

自然增长过程的分形规律研究与应用

Research and Application of Fractals in Natural Growth Process

刘 洪

(合肥工业大学管理系 合肥 230009)

李必强

(武汉汽车工业大学,教授 武汉 430070)

一、有限增长规律及其局限性

世界上任何事物的生存与发展都要受到其自身的生长能力和资源环境的制约,从而在某些特征上呈现出增长的有限性。比如,人的体重与身高、小麦的亩产、某种型号产品的销售、国民经济的发展、科技的进步等许多事物,都有其增长的局限性。人们已经从众多事物的有限增长过程中发现,它们都遵循一定的规律性:在增长的初期和后期,增长速度较低;中期阶段增长速度最高。增长的总体过程呈现为S形曲线,即有限增长规律,如图1所示。事物发展过程的这种有限增长规律性与相似性,使得它们的发展过程是可以预测的。

植物学家们通过对南瓜重量增长观察,发现南瓜的重量增长大体上遵循S形曲线。如果对这种南瓜的早期重量增长的数据做了记录,就可以用这样的曲线来预测它的后期重量增长过程。生物学家们发现,某一容器里酵母菌细胞群体数量增长的情况,也遵循着相类似的曲线规律。这样,如果已经获得了酵母菌细胞早期的增长数据,就可以预测它的未来增长过程。市场调查人员发现,居民中用电户数占全体户数的比重以及电冰箱、洗衣机、吸尘器等家用电器的家庭普及率,也都遵循与S形曲线相类似的增长规律。

S形曲线,又称生长曲线(Growth Curves),已被人们用来预测从原苏联的兴衰、作家海明威著作的创作数量、美国艾滋病病人死亡数量,到英国私人汽车的拥有量、计算机技术发展等社会、经济、技术领域许多事物的发展过程。只需要用这些事物增长过程的历史数据拟合S曲线,就可以用拟合后的曲线预测它们的未来。常用的S曲线是以美国的生物学家和人口统计学家雷蒙德·比尔(R. Pearl)名字命名的比尔曲线和英国的统计学者和数学家本杰明·龚伯兹(B. Gompertz)的名字命名的

龚伯兹曲线。

在有限增长过程的分析与应用中,隐含着两条假定,即增长极限的不变性和增长过程的连续渐近性。如果我们分析的对象仅仅是事物增长过程的中间部分,这样的假定通常是成立的。一旦S形曲线由历史数据拟合出来了,该事物的未来也就决定了。然而,实际生活中有许多事物的增长情况并非如此。从增长的全部过程来看,即从被分析对象的生命周期过程来看,这些假设就并不总是成立的。在许多事物的增长过程中,内、外部的环境条件时刻发生着变化,而取决于内、外部环境条件的增长极限,自然也就不会是恒定不变的。当一类事物的某种特征的增长逼近了其某一阶段的极限,并不是渐进地走向停滞,常常表现为经历了一段混乱不安的波动之后,又会步入下一个新的增长阶段。从整个增长过程来看,它经历着“S型增长(常态)→波动发生(危机)→开始新的增长阶段(革命)→S型增长(常态)”这样的循环演变过程。增长速度也会在最高速与最低速(趋于0增长)两者之间交替变化。

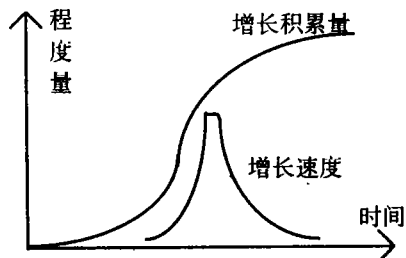


图1 有限增长的S形曲线

比如,世界能源的单位资本消费的增长就是这样的一个过程,如图2所示。整个增长过程包含了

两个有限的增长阶段和两次混沌波动期:1935年前后和1990年前后。30年代正是世界性经济危机时期,也是一系列重大科技发明的时期,如动力机车、无皱纤维、雷达、火箭、直升飞机、荧光灯、科达胶卷、电视、磁带录音机等。它们带来了能源消费结构的变化和新的消费增长时期的到来,这大约在50年代到60年代之间。90年代初期,夕阳工业的衰退,新兴工业的兴起和诸如手提电脑、蜂窝式电话、高宽频通讯网络、智能微处理器等的发明与应用,被认为是引起第二次能源消耗增长混沌的原因。此外,像计算机的速度、高能物理加速器的等价束流能量、我国的国民收入等许多事物随时间的增长过程,都具有类似的情形。

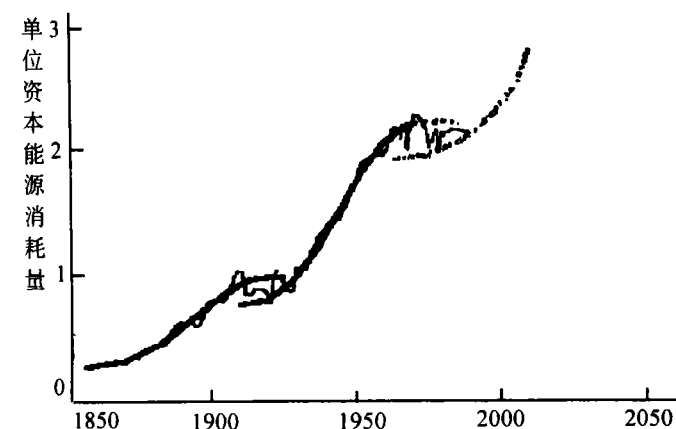


图2 世界年单位资本能源消耗的阶段性增长过程

长期以来,一直缺乏用于描述并预见这类事物发展过程的理论与方法。虽然在传统的预测技术中,人们已经用包络曲线分析(Envelop Curves)等方法从整体上来描述这类事物的发展过程,但是,它们尚不能从机理上解释和回答:为什么会在每个增长阶段的末期出现波动;下一个波动期将会何时到来;每一个增长阶段将会持续多久;如何才能改变整个事物增长的途径。

根据混沌理论研究表明:事物增长过程中的无序性波动与有序性增长是统一的,它们都是增长过程中的一部分;一类事物的增长过程呈现出具有自相似特征的分形规律。这一理论,给我们提供了一个认识事物发展的新的视觉窗口,从而能更加完整地理解一个事物的增长过程。从一定程度上讲,这一过程变得更加可预见。

二、自然增长过程的分形规律

从历史角度来看,一些事物的增长过程是由一

系列增长阶段组合而成,整个增长是没有止境的,我们将这类事物的增长称为自然增长。对于一些(我们还不能肯定是所有的)自然增长过程,其中每一个增长阶段服从S形曲线的有限增长规律,由许多增长阶段所构成的整体增长过程也呈S形曲线的有限增长规律,并且具有与单一增长阶段相类似的增长规律性(常态→危机→革命→常态的循环演变过程),在任一个S曲线的左边和右边,均连接着另一个相类似的增长过程,从而构成更大的增长曲线,这就是自然增长的分形规律。如图3所示。

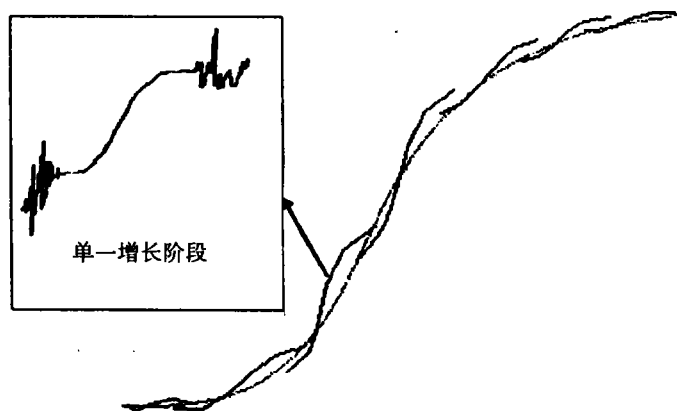


图3 自然增长的分形规律

事物的增长过程,事实上是内部增长的力量和环境条件限制其增长的正负反馈作用的结果。在增长的初期,环境条件的制约并不明显,但由于内部增长的力量还很薄弱,整个增长速度较慢。随着增长的正反馈作用的增强,增长的速度变得越来越大,这时环境条件的制约作用也变得明显起来,迫使增长的速度减慢下来。当增长过程积累到了一定大的程度,环境条件已不能维持其进一步增长的需求,整个增长过程也就不得不“停滞”下来,根据描述事物这种增长机理的维赫斯特动力学方程(Verhulst Dynamics)研究得知,这种停滞并不仅仅是我们通常以为的趋于平静状态,如图1所示的那样。其实还有另外三种停滞的方式:经过波动走向平静态;经过波动走向某种周期性的变化状态;进入混沌状态,如图3中的单一增长阶段图所示。到底趋向于哪一种停滞方式,取决于事物内部增长力量与环境条件制约之间的相互耦合关系和增长过程对环境条件的依赖程度。进一步的研究表明,在一个有着确定规律的增长过程的前期和后期,都可以存在着混沌过程。因此,增长过程中波动的发生,是事物发展的内在机制决定的。它一方面意味着一个增长阶段的结束,另一方面也意味着一个新的增长阶段的开始。

达尔文的优胜劣汰、适者生存和现代系统科学的协同进化,都说明了自然界和社会生活中事物的发展是不断向前的,它们或者通过本身结构的进化来增强生存与发展能力,或者通过开拓新的环境资源来保持其进一步发展的需要。因此,一个事物每当其增长逼近某一增长阶段的极限,它就会在上述的两个方面中寻求进一步发展途径。在每一个方面都会有许多种不同的可取途径,但只有在多次的尝试之后,才能最终决定沿着哪一个途径对生存与发展更有利。因此,当上一个增长阶段趋于结束,在经历一个较为短暂的波动阶段以后,下一个增长阶段就会开始。

一个事物在一个增长阶段的结束之后所拥有的经验和教训,都会以知识(或遗传基因)的形式留给下一个增长阶段,从而使事物具有新的增长能力,使新的增长阶段能够得到进一步的提高与延长。一个接着一个的并不断延长的增长阶段就构成了整个增长过程(这又是更大层次上增长过程的一个阶段)的前半部分。与单一增长阶段的情况相似,不断增长的整个过程又会受到更大层次环境条件的制约,从而使得在其后半部分,每一个增长阶段又不断缩短,从整体上趋向于“停滞”。从总体上来看,在整个增长过程的前期,每一个阶段的增长速度较低,但变得越来越快;每一个阶段的增长时间较短,但变得越来越长。在整个增长过程的后期,增长过程的情况正好与前期的情况相对称,从而使整体过程具有了与其中任一个阶段相似的过程和曲线形状,即它们是分形的结构。

刻划增长的分形规律主要从四个方面入手。第一,整体增长过程的“厚度”。它取决于整个增长过程中所包含的每个增长阶段的波动幅度。第二,增长的阶段性。即每个增长阶段属于总体增长过程的哪一部分。一般来说,具有相近增长速度曲线的增长阶段应属于总体增长过程中相近的或相对称的部分。第三,增长的速度。它取决于增长阶段交替更换的快慢程度和每个增长阶段生命周期的长短变化。第四,增长过程的极限。每一个阶段的增长极限,取决于该阶段的环境条件对增长的制约程度。对整个增长过程来说,它又取决于更大层次的环境条件的制约。如果我们知道了所有增长阶段的规律(比如说都服从比尔曲线),也知道了增长的“厚度”和增长的极限,那么,增长的分形过程就可以定量地分析。

三、应 用

1. 用于经济、技术、社会发展的预测

如果一个事物的增长过程是服从自然增长的分形规律,就可以利用它的历史拟合预测其未来的

发展。如果增长过程处于其初期部分,它的前期是由一系列时期较短的增长阶段相连接而成,那么,就可以推测,其未来将是一系列时期越来越长、速度越来越快的增长阶段,发生波动的间隔期越来越长。如果增长过程处于其末期部分,其未来就将是一系列时期越来越短、速度越来越慢的增长阶段,发生波动的间隔期越来越短。如果已知一个增长过程的大部分历史,那么,利用S形曲线的对称性,就可以预测该增长过程的未来历程。

我们通过对我国国民收入历史的分析,发现其增长过程大体上符合自然增长的分形规律,如图4所示。从图4可以看出,我国国民收入的增长在1952年到下个世纪初总体上遵循有限增长的规律,并在本世纪的90年代达到最高增长时期,如图中的粗黑线所示。在这一增长时期内,包括着四个增长阶段:1952~1960年,1960~1970年,1970~1988年,1988~1992年,如图中的细实线所示。在这一增长过程中,共发生了三次较大的波动:1960年左右,1970年左右和1986年左右。假定1992年为我国国民收入增长的最高时间点,根据S形曲线的特征,将1992年以前的增长过程作为其之后相对称的部分。据此推测,在今后约40年内,我国国民收入仍将处于快速增长时期,但增长的速度将越来越慢。在这一增长过程中,也将会有几个阶段性的增长过程出现,其中较大的波动大约会发生在2000年、2015年、2025年和2035年左右。

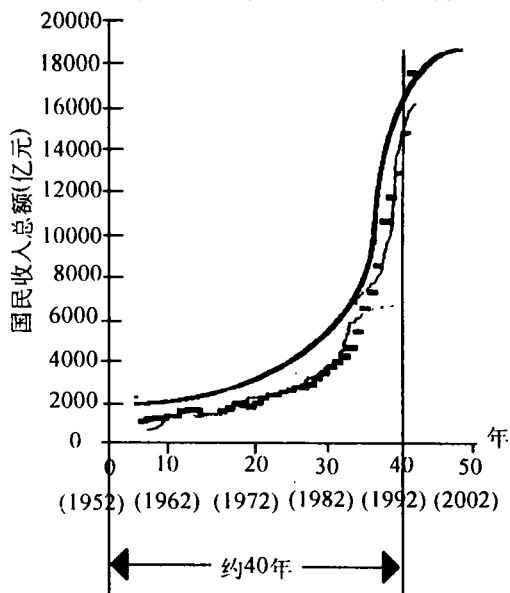


图4 1952~1992年我国国民收入的分形增长过程

(资料来源:中国统计年鉴,1993)

自然增长过程的分形规律意味着事物的发展具有决定性的路径,未来是可以预测的。既然如此,那么,人们能否有意识地改变它的变化过程呢?就像一般管理教科书中的产品生命周期理论所述的,当人们预期到产品销售饱和期的到来,就会采取一

系列的行动避免它的发生,如通过改善产品结构、性能、提高产品质量等手段延长产品的生命周期。我们认为认识自然增长的分形规律,需要从事物的整体来考察,从更大层次、更大的系统角度来考察。一般来说,人们对管理对象的控制能力是有局限性的,有的东西可以控制,有的东西就不可以控制。例如,国民收入这样的宏观经济指标的增长,除了因人为的对经济体制的改革影响其增长过程之外,还要受到一个国家的整体文化水平、技术能力、经济基础等制约,而这些都不是短期可以改变的。因此,应用自然增长的分形规律,进行长期的、宏观的较大系统状态行为的预测,其结果具有一定的参考价值。

2. 提供一种解释现实现象与经济管理的理论

产品生命周期不断缩短是企业经营者们面临的一种普遍现象,这可以用自然增长的分形规律加以理解。就某一类产品而言,不断缩短的生命周期反映了该类产品的技术性能正在接近淘汰的末期。在更大的层次规模上讲,不断缩短的许多种类产品生命周期,反映了正在变化着的社会模式。就计算机的情况来讲,大型机的衰退,反映了社会上对便携机、个人计算机产品的需求倾向。近来 PC 机 286、386、486、586 的接连出现,暗示了新型的、与原有机种大不相同的新机种正在孕育之中,将成为下一个生命周期较长的一代产品。此外,大量产品生命周期的不断缩短,则可能反映了世界性经济的衰退与停滞。

处于增长过程不同阶段的事物,具有不同的管理特点。当管理的对象,比如说一种产品或整个企业的经营状况,处于高速发展之中,管理上也常常处于一个保守的时期。因为,管理者所面对的一切都在快速地发展,企业上下充满信心,企业容易形成一个整体。企业的管理工作具有规律性、可程序化,在管理上自然也就容易形成中央集权的运作模式,容易形成高度的官僚作风。这一时期管理工作

关注的重点,一般是领导体制建设、控制工作、观念导向、工作改善、企业兼并、扩大投资规模等事项。

当企业的发展处于低速增长时期,增长的波动变得较为明显和频繁,如产品的销售数量的升降起伏,这时企业面临的经营环境是不稳定的。这一时期的到来,意味着企业在发展过程中,一个增长阶段的结束或者新的增长阶段的开始。所以,低速增长时期可以看成是“冒险家的乐园”时期,也是引发企业经营体制深刻变革、启动创新与开发的繁荣时期。在这一时期,诸如企业的分解、分权化运动、内部企业家成长等现象纷纷涌现。管理工作的重点主要涉及诸如再造工程(reengineering)、自主工作(empowerment)、企业文化、规模递减(sizedown)和自组织单元等。

新旧增长阶段的交替中,旧的增长阶段的衰退伴随着新的增长阶段的上升,在低增长速度的前提下出现增长阶段的延长,也不符合自然增长过程的规律性。因此,我们应该提倡“即时创新”,不必等待,等待可能会贻误时机。混沌时期往往也是开始走向繁荣的时期,所以在低速增长的波动时期,管理者抓住机遇,也就抓住了未来;反之,则将被环境条件所淘汰。

3. 其它领域的研究与应用

增长过程是自然界和社会生活中的普遍现象,许多增长过程也都存在着增长的阶段性。这些都使得自然增长过程的分形规律的研究与应用,具有广阔的前景。如果说一个人的生命能力能用一个累加量来描述,那么,人在幼儿时代生病的频繁与老年时代的相似之处,就可以用自然增长的分形规律来解释。如果这一假定成立的话,它对人们的医疗保健将有重要意义。此外,一个企业的发展经历、某项技术水平的提高、一个社会演变等过程,都有待用自然增长的分形规律加以研究与应用。

(责任编辑 肖庆山)

(上接第 20 页)

近 10 年来,随着生物技术的发展,肿瘤生物治疗正在兴起。这种新疗法的效果究竟如何,由于应用历史不长,目前尚难定论,其答案只能从大量的临床应用研究中来。目前我国有关各种生物治疗的临床资料,包括疗效和毒副作用等主要来自国外的文献。国内对肿瘤生物治疗的反应(如肿瘤导向治疗和基因治疗等)常随着国外的评论而忽冷忽热。这是不正常的。以大样本的观察为主的研究领域,我国应当能提供更多的经验。笔者认为,对以生物高技术为基础的新疗法的临床研究,应当积极地、有组织地开展,而不应控制过严。中医中药是世界上实践最早的肿瘤生物疗法,几千年来实践积累

了丰富的资料和经验。现代生物技术开辟了肿瘤诊断与治疗的新领域,在利用这种新技术、新疗法造福于人类方面,我国完全应该,也有可能走在世界的前列。

参考文献

- [1] Thrush G R, Vitetta E S. et al; Immunotoxin: An update. Ann. Rev. Immunol, 1996, 14: 49—71
- [2] Russell P J et al; The use of monoclonal antibodies for the diagnosis and therapy of bladder Cancer. Bri. J. Urology 1993, 71: 121—129

(责任编辑 肖庆山)