

混沌理论的未来观及其对经济技术预测的影响

Impact of Chaos Theory on Prediction of Economy and Technology

刘 洪

(合肥工业大学, 讲师 合肥 230009)

李必强

(武汉汽车工业大学, 博士生导师 武汉 430070)

复杂性、动态性和系统性是我们赖以生存的这个世界过去、现在和将来都存在着的自然特性,也是我们所处的环境条件的自然特性,不管它们是自然的、社会的、经济的、政治的、教育的、商业的、政府的、家庭的。当我们透过混沌理论这面凸镜来观看它们时,未来模糊的图景就会变得更加清晰,并给我们带来新的启迪,而这些是以前的数学、物理方法不可能做到的。具体地说,混沌理论摧毁了一些长期存在的预测范式,为识别到目前为止尚不可预测的东西提供了新的途径,开发出新的预测范式,以识别那些本质上不确定的未来(就现有的科学技术而言尚不可预测的)。

一、关于未来不确定性科学 范式的历史转换

为了预见未来,人类一直在寻求世界的规律性。在古希腊,亚里士多德(Aristotle)认为:世界是由大量相互合作、共生的部分为获得更大的最终目标而构成的协同整体;每一物体或系统的行为都服从于整体计划或命运的安排,就像每个生命的机体,都必须遵照上帝的指示,不断奋争以达到他们预定的终极;上帝主宰一切。这是整体观(holism)的思想。古希腊的原子论者德谟克利特(Democritus)认为:世界仅仅是一些在虚无中运动的原子,是一部受着盲目力驱动的机器,世界的变化并没有什么整体计划或终极的原因,变化的唯一方式就是原子的旋涡运动和其它原子的形状,没有偶然性。这是还原论(reductionism)的思想。亚里士多德的思想贯穿于基督教之中,深深地影响着西方人的思想;还原论一直在科学研究中占据着主导地位。

牛顿(Isaac Newton)三大运动定律的发现,可以说是验证古希腊世界观的成功典范。牛顿的运动定律表明,在这个有着确定性规律的宇宙之中,一

个在空间运动的物体,一旦其初始位置和速度是给定的,它的运动就完全由作用于它的力所决定。因为所有的物理系统都遵循牛顿定律,所以对物理系统作出精确预测的关键是做出精确的计量。法国数学家拉普拉斯(Pierre Laplace)在1819年宣称:没有什么是不确定的,对于任何能够感知所有控制自然的力的智者来说,未来和过去一样地呈现在他的眼前,即使未来对我们的眼睛来说可能会表现出不确定性,实质上它在每一时刻的细节上都已固定下来了;“我不需要上帝”。还原论也认为,世界就像一部机器,只要我们能够找到构成这部机器的最基本部件及其运动规律,机器的未来也就确定了。

然而,在这个世界上存在拉普拉斯所说的智者吗?量子力学对此提出了质疑。海森堡(Heisenberg)测不准原理表明,对两个所谓的共轭变量(例如一个运动粒子的位置和动量)同时进行测量会给精度带来一种必然的限制。位置测量值越精确,动量测量值就越不精确,反之亦然。海森堡坚持认为,测不准原理否定了拉普拉斯的因果关系决定论。他说:“在因果律的严格表述中——如果我们知道了现在,我们就能计算出未来——错误的不是结论,而是前提。”人们刻画世界的任何定律,事实上都是对客观世界运行规律的一种近似描述。由于我们不可能准确地获得某一事物的初始状态,那么不能准确地确定其未来的运动状态也就是正常的了。海森堡测不准原理为未来不确定性找到了一条解释的理由。然而,它并不适用于解释世界上所有事物的不确定运动。换言之,遵循同一确定规律的不同事物,有的从近似描述其现状与运动的规律中可以得到其未来近似的结果,而有的就不然。

早在本世纪初的1903年,法国数学家彭加勒(Henri Poincaré)就已经指出:“一个非常细微的不为人们察觉的偏差,产生了一个一定为人们所能看得到的结果,也许人们认为这种结果是属于偶然。

如果我们准确地知晓自然界的法则和事物初始状态条件,我们就能够准确地预测出该事物未来任一时刻的状态。然而,即使自然界对我们而言并没有什么神秘,一切都为我们所知,但我们仍然只能近似地知道事物的初始状态条件。如果这样已能使我们预测出它的未来近似状态,这正是我们期望的,于是会说该事物已被成功地预测了。但是,世界并不总是如此,初始状态条件的细微差异将会导致巨大差异的最终结果。这时预测是不可能的,我们得到的只能是偶然现象。”

随着科技的发展,尤其是计算机在科研中的应用,彭加勒的思想在数学和物理学等方面得到证实。60年代初,美国麻省理工学院的气象学家洛伦兹(Edward N. Lorenz)在用三维一阶微分方程描述的天气预报模型中,计算机模拟实验发现了具有对初始条件敏感的“蝴蝶效应”。70年代初期,美国普林斯顿大学的生物学家梅(R. May)在研究生物种群数量时发现,简单确定的逻辑斯蒂方程(Logistic mapping)既可以产生简单确定的平衡、有限周期行为,也可以产生貌似随机的不确定行为。1975年,美国数学家约克(James York)和李天岩将这种由确定性方程产生的随机现象命名为混沌(Chaos)。混沌为未来不确定性找到了另一条解释的理由。

恩格斯曾经指出:“历史事件总的说来同样是由偶然性支配着的。但是,在表面上是偶然性起作用的地方,这种偶然性始终是受内部的隐蔽着的规律支配的,而问题只是在于发现这些规律。”混沌理论(Chaos Theory)为认识事物发展的规律,预见其未来发展的状态行为,提供了新的思想与方法。

二、混沌理论的未来观

混沌理论是一门研究关于非线性系统动态行为的新兴科学。混沌理论的基本观点是:简单确定的非线性系统可以产生简单确定的行为,也可以产生不稳定但有界的貌似随机的不确定现象;当一个系统产生混沌现象时,其未来行为具有对系统初始状态条件的敏感依赖性,因而一般认为本质上是不可长期预测的;混沌并非混乱,它作为一个科学概念并不等同于概率意义上的随机,看似混乱无规则的现象里存在有序,而公认有秩序的确定性系统里又存在着混沌;混沌状态行为虽循环往复,但决不自身重复;混沌状态下系统的某种性质的行为可能突然产生,也可能出乎预料地消失;事物的整体不能从它的部分中加以理解;相似的情景或过程常常发生在不同水平或尺度的空间上。

总而言之,混沌理论表述了这样的一个悖论:“有序来自无序,无序来自有序;混沌来自简单,简单来自混沌。”这一方面说明了对事物未来预测的

局限性,另一方面也指出了对复杂事物未来预测的可能性。那么,混沌理论所讲的可预测性是指什么,不可预测性又是指什么呢?在分析和回答这些问题之前,首先需要澄清混沌理论中所讲的预测概念。

预测是指根据事物发展变化的过去与现在状态,对其未来的发展变化作出性质上的推断和数量上的估计。这里的预测(就其结果而非使用的方法而言)具有两个方面的含义:定性的预测与定量的预测。定性的预测,就是对系统状态未来发展变化的规律性、趋势、性质作出文字的说明,通常是在较大的时间尺度上从更大的系统范围角度,对系统未来可能出现的情景的性质作出推测与判断。定量的预测,就是对系统状态未来的发展变化作出数量上的估计,通常给出的是其数值区间与该数值区间的趋势走向。混沌理论最初是从物理学中发展起来的,许多有关混沌的文献中所讲的预测,大多也都是物理意义上的轨道预测,就是对系统未来的运动状态轨迹作出比较准确的刻划,往往要求预测的误差较小。因此,当我们把混沌理论用来理解社会系统、经济系统和技术系统时,就会引起预测概念上的混乱,得出不切实际的错误结论。为此,我们将混沌理论中的预测概念细化为三种类型:轨道的预测(Predicting)、区间的预测(forecasting)和定性的预测(futuring)。这里的区间预测也就是前面所述的定量的预测,它和轨道的预测都属于定量的预测,但两者要求的预测精度不同。

自然界呈多种情景。一些情景在空间上有序但在时间上无序,而一些情景在时间上有序但在空间上无序;一些情景是分形的,表现出尺度结构的自相似性;另一些情景则又是稳定的或振荡的。混沌理论认为,一切系统的行为都是动态演化的,既不总是稳定有序的,也不总是混沌或无序的;在某一层次或某一部分是稳定有序的,而在系统的其它层次或其它部分又可能是混沌或无序的。一个系统在演化过程中可能会存在5种类型的状态:有序态、无序态、混沌态、反混沌态和自组织临界态。不同状态条件下系统的未来行为具有不同的预测特性。

有序态是结构有序的系统所产生的有确定运动规律的状态。处于有序态的系统,只要找到系统内部的结构规律和运动规律性,就可以作出长期的轨道的预测,这时系统的不确定性保持不变。例如像地球围绕太阳运动这样的系统,天文学家确定100万年以后地球所处的位置所能达到的精度,可以与目前测得的精度一样。

无序态是结构无序的系统所产生的无确定运动规律的状态。对处于无序态的系统的未来行为作出轨道的预测或区间的预测是不可能的。混沌理论认为,无序态是系统的暂存现象,系统通过与环境进行物质、能量和信息的交换以及内部的自组织达

到新的有序态,但要预测出何时、形成什么样的有序态是十分困难的。

混沌态是结构有序的系统所产生的不确定运动状态。处于混沌态的系统具有两大特征,即系统动态行为具有对初始状态条件的敏感依赖性和分形特性。敏感依赖性说明,由于系统初始的不确定性误差得到了指数律倍数的放大,因而唯有短期的轨道的预测或中期的区间的预测是可能的,对它们的长期预测没有任何意义。轨道的预测或区间的预测水平长度主要取决于系统的混沌程度和对预测精度的要求,一般用最大的李雅普罗夫指数(Lyapunov)的倒数($1/\lambda$)为评价极限基准。混沌态的分形特性是由系统结构的有序性决定的,反映了系统动态行为在不同水平尺度上的相似性和有界性,这在状态空间中表现为混沌吸引子,即局部上的不稳定、随机扰动的不可预见性,在总体上则为稳定的协同整体,这就为从系统的历史状态推测未来前景提供了可能。如果混沌态是受多个吸引子支配的,那么对系统未来的定性的预测也是很困难的。

反混沌态是结构无序的系统所产生的有序运动现象。反混沌态是事物运动的发展过程中,系统近于临界状态、行将崩溃、突变现象产生之前的一种状态,由于其深层、内部结构、本质已经极端无序,于是只要一遇到某种扰动,就会在很短的时间内使看来似乎稳定的事物发生极快的变化,即发生突变,使事物转变为无序态。由于反混沌态是即将被某个难于预料的因素所引发前的运动状态,因而对其未来所作的任何预测都是不可靠的。

自组临界状态是由相互高度联系与作用的许多相对独立部分组成的系统具有的敏感性和鲁棒性特征的一种行为现象。自组织临界状态与混沌态的相似之处是都有对初始条件的敏感依赖性,小事件可以导致任意规模的连锁反应,但它得到系统放大的速度是不同的,混沌态按指数律倍数放大,自组织临界状态只按幂律倍数放大,比混沌态要慢得多。自组织临界状态与反混沌态的相似之处是都可以由小事件引致崩溃之前的临界状态,但自组织临界状态在崩溃之后不是到达无序态,而是仍回到自组织临界状态,即具有鲁棒性特征,保持系统某种整体性不变。美国国立布鲁克海文实验室的巴克等人认为,自组织临界是弱混沌系统的状态行为,完全混沌系统的特征是存在一个时间尺度,超越这个时间尺度,就不可能进行预测,弱混沌系统不存在这样的时间尺度,因而可以进行长期预报。

下表是系统处于不同状态条件下的预测特性。其中,L表示可长期预测的,S表示可短期预测的,M表示可中期预测的,在此它们只表达一种概念而不具有特定的水平长度。

系统与外部环境进行物质、能量和信息的交换

以及内部各组成部分之间的协同作用,系统就会从一种状态演化到另一种状态。其中,自组织临界状态在外部环境作用下也可能会进入亚临界状态(一种有序态)或超临界状态(一种反混沌态),但在外部环境的继续作用下它们仍旧回到自组织临界状态。

不同状态条件下的系统预测特性					
	有序态	无序态	混沌态	反混沌态	自组织临界
轨道的预测	L	—	S	—	—
区间的预测	L	—	M	—	S/M
定性的预测	L	—	L	—	L

从系统不同状态的演化循环过程来看,处于任一状态的系统未来都是可以展望的、作定性的预测,尤其是在系统规律已知确定的情况下,应用数值分析和计算机模拟,就可以知晓不同的系统状态出现的条件,从而为预见与控制系统的未来提供了途径。然而,现实世界中的大量系统就现有科学技术能力而言,尚还不能揭示其内在运动规律,仍然存在着 4W3H 问题:系统在何时(When),在系统的哪个部分(Where),以什么样的方式(How Change)和多大的状态幅度(How much);产生什么样的新状态(What),为什么(Why),将维持多长时间(How long)。这些都对预测系统的未来增添了困难。

三、对经济技术预测的影响

1. 转变对分析预测对象的传统观

建立在牛顿范式基础之上的经典科学,通常把研究对象看成是线性的、可解析表达的、平衡态的、规则的、确定的、可严格逻辑分析的对象,看到的主要是事物的简单性,形成“现实世界简单性”的信条。然而,这已不能用来解释纷繁复杂的自然现象和社会现象。包括混沌理论在内的现代系统科学的研究表明,非线性的、不可解析表达的、非平衡态的、不规则的、不能用严格逻辑分析的复杂性、系统性才是现实世界的本质特征。经济技术预测研究的对象通常也都是一个由多种因素相互之间非线性作用构成的开放的复杂系统,简单、线性、封闭的系统只是极少数现象。因素之间关系的线性化仅仅在它们之间呈弱非线性关系时才是有效的,但当它们之间呈强非线性关系时,这种近似就不能获得近似于实际的结果。

预测对象多是动态的、不稳定的、不连续的、不可逆的,具有多种可能的未来,稳定的、平衡的是少数的暂时的现象。尽管人们讨厌非连续性,希望从过去延续到将来,但不连续的突然变化是复杂系统的本性。平衡不变只能是暂时的,不变的本身就孕育着变化的力量。不同的环境条件决定了事物具有

不同的行为状态,不同的状态又具有不同的预测特性,因而也就有了多种可能的未来,复杂系统的不可逆性说明,已经发生过的行为绝不会重演,这也说明了为什么回归分析预测中相同的解释变量并不能得到与历史上相同的被解释现象。

经济技术系统的行为一定程度上是可以人为控制的。传统的预测往往从旁观者的角度来看待预测对象。如果考虑到预测的目的是为了认识未来、把握未来,那么我们若能预测未来,也就易于实现把握和控制未来的目的。混沌理论的吸引子原理和哈肯(Herman Haken)的“役使原理”都为控制系统的未来提供了思路。

并非所有的经济技术系统的未来都是可以预测的,系统不同状态的预测特性已说明了这一点。追求精确的轨道的预测是不现实的,但作出区间的预测、定性的预测是可能的。对于可控的预测对象,预测结果往往反过来影响人们的行为,从而会导致预测的自成功或自失败。我们需要的是不断更新的滚动式预测。

2. 发展预测技术的建模原理

现有经济技术预测建模所依靠的惯性原理、相关原理、类推原理和概率推断原理等,在混沌理论看来,还需要补充、修正与发展。惯性原理认为,系统有保持其原有运动方向、周期和性质的趋势,趋势外推就可得到系统的未来。混沌理论认为,分叉是系统由简单走向复杂、混沌的一条道路,过去将不会得到“延续”。如果系统演化到了临近分叉的节点附近,无论模型对历史数据拟合得多么好,外推总是危险的。

事物发展的关联性促使人们相信,一种事件发生的背后总有某种或某些原因,回归分析和相关分析为寻找这些原因提供了数学手段。然而,混沌理论中的数字生态模拟(Data Ecology)表明,有些似乎强烈相关的因素之间并不存在任何直接的联系,混沌系统有时提供了“伪信息”(false

information)。“蝴蝶效应”也表明,不起眼的原因也会引起大的结果。这都要求我们重新审视对模型的解释变量、外生变量的选取。

传统上预测模型对历史数据拟合后的误差被看成是外部随机因素作用的结果或随机过程的产物,混沌理论说明,随机性态既可以来自系统外部的扰动,也可以由系统内生决定。

混沌理论关于长期、精确的定量预测的不可能性说明,对于混沌系统不必投入许多成本去建立复杂的预测模型,因为这样做并不会得到大的回报。短期定量预测的可能性说明,对于初始条件和系统结构较为准确的刻画,可以改善短期预测的准确性;而长期的定性的预测则是可能的。在还没有认清复杂系统内在规律性情况下,依靠专家的经验、阅历、学识和智慧,通过类比、分析和综合的直观直觉的预测,要比定量预测方法更为实用。

3. 开发新的预测技术,改进传统预测模型

混沌理论的混沌吸引子原理、分形原理、相空间重构技术、数字生态模拟法等,都可以用来改进传统的预测模型,开发出新的综合性的预测技术。1993年6月9日~12日在美国匹兹堡召开的第13届国际预测大会,混沌预测模型是大会关于预测方法论的一个专题。1995年在德国美因兹召开的第5届统计学与经济学并行应用国际研讨会(PASE'95),经济的混沌行为分析也是会议关于非线性数据分析的一个主题。日本关西电力和东京大学的研究小组,应用混沌理论建立的预测一天中最大电力消耗量模型,预测精度可达到0.93。纽约州立大学模式识别研究中心主任内森(R. Nathans)把混沌理论用于股市预测,也取得了成效。此外,把混沌理论引入传统的预测技术,也有望改善预测的效果。如在德尔菲(Delphi)法、头脑风暴法(BS)、相关树法、交互影响分析中,参与预测的专家若对混沌思想有更多的了解,可能会对未来作出更为合理的评估。

(责任编辑 王宏章)

(上接第36页)

过程中,有一个重要的环节,即孵化环节或称为孵化功能,而高校基本上不形成孵化功能和能力。大多数高校只是科技成果的“母鸡”,并不是实际意义上的“孵化器”,更不是“养鸡场”。这在很大程度上束缚了高校科技产业的形成和发展。

其次是孵化功能与孵化体制的关系。如上所述,各种软、硬孵化功能的条件必须与一个比较完善的孵化体制相配合,科技成果产业化的目标才能够实现。而目前,能够连接从科技立项到科技研究、成果鉴定、产品开发这几个环节的体制尚未建立,而造成高校科技成果不能顺利地接受和完成孵化环节的要求,有的就没有内在的动力。

最后,是孵化器选址的问题。大多数高校既然不存在形成孵化功能的条件,那么孵化器的选址就必须重新考虑。国家级高新技术开发区与经营开发区均可供选择,但相比之下,前者比后者在政府关心、银行支持、设备条件上更加有利。

因此,在一定的区域内集中建立一至两个高校科技产业的孵化器,在集中孵化高校科技成果基础上,也孵化社会上非高校的其他产业和企业。同时,下大力气兴建孵化大楼,添置设备,增强孵化功能。在体制上,形成一个从立项、研究、鉴定、开发到产业化一条龙的体系,应是当务之急。

(责任编辑 肖庆山)