

 国家“十一五”重点规划图书——当代生态经济译库（二）

Robert Costanza Alexey Voinov 编著

徐中民 焦文献 谢永成 王新华 译校

景观模拟模型

——
空间显式的动态方法



黄河水利出版社

国家“十一五”重点规划图书——当代生态经济译库(二)

景观模拟模型

——空间显式的动态方法

Robert Costanza 编著
Alexey Voinov

徐中民 焦文献 译校
谢永成 王新华

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

景观模拟模型——空间显式的动态方法/(美)科斯坦萨
(Costanza, R.)等编著;徐中民等译校. —郑州:黄河水利出版
社,2006.12

(当代生态经济译库(二))

国家“十一五”重点规划图书

书名原文:Landscape Simulation Modeling—A Spatially Ex-
plicit Dynamic Approach

ISBN 7-80734-162-9

I. 景… II. ①科…②徐… III. 景观—模型—研究
IV. TU-856

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 148839 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022620

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787mm×1 092mm 1/16

印张:17.75

插页:1

字数:410 千字

印数:1—2 000

版次:2006 年 12 月第 1 版

印次:2006 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80734-162-9/TU·76

定价:39.00 元

著作权合同登记号:图字 16-2006-29

出版前言

当人类跨入 21 世纪的时候,科学研究的方式发生了很大的变化,已经进入了多学科交叉和团队协作研究来解决全球性重大问题(如全球变暖、生物多样性损失、环境污染、水土流失等)的新时代。生态经济学作为一门倡导从最广泛的角度来理解生态系统与经济系统之间复杂关系的新兴交叉学科,最近十多年来得到了迅速的发展,其在可持续发展的定量衡量、环境政策和管理、生态系统服务评价、生态系统健康与人类健康、资源的可持续利用、集成评价和模拟、生活质量及财富和资源的分配等方面的研究取得了突破性进展,对理解和解决环境问题做出了巨大的贡献。

个人能否成才通常取决于智商、情商、健商和机遇等许多因素,其中健商最为重要,“一个人做对的事情比做对事情更重要”指的就是一个人要有健商。一门学科的发展与此有许多相似之处。我国西北地区经济发展落后,生态与环境脆弱,从生态经济的角度来理解环境问题的病因、探询生态系统与经济系统和谐发展的机制、找寻积极而有效的行动对策措施,无疑是正确的方向。在知识创新和文化创新的背景下,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所与兰州大学、西北师范大学等高等院校的一批对生态经济问题有浓厚兴趣的青年科研人员自发组织成立了一个学习型生态经济研究小组。该团队以五项修炼(自我超越、改善心智模式、建立共同愿景、团体学习和系统思考)为加强自身个人修养的要旨,目标是为解决西北地区突出的生态经济问题做出自己的贡献。这说明生态经济学科在西北的发展已经具备“智商”、“情商”和“健商”的基础,所缺的只是“机遇”。在西部做事比东部难、机遇少是当前不争的事实,但要认识到机遇只垂青于有准备的头脑,我们需要创造条件,等待机会。切莫在机遇到来时,因自身条件限制而不能抓住,空悲叹。

如何创造条件?科研有它自己的规律,讲求厚积而薄发,“十年铸一剑”。任何学科的进步,都是靠一代又一代人的积累。没有旧知识的积累,就不会有新知识的拓展。对我国生态经济的发展而言,现阶段的任务主要是学习国际上的“开山斧法”。由于我国目前生态经济学科发展与国际前沿存在较大差距,要想顺利通过面前的“文献山”,跟上国际前沿,找到国际上生态经济研究的“开山斧”著作,并将它翻译介绍进国内,是一种很好的厚积斧头的方式。

当然我们不能仅满足于掌握国际上的“开山斧法”,我们的最终目的是拥有自己的“开山斧法”,也就是要做出自己的创新成果。从现阶段的情况来看,要开创自己的“开山斧法”困难重重,但只要大家能静下心来,好好演练国际上生态经济研究的“开山斧法”,并以“十年铸一剑”的毅力和勇气,持之以恒,在不久的将来定能拥有自己的“开山斧法”。

为了全面、系统地总结当代生态经济研究的全貌和进展,带动国内生态经济领域的研究,提升我国生态经济学科的研究能力,我们与黄河水利出版社协商决定出版“当代生态经济系列丛书”,主要包括两个子系列:①当代生态经济译库,主要翻译国际上生态经济研究方面的“开山斧”著作;②当代生态经济文库,主要反映自己的研究成果。希望通过大家坚持不懈的努力,近期内能在研究范围、研究内容、研究方法和手段等方面跟上世界生态经济研究的前沿,甚至能在一些方面结出自己的思想之果,引领风骚。

春风拂柳,抚昔追远,迎着朝晖,充满希望。

我和大家一起瞻望中国生态经济研究的未来!



2006.10.16

译 序

当人类进入新世纪的时候,几乎所有的人都已经意识到社会面临的主要全球环境问题,例如温室气体排放、全球变暖、生物多样性的损失、酸雨、主要营养物质在全球循环中的扰动等。由于这些问题与人类活动交织在一起,因而复杂难解。要科学地解决以上问题,必须从生态经济集成的角度考虑人类活动与环境问题之间的交互作用。

美国 Vermont 大学 Gund 生态经济研究所的 Robert Costanza 和 Alexey Voinov 编著了《景观模拟模型——空间显式的动态方法》一书。该书为开展生态经济的集成研究,以及对于理解人类活动与环境问题之间的复杂交互作用提供了新思路和新方法。书中介绍的空间建模环境(SME)是一个高性能的空间模型集成环境,它可以把在 STELLA 软件中建立的单元模型连接起来,实现单元模型向空间模型的转换,从而建立空间显式的模拟模型。SME 支持模块化的建模工作,科研人员可以有选择地应用归档在水文生态模块库(LHEM)中的模块,并可以根据自己的需求开发新的模块或新的空间算法,从而减轻了“重新做轮子”的问题并降低了建立复杂模型所面临的困难。

Patuxent 景观模型(PLM)是本书介绍的一个典型生态经济集成模型,借鉴该模型的经验和方法,通过建立黑河流域的生态经济集成模型,来了解黑河流域生态经济系统之间的复杂相互作用以及水资源短缺对于该流域生态环境建设和经济发展的限制作用,是中国科学院寒区旱区环境与工程研究所生态经济研究小组能力建设的主要方向。因此,理解并灵活运用复杂生态经济集成模型建立的过程和技术是我们能力建设的核心基础性工作,这是我们选择翻译生态经济集成模型方面文献的原因。

本书第1~3章由徐中民翻译初稿,第4章由徐中民和焦文献翻译初稿,第5、6、8章由焦文献翻译初稿,第7、9、10章由谢永成翻译初稿,第11、12章由王新华翻译初稿。徐中民校订了第1~4章和第6、8章的二稿和三稿,焦文献校订了第5、7章和第9~12章的二稿和三稿。三稿完成后,马静和黄茹莉分别阅读了书稿并修订了其中的一些错误。全书最后由徐中民、焦文献、马静和黄茹莉讨论定稿。值得一提的是,本书三稿的校订是在中国生态系统研究网络临泽内陆河流域综合研究站完成的,得到了赵文智站长、张智慧副站长及站上所有工作人员的大力支持,在此表示感谢。需要特别感谢的是本书作者 Alexey Voinov,他于2005年7月应邀访问了寒区旱区环境与工程研究所并对黑河流域进行了考察,为寒旱所生态经济小组的能力建设提供了极大的帮助。另外,在本书翻译过程中, Alexey Voinov 在百忙之中耐心地帮助我们解决了许多疑难问题。本书的出版得到了国

家自然科学基金重点项目“环境变化条件下干旱区内陆河流域水资源可持续利用研究”(No.40235053)、黑河流域交叉集成研究的模型开发和模拟环境建设以及甘肃省重点学科生态经济学的资助,在此一并致谢。

虽然本书译者确有精益求精的精神,但因学识水平有限,错误难免,敬请读者指正。

衷心希望对生态经济集成模型有兴趣的读者阅读本书后能有所收获!

译 者

2006 年 10 月

序

Some 15 years ago it was estimated that per capita, Americans, compared to Chinese, produced 10 times as much CO₂, used 600 times as many cars, and consumed 13 times as much energy. Today these numbers are history. Over the past decade the World has been holding its breath while watching in awe how China was becoming a leading industrial power and a major geopolitical player. Almost one third of the World population is making quick progress towards the American lifestyle and levels of consumption. More families are moving into huge mansions, driving SUVs, mowing their lawns, and looking forward to a luxury lifestyle well known from Hollywood movies. Car sales in China are nearly doubling every year. The economy is booming. The majority of the society appreciates the changes and is eager for higher consumption rates. The Chinese dream is not any different than the American one.

However China is making its leap to economic prosperity in quite different conditions than the ones that the Western countries were enjoying at their time. The World has changed quite dramatically. After a century of shameless exploitation by the developed countries, the biosphere is no longer the same. We are seeing results of the vast damage that we have done to the natural resources. Oil extraction that has been driving the economic boom in the West is about to peak (if not already), and will then steadily decline, leaving a larger part of the growing demand unmatched. The climate has been altered by vast quantities of greenhouse gases produced by humans burning the fossil fuels. We are seeing more extreme conditions, more storms, more floods, more hurricanes, more draughts. The biosphere is reaching its capacity to absorb pollution. We are already paying for the waste and toxics carelessly disposed of by previous generations. We are running out of clean water.

To become a new economic superpower under such conditions is a great challenge. China is already the second largest energy consumer in the world. In less than two decades it will leave USA behind in the amount of pollution produced. The environmental problems in the country are vast and growing: erosion, lack of clean water, sand storms, to name a few. The Chinese environmental problems expand well beyond the borders of the country. In a way, one of the worst nightmares of environmentalists is now coming true. China's footprint is expanding much faster than its population is declining. We do not have another 2~3 planets Earth to provide the 1.3 billion of Chinese people with the American lifestyle they strive for.

Fortunately there is a growing understanding in China that the conventional, business-as-usual path to economic prosperity leads to a dead end on our sick planet. There are

groups and organizations, like the CAREERI research center in the Chinese Academy of Science, and there are the talented and motivated scientists like Dr. Xu Zhongmin, Dr. Long Aihua, Dr. Wang Xinhua, Dr. Xie YongCheng and Academician Cheng, who are promoting new visions of the future, new alternatives for a rich and prosperous life based on careful accounting for natural resources, based on the priority of knowledge consumption over consumption of material goods. These scientists are working hard to bring the best – known methods and theories to China and further develop them carefully incorporating the Chinese specifics, its unique culture and history.

I am very proud that this book is translated to Chinese and hope that it will help our Chinese colleagues fix their environmental problems. We have not been very successful in the West taking care of our environment. The best thing we learned is how to export our problems to other countries or pass them on to future generations, never being able to really fix them, to move away from the devastating consumerism, to find different priorities that would keep us in harmony with nature. Hopefully the Chinese people will succeed and will build their economic superpower based on different principles, becoming the first ecological economic superpower, and leading the rest of the world to a different, sustainable world order.



Alexey Voinov

Gund Institute for Ecological Economics
& Computer Science Department
University of Vermont.

前 言

模型是对现实世界的一种抽象和简化。在日常生活中,当建立心理、图形、文本或者其他的现实模型时,都有意或无意使用它作为一种分析工具。计算机出现后,人们学会了利用它来提高模拟周围世界的能力。随着计算机越来越精巧,功能越来越强大,开发的软件越来越精妙,在模型中可以考虑的复杂性也越来越多。

最近十多年才出现分析大尺度现实生态系统的空间动态模型。伴随着空间数据库(即地理信息系统)的广泛使用,构造生态系统动态空间模型的需要越来越明显。即使不是大部分,也有很多涉及环境的管理决策影响景观及其时空演替,而且这些管理决策也受景观及其时空演替的影响。本书的读者将体会到空间动态模拟模型科学的巨大进步。空间建模环境(SME)是一个开源代码的软件包,使用它和其他一些软件一起可以建立、运行、分析和呈现生态系统、流域、人口及景观的空间模型。本书将介绍空间建模的整个过程,从概念设计入手,然后是正式的执行和分析,最后是解释和呈现结果。大量的应用案例将有助于辨明建模者应该意识到并应该尽量避免的一些含糊不清的地方和问题。

本书对建模者尤其是空间建模的学生和研究人员将非常有用。它提供的思想和软件工具将对系统局部动态的理解转化到空间上。今天空间模型能做什么,不能做什么,在空间动态预测中如何处理不确定性和不足,对想了解这些情况的管理者和决策者而言,本书也将非常有用。

第一部分阐述了空间显式的建模方法和理论。介绍了空间建模环境,演示了如何用它构建简单的模型。同时提供了一个基本模块集合,可以用它直接构建某些景观模型。最后探讨了模型校准和分析的问题。

第二部分是关于模型框架的实际应用,回答的问题都是紧迫的环境和社会经济问题。密西西比三角洲 Barataria 和 Terrebonne 盆地不同的气候与管理计划有什么影响?海平面上升有怎样的影响?伊利诺斯州狐狸狂犬病的动态传播模式是什么?可能的疾病控制策略是什么?营养物质荷载增加与土地利用变化如何影响 Patuxent 河和 Chesapeake 海湾的水质?最好的恢复和缓解措施是什么?德克萨斯州中部 Fort Hood 军事训练场里的两种濒危雀形目动物——莺和绿鹃的灭绝概率是多少?在流域内种植什么作物才能在农业利润最大的同时对河道水质的损害最小?改变的水文条件和水质状况组合使 Everglades 的植物生态环境和其他生态特征退化到什么程度?重建 Everglades 需要做些什么?新罕布什尔州大海湾曾经茂盛的鳗草草地的未来会是怎样?Mojave 沙漠里的军事训练对濒危的沙漠龟和它的栖息地有何时空影响?

这些问题说明了包含在这些章节里的问题范围和地理区域。该书附带了一个光盘*,提供了在计算机上安装 SME 所需要的软件(SME 目前可在 UNIX、Linux 和 Windows 下运行;也可以在 Mac OS-X 的 Darwin 下安装)。其中以 Java 为基础的交互界面是个独立平台。此外,还收集了大部分章节的网页。这些网页详细描述了相应的项目,提供了彩图、动画和资料,可以方便读者更好地探究和想象模型在决策与管理中的可能应用。

Robert Costanza

Alexey Voinov

* 对光盘内容感兴趣的读者可直接与译者联系。

生态经济研究

生态经济学

生态经济学是一门从最广泛的角度研究生态系统和经济系统相互之间作用关系的新兴学科,其研究鼓励学科之间的交叉,倡导从新的观点,采用新的技术来理解和解决21世纪的环境问题。核心观点是人类社会系统是生态系统的子系统。

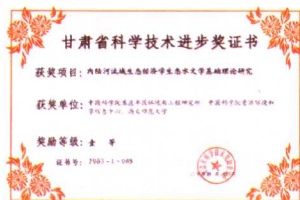
重点开展的研究方向

- 环境和经济综合账户
- 可持续发展的衡量
- 生态价值的研究
- 资源的可持续利用
- 流域生态经济模型
- 水资源管理决策支持系统

发展平台



主要成果



项目《内陆河流域生态经济学、生态水文学基础理论研究》获甘肃省科技进步一等奖一项,另获甘肃省科技进步二等奖两项,甘肃省科技成果三等奖一项。近年来,生态经济研究团队在SCI、SSCI上发表文章6篇,地理学报上发表8篇,其他核心期刊上发表文章83篇。



团队建设 学习型组织

在知识创新和文化创新的背景下,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、兰州大学和西北师范大学等高等院校的一批对生态经济问题有浓厚兴趣的青年科研人员自发组织成立的一个科研团队(学习型生态经济研究小组)。该团队的组建引进了国外先进的管理经验,期望通过自身不断进行五项修炼(自我超越、改善心智模式、建立共同愿景、团体学习和系统的思考),实现从组织学习向学习型组织的转变,从理论和方法上为解决我国西北干旱区内陆河流域突出的生态经济问题做出自己的贡献。

管理方法 人员组成

- | | |
|----------|------------|
| • 五项修炼 | • 中科院寒旱所 |
| • 自我超越 | • 西北师范大学 |
| • 改善心智模式 | • 博士: 6人 |
| • 建立共同愿景 | • 博士生: 9人 |
| • 团体学习 | • 硕士生: 11人 |
| • 系统的思考 | • 编辑: 2人 |



团队主要成员



两个字母E组成英文单词生态经济的缩写,上部红色的E代表经济发展,下部绿色的E代表生态环境,说明生态系统提供的资源和服务是经济发展的基础。

中间的3条曲线代表水资源,表明水是当今许多生态和经济问题的核心。

最外层绿色的圆代表整个地球生态系统,蕴涵生态经济学的核心思想:经济系统是生态系统的子系统。

整个画面造型像一个太极图,象征生态和经济系统的和谐以及人与自然的和谐。

设计者: 焦文献 唐增

前排左起: 潘护林、李玉文、马静、李玲、孙克、徐成琳、黄茹莉;
中排左起: 徐中民、唐增、钟方雷、程怀文、马忠、何栋材、焦文献;
后排左起: 尚海洋、刘海清、王思远、杜鹏、王康。

联系方式: 0931-4967115(Tel); jee@lzb.ac.cn (E-mail)

国家“十一五”重点规划图书——当代生态经济译库出版情况

2006 年出版

[1] 生态经济学:原理与应用。[Daly H.E., Farley J. Ecological economics: principles and application. 2004. Island Press]

[2] 景观模拟模型:空间显式的动态方法。[Costanza R., Voinov A., Landscape simulation Modeling. 2004. Springer-Verlag]

[3] 集成环境和经济核算。[Integrated Environmental and Economic Accounting: An Operational Manual. 2000. United Nations]

2007~2008 年拟出版

[1] 集成的流域管理。[Hooper B.P, Integrated River Basin Governance. 2005, IWA publishing]

[2] 生态经济:问题基础的学习手册。[Farley J., Erickson J.D., Daly H.E., Ecological Economics: A workbook for problem-based learning. 2005, Island Press]

[3] 生态经济中的可持续发展指标。[Lawn P., Sustainable Development indicators in Ecological Economics. 2006. Edward Elgar]

[4] 动态平衡:社会资本与社区的可持续发展。[Dale A., Onyx J.. A Dynamic balance: Social Capital and Sustainable Community Development. 2005. UBC press]

[5] 生态经济学中的模型。[Proops J., Safonov P.. Modelling in ecological economics. 2004. Edward Elgar]

[6] 文化理论。[Thompson M., Ellis R., Wildavsky A.. Cultural Theory. 1990. Westview Press]

目 录

出版前言

程国栋

译序

序(英)

前言

第一部分 理论和方法

第 1 章 引言:空间显式的景观模拟模型	(3)
1.1 为什么需要空间显式的景观模拟模型	(3)
1.2 空间显式的景观模拟模型的基本概念	(3)
1.3 水平通量	(5)
1.4 尺度转换	(6)
1.5 加总误差	(6)
1.6 等级	(7)
1.7 分形和混沌	(7)
1.8 分辨率和可预测性	(8)
1.9 复杂性	(9)
1.10 本书概况	(9)
1.11 未来的前景和挑战	(13)
参考文献	(15)
第 2 章 使用 SME 进行空间模拟	(18)
2.1 引言	(18)
2.2 在 SME 中开发模型	(19)
2.3 一个应用案例	(26)
2.4 结论	(34)
参考文献	(35)
第 3 章 模块化生态系统建模	(36)
3.1 引言	(36)
3.2 通常的协定	(38)
3.3 自然模块	(40)
3.4 水文模块	(40)
3.5 营养模块	(45)

3.6 植物	(49)
3.7 残余物	(54)
3.8 校准和测试运行	(55)
3.9 结论	(59)
参考文献	(61)
第4章 大型空间模型的校准:一个多阶段、多目标的最优化技术	(63)
4.1 引言	(63)
4.2 模型校准过程的重新评价	(65)
4.3 目标函数和模型的估计技术	(66)
4.4 模型性能指数(MPI)的形式	(68)
4.5 应用实例	(71)
4.6 空间校准	(80)
4.7 结论	(94)
参考文献	(94)

第二部分 案例研究

第5章 密西西比三角洲栖息地的变化:未来的情景和可供选择的办法	(99)
5.1 引言	(99)
5.2 研究区域	(101)
5.3 模型结构	(102)
5.4 模型校准和验证	(102)
5.5 未来情景	(106)
5.6 讨论	(111)
5.7 结论	(114)
参考文献	(116)
第6章 Everglades 景观模型的开发和应用	(120)
6.1 引言	(120)
6.2 模型开发	(122)
6.3 模型校准	(126)
6.4 模型应用	(133)
6.5 讨论	(136)
参考文献	(139)
第7章 新罕布什尔州大海湾鳗草分布的空间模拟	(142)
7.1 引言	(142)
7.2 位置描述	(144)
7.3 模型概述	(144)
7.4 结果	(152)

7.5 讨论	(154)
7.6 结论	(157)
参考文献	(158)
第 8 章 Patuxent 景观模型:一个流域的集成模型	(162)
8.1 引言	(162)
8.2 模型结构	(163)
8.3 地理和时间序列数据	(166)
8.4 局地动态	(166)
8.5 空间应用	(167)
8.6 经济土地利用转化模型	(168)
8.7 校准与测试	(169)
8.8 情景	(175)
8.9 结论	(181)
参考文献	(187)
第 9 章 Fort Hood 鸟类模拟模型 - V:两个濒危物种种群生存能力的空间显式模型	(191)
9.1 引言	(191)
9.2 生态和管理背景	(192)
9.3 建模环境	(192)
9.4 模型概述	(193)
9.5 鸟类子模型	(193)
9.6 栖息地子模型	(197)
9.7 应用	(198)
参考文献	(201)
第 10 章 土地利用变化及其对加利福尼亚州 Mojave 沙漠龟种群影响的模拟	(203)
10.1 引言	(203)
10.2 研究区域	(204)
10.3 方法	(205)
10.4 模型描述	(205)
10.5 结果和讨论	(210)
10.6 结论	(220)
参考文献	(221)
第 11 章 传染病空间传播的动态模型:以伊利诺斯州的狐狸狂犬病为例	(225)
11.1 引言	(225)
11.2 空间建模环境	(226)
11.3 协作性空间建模的应用	(227)
11.4 结果	(238)
11.5 模型结论	(242)

11.6 建模环境讨论	(243)
参考文献	(243)
第 12 章 景观最优化:空间生态系统模型的应用	(247)
12.1 引言	(247)
12.2 Hunting Creek 模型	(249)
12.3 最优化	(251)
12.4 空间最优化	(255)
12.5 方法	(256)
12.6 结果	(259)
12.7 讨论	(265)
参考文献	(268)