家珍，连服务员也为之拍案叫绝。也正是在这些看似优雅，实则尬聊的饭局里，我们对Koop的方法有了更深刻的认识；在那些觥筹交错、海阔天空的闲谈中，我们逐步萌生了翻译Koop著作的念头，目的是让更多读者了解贝叶斯方法在实证中的最新进展，并将其应用于中国问题的研究。本书翻译的

分工如下：第1~3章由郝大鹏翻译；第4~6章由我翻译；附录部分由我和郝大鹏共同完成；最后由南开大学金融学院的王博老师负责校对。

本书翻译工作的完成有赖于众多人士的关心与支持。首先感谢东北财经大学出版社，感谢责任编辑李季女士和刘佳女士的认真负责。感谢北京大学，感谢光华管理学院给博士生提供了前沿的学术平台、浓厚的科研氛围和丰富的科研资源，让人能静心读书，安心思考。在本书的翻译过程中，光华管理学院的刘力老师、刘晓蕾老师、王亚平老师给予了我们鼓励与支持，在此也一并表示感谢！感谢南开大学王博老师和赵娜老师，这两位老师不仅学术上给予我们诸多指点，生活中也给予我们无微不至的关怀。当然也应当感谢母校四年的培养和熏陶，无论身在何处，当记得渤海之滨有学府北辰，白河之津有巍巍南开；无论走到哪里，当以公之襟怀、能之操守作为行动指南！

囿于水平，我们对于前沿宏观经济学和计量经济学的理解还十分肤浅，在翻译过程中难免存在一些错误之处，恳请广大读者批评斧正！

译 者

2017年12月于北大畅春园

前言

贝叶斯计量经济学过去几十年间在经济学的许多领域都取得了巨大的飞跃，但是在宏观经济学中的应用是最为成功的。本书介绍了许多在现代实证宏观经济学中常用的主要模型，由于贝叶斯方法能解决这些模型中的超参数问题，因此贝叶斯方法已经变得非常普遍。随着大数据时代的到来，宏观经济学家将处理越来越大的数据集。贝叶斯方法的优势变得越来越明显，并且这种优势在未来将继续保持。因此，我们相信本书在很多年后依然实用。

我们在撰写本书时集中探讨了多元时间序列模型，这是因为宏观经济学家有兴趣研究的问题实际上大多是多变量模型，涉及不同变量之间关系的讨论。向量自回归模型（VAR模型）是这些模型中最常见的一种，VAR模型在本书也将占据主要地位，但是宏观经济变量经常表现出结构不稳定和参数改变的特征，无论是条件均值还是条件方差的参数都可能随时间而改变，而VAR模型则无法反映这种结构变化。因此，VAR模型在实证应用中往往需要进行拓展。允许VAR模型中的参数发生改变的方法有很多种，本书我们将重点介绍能用状态空间模型方法处理的参数改变形式，这也导致带有随机波动率的TVP-VAR模型的诞生。之所以选择TVP-VAR模型是因为它在处理参数变化问题中的灵活性和普遍性，当然也有基于计算方面的考虑。在TVP-VAR模型以及状态空间模型中，有很多常见且易于使用的贝叶斯工具可以帮助我们进行后验和预测模拟，熟悉这些工具的读者可以在TVP-VAR模型（和一

系列其他模型) 中进行贝叶斯推断和预测。

宏观经济学中常见的另一类多元时间序列模型是动态随机一般均衡(DSGE)模型。DSGE模型通常使用贝叶斯方法来估计,并且严格地基于宏观经济学理论。我们在本书没有涵盖DSGE模型是为了专注于计量经济学问题而不是经济理论。关于DSGE模型的贝叶斯估计还有许多其他优秀的著作,包括Edward Herbst和Frank Schorfheide的《DSGE模型的贝叶斯估计》以及Fabio Canova的《应用宏观经济学研究方法》。

我们撰写本书的目的是面向那些对宏观模型感兴趣并在实证中使用它们的宏观经济学应用研究者。因此,本书很少涉及理论和证明,而是描述每个模型的特点,并展示如何在实践中运用贝叶斯后验模拟方法来进行估计和预测。我们创建了一个包含本书所涉及模型Matlab代码的官网。近年来,许多研究者和博士们都利用这些代码来帮助他们提升贝叶斯编程能力。我们希望通过本书的中文翻译版本和相关的Matlab代码来帮助广大的中国学生和学者们提升他们贝叶斯计量经济学的建模能力,特别是那些在宏观经济学中越来越普及的模型。

我们非常感谢北京大学光华管理学院的李力博士及另两位译者为翻译本书所做的努力与付出,希望更多的中国读者能喜欢本书。

格里·库普

迪米特里斯·克罗比利斯

目 录

第1章 引 言	1
第2章 贝叶斯VAR模型	6
2.1 简介和符号	6
2.2 先验分布	8
2.3 实证示例：VAR模型的预测	32
第3章 贝叶斯状态空间模型和随机波动率	37
3.1 简介和符号	37
3.2 正态线性状态空间模型	38
3.3 非线性状态空间模型	43
第4章 TVP-VAR模型	54
4.1 同方差TVP-VAR模型	55
4.2 带有随机波动率TVP-VAR模型	67
第5章 因子模型	70
5.1 介 绍	71
5.2 动态因子模型	72
5.3 因子增广型VAR模型（FAVAR模型）	77
5.4 TVP-FAVAR模型	80
5.5 因子模型的实证示例	81

第6章 结 论 87

附录 A 88

附录 B 90

附录 C 98

附录 D 105

参考文献 116

译后记 122

引 言

本书的目的是为众多现代实证宏观经济学模型中所使用到的贝叶斯方法提供一个综述。实证宏观经济学的大部分问题涉及多个变量，因而必须使用多元时间序列方法来处理。为了解决这一现实问题，众多实证宏观经济学模型应运而生。许多不同的多元时间序列模型已经应用于宏观经济学中，但自从 Sims（1980）的开创性工作以来，向量自回归模型（VAR 模型）已成为其中最受欢迎的一种。在许多实证应用中，假定 VAR 模型的系数不随时间发生变化可能会使模型的表现比较差。例如，在实证中普遍认为 20 世纪 60 年代和 70 年代的宏观经济运行状况不同于 20 世纪 80 年代和 90 年代。这促进了学者们在 VAR 模型中加入时变系数的研究兴趣，时变参数的 VAR 模型（TVP-VAR 模型）随之兴起。另外，在 20 世纪 80 年代许多发达经济体众多宏观经济变量的波动率在下降。商业周期的“大缓和”引起了越来越多的学者关注如何在多元时间序列模型中适当构建误差协方差矩阵，并且促使其在实证论文中纳入多元随机波动率。在 2008 年，众多经济体陷入衰退，许多相关的政策研究表明 VAR 模型中的参数可能又一次发生改变。

宏观经济数据集通常包含月度、季度或者年度观测值，因此其规模只能算中等。但VAR模型有大量的系数需要估计，特别是当因变量超过两个或者三个时（合理构建含有众多宏观经济关系的模型所要求的变量数目）。允许VAR模型的系数时变会造成系数激增，而只允许误差协方差矩阵随时间发生变化也会增加对过度参数化的担忧。宏观经济学家们面临的研究挑战是如何构建足够灵活的模型以使得其与实证现象尽可能相关，既能捕捉到诸如“大缓和”时代的一些关键宏观数据的特征，同时也不至于引起严重的过度参数化问题。许多方法已经被提出，但大多数方法的共同主题是缩减。不管是预测还是估计，缩减法被认为对降低过度参数化问题特别有效。这种缩减法或者是对参数的形式施加约束或者是将它们缩减至零。这也使得贝叶斯方法的运用开始大量增加，这是因为贝叶斯方法的先验信息^①提供了一种逻辑和形式上一致的引入缩减技术的方式。此外，实施高维多元时间序列模型贝叶斯估计所需要的计算工具已经发展得比较完善。因此，10年或20年前可能难以估计或者不可能估计的模型现在已经被宏观经济学家广泛采用。

由于数据可得性的增加，一些相关的模型以及伴随而来的对模型过度参数化问题的担忧已经开始出现。宏观经济学家可能会处理政府统计机关和其他政策机构收集的数百种不同的时间序列变量。构建一个包含数百个时间序列变量的模型（每个变量至多有几百个观测值）是一项艰巨的任务，这会引起潜在的参数激增问题，也使得使用缩减法或其他方法来降低模型维度变得

^① 先验信息可以是完全主观的。然而，如下面所讨论的，经验贝叶斯或分层先验分布经常被宏观经济学家所使用。例如，在一个状态空间模型中状态方程可以被解释为一个分层先验分布。但是当相对于参数的数目来说我们的数据信息有限时，先验信息的作用变得愈发重要。在这种情况下，应更加小心地引入先验。

非常必要。将数百个变量的信息简化为几个因子变量的因子分析方法成为解决这一问题的常用手段。将因子分析法和VAR模型结合可形成因子增广型VAR模型(FAVAR模型)。然而,正如VAR模型一样,我们也需要允许参数是时变的,这便引起了大家对于TVP-FAVAR模型的兴趣。同样,与其他模型中的原因一样,贝叶斯方法在TVP-VAR模型中也十分普遍,因为贝叶斯先验提供了合理的方式来避免过度参数化问题,且处理这些模型的贝叶斯计算方法已经发展得很完善。

在本书中,我们将重点整理、介绍和拓展与VAR模型、TVP-VAR模型和TVP-FAVAR模型中贝叶斯方法相关的文献,重点面向实证研究者。我们不仅仅是简单地定义每个模型,而是具体说明如何在实证中运用这些模型,讨论每个模型的优缺点,并提供每个模型什么时候使用以及为什么被使用的一些小技巧。另外,我们还讨论了关于TVP-VAR模型的一些最新的建模方法。本书的相关网站含有本书中所有模型的贝叶斯估计的Matlab程序。贝叶斯推断常常涉及马尔科夫链蒙特卡洛模拟(MCMC)后验模拟方法的使用,例如吉布斯抽样。在本书,我们提供了大部分模型MCMC算法的完整细节。然而,在某些情形下,我们只提供MCMC算法的一个概要。本书相关网站的使用手册中包含所有算法的完整细节。

实证宏观经济学是一个很广阔的领域,而VAR模型、TVP-VAR模型和因子模型只是这个领域中重要工具的一部分而已,简单提及一些本书没有涵盖的工具是有意义的。本书几乎没有涉及宏观经济学的基本理论以及如何将其引入到经济建模中去。例如,动态随机一般均衡(DSGE)模型的贝叶斯估计非常普遍。在本书,没有讨论DSGE模型(参见An和Schorfheide, 2007, 或Del Negro和Schorfheide, 2010, 提出的关于DSGE

贝叶斯方法的精彩处理；Chib 和 Ramamurthy, 2010, 提供了在 DSGE 模型计算方面最新的重大进展)。此外, 为了更好地进行政策分析, 宏观经济学理论常常通过提供一些标准的识别假设, 将简约式的 VAR 模型转变为结构 VAR 模型。虽然在我们的实证例子中会使用标准的识别假设, 并从结构 VAR 模型中得到脉冲响应函数, 但我们不会讨论结构 VAR 模型。

同时, 还有大量文献涉及通常可能被称为体制转换的模型。例如, 马尔科夫转换 VAR 模型、门限 VAR 模型、平滑转换 VAR 模型和上下限 VAR 模型等。尽管这些模型很重要, 但我们不会讨论这些模型。

本书的余下部分结构如下: 第 2 章提供一些关于 VAR 模型的讨论。一方面会介绍一些缩减先验分布类型 (例如明尼苏达先验分布); 另一方面也会介绍有关在宏观经济学具体应用中如何寻找实证上合理约束的一些方法 (如随机搜寻变量选择方法, 即 SSVS 方法) 以及相关的基本结论。我们的目的是将这些在 VAR 模型中使用的基本方法和先验分布扩展到时变参数的情形中。然而, 在考虑这些扩展形式之前, 第 3 章将讨论在状态空间模型中使用 MCMC 方法的贝叶斯推断。我们之所以这么做, 是因为 TVP-VAR 模型 (包含多元随机波动率的变体形式) 也是状态空间模型, 并且对于实证研究者来说, 在构建 TVP-VAR 模型之前, 熟练掌握状态空间模型中的贝叶斯计算工具是非常重要的。第 4 章我们将讨论 TVP-VAR 模型的贝叶斯推断, 包含将明尼苏达先验分布或 SSVS 方法与标准 TVP-VAR 模型结合的变体形式。第 5 章讨论因子分析法, 在构建因子增广型 VAR 模型 (FAVAR 模型) 和 TVP-FAVAR 模型之前, 我们首先讨论动态因子模型。在本书, 我们将使用一些实证范例, 且构建这些例子的 Matlab 程序 (或者更一般地说, 在 VAR

模型、TVP-VAR模型和TVP-FAVAR模型中实施贝叶斯推断的程序), 其在本书的相关网站^①中可获得。

① 这个网站的地址是: http://personal.strath.ac.uk/gary.koop/bayes_matlab_code_by_koop_and_korobilis.html。(目前已经失效, 新的下载网址 <https://sites.google.com/site/garykoop/home/computer-code-2>, 译者注)。

贝叶斯VAR模型

2.1 简介和符号

VAR模型可以表示为：

$$y_t = a_0 + \sum_{j=1}^p A_j y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2-1)$$

其中， y_t ($t=1, \dots, T$) 是一个包含 M 个时间序列变量观测值的 $M \times 1$ 的向量， ε_t 是误差项构成的 $M \times 1$ 的向量， a_0 是截距项构成的 $M \times 1$ 的向量， A_j 是一个 $M \times M$ 的系数矩阵。我们假设 ε_t 服从独立同分布的正态分布 $N(0, \Sigma)$ 。外生变量或者其他确定性项（如确定趋势项或季节项）可以很容易地加入到VAR模型中来，在接下来几章的各种VAR模型的拓展形式中也很容易加入这些变量，但是为了保持符号尽可能的简洁，我们暂时不加入。

根据具体做法的不同，VAR模型可以写成不同的矩阵形式。一些文献使用多元正态表示结果，而其他文献使用矩阵变量的正态分布表示结果（参见 Canova, 2007；Kadiyala 和 Karlsson, 1997）。如果我们使用 $MT \times 1$ 的向量 y 将第一个因变量所有 T 期观测值堆叠成一列，然后再将第二个因变量的所有