

公共管理学研究丛书

计算社会科学的实现工具 ——NetLogo编程入门

王臻荣 李华君 李纬纬 ◎著

经济日报出版社

教育部人文社会科学项目

项目名称：重大事故下的决策倒查机制研究

项目编号：15YJC630056

计算社会科学的实现工具 ——NetLogo编程入门

王臻荣 李华君 李纬纬 ◎著



经济日报出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

计算社会科学的实现工具: NetLogo 编程入门 / 王臻荣, 李华君, 李纬纬著. -- 北京: 经济日报出版社, 2017.4

ISBN 978-7-5196-0076-1

I . ①计… II . ①王…②李…③李… III . ①软件工具—程序设计 IV . ① TP311.561

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 316744 号

计算社会科学的实现工具: NetLogo 编程入门

作 者	王臻荣 李华君 李纬纬
责任编辑	温 海
出版发行	经济日报出版社
地 址	北京市西城区白纸坊东街 2 号 710 (邮政编码: 100054)
电 话	010-63567691 (编辑部) 010-63588446 63516959 (发行部)
网 址	www.edpbook.com.cn
E - mail	edpbook@126.com
经 销	全国新华书店
印 刷	北京市金鼎印务有限公司
开 本	710 × 1000 毫米 1/16
印 张	17
字 数	295 千字
版 次	2017 年 8 月第一版
印 次	2017 年 8 月第一次印刷
书 号	ISBN 978-7-5196-0076-1
定 价	58.00 元



序 言

2016年8月，中山大学社会学与人类学学院以及中山大学社会科学调查中心面向全国高校教师以及博士生，开设了以计算社会科学为主题的短期讲习班。梁玉成教授介绍了ABM（Agent-Based Modeling）范式在社会学领域的研究，并对ABM的实现工具——NetLogo软件进行了系统的讲解。NetLogo这款软件可以使社科领域的研究实现“计算仿真”，它通过模拟有限空间内微观个体的互动，从而将宏观社会的现象涌现出来。这款软件对社会事件更全面、更客观的描述，能令研究者看到更真实的事件发展全貌，更深刻地了解事件背后的运作机制，从而更利于研究者建构更贴合实际的理论体系。在国外，此款软件已经广泛用于社会学、公共卫生、政治选举、新闻传播等社会科学领域，并形成了大量优质的科研成果。如此极具魅力的研究工具引入国内后，必然会促进各个学科的研究快速发展。不过美中不足的是当下国内有关NetLogo的教材或学习手册相对较匮乏，不利于ABM研究范式的推广。基于此，我们编写了这本《NetLogo编程入门》教材，希望能够为各位有兴趣的同仁提供一些参考。

本教材首先对NetLogo软件的下载、安装以及界面进行了简要介绍。接着将主要内容分为四篇。

第一篇 NetLogo编程指南，主要介绍NetLogo在模拟现实世界时，最基本要素有哪些。也就是说在NetLogo中有哪些基础要素是与现实世界对应的。又有哪些最基本的要素让NetLogo软件可以运行。这是认识NetLogo软件的基础，也是NetLogo软件编写程序的基础。第一篇包括两章，分别是第一章NetLogo的构成要素和第二章NetLogo运行的基本要素。

第二篇 NetLogo模型的框架介绍。主要目的在于让读者对NetLogo的模型程序有一个整体认识。本篇在给出通用模型程序样本后，通过采用模型库中的模型

程序为例，详细解构此模型的结构、命令级别，并概括了模型中常用命令的用法。此篇包括 4 章。分别是第一章一套模型命令的基本结构及示例，第二章案例模型的结构示例，第三章模型程序的结构分析以及命令分析，第四章 NetLogo 模型的常用命令的分类及用法总结。

第三篇 命令结构的应用及详解。主要目的在于通过运行程序给出不同命令结构的效果图，并进一步解释命令的使用方法，解决操作中可能遇到的问题。通过视觉效果展示以及多个效果图的比较，将抽象的东西变得形象化，让读者更好地把握 NetLogo 程序语言。此篇包括 4 章内容，分别是第一章模型中不同命令结构的演示与解析，第二章 to setup 命令筐的演示与解析，第三章 to go 的命令筐演示与解析，第四章几个常用命令的演示及解析。

第四篇 文字与程序对应的逻辑。此篇目的在于让读者学以致用，即用程序语言模拟出现实世界发生的现象。这里需要建立虚拟世界与现实世界的对应逻辑，这是此篇的重点。此篇包括模拟现实世界的思路，并给出了新命令讲解。这篇通过由易至难的顺序，给出了三个模拟现实世界的实例，并通过剖析给出了建模的基本思路 and 技巧。包括 3 章内容，分别是第一章种族竞争的模拟与分析，第二章“找蘑菇”的行为模拟与分析，第三章人口规模变化的模拟与分析。

此本教材还将编写命令中容易犯的错误、软件给予的提示以及修改办法收于附录 1 中，方便初学者节省摸索的时间。还将软件中的默认的命令词典收于附录 2，方便初学者查找和使用命令词。

编者限于精力和学识，未能用更多的篇幅讲解“链”和“社会网络”模型，这也是本教材的最大的不足。教材内容若有不当、错误之处请各位同仁多多指出，不吝赐教。这本粗浅的文字权做抛砖引玉之用，期待权威著作的发行。

最后，再次向中山大学梁玉成老师致敬，感谢梁老师倾囊相授，孜孜不倦地解答问题。在此基础上，我们才得以完成了此本小书。

目 录

NetLogo 产品介绍	1
--------------------	---

第一篇 NetLogo 编程指南

第一章 NetLogo 的构成要素	11
第二章 NetLogo 运行的基本要素	15

第二篇 NetLogo 模型的框架介绍

第一章 一套模型的基本结构及示例	35
第二章 NetLogo 模型命令的结构分析	43
第三章 NetLogo 模型中常用命令的分类及用法总结	51

第三篇 命令结构的应用及详解

第一章 模型中不同命令结构的演示与解析	57
第二章 to setup 命令筐的演示与解析	62
第三章 to go 的命令筐的演示与解析	69
第四章 几个常用命令的演示及解析	73

第四篇 文字与程序对应的逻辑

第一章 种族竞争的模拟与逻辑分析.....	91
第二章 “找蘑菇”的行为模拟与逻辑分析	97
第三章 人口规模变化的模拟与逻辑分析.....	105
附录 1 NetLogo 错误命令提示的说明	125
附录 2 NetLogo 原语词典	128

NetLogo 产品介绍

一、NetLogo 软件

NetLogo 是一个用来对自然和社会现象进行仿真的可编程建模环境。它是由 Uri Wilensky 在 1999 年发起的，由连接学习和计算机建模中心（CCL）负责持续开发。NetLogo 是一系列源自 StarLogo 的多主体建模语言的下一代。它基于 StarLogoT，增加了许多显著的新特征，重新设计了语言 and 用户界面。NetLogo 是用 Java 实现的，因此可以在所有主流平台上运行（Mac，Windows，Linux 等）。它作为一个独立应用程序运行。模型也可以作为 Java Applets 在浏览器中运行。

NetLogo 特别适合对随时间演化的复杂系统进行建模。建模人员能够向成百上千的独立运行的“主体”（agent）发出指令。这就使得探究微观层面上的个体行为与宏观模式之间的联系成为可能，这些宏观模式是由许多个体之间的交互涌现出来的。

NetLogo 可以让学生运行仿真并参与其中，探究不同条件下它们的行为。它也是一个编程环境，学生、教师和课程开发人员可以创建自己的模型。NetLogo 足够简单，学生和教师可以非常容易地进行仿真，或者创建自己的模型。并且它也足够先进，在许多领域都可以作为一个强大的研究工具。

NetLogo 有详尽的文档和教学材料。它还带着一个模型库，库中包含许多已经写好的仿真模型，可以直接使用也可修改。这些仿真模型覆盖自然和社会科学的许多领域，包括生物和医学，物理和化学，数学和计算机科学，以及经济学和社会心理学等。NetLogo 提供了一个课堂参与式仿真工具，称为 HubNet。通过联网计算机或者一些如 TI 图形计算器这样的手持设备，每个学生可以控制仿真模型中的一个主体。

二、产品特性

首先，NetLogo 系统方面：免费且来源开放，可以跨平台运行，例如可以在 Mac, Windows, Linux 等平台运行。其次，编程方面：完全可编程，语言结构简单，易学好用。这款软件对 Logo 语言进行扩展支持主体；移动主体（海龟）在由静态主体（瓦片）组成的网格上移动，主体之间可以创建链接，形成聚集、网络 and 图；软件中内置大量原语，令程序语言更加简化，而且具有双精度浮点数（IEEE 754），具有一流的函数值（也就是说任务、结束、参数），而且其运行过程在不同平台上完全可复现环境。

第三，环境方面：运行界面非常友好，界面构建包括按钮、滑动条、开关、选择器、监视器、文本框、注解、输出区等可视按钮，令编程更加快捷方便；其信息页可以储存和展示特定模型的注解；HubNet 可使用联网设备进行参与式仿真；可用主体监视器用来监视和控制主体；输出输入功能可以输出数据，保存、恢复模型状态，甚至可以制作电影；NetLogo 3D 可以用来建造 3D 世界模型；任意模式都可以在命令行批量运行程序；而且其行为空间工具可以从多次运行过程中搜集数据；可以用系统动力学建模来解释事务间是如何相关的。

第四，展示与可视化方面：这款软件提供了线图、条形图和散点图，支持图与数据变化同步运行、即时展示功能。这款软件中的快进滑动条可以使我们对模型进行快进和慢放，从而观测图形及模拟结果的变化，而且提供了 2 维或 3 维模式查看模型的功能，提供了可伸缩、可旋转矢量图形、海龟和瓦片标签等展示和可视化操作。

最后，其他方面：Web 模型和 HubNet 客户可以存为 applet 嵌入 web 页（注释：有些功能 applets 不能使用，例如 3 维视图）。控制 API 可以在脚本或应用中嵌入 NetLogo，扩展 API 可以在 NetLogo 语言中加入新的命令报告；包括开源的扩展例子。

三、NetLogo 软件的优势

如果说传统的量化研究在做相关分析时，往往要控制多个自变量间的相关性或者假设多个自变量之间不相关，然后再通过模型测量自变量与因变量之间的关系。这一点实际是与现实世界不相符的。相比之下，NetLogo 软件同样是描述自变

量与因变量间的关系，但是可以模拟自变量与自变量之间的相关性，并以此为基础涌现出因变量与自变量的关系，形成新的理论。从使用的经验来看，NetLogo 不需要大量的实证数据，只需要通过小范围的调查数据推断出参数值即可模拟现实世界，是非常省时省力的工具。

另外，从其发展理论或研究的路径来看，更强调从微观现象涌现出宏观理论，从虚拟模型推断现实世界，再从现实世界修正或验证虚拟模型的过程。虽然类似于实证研究中的归纳法，但其具体操作方式以及虚拟世界的引入，令之又不同于归纳法。从这个意义上而言，可以说是社会科学研究的新范式。NetLogo 非常适用于个案中个体或群体间互动性关系的研究，不仅适用于人口学、社会学，而且也适用于政治学领域，目前在博弈行为（利益组织间的博弈、选举投票、晋升竞争、政策评估等）领域有广泛的使用。

四、NetLogo 模拟的下载安装与界面指南

（一）NetLogo 软件下载与安装

<http://ccl.northwestern.edu/NetLogo/>

下载地址

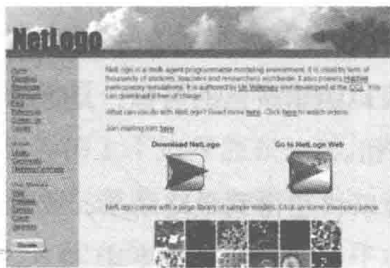


图 1

下载后的桌面



图 2

软件的界面页



图 3

（二）界面指南

NetLogo 界面分成两个主要部分：菜单和主窗口。菜单包括“文件、编辑、工

具、缩放、标签页、帮助”6项，主窗口包括“界面、说明、程序”控制三个页面的按钮；下文将分别对主窗口的三个页面予以介绍。

1. 界面页：查看模型的运行，可以通过设置工具，以监视和更改模型内部的运行情况。

当首次打开 NetLogo 时，看到的的就是界面页。界面页首部显示“添加、速度、更新视图、设置”等工具按钮；中间是黑色的主视图面板；下方是“观察员、指令中心”小窗口。

(1) 按钮。界面页中的按钮用来方便地控制模型。一般模型至少有一个“setup”按钮，设置世界初始状态，还有一个“go”按钮，用来运行模型。一些模型有更多按钮执行其他行为。按钮名称是一些 NetLogo 程序的代码，按下按钮，程序运行。按钮可以是一次性的或者是永久性的，设定按钮是一次性还是永久性，要通过勾选/不选“Forever”项来决定。一次性按钮执行程序一次，然后停止并弹回。永久性按钮不断重复执行程序，直到遇到 stop 命令，或再次按下按钮。一般用程序的名字命名按钮。例如名为“setup”的按钮执行的就是“to setup”代码，含义为“执行 setup 程序（例程）”；名为“go”的按钮执行的就是“to go”代码，含义为“执行 go 程序（例程）”（例程在例程页定义）。在程序写完并设置完毕按钮后，点击按钮，程序才能运行。各按钮的操作步骤如下：

①添加：点击“添加”后，下拉“按钮”选择需要的元素，在工具条下方的空白区单击，就可以增加需要的按钮。（例如：每个程序都需要添加“setup”按钮和“go”按钮，并点击两个按钮后才能运行）

②编辑按钮：点住已经形成的按钮或图形，击鼠标右键，选“select”，可以拖拉大小或改变位置。或者点击鼠标右键后选“edit”可以编辑按钮的名称，是否循环运行。或者点击鼠标右键后选“delete”可以删除按钮。

③速度调节：是控制图形中模型运行的速度，可以快速得到最终结果，或者慢速观察变化的过程。默认情况下，当速度滑动条位于中间时，每秒更新 30 次。如果放慢速度滑动条，模型运动的速度显著变慢。放快速度滑动条，模型运动速度显著加快。

④更新视图复选框：视图是 NetLogo 绘制的图像，给我们显现某一瞬间主体是怎样的。当该时刻过去后，主体移动、改变了，图像需要重新绘制。图像的重画就叫做更新（“updating”）视图。也就是说，视图是用来在计算机屏幕上查看模型中的主体的，当主体移动和改变时，能通过绘图看到。“连续”更新是指 NetLogo

每秒更新（即重绘）视图很多次，不管模型运行的是什么。“每时间步”更新是指只有时间推进器推进，基于时钟推进步伐更新视图。NetLogo 许多模型的时间是按小间隔推进的，一个小间隔叫滴答（ticks）。一般情况下我们希望每个滴答视图更新一次，这就是基于时钟更新的默认行为。基于时钟的模式优点有：首先，在不同计算机上，不同重复运行中视图更新行为都是一致的、可预测的。其次，运行更快。如果每个滴答更新一次就足够的话，使用该模式能减少花费在更新上的时间。第三，让用户看到想看到的内容，避免用户发蒙或造成误导。我们建议软件使用者，若无特别需要，要采用基于时钟的视图更新方式。（注意：因为 setup 按钮不推进时钟，它不受速度滑动条的影响。看软件中自带的模型时，如果想观察两种更新按钮下的效果，记住观察完后要切换到原来的状态，再关闭）总之，连续更新模式最简单，而基于时钟模式让我们对更新时刻及更新频率有更多的控制权。

⑤设置按钮。设置按钮主要用于调整“世界”的边界。点击这个按钮，会看到“世界在水平方向循环”和“世界在垂直方向循环”的两个选项前有复选框。如果在二者的复选框前都打勾，那么整个世界就成为一个立体的球体，主体的会在球体的正面、背面与两个侧面留下运动轨迹，但是我们却只能看到球体的正面。在这样的设置下，观测上会显得主体的运动比较混乱。如果不勾选这两个复选框，意味着假设是一个平面的世界，所有的运动都在平面上进行，观察到的现象就会比较清晰简明。我们建议初学者不勾选复选框，其他选项的复选框保持默认即可。

备注设置按钮详解：NetLogo 世界有四种拓扑类型：环面（torus）、盒子（box）、垂直柱面（vertical cylinder）和水平柱面（horizontal cylinder）。通过打开或关闭 x, y 方向的回绕设定拓扑。世界默认是球体。环面在两个方向都回绕，即世界的上下边界连在一起，左右边界连在一起。因此如果海龟移出右边界就会出现在左边界，上边界和下边界也是如此。盒子在两个方向都不回绕，世界是有界的，因此海龟没法移出边界。注意边界上的瓦片少于 8 个邻元，角上的只有 3 个邻元，其他的有 5 个水平或垂直柱面只在一个方向回绕，而另一个方向不回绕。水平柱面是垂直回绕，即上下边界相连，而左右不连。垂直柱面与此相反，是水平回绕，即左右边界相连，但上下边界不连。

（2）主视图。每次打开 NetLogo 时，会在界面页出现一个黑色方形面板。这个面板就是主视图框，主视图是 NetLogo 绘制和展示程序图像的地方，显示主体（海龟、瓦片或链）的瞬间图形。是一个形象化和可视化的窗口。

(3) 命令中心。包括“观察员、指令中心”两个长条小窗口，位于主视图窗口的下方。可以将程序命令写在“观察员”栏里，回车后，命令会自动上发到“指令中心”，并将结果图展示在主视图框中（如图 4 所示）。观察者通过改变参数，执行对瓦片或者海龟发出的指令。命令中心对监视和操纵主体比较方便，这个功能也可以通过鼠标，点住世界中已出现的主体，击右键，执行命令。

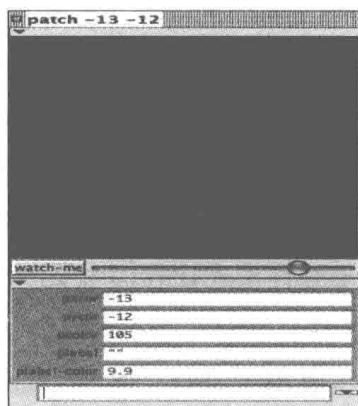


图 4

2. 编码标签页：编写程序语言的页面。

这个页面的有三个按钮。常用的是“检查”。通常写完程序后，再执行前会点击“检查”，来查找语言错误。如果有错误，软件会将错误的程序内容涂色，并给出具体的错误提示。标签页顶端右侧的“自动缩进”可以自动区分语言结构，不仅让语言看起来美观，而且令编程者更容易从整体上了解和编写程序。

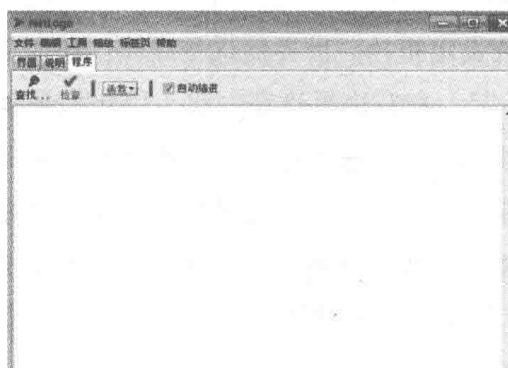


图 5

3. 说明便签页：对程序内容作出文字解释的页面。

这个页面在界面标签页和程序标签页的中间，点击这个页面按钮，可以在此

页面对程序的每条命令作出文字解释，形成一份完整的程序文字说明。在软件自带的模型库中可以看到具体的例子。（此处不再附图）

练习：

1. 下载并安装 NetLogo 软件。
2. 从文件菜单中找到模型库，找到其中一个文件夹，打开其中的一个模型，预演一次。
3. 尝试逐一使用界面的“添加、编辑、速度调节、设置按钮”，看看有什么效果？
4. 尝试使用“界面”的下方的“观察员”命令栏，使用鼠标右键试验同样的观测功能，会有什么效果？
5. 尝试使用编码标签页的各项按钮，会有什么效果？

第一篇

NetLogo 编程指南

