

# 协同学与社会学的结合

## ——定量社会学简介

姜 璐 郭治安 沈小峰

在当代自然科学奔向社会科学的强大潮流中,各门传统的自然科学,诸如数学、物理学、化学和生物学的原理和方法都在以不同的方式向社会科学移植和渗透。其中,联邦德国斯图加特大学理论物理学教授赫尔曼·哈肯(Hermann Haken)于本世纪七十年代创立的协同学在社会系统中的应用取得了显著的进展。仅有十年历史的协同学与有一百多年历史的社会学相结合,在八十年代诞生了一门新兴的交叉学科——定量社会学。

协同学(Synergetics)研究一个与外界有物质和能量交换的开放系统,由于系统内部各个子系统之间的相互作用,在外界控制参量达到一定的阈值(临界值)时,通过子系统之间的协调作用和相干效应,从无序混乱状态变为宏观有序结构的机理和过程。它通过对不同系统的分析类比,建立了一整套数学模型和处理方法,来描述各种系统和现象中从无序向有序转变的共同规律。协同学取用“序参量(Order Parameter)的概念来描述一个系统的有序程度和有序与无序之间的转化。它将一个系统的状态变量分成为两大类:一类(占大多数)在临界点附近阻尼大,衰减快,对相变过程影响不大,叫作快弛豫变量或称快变量;一类(一个或几个)在临界点附近衰变得很慢,它左右着相变过程,叫作慢弛豫变量或称慢变量。哈肯称慢变量为一个系统的序参量。序参量是描述系统有序程度的状态变量,它支配子系统的行为,主宰整个系统的演化过程,决定相变后所出现的结构和功能。序参量代表的实际物理内容在不同的系统中是不同的。系统在相变后形成有序结构的内容也绝不仅限于我们平时所理解的空间结构(在空间上的确定分布),还包括时间结构(随时间周期振荡的现象)、时一空结构(空间结构和时间结构的结合)甚至还包括功能结构(具有某种新的功能)。在概念上的高度抽象化,使协同学可以处理各类不同的系统,可以分析决定系统相变的各种性质的物理量。协同学采用了统计学和动力学相结合的方法来讨论序参量的变化规律,运用了随机理论、突变论等现代数学工具进行分析。协同学建立起来的这一套概念、理论和处理方法,也适用于包括社会系统在内的各种性质不同的领域。可以看出,协同学是一门以研究完全不同的系统中存在的某种共同的本质特征为目的的横断学科。

社会学是一门研究现代社会如何实现良性运行和协调发展的条件及机制的具体社会科学。但迄今为止,它主要是对社会现象进行定性的讨论,侧重于归纳和综合,很少能建立数学模型进行定量的分析、演绎和推理,基本上是一门描述性的学科。1983年哈肯学派的韦德里希(W. Weidlich)和哈格(G. Haag)合著了《定量社会学的概念和方法》(《Concepts and Models of a Quantitative Sociologg》)一书,将协同学和社会学结合起来创立了定量社会学。定量社会学为社会学研究提供了一种新的理论观点和分析方法,它不仅可以

研究一般的社会经济的发展,而且能有效地研究社会经济现象发生质变(相变)时的条件和规律。定量社会学继承了传统社会学的有效分析,同时提供了准确的定量计算手段,是社会学发展史上的一次飞跃。

在这以前,社会学中特别是对有关经济的问题,也有不少学者应用过一些数学方法进行讨论,但大多是不系统的,针对某些具体问题进行的,而定量社会学是从基本的概念出发,建立了一套完整的理论体系。特别需要指出的是:协同学在社会经济中的应用,比起以往的数学方法有它突出的特点。

第一,协同学采用序参量来描述系统的演化。序参量只有一个或几个,这样可以使社会问题的讨论大大简化。过去社会学问题难于定量处理的一个重要原因是社会因素异常复杂,变量太多,又没有一个统一进行处理的原则。协同学对社会问题的处理,舍去了大量的对系统演化影响不大的快变量,抓住了慢变量,分析其变化过程,建立模型,进行计算,从而得出系统的变相规律,它不仅是抓住主要矛盾的辩证方法在社会生活中的具体应用,而且给出了如何抓主要矛盾,以及如何处理其它非主要矛盾的原则和方法。也正是在这一点上,协同学显示了它在解决社会问题上的独特优越性。

第二,协同学主要分析在临界点附近序参量发生突变的特点及趋势。对于为数极少的序参量所列出的演化方程,一般是非线性的,进行分析求解很困难,甚至不可能精确求解。实际上我们关心的也并不是系统细致的、缓慢的变化轨道,而是想把握系统突变的特点和规律。因此协同学一反过去数学处理在近似计算上下功夫,而把主要精力放在研究临界点附近的行为。利用近代数学的各种理论,如分支点理论、突变论、稳定性分析,乃至李群、李代数、拓扑等理论给出临界点附近系统的可能状态。分析在不同参数条件下,系统的演化趋势,进而辅之适当的计算机模拟,使我们能从宏观上把握住系统的特点。

第三,协同学对控制参量的数值选取,及序参量计算值的分析都不局限在实际系统的可测数值上。以前对某些社会问题进行定量化计算,主要是在所收集来的数据上下功夫,进行统计回归等数学处理,然后利用合处外推,给出一定结果。协同学则一方面由于它所采取的特殊变量——序参量不一定是产量、人口等实测量,另一方面由于可能收集到的数据受当时当地条件限制,有些不能完全反映客观实际,这就决定了协同学往往以收集到的客观数据为基础,人为给定诸如人们的态度、偏好、产品的吸引力等因素的各种不同的参数值,按已经得到的方程进行计算,然后与实际情况比较,不断修正,以期得到需要的结果。这样可以避免由于社会现象异常复杂,收集真实反映实际情况的具体数据以及处理这些数据所遇到的困难,也可避免由于数据不准确而导致结论不准确的麻烦。

第四,协同学研究各种不同系统中发生相变的共同规律,其建立数学模型的方法和形式,以及分析方法都可以互相借鉴。我们在讨论社会问题时,把在其它领域中已经得到的模型及演化方程式,适当加以修改,就可以在社会系统中进行移植和推广。而在社会系统中得到的结论,也很容易推广到其它领域中去,这既便于协同学对社会学的应用,也便于定量社会学与协同学其它分支的沟通。

下面我们通过几个实例来具体说明定量社会学的研究方法和一般理论。

人口发展问题。从社会学角度讨论人口问题,就不能仅分析人口的自然出生率和死亡率,而主要应考虑人口出生的多少及发生迁徙等现象的社会原因;不同社会环境及政策下人口分布的改变情况等。在讨论人口生死和迁徙过程时,通常社会学的处理方法是:首先收集

大量的数据,对数据进行统计学中的回归分析等数学处理,得到一些参数,展开适当讨论。后来虽然也开始建立数学模型,但仍然强调数据处理的重要性,而忽略了各种社会因素对人口影响的本质上的分析。

定量社会学则不然,它认为首要的问题是分析人口变化与各种不同社会因素之间的关系,找出决定人口迁徙的转移概率与哪些因素有关,以及具体的关系形式。如居住地区之间的迁徙率大小除受地理、生活环境、工作地点远近的影响外,还受人们居住心理的影响,即同一类型的人(种族、职业相同的人)喜欢一起居住,不同类型的人之间存在戒备心理等。当然,所有这些因素对不同的人影响也不一样,因此在考虑时要分别加上一个反映所有人一致看法的灵活性因子。这里分析的人口迁徙因素带有普遍意义,而各地具体人口的差异,原因在于各地条件不同。相同规律、不同条件反映在同一演化方程中,使我们的讨论比起原来对人口问题的处理不仅内容丰富,而且很多参数的物理意义明确,便于讨论不同政策对人口变迁的影响。

人口发展问题中最基本的参数是出生率和死亡率,协同学首先讨论出生率和死亡率的变化规律,而不局限于从收集到的数据中找出参数。协同学认为人口的增长最简单的规律可以看成是单位人口是线性增长的,即

$$\frac{dx}{dt} / x = a \quad (1)$$

考虑到人口的发展不可能是无限的,特别是具体到一个地点,由于环境的限制,当人口发展超过了客观环境所能承受的数量时,出现住房拥挤,找不到职业等问题,会发生人口外流(相对于该地来讲是人口的减少),甚至由于人口过多而发生疾病,也会使人口减少,因此我们描写一个地点人口演化较理想的方程是

$$\frac{dx/dt}{x} = a - \frac{x}{M} \quad (2)$$

M反映客观环境的负担能力,当然不断改善环境,所能容许存在人口也将增多。

将人口的生亡方程和迁徙规律合在一起就构成了反映不同地点人口变化的方程组。在求解时,除了通过计算机进行模拟计算外,更重要的是研究各种不同情况下人口分布的规律。可以运用统计物理学的理论得到一些参数的临界值,找出人口系统演化的关节点,分析各种人口政策及各种不同环境对人口的影响,为制定人口政策给出合理的依据。

经济发展投资问题。在这个实例中我们具体给出理论分析与客观实际的比较。定量社会学主要讨论在战略投资总量不变的前提下,不同性质的投资对工业发展的影响。它将投资分为两类:合理性投资,即维持现有生产部门和生产数量的投资;发展性投资,即开拓新的生产部门和扩大生产规模的投资。不同的投资者对投资的偏好不同,在假定每个投资者投资总量不变这一简化的前提下,可以认为投资结构指数(不同性质的投资所占比例)与投资者构形指数(不同偏好投资者的比例)是线性关系,这样就可以把不同的投资结构的变化化为不同的投资者构形的运动。

对于投资者构形概率分布的运动方程,在给出转移概率后,很容易按马尔可夫过程写出方程:

$$\frac{dp(x,t)}{dt} = \sum [W(y \rightarrow x)P(y,t) - W(x \rightarrow y)P(x,t)] \quad (3)$$

其中 $p(x, t)$ 表示 $t$ 时刻投资者分布为 $x$ 的概率,  $w(x \rightarrow y)$ 表示投资者分布为 $x$ 向投资者分布为 $y$ 的转移概率。根据实际情况, 我们假定转移概率的性质依赖于投资偏好参数 $\delta$ 和投资者之间的协调因子 $k$ , 其依赖关系为指数型关系, 即单个投资者的转移概率:

$$p \uparrow (x; \delta, k) = \gamma e \times p(\delta + kx) \quad (4)$$

$\gamma$ 是一定单位的比例因子, 同样可以写出向 $x$ 减少方向上的单个投资者的转移概率。而方程中的整体转移概率:

$$w \uparrow = xp \uparrow (x; \delta, k) \quad (5)$$

实际情况表明, 投资者的偏好 $\delta$ 并不是一成不变的, 它一方面受投资者本人的特点、气质的影响, 在更多的情况下,  $\delta$ 要随着投资构形的分布而发生变化。例如, 如果合理投资者多, 投资者的偏好将转向发展性投资, 以求得在较少竞争条件下取得更多的利润。这就需要建立偏好变化的方程, 然后求解由投资者构形分布 $P$ 和偏好系数 $\delta$ 联立的方程组。我们可以运用计算机进行计算, 再将计算结果与实际情况进行比较。

选取不同的参数值, 从计算机中会得到不同的时间发展曲线, 这反映了不同的投资政策可以产生不同的经济发展模式。以联邦德国经济的发展为例, 分析其1955年——1980年经济发展的实际数据, 可以将建立的数学模型分为三个阶段, 每个阶段分别给予不同的参数值, 这样从理论上计算出来的曲线与实际符合得很好。将方程中参数的变化与联邦德国经济发展的实际情况比较, 可以进一步说明这些参数的真实含义。例如, 方程中的参数 $g$ , 在三个阶段其取值不断增大, 它反映了经济生活中的通货膨胀, 实际购买力下降。又如反映经济各部门互相协调的因子 $k$ , 在二次大战刚结束时, 所有工业部门都在进行设备更新和技术改造, 不论在革新的速度还是方向上都比较一致, 即使到六十年代工业体系的发展也还比较协调, 因此在这两个阶段 $k$ 值均较高; 到了七十年代, 所有工业部门都开始了独立的发展, 这时协调性降低, 因而 $k$ 值就下降了一半。我们根据参数的不同还可以分析不同时期经济政策的特点。例如, 联邦德国经济在六十年代末发展性投资位于高峰值, 这是当时执行凯恩斯经济学理论的结果。但是, 经济发展的客观规律不容许长期维持一种高水平的发展性投资, 因而当执行凯恩斯经济理论的席勒下台以后, 联邦德国政府不得不进行调整, 降低参数, 使发展性投资回到一个稳定的水平上。

战争与和平问题。定量社会学对当代人类共同关心的这一重大问题, 也作了一些一般性的定量讨论, 而不涉及战争的性质。通过这个实例我们可以了解如何确立变量, 特别是一些心理状态变量如何计算, 以便具体理解定量社会学处理问题的一般方法。

为简单起见, 可以仅研究两个国家或集团(可能交战的双方)之间的关系。两个集团记为 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 。每个集团引入三个变量来描写各自的状态: (1) 国家或集团的政治态度 $P$ 。对政治态度不易进行数量分析, 我们规定对战争与和平的态度在鸽派和鹰派之间有 $2L + 1$ 种可采取的态度, 分别反映了绥靖主义, 合作, 和解, 调停, 缓和到可理解, 有节制, 逐渐演变为独断的, 强硬的, 对抗的, 敌对的乃至好战等不同的情况。(2) 经济实力 $E$ 。它可由国民生产总值来衡量,  $E$ 又可分为军备的实力和生产的实力两类。(3) 战争的破坏态度 $D$ 。战争破坏程度的大小不仅影响经济实力 $E$ , 也影响对战争的政治态度 $P$ 。决定战争与和平问题实际上还有很多变量, 但协同学理论指出慢变量只是少数几个, 这就为我们在具体分析问题时, 仅提出三个变量从原则上就可给予说明, 后面的分析表明这样的选取确实是可行的。

根据实际情况, 可以列出三个变量满足的运动方程。整个社会对战争与和平的态度, 可

以用偏好参数 $\delta$ 来表示。 $\delta$ 的数值除对不同的人有一定特殊性外,主要取决于经济实力 $E$ ,政治态度 $P$ 及战争破坏程度 $D$ 。 $E$ 和 $P$ 对 $\delta$ 的影响,在最简单的情况下可以认为是线性关系。 $D$ 对 $\delta$ 的影响则既要考虑被侵略一方由于受到战争破坏而加强自卫反抗,侵略一方由于获得利益而力图扩大战果;又要考虑由于战争破坏程度加剧,一方或双方无力再战而导致战争停止,因此 $D$ 和 $\delta$ 的关系是非线性的。

$E$ 、 $P$ 、 $D$ 三个因素的变化也是互相制约的。经济实力 $E$ 的变化是一种受客观环境限制的非线性变化,战争的破坏程度 $D$ 将阻碍经济的发展,政治态度 $P$ 的不同取值有不同的影响,对方的政治态度对已方的经济发展也有影响,当然,政治态度的变化又会受经济实力、战争破坏程度的影响,等等。

将三个变量列出一组互相耦合的一阶微分方程组,适当选择参数,可以计算三个变量变化的情况,进而分析集团之间的关系。例如,定量社会学给出了一种战争状态下,系统演化的景象。我们将战争爆发作为初始状态, $\varphi_1$ 集团入侵 $\varphi_2$ 集团,使 $\varphi_2$ 受到很大破坏,但双方的经济实力均不影响各自对战争的偏好程度 $\delta$ ,而双方的政治态度由于战争全速向鹰派转化,因此战争升级;战争发展到一定阶段之后,由于经济实力破坏殆尽, $\varphi_2$ 经济崩溃,导致反战态度增加,加上双方之间的非线性相互作用,促使战争结束,这是第二阶段;第三阶段是战争结束后,由于战败国和战胜国之间经济发展不平衡,矛盾激化,又使缓和的气氛趋于紧张;第四个阶段由于战败国经济恢复和不断发展,经济建设的需要使政治态度又会有所缓和,最后双方经济达到一个相对稳定的水平。虽然政治态度仍在某一稳定值附近波动,但不会引起新的战争,可以保持一个较长时期的和平局面。固然,客观情况要复杂得多,然而定量社会学根据所建立的数学模型,适当选取参数,通过计算机的模拟计算,却可以大体上重现二次大战以来同盟国和轴心国之间关系发展的过程,以及其它一些交战国之间关系的变化过程,这样就为定量地研究战争与和平问题开辟了一条新的道路。

社会学现象具有高度的复杂性和特殊性,很多现象是不可能完全量化研究的,定量社会学诞生也不过才有短短几年,还很不成熟,能够说明和解释的社会现象不多,但是协同学和社会学结合所开辟的新的科学发展方向,却有着无限的生命力。

作者工作单位:姜 璐 北京师范大学物理系  
郭治安 大连理工学院  
沈小峰 北京师范大学哲学系

责任编辑:谭 深