

# 人文系统模拟

## ——当代科学的一个新的重大挑战领域

秦耀辰\* 译

### 1 科学领域的变化

人们总是疑惑为什么大多数自然系统的科学知识比任何重要的人文系统的科学知识要多得多?这似乎并不奇怪,科学家可以模拟许多不同尺度的系统,大至 $10^{26}\text{m}$ 的天文尺度,小到 $10^{-17}\text{m}$ 的物理尺度。甚至火星的大气层在不曾受人干扰的条件下也可以很好地来模拟。人们对世界上的濒危野生动物或者三趾树懒的交尾行为的了解要比对人文系统的行为和动态方面的了解要多,这也并非不可思议。物理学家似乎可以模拟原子的量子行为,而在所有主要城市里通勤者的行为仍然还不能准确地模拟。我们可以预报局部地区一天之内天气状况,但仍不能对就业变化的局部形式提供任何有价值的预测。复杂的模型可以表达世界海洋的三维流动情况,向海面下可达 $1\text{km}$ ,但我们仍然还不具备对重要时空事件(如防止犯罪或疾病)进行短期预测的理论思想。化学家可以合成新物质,而我们还很少有想法如何来优化许多我们都赖以生存的关键服务设施的空间布局。生物学家正在用高级先进技术探索人类的基因结构,与此同时,1991年投资亿万英镑的人口调查还在使用基本上是60年代的分析技术。材料科学家在超机械速度状况下研究汽轮机叶片,航空工程师可以令人敬畏地模拟复杂的三维气流,天体物理学家可以掌握亿万星系的复杂运动,而我们对布特尔(Bootle)或其它地区的空间经济动态机制还缺乏进一步的了解。公共投资建造的包含我们全部数据的大型数据库总是很难分析,难以作为一种资源或知识来增进人们的公共利益。

在我们周围的所有科学家正在做着现实的科学工作,但实质上我们这一学科还没有人把注意力集中在对主要人文系统行为的认识上。当前的城市计算机模型起始于差不多30年以前。这是出人意料的,因为英国和其他欧联会国家的人口现在大部分生活在城市里。然而,地球上许多与人的生活有关的重要系统多多少少地保持着与现代科学总体上相脱离的状况。其结果使大部分(也可能是全部)主要人文系统没有适当的计算机模型,同时也缺乏如何建立这些模型的科学认识。然而人们都很清楚,对这一学科似乎有一种不成文的戒律,这就是为什么有那么多人文地理学者和社会科学家当他们来研究有人的空间系统行为时如此回避科学的思想。他们回避的后果是令人担心的。研究者试图模拟地球的自然和生物系统的动态过程,不考虑与人文系统的相互作用和影响何以能进行?把整个世界的社会政治系统的影响、行为、变化和因果关系(作为外生变量而常定)排除在外,何以能来模拟气候变化?在没有模型能够预测他们行动后果和没有预测工具能够在局部尺度上运作时,究竟如何来要求政府提供高质量的管理?由于某种原因,现代生活的许多焦点问题还处在科学的空白区,因为它们界于“硬”自然科学和“软”社会科学之间。也许我们的过失正在于缺乏足够的勇气、信心和“科学的东西”。也许这是“硬”科学在把人文系统工程发展成为一个专门领域的失败。也许这完全是因为太难了。

当然,我们这些年长一些的人还会记得 60 年代的地理学和社会科学的系统革命。过分自信的数学家、物理学家以及其他有着科学素养的学者试图把他们的科学移植到人文系统领域。他们想要共同分享科学所带来的利益,以促进人类各方面的发展。人们有一种极度兴奋的感觉,在当时的原始计算机条件下,能够进行每分钟数千次计算(在当时能想象得到的计算量),应该为很好地认识和规划世界社会、经济和政治系统提供基础。实际上完全不是这样;现在我们知道这并非易事。系统思想家和系统动力学模拟者,以及热切期望获得突破的控制论模拟者、定量学者和数学模型研究者们的失败现在已经成为历史。然而在多方面他们的失败是不可避免的和必然的,因为他们所期望理解的人文系统异常地复杂。人的行为不能简化为几个不同的方程,也没有控制它们运行的普遍规律。并不存在象麦克斯韦方程或爱因斯坦相对论那样的理论或模型能用于(或对应于)人文系统行为。要不是在自然系统和人文系统之间模拟的复杂程度有很大不同,上帝就可以在两系统间很好地掷骰子取平均数。这第一代先驱者并非都失败了,有价值的知识毕竟已经取得,而失败不过是预料到的,因为数据缺乏,计算机速度太慢也不灵活,缺乏可以处理复杂非线性系统模拟问题的模型工具库。

结果,许多人文地理和社会科学就远离了传统意义的科学,并去寻找似乎合理的哲学原因,即在一般情况下为什么会出现试图成为科学的所谓错误的想法。显然,人们需要更多地把注意力放在发展一种基本的描述方式上,以便来认识许多与人相关的系统在实际中如何运行,为什么人们表现出他们所有的那种方式,以及他们如何考虑与其社会、政治和经济的空间与组织紧密相联的状态和各种其它组织。

在其后的年代里(70 年代末,80 年代和 90 年代初)并没有显著的变化,只是来试图证实、描述和发展定性的认识,把人文系统文化作为社会生态和人类学现象来理解。许多实用科学也经历了一个相似的观察、描述和寻求奇特性这一相似阶段;例如,中世纪天文学家对太阳如何绕地球运转的描述,或达尔文的航海发现,或更近时期的星际空间探测,或用显微镜观察艾滋病毒的结构。在地理学中也把现时的重点放在探索性的空间数据分析和唯一性空间行为的定性描述上,这种描述是很初级的。还有许多其它类型的似乎合理的 Catherine Cookson 式的地理学,这些都是上述重大探索的反映和认识前科学性质的需要。问题是,这样一种必要行动能保持多久?我们可以把转向科学模拟实践的需要延迟多久?不对人文系统开展模拟能持续多久?许多社会科学和人文科学保持一种非科学性质和继续忽视一些现实人类科学的需要还有多久?

## 2 第二次科学革命

我认为,上述问题的答案是只要不改变学科规范,那些情形就会持续下去。一方面,每个新一代的社会科学家或地理学者都是用非科学的原理、思想和实践来训练的,这就延缓了学科向现实科学的变化,但同时也把它推到了导致第二次科学革命的边缘。许多社会科学家和地理学家现在需要重视的是,近年来已经显示出关键技术上的重大变化,这种关键技术与人文系统的科学模拟密切相关,并展示出新技术能够处理和协调他们所关注的问题。这些方法论的发展先前已有讨论,但它们的重要性尤其被用于一个现实问题如人文系统模拟(HSM)时不应当被低估。

在科学界,计算正逐渐被看成是观察、实验和理论的必不可少的环节。相似的可测系统的出现预示了在 80 年代末就可达到的三级增速过程,这恰好强调了计算科学的重要。在许多科学领域里,计算机模拟和实验目前正被成功地用来提高对具有等价系统或比 HSM 复杂程度更高的系统的认识。高性能计算机(HPC)、新工具和丰富的数据环境的出现意味着上述认识现

在正变得可行,至少从总体上在认识许多评价社会、商业和经济的人文系统的功能上获得重要科学进展;只要我们大胆开拓,就能获得进展。这些 HPC 驱动的进展提供了一种途径来把一些基础科学反过来再引入到通常缺乏新技术的社会科学的许多现实问题中,并且创造一种重新思考“人文系统可以模拟”的基础。无疑这样的思考对于那些具有封闭观念或在从事其不同的社会科学中有既得利益者们将被视为异端邪道。很好,让他们这样认为吧;但也让人们知道,科学并非许多所谓的社会科学家所做的准确无误的描述!要检验、精确、重现和归纳必须进行实验,现代真正的科学都是如此。现实的社会科学有多少是符合这方面要求的?

对于一个整体系统的运行在模糊和一般意义上的定性描述认识,会比对其局部的详细而实际的计算机模型更好吗?第一次模拟革命失败是由于对整体系统了解得太少。现在的新技术意味着,定性的认识可以越来越多地用计算机模型来表达和思考。这表明,在与 HSM 领域有关的软知识、概念和计算机模拟之间理论趋同的开始。

那么到了 1995 年,现实的需要是开始一项长期想要做的工作,即对所有人文系统的操作行为和动态过程进行模拟。事实上,现在主要的障碍可能在于现有的模拟者自身!有人宣称,一个连续的线性方程组或者一个空间相互作用最大熵模型就是很好的科学,并且已经具有上述那种功能。但它们实际上是缺乏应有性能的,它们所具有的基本上是历史过程中的一个压缩片段,一个尚不完备的古器(即使已不存在)。当然,你必须从某处开始,而遗产模型(Legacy models)是一个很好的起点。不错,如果你不相信,可以奥本肖(Openshaw, 1984)论述的原则为背景尝试检验你的模型,或者进一步考虑下述问题:怎么知道模型运行得好坏?存在什么置信区间?如何处理数据的不确定性?其误差扩散性质如何?你有多大把握认为表达正确?其动态性如何?非线性如何?怎样处理混顿?它是如何完成的和如何处理所有系统的这类事情的?这时如果不充分,还有:它是如何与我们所拥有的知识结合的?其知识库模糊性如何?如何处理软概念?它如何提供可信的、有用的和有见识的结果?最后,它与当前人们所关注的问题有何关联?我怀疑现在是否有许多那样的模型存在。

你也许暗地里说:“我很乐意不是一个模拟者,我正在做着很有价值的工作”。但你在做的是什工作?这里需要回答的问题是:别人怎样才能检验或证实你的发现;你所做的工作如何能在有意义的方向推广;它们如何能被用于决策以及提高认识能力;最终不容阻挡和不可避免地是,它们如何才能被用计算机操作、形式化和定量化,进而能被用于预测?无论人们喜欢它与否,相信它与否,大部分人文地理学和社会科学正在有意无意地为建造好的人文系统模型准备方法(式)。

### 3 人文系统模拟

先简要陈述一下人文系统模拟的任务。它的任务是为所有的重要人文系统提供能够描述、分析、模拟并最终预测其复杂行为和空间动态变化的计算模型。这需要我们能够寻求如何建立这样的模型,即(1)能够利用和开发今天可用的信息资源(由于地理信息系统和信息技术的出现),(2)能够把 20 余年通过对各级人文系统运行的观察而精心建立起来的软知识和定性知识包容在模型中。模拟的任务表明开始有一个知识生成和空间分析阶段,即试图通过观察并在改进的 GIS 空间数据环境中试验进而发展缺失的概念。

结果模型应当达科学认识的水平至少象现有许多其它科学领域那样好的认识水平,这一点也很重要。做到这一点并非易事。然而有人辩解道,所需的数据大部分是现有的数据。建立在人工智能(AI)、模糊逻辑和计算方法基础上的强有力的新工具使人们看到了希望。软计算技术现在已达到很高水平,只要给出一个要求和充分的资料,就可以获得重大进展。最后,并行

超高速计算的新时代已开始提供 HPC 环境,这表明,现在正是发展对许多人文系统的高级科学认识的好机会。经过一个时期,现有的这些工具必将为人们带来某种希望,即可以克服非线性、复合性和混沌系统的复杂问题,并表明好的应用可以通过在软知识方面的投入来实现。

需要是显而易见的。生活在行星地球上的人类的未来将越来越多地取决于对整个人文系统行为的模拟、预测和最终控制的能力。也许控制的要素是 50 到 100 年时间,而模拟预测、温和管理和好的规划需要从此时此地开始。当然问题是如何来发展一种程序,这种程序应需要 10 到 20 年的多学科协同努力才能完成。也许这需要与社会科学协调一致。胆识和远见的相似性并没有证实在其它科学中的制约因素,这就是为什么社会科学家并不都同样有胆识,并把发展人文系统模拟作为自己的重大国际挑战领域。

下图给出了当前对 90 年代重大挑战的科学见解。这些科学的重大挑战有着某种与 HSM 所共有的相同特点。也即:极其复杂性,要求现实性和准确性,对 HPC 的需求问题(科学的特性直接地或部分地与计算机的速度和内存大小有关),作为一种技术的超高速计算机的应用,采用计算机模拟作为那些不可能的或成本过高的实验的替代物,足够的社会和产业关联使成本合算。其论据是解决这些很大而又复杂的问题将给人类带来巨大的利益,而这些问题因为难度太大以致较难用现在的这一代超高速计算机来解决。地理学者和社会科学家的目标应该是把 HSM 纳入到下述这张重大挑战图中,因为它在未来具有重要价值并且对计算科学负有责任。这将有助于确立其科学重要性,生成研究它的充足的资料,并为消除今天被标定为社会科学和人文地理学的大量不相关的活动提供一个核心。这也将会及时地给出当今世界上的 HPC、AI 和信息系统的近今进展。

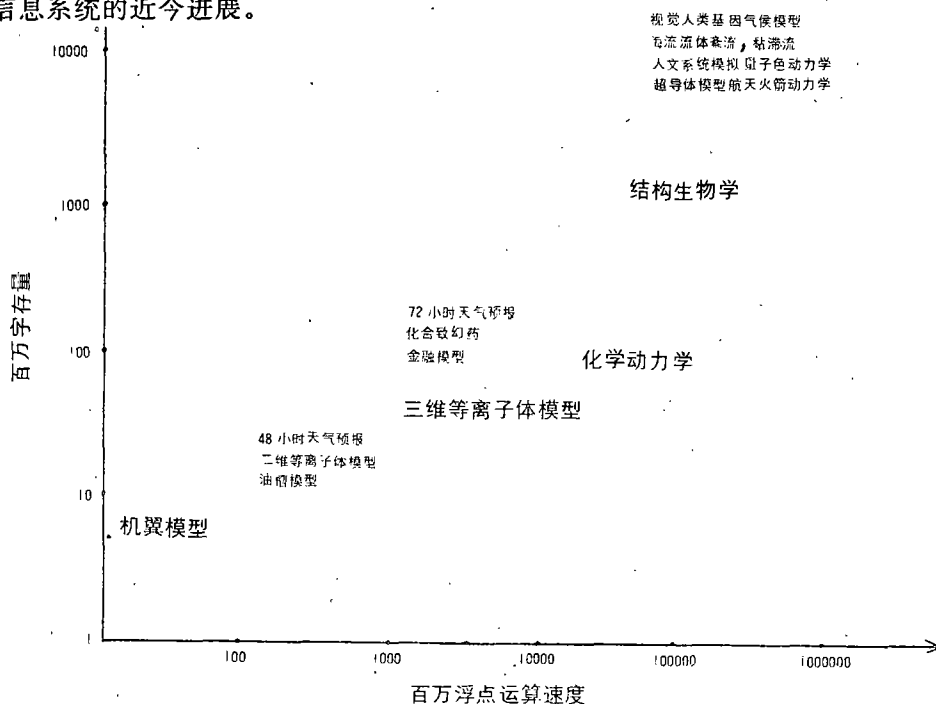


图 一些重大挑战的科学技术(据 Lewis 和 El-Rewini, 1992)

该过程的一个重要的早期部分是发展 HPC 文化,在新的计算机信息系统上把握我们的模型,然后开始一个满足我们实际需要的长期发展过程。时间成熟时再认识 HSM 的重要性,并花 10~20 年时间根据一种持续的多学科的 HSM 研究方案进行探索。

译自《Environment and Planning》,A, 1995(2), 159-164