

# 代谢增长论： 市场份额竞争、学习不确定性和技术小波<sup>\*</sup>

陈平<sup>\*\*</sup>

**摘要** 新古典经济学的内生和外生增长理论都忽略了资源限制和技术发展的波样运动。人口动态学的逻辑斯蒂增长模型和物种竞争模型，能够提供一个演化分析框架，讨论市场份额竞争中技术小波所推进的经济增长。新古典经济学的干中学和知识积累模型忽略了技术进步的质变和间断性。知识的新陈代谢过程才能理解创造性毁灭。政策和制度在技术周期的不同阶段是共生演化过程（Co - evolution）。劳动分工受市场范围、资源种类和环境波动的限制。在生态 - 工业系统的稳定性与复杂性之间存在鱼和熊掌不可兼得的消长关系（Trade - off）。面对学习不确定性时，发展策略的多样性源于文化和环境的影响。西方的分工模式以劳动节约和资源密集型技术为特征，而亚洲和中国的分工模式以资源节约和劳动密集型为特征。非线性人口动力学整合了斯密、马尔萨斯和熊彼特的思想，为经济增长和技术发展提供了一个统一的演化理论。

**关键词** 增长理论 市场份额竞争 技术小波 学习不确定性 知识代谢

## 一 引言

现有的两种技术发展观是互相矛盾的。新古典增长理论将技术进步视为完全预期下的平滑轨迹，可以用以柯布 - 道格拉斯（Cobb - Douglas）函数为基础的线性对数模型来描述（Solow, 1957; Romer, 1986; Aghion and Howitt, 1998; Dasgupta, 2010; Kurz, 2012）。经济史学家则注意到工业经济的波样运动和革命性的质变（Schumpeter, 1939; Toffler, 1980; Ayres, 1989; Rostow, 1990）。本文在市场份额竞争中引入非线性人口动力学来发展第二种研究的思路。

均衡观点强调收敛（资本积累的外生增长理论）或发散（知识积累的内生增长理论）式经济增长的单向因果关系。与此不同的是，生物演化和工业革命揭示

---

\* 本文英文版发表于 *Journal of Evolutionary Economics*, 2014, Vol. 24, No. 2。由清华大学《资本论》与当代问题研究中心刘刚翻译，陈平校对，2014年2月18日。

\*\* 陈平，就职于复旦大学新政治经济学研究中心。



出清晰和动态的新陈代谢过程，以及双向演化的复杂形态。换言之，不同地区和不同阶段往往显示发散或收敛的多样演化趋势，我们看不到制度趋同的优化规律或普适价值。

历史上，是经济学家马尔萨斯关于资源约束和人口增长的理论，激发了达尔文的生物进化论（Malthus, 1798; Darwin, 1859）。生物数学的逻辑斯蒂模型（Logistic Model）和食饵-捕食者模型（Prey-predator Model）都被引入经济周期理论（Goodwin, 1967; Samuelson, 1971; Day, 1982）。为理解世界史上不同文明的多种分工模式，我们引入一个新的经济要素——学习不确定性。面对学习不确定性时，不同文化有不同的学习战略（Chen, 1987）。

我们在此提出经济增长的两个基本问题。

第一，知识的本质是什么？内生增长理论用“干中学”效应提供了一个知识积累的静态图景（Arrow, 1962）。这一理论意味着富者（技术革命的先行者）和贫者（技术革命的跟进者）之间存在两极化的贫富分化趋势。这一图景与世界历史上常见的国家和文明的兴衰并不相符。

第二，如何理解全球暖化和生态危机的经济根源？新古典经济学描写技术和知识进步的 AK 模型（这里字母 A 表示技术，字母 K 表示资本），采用的柯布-道格拉斯生产函数隐含的条件是无限资源。<sup>①</sup> 这一分析框架不能讨论当代重大的生态危机和全球暖化问题。

众所周知，工业经济的发展来源于一系列新技术，开发出新的资源，如煤、石油、电力和核能。技术进步这种波浪式运动，可以用资源约束条件下的人口动态学描述，包括著名的 S 形逻辑斯蒂曲线以及 Lotka-Volterra 物种竞争模型（Pianka, 1983; Nicolis and Prigogine, 1977）<sup>②</sup>。熊彼特长波和创造性毁灭可以通过逻辑斯蒂小波的新陈代谢来描述。经济活动中，文化在面临学习不确定性时扮演了战略性的角色。西方的分工模式以劳动节约和资源密集型技术为特征；而中国模式主要由资源节约和劳动密集型技术主导。

理论思维的范式变革是和数学表象的扩展分不开的。经典物理的数学表象是圆周运动和周期波，它们成为机械运动论的基础。新古典经济学的数学表象是布朗运动和白噪声，用来描写市场自发运动的均衡和无序。问题是，周期波的震荡时间无穷长，

① 新古典经济学的内生增长模型假设生产函数  $Y = AK$ ，A 为知识，K 为资本。AK 模型最简单的描述是 Cobb-Douglas 函数，其对数形式化为最简单的线性模型。线性增长模型是典型的无限增长模型。

② 生态学中逻辑斯蒂模型又称自我抑制性模型或增长阻滞模型。Lotka-Volterra 模型把单物种的逻辑斯蒂模型推广到两个或多个物种竞争的情形。逻辑斯蒂模型是最简单的非线性有限增长模型，只包含自变量的二次方。



白噪声的冲击时间无穷短，两者都难以描述有限生命的有限周期。为此，我们引入新的小波表象。小波可以看作波动的一个浪头或一个片段，一系列的小波就构成生命延续的新陈代谢过程。每个小波相似而不相同，代表生命和社会发展的每个阶段都有相似之处，也有不同之处。逻辑斯蒂小波是生态系统产生的小波，可以作为演化经济学的数学基础。我们认为经济发展的基本动力是波浪式发展的技术进步，而非新古典经济学强调的随机性心理噪声或技术冲击。我们用混合经济条件下技术小波的序列发展，来统一描述微观、宏观、金融、制度的变革。这比新古典经济学用噪声驱动或随机游走来描写自由放任的市场机制，更接近工业化经济的历史经验。

本文由以下几部分构成。第 2 节讨论世界历史上挑战经济增长理论的基本事实，如资源差异和非平衡增长。第 3 节，发展资源约束条件下增长和技术竞争的逻辑斯蒂模型（Chen, 1987）。并在演化动态学的框架下，讨论 S 形曲线和逻辑斯蒂小波模型非线性解的含义。第 4 节把斯密原理推广到更一般的情形。即当面临新的和不确定的资源和市场时，引入学习策略中的文化因素。提出：分工受市场规模、资源种类和环境波动的三重限制。多样性和稳定性之间存在鱼和熊掌不可兼得的“消长（Trade-off）”关系（Chen, 2008、2010）。作为应用，讨论了中国与西方文明分岔的历史之谜。第 5 节讨论经济学方法论研究中有争议的问题。第 6 节是结论，系统总结经济增长的均衡视角和演化视角在理论和政策上的根本差别。

## 二 非平稳经济增长和新古典增长理论的局限

索洛的外生增长模型基于规模报酬不变假设，预言经济增长是趋势收敛的（Solow, 1957）。罗默的内生增长模型则基于知识积累的规模报酬递增假设，宣称经济增长有发散趋势。世界经济的历史表明，实际情况要比新古典增长理论的两个极端模型复杂得多（见表 1、表 2）。

表 1 历史统计数据（1913~2001 年）真实国内生产总值（GDP）的年平均增长率

单位：%

时 期	西 欧	东 欧	亚 洲	美 国	日 本	苏 联	中 国
1913~1950 年	1.19	0.86	0.82	2.84	2.21	2.15	-0.02
1950~1973 年	4.79	4.86	5.17	3.93	9.29	4.84	5.02
1973~2001 年	2.21	1.01	5.41	2.94	2.71	-0.42	6.72

注：这里的亚洲数据不包括日本。

资料来源：Maddison, 2007。

表 2 全球不同时期的非平稳增长（真实国内生产总值每十年的平均增长率）

单位：%

时 期	1970s	1980s	1990s	2000s
中国	6.2	9.3	10.4	10.5
日本	3.8	4.6	1.2	0.7
美国	3.2	3.2	3.4	1.6
德国	2.9	2.3	1.9	0.9
东亚	4.4	5.5	3.3	4.0
拉美	6.1	1.5	3.2	3.1
东欧	4.4	2.3	-2.0	4.3
西欧	3.1	2.3	2.1	1.1
澳大利亚和新西兰	2.8	2.9	3.6	3.0
世界（平均）	3.8	3.1	2.8	2.5

资料来源：联合国统计局。

我们可以看到 1913 ~ 1950 年经济增长率美国全球最高，1950 ~ 1970 年经济增长最快的是日本，1970 ~ 2010 年经济增长最快的是中国。在每个地区的纵向比较及或跨国比较中，我们都观察不到稳定的收敛或发散趋势。相反，在大国兴衰的过程中我们看到的趋势是变化的。

众所周知，西方世界的兴起由殖民主义的资源扩张驱动（Pomeranz, 2000）。就人均可耕地面积而言，东亚，包括中国和日本，其人均可耕地数量明显低于西方（见表 3）。

表 3 1993 年资源与人口的跨国比较（Madison, 1998）

区 域	可耕地（%）	人口（百万）	人均可耕地（公顷）
中 国	10	1178	0.08
欧 洲	28	507	0.26
美 国	19	239	0.73
苏 联	10	203	0.79
日 本	12	125	0.04
印 度	52	899	0.19
巴 西	6	159	0.31
澳大利亚	6	18	2.62
加 拿 大	5	28	1.58

注：这里的可耕地为在总面积中所占的百分比。

亚洲的小型粮食农场与西方的谷物 - 畜牧业综合农业企业存在显著的区别。不言而喻的是，个人主义文化根植于资源密集的劳动节约型技术，而集体主义文化的形成



则与资源不足、人口密集的环境有关。在第 4 节中，我们将进一步研究文化和资源在现代化赶超博弈中的作用。我们对资源和人口规律的考察源于国家间的比较研究。只要存在相关的数据，我们考虑资源人口关系的研究方法也可以推广到产业间的比较研究。

### 三 有限增长的逻辑斯蒂模型和物种竞争模型

新古典经济学的柯布 - 道格拉斯生产函数可以转换成对数线性函数，这意味着新古典经济学的增长理论是没有资源限制和市场规模约束的无限增长。要研究有生态资源约束的增长必需发展非线性动态学。

#### (一) 经济动态学的有限和无限增长

亚当·斯密的《国富论》第三章的标题是“分工受市场规模的限制”（Smith, 1776）。施蒂格勒称之为“斯密定理”（Stigler, 1951）。马尔萨斯（Malthus, 1798）进一步指出人口增长受自然资源的限制。

斯密的市场规模限制和马尔萨斯的资源约束可以统一描述为非线性生态模型的“承载能力（Carrying Capacity）” $N^*$ 。将生态模型引入经济学增长，我们需要改变相关变量的名称。在后面的讨论中，我们将把生态理论的原始名称用括号注明，放在相应的经济学变量之后，读者可以清楚地理解每个变量的生态学含义，以及相应的经济学含义。

从需求方看， $n$  是买家的数量（人口数）， $N^*$  是市场规模范围（人口规模边界），它是收入分配的函数。这里的市场规模与人口规模及可支配收入相关。

从供给方看， $n$  是产出， $N^*$  是资源约束，它是既有技术和成本结构的函数。例如，历史上粮食生产的上限，可以通过灌溉技术和肥料的应用增加，也可以通过引入谷物或土豆等新作物增加。

最简单的有限增长模型是演化生态学中二次型的逻辑斯蒂模型（Pianka, 1983）。

$$\frac{dn}{dt} = f(n) = kn(N^* - n) \quad (1)$$

这里， $n$  是产出量（人口数）， $N^*$  是资源约束（人口规模）， $k$  是产出（人口）的增长率。

和新古典经济学静态不变的规模经济特性不同，逻辑斯蒂模型的动态规模经济特性是随时间变化的：在成长期报酬递增，在成熟期报酬递减，只有中间的转折点报酬不变。

$$\text{动态递增报酬: } f' > 0, \text{ when } 0 < n < \frac{N^*}{2} \quad (2a)$$

$$\text{动态递减报酬: } f' > 0, \text{ 当 } \frac{N^*}{2} < n < N^* \quad (2b)$$

逻辑斯蒂模型是最简单的非线性动态学形式。当  $f(n)$  不是二次函数时，转折点可能会偏离中点。

相比之下，新古典经济增长理论的 AK 模型，没有资源约束的条件，只有固定的规模报酬。例如，新古典模型的稳定性条件只对报酬递减或报酬不变的模型成立。内生增长理论的知识积累模型则要求报酬递增。因此新古典企业理论不能理解规模报酬的变化 (Daly and Farley, 2010)，也就无法理解技术或文明的兴衰。

逻辑斯蒂模型在生态学文献中也被称为赫斯特 (Hurst) 方程 (Pianka, 1983)。它的离散时间形式可以产生最简单的决定论混沌 (Deterministic Chaos)。<sup>①</sup> 它的连续时间的微分方程的解构成 S 形曲线。图 1 为无限的指数增长和有限的逻辑斯蒂增长。

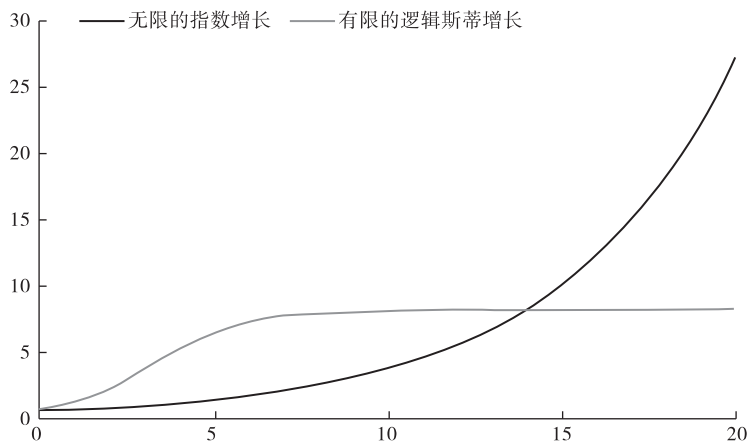


图 1 无限的指数增长与有限的逻辑斯蒂增长

当我们把逻辑斯蒂模型引入经济理论中时，我们的分析单位就不是国家，而是技术或产业，因为每种技术或产业的规模是有限的。如果资源限制是可耕地，我们的分析单位也可以是地区或国家。在经验研究中，这意味着依赖于有效数据的市场范围或资源开发能力。

① 决定论混沌是非线性决定论方程的一种不稳定的数学解。如果初始条件有微小误差，轨道预言的偏差将随时间急剧放大。这就打破了牛顿时代对决定论数学可预测的信念。换言之，非线性可以产生不可预言的不确定性。离散时间的一维差分方程产生的决定论混沌，我们称之为“白混沌”(White Chaos)。白色的含义是它的频谱是水平线，不同频率的强度相同，看上去很像白噪声 (White Noise)。连续时间的非线性微分方程产生的混沌看来像有一定带宽的有色波动，可称之为色混沌。色混沌可以描写生物钟。生命体的内生震荡频率和外生的机械钟不同，不是单一频率，而是有一定的带宽。美国经济波动的周期在 2 ~ 10 年。

逻辑斯蒂增长的规律，可以清楚地从产业部门的数据考察中获得，一个典型例子是汽车产业在美国 GDP 中的比重，见图 2（Chen, 2010）。



图 2 美国汽车产业产值占 GDP 的比重

我们可以看到美国汽车产业在 1900 ~ 1920 年起飞，在 1930 年之前达到饱和阶段。S 形增长曲线可以在部门分析中通过考察企业和产业增长而发现。

## （二）开放经济的市场份额竞争模型

现在我们从一种技术拓展至多种技术的市场份额竞争。最简单的资源竞争模型是双物种竞争模型，理论生物学中的 Lotka - Volterra 方程（Pianka, 1983）。

$$\frac{dn_1}{dt} = k_1 n_1 (N_1 - n_1 - \beta n_2) - R_1 n_1 \quad (3a)$$

$$\frac{dn_2}{dt} = k_2 n_2 (N_2 - n_2 - \beta n_1) - R_2 n_2 \quad (3b)$$

和以前一样，我们把生态学的变量用括号表示，放在经济学变量之后。这里， $n_1$  和  $n_2$  是技术或产品（物种）1 和技术（物种）2 的产出（人口）。 $N_1$  和  $N_2$  是他们的资源限制或市场规模限制（承载力）； $k_1$  和  $k_2$  是他们的学习（人口增长）率； $R_1$  和  $R_2$  是他们的退出（死亡）率； $\beta$  是市场份额竞争的竞争（重叠）系数（ $0 \leq \beta \leq 1$ ）。

这个公式可以通过引入“有效资源约束”（承载力）来简化：

$$C_i = N_i - \frac{R_i}{k_i} \quad (3c)$$

这里，我们要强调新古典经济学与演化经济学关于技术发展的不同视角。一般均衡模型只考虑封闭经济的特征，如产品生命无限、种类固定的静态模型（Arrow and Debreu, 1954）；新古典的动态模型把技术进步描写为随机创新，否认技术革命的突变





和波浪式运动，当然也就否定技术革命引发经济危机的可能性（Aghion and Howitt, 1992）。相比之下，人口动态学主要考虑以新技术引入新资源和新市场的开放经济。因此，非线性人口动态学更能反映具有间断性技术革命的工业经济。

我们的人口动态学描述了面对新资源时的学习竞争。这里的人口，指的是某种特定技术使用者的数量。新技术的进入和退出速度，我们用学习过程中的进入和退出率来描述。为从数学上简化，我们将学习率设定为二次形式，而退出率设定为线性形式。这意味着在技术竞争中，学习机制比退出机制更为重要。

退出率的含义可以在方程（3C）中看到。考虑一个农业发展的例子。如果粮食是人口唯一可以获得的食物，那么粮食的退出率  $R_1 = 0$ ，且  $C_1 = N_1$ 。然而，如果新食物，假设是土豆，被引入，一部分人口会从粮食转入土豆。因此退出率  $R_1 > 0$ ，且  $C_1 < N_1$ 。存在新技术竞争时，有效资源约束会比没有竞争时的原始资源约束要少。换言之，单一技术会导致资源的竭泽而渔。发展多种技术可以降低单一资源的利用率，有利于生态系统的休养生息。

竞争系数  $\beta$  衡量用同一资源的重叠比例来度量不同技术的竞争程度。 $\beta = 0$  时两物种之间在市场上或资源上都无竞争。两类技术都独立地完全扩张，直到其规模达到资源所限定的水平。现实的情形要复杂得多，如农业和渔业在资源上没有竞争，但是在食物市场上会有竞争，因为多吃水产品就会少吃农产品。

在新古典经济学中，相对价格是资源配置的核心。在一个工业化经济中，市场份额是塑造产业结构的核心。我们可以用市场营销和产业分析中的市场份额数据，来估计竞争系数。

技术代谢理论意味着新技术的产生和旧技术的衰落。技术竞争可能产生两种结果：(i) 在（4a）条件下，旧技术被新技术取代；(ii) 在（4b）条件下旧技术与新技术并存。

如果没有第二种技术  $n_2$  的竞争，当  $n_1 = C_1$  时，即达到有效承载率极限时，增长率为零。由此有效承载率显示的是物种数量的极限水平，即  $n_1$  和  $n_2$  的最大限度。但是，如果存在第二种物种的竞争，那么，资源的有效增长率将如以上公式所示，如果最大限度考虑第二种物种的竞争，即第一种物种的数量接近于零，忽略  $n_1$  对自己增长率的影响时，增长率的正负号将取决于  $C_1 - \beta n_2$ ，而  $n_2$  的极限数量为  $C_2$ 。

$$\beta(N_2 - \frac{R_2}{k_2}) = \beta C_2 > C_1 = (N_1 - \frac{R_1}{k_1}) \quad (4a)$$

$$\beta < \frac{C_2}{C_1} < \frac{1}{\beta} \quad \text{此处 } 0 < \beta < 1 \quad (4b)$$





因此，如果新技术的资源约束高出旧技术足够多，新技术将终结旧技术。

两种技术共存时，新旧技术都不能完全开发它们的潜在资源，因为它们的均衡产出小于它们的资源约束（5a，5b，5c）。创造性毁灭的成本是未实现的（过剩）产能。

$$n_1^* = \frac{C_1 - \beta C_2}{1 - \beta^2} < C_1 \quad (5a)$$

$$n_2^* = \frac{C_2 - \beta C_1}{1 - \beta^2} < C_2 \quad (5b)$$

$$\frac{1}{2} (C_1 + C_2) \leq (n_1^* + n_2^*) = \frac{(C_1 + C_2)}{1 + \beta} \leq (C_1 + C_2) \quad (5c)$$

例如，如果没有技术 2，技术  $n_1$  将达到它的完全容量  $C_1$ 。技术  $n_2$  加入市场份额竞争后，技术  $n_1$  存在两种可能的后果：（i）技术 1 被技术 2 终结，因此， $n_1 = 0$ ， $n_2 = C_2$ 。“创造性毁灭”的成本是旧产能  $C_1$  的全部损失。这就是在早期发展阶段手工纺织业被机器纺织业毁灭的情况。（ii）旧技术和新技术并存，结果两种技术都存在过剩产能  $(C_1 - n_1^*) > 0$  且  $(C_2 - n_2^*) > 0$ 。

这里种群竞争模型描写了市场份额竞争。例如，如果我们有电脑产业主要企业的市场份额数据，我们就可以将我们的模型应用于刻画营销竞争。如果我们有相关数据，我们也可以研究国家之间的军备竞赛。

奈特（1921）区分了可预见风险与不可预见的不确定性之间的差别。在新古典计量经济学中风险通过方差衡量。这里，我们拥有两种不确定性：新技术的出现时间和新技术的初始条件。因此，不可预见不确定性的存在，使优化或理性预期不可能存在。路径依赖是技术发展的基本特征（David，1985；Arthur，1994）。

凯恩斯经济学对总量有效需求不足的原因，没有给出结构理论。微观基础理论将宏观波动归因于微观家庭的劳动时间，这明显与大数原理不符，因为大量微观家庭的随机行为会互相抵消，不可能加总为大规模的宏观失业（Lucas，1981；Chen 2002）。我们的理论构造宏观经济周期的中观基础（Meso - foundation）：工业化的技术代谢过程存在过剩产能。过剩产能观测到的成本包括大规模失业，这也就是物理学中典型的废热，或者叫经济熵（Georgescu - Roegen，1971）。

### （三）技术生命周期、逻辑斯蒂小波和代谢增长

产品生命周期的概念被广泛应用于经济学和管理学的文献（Vernon，1966；Modigliani，1976）。我们把生命周期的概念用于分析技术的生命周期。传统上生命周期现象可以描述为多阶段模型。线性动态模型，如协振子无限长的生命周期波动或脉冲式的白噪音模型，都无法描述生命周期，因为生命周期是典型的非线性现象。具有有限生

命的逻辑斯蒂小波是描述技术生命周期最简单的非线性表象。熊彼特的长波和创造性毁灭可以用技术竞争模型的一系列逻辑斯蒂小波来描述。

方程 3 的数值解用图 3 表示。

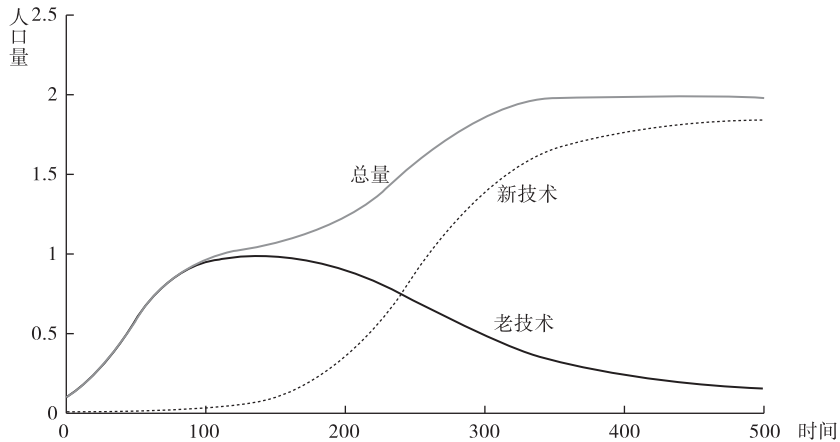


图 3 代谢增长用方程 (3) 的技术竞争描写

当新技术出现后老技术下降。总产量的包络线，是两种技术产出的加总。这里的参数是  $\beta = 0.4$ ， $C_1/C_2 = 2$ 。单位在计算模拟中是任意选定的。

小波表象可以用于分析任何产品、企业、技术和国家的使用寿命现象 (Eliasson, 2005)。经济计量学多用离散时间 (使用差分方程) 的线性动态学模型来描述生命周期 (Browning and Crossley, 2001)。我们的小波模型是连续时间 (使用微分方程) 的非线性动态学模型。产品生命周期的逻辑斯蒂小波的时间尺度介于 (宏观常用的) 几个月到 (康德拉季耶夫长波的) 几十年之间。

#### (四) 逻辑斯蒂小波四阶段中资本和制度在混合经济下的共生演化 (Co-Evolution)

代谢增长模型为资本运动和制度伴随技术波起落的协同演化提供了理论框架。我们可以将逻辑斯蒂波分为四个阶段：I 幼稚期，II 成长期，III 成熟期，IV 衰退期。

新古典理论将资本视为平稳增长的存量，不能解释经济周期和危机复发的内在原因。

小波模型提供了一个资本运动和政策变化的内生机制。

在幼稚期 (第一阶段)，新技术要存活必须跨越某个临界值 (Survival Threshold)。新技术的规模在达到临界值之前难以存活，所以需要知识产权和对外贸易对幼稚产业的保护。由于此阶段新技术前景极大的不确定性，私人投资者往往不愿冒险投资新技术。这使新技术的研发主要由公共部门和非营利的大学发起。例如，互联网和 GPS 系统就是首先由大学和国家实验室为军事目的而开发的，后来才转向商业用途。



在成长期（第二阶段），新技术显示出市场潜力，私人资本涌入，市场份额迅速扩张，新发行的股票价格飞涨。在这一阶段，市场竞争是市场扩张的驱动力。然而，要维护建设性的竞争环境，安全和环保标准以及金融管制都是必要的。因为羊群行为（Herd Behavior）可能引发市场扩张期的动荡，如 2000 年的互联网泡沫。

在成熟期（第三阶段），企业利润下降，产业集中度提高。垄断竞争可能阻滞新发明的出现。推行反垄断（Anti-trust）法有助于防止市场集中和市场操控。我们发现美国 20 世纪 80 年代推行自由化政策后，在 2000 年前后形成了产业集中趋势，包括电子通信、计算机、软件、航空、银行和零售业都出现了寡头垄断。2008 年的金融危机根源于金融寡头挤出实体经济的“美国病”（Johnson, 2009; Chen, 2010）。

真正的挑战发生在衰退期（第四阶段）。一些夕阳产业挣扎求存或破产终结，过去的投资变成巨大损失。股票价格下跌，融资成本上升。是继续投资救命还是壮士断腕（Cut-loss Strategy），这样艰难的抉择使老产业面临生死去留的问题。关闭夕阳产业，带来的大规模失业需要政府援助。从夕阳产业到朝阳产业的就业转型也需要协调私人 and 公共部门之间的合作。英国煤炭产业就是典型的案例，煤炭业是英国 18 世纪工业革命的动力，但在 20 世纪 80 年代英国煤矿全面亏损不得不关闭许多矿井。政府鼓励幼稚期新技术的推广，重新培训过时技术的失业工人，类似的产业政策和教育政策，对经济复苏当然是有益的。传统的货币政策和凯恩斯主义的财政政策不足以应对这一阶段的结构调整。社会冲突和战争很可能发生在这一阶段。

同样的道理，制度安排必须适用技术生命周期不同阶段的要求。单靠市场力量不能确保经济的健康发展，因为技术新陈代谢的过程会产生大量的社会不稳定，并强烈冲击生物的多样性。用交易成本理论来反对监管会误导经济政策，因为在工业化过程中生态系统是否可持续发展，不能仅仅通过最小化熵（废热耗散或交易成本的大小）来判断。例如，金融自由化表面上似乎降低交易成本，但是放松对金融投机的监管带来的金融危机，损失超过万亿美元，对实体经济的损害远超过金融市场的交易成本。可见，问题不在于是大政府还是小政府。真正的挑战在于处理混合经济的复杂性和稳定性时，政府是有效的还是无能的？市场规制的选择机制是制度演化的核心问题。

#### 四 学习策略中的风险偏好与文化多样性

表 3 显示出资源 - 人口比例在亚洲和西方国家之间的差异很大。我们可以把西方文明的特征描写为节约劳力消耗资源的文化；而亚洲和中国文明的特征则是节约资源消耗劳力的文化。从技术上说，中国有能力在哥伦布之前发现美洲大陆（Menzies, 2002）。李约瑟提问：为什么科学和资本主义起源于西方而不是中国（Needham,



1954)。李约瑟问题的答案可以从研究历史上环境与文化之间的相互作用得到启示 (Chen, 1990)。

经济学关于利他主义的性质有过激烈的争论 (Simon, 1993)。我们认为用经验观察的方法很难从动机上区分利他主义与利己主义行为。但是，我们可以容易地观察不同文化的风险偏好，如面对未知市场与不确定机遇时的风险规避 (Risk Aversion) 与风险追求行为 (Risk Taking)，是可以观察到的。

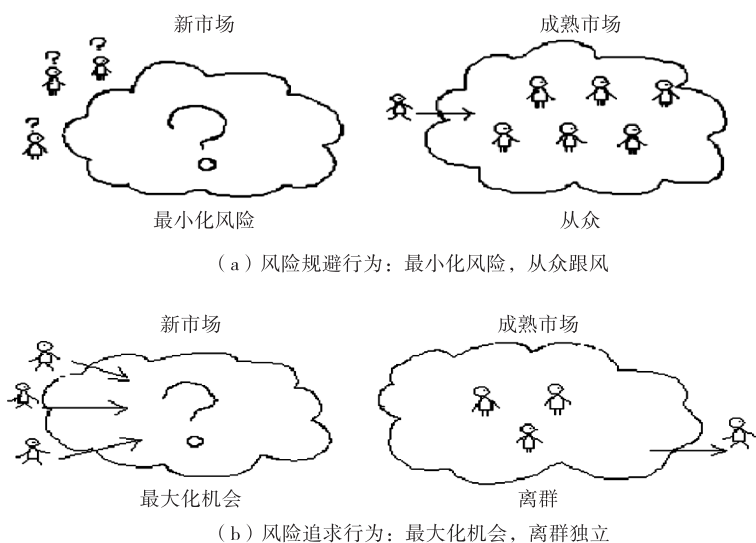
在新古典经济学中，经济风险用静态的概率分布来描写，如赌博输赢的概率；新古典经济学的优化思维不考虑战略决策的问题，因为新古典经济学不研究新技术和新市场带来的不确定性。我们的动态竞争模型引入开放经济中的风险偏好：在面对未知市场或未知的新技术的不确定性风险时，如何做战略决策。奈特 (Knight, 1921) 和凯恩斯 (Keynes, 1936) 都强调不确定性的作用，它与静态统计学意义上的风险不同。熊彼特提出的企业家精神的概念，在面对不确定性演化，而不是静态风险时，才至关重要。

(一) 模仿学习 (Learning by Imitating) 和试错学习 (Learning by Trying)：风险规避和风险追求的文化

文化因素在决策和企业战略中起着重要的作用。东西方文化“个人主义”的程度存在重大差异。表现在面对新市场和新技术时，风险规避和风险追求的策略是截然不同的。新古典经济学描写的“干中学” (Learning by Doing) 策略并不适用于开放经济，因为它描写的知识积累过程仅限于现有的技术 (Arrow, 1962)。面对一个新的市场，知识来源于尝试性学习，从演化的视角来看，这是一个试错 (Trial and Error) 的过程 (Chen, 1987)。当然还存在另一种替代的策略，就是模仿性学习或从众跟风 (Following the Crowd)。面对新市场或新技术时的风险规避与风险追求偏好可以用图 4 做直观的表现。

图 4 中，不同的风险偏好植根于不同的文化背景。面对一个未知的市场，或未经证实的技术时，冒险的投资者喜欢带头创业，以最大化他们的机遇。而风险规避的投资者宁愿观望和跟风，以最小化他们的风险。关键的问题是：哪种企业文化或市场策略能够在极速变动的市场中胜出或存活下来？要回答这个问题，我们需要将文化因素纳入方程 3 的竞争动态学之中。

在工业经济中，资源竞争本质上是采用新技术的学习竞争。为了理解文化多样性与资源差异性之间的联系，我们需要在技术 (物种) 竞争中引入文化因素。原始的逻辑斯蒂模型假定固定的退出率来描述风险中性行为。我们用行为参数  $\alpha$  来引入非线性的退出率，它是新技术的采用者占人口比重的函数 (Chen, 1987)。



(a) 风险规避行为：最小化风险，从众跟风

(b) 风险追求行为：最大化机会，离群独立

图 4 市场份额和技术进步竞争中的风险规避和风险承担行为

$$R(r, \alpha, \frac{n}{N}) = r(1 - \alpha \frac{n}{N}) \quad \text{Where } -1 < \alpha < 1 \quad (6)$$

这里， $n$  是新技术使用者的数量。

我们可以把退出率常数  $r$  用来衡量采用新技术时的学习难度，它意味着学起来越难，退出的越快。我们将行为变量作为退出率的要素是为了简化数学描写，因为原始的退出率是线性的，修改后的退出率写为二次项形式，目的在于保持我们的非线性动态模型依然有解析解。如果数学模型太复杂，我们就只能做数字模拟，难以给出简单清晰的场景。

因子  $\alpha$  是风险偏好的度量。 $\alpha > 0$  时，表示风险规避或集体主义的行为； $\alpha < 0$  时，表示风险追求或个人主义的行为。在开辟新市场或新技术的初始阶段，很少有人敢于尝试新的市场，这时所有人的退出率相同。然而，当越来越多的人接受新技术时，经营策略变得越来越多样化。风险规避投资者的退出率下降，因为他们感到人多势重、不确定性的风险在减少。但风险追求型企业家在人多时更可能退出，因为他们觉得人多机会则越少。如果我们把风险因子  $\alpha$  的值从  $-1$  变到  $1$ ，我们就能够描写不同的行为：包括从极端风险规避的保守主义到极端风险追求的冒险主义。

我们要说明的是，保守主义在东西方的含义不同。为了避免误解文化的概念，我们研究学习策略时，将风险规避行为定义为集体主义文化，而将风险追求行为定义为个人主义文化。我们的这个灵感源于人类学的视角。许多观察家把美国富于创新的现象归功于美国的个人主义文化，而把日本快速的技术复制能力归结于它的集体主义文化 (Kikuchi, 1981)。



## (二) 节约资源和消耗资源的文化

资源利用率的均衡解是：

$$\frac{n^*}{N} = \frac{(1 - \frac{r}{Nk})}{(1 - \frac{r\alpha}{Nk})} \quad (7a)$$

$$n_{\alpha < 0}^* < n_{\alpha = 0}^* < n_{\alpha > 0}^* \quad (7b)$$

公式 (7b) 显示，集体主义族群的资源利用率 ( $n_{\alpha > 0}^*$ ) 高于个人主义族群的资源利用率 ( $n_{\alpha < 0}^*$ )。换言之，个人主义族群比集体主义族群需要更大的生存空间，才能维持一个相同的均衡人口规模  $n^*$ 。可以说：个人主义是资源消耗型文化，而集体主义则是资源节约型文化 (Chen, 1990)。这种文化差异在西方个人主义与东方集体主义之间的对比非常明显。文化差异来源于经济结构与生态约束的差异。资源扩张是理解资本主义起源和工业革命源头的关键 (Pomeranz, 2000)。

社会学家沃勒斯坦曾观察到一个历史谜团，似乎历史没有理性 (1974)。中世纪中国的人口接近西欧的两倍，但中国的耕地面积则较西欧低得多。如果依据新古典经济学的理性选择理论推测，中世纪的中国应该在空间规模上对外扩张，而欧洲则应当增加人口。但我们观察到的历史和理性选择理论的预测相反。沃勒斯坦用迷惑的口气说：

欧洲人在浪费空间。即使是在 15 世纪初人口数量如此低的水平上，欧洲人似乎还觉得他们的空间不够大……但是如果说欧洲感到的是空间不够大，那么，中国人感到的就是他们的人口不够多。

我们发现文化战略与农业结构之间的联系，可以解开沃勒斯坦的历史之谜。中国的主食是稻米等谷物，粮食生产是资源节约但是劳力密集型的技术。肉奶食品在欧洲文化中占重要地位，而生产肉、乳的牧农业则是土地密集但是劳力节约型的技术。为应对不断增加的人口压力，中国通过增加劳动投入来增加粮食产量，而欧洲人则通过寻找新的土地来提高其生活水平。这就是为什么中国的哲学强调人与自然的和谐，而西方哲学却惯于征服自然。这是我们对李约瑟问题给出的文化解释。出于同样的原因，我们可以理解为什么亚洲国家的储蓄率远高于西方。防患于未然而不是追求当下享受的观念，深植于中国的文化与历史之中。

在这方面，苏联的文化接近西方个人主义，因为它具有强烈的扩张主义动机。

研究文明史时我们会发现，农民比游牧民和水手更具集体主义特征。日本文化是高度的集体主义，甚至其城市居民也是如此。然而，日本的外交政策则更接近大英帝





国，原因在于它是一个具有海事传统的岛国。造船和航海新技术能于现有耕地之外，开辟外贸和殖民主义的新资源。所以，日本的民众文化有鲜明的集体主义色彩，但是日本的国家行为极具冒险主义的特征，这是日本的环境和历史造就的特点。

### (三) 市场规模、资源多样性，以及规模经济和范围经济

我们可以很容易地将模型从两种技术（物种）推广到多种技术（物种）。在一个生态系统中，我们有  $L$  种技术（物种），其资源限制（承载能力）分别是  $N_1, N_2, \dots, N_L$ 。规模经济和范围经济可以集成为相互耦合竞争的逻辑斯蒂方程，成为一个非线性的复杂系统。规模经济（市场范围或资源限制）同  $N_i$  相关，而范围经济可用技术（物种）的数量  $L$  来描述。分工程度可用物种多样性描写，也就是竞争性技术的共存度。

让我们从只有两种物种的最简单情况开始，用方程（8）分析两种技术和文化的竞争（Chen, 1987）。

$$\frac{dn_1}{dt} = k_1 n_1 (N_1 - n_1 - \beta n_2) - r_1 n_1 \left(1 - \frac{a_1 n_1}{N_1}\right) \quad (8a)$$

$$\frac{dn_2}{dt} = k_2 n_2 (N_2 - n_2 - \beta n_1) - r_2 n_2 \left(1 - \frac{a_2 n_2}{N_2}\right) \quad (8b)$$

这里， $n_1$  和  $n_2$  分别是技术（物种）1 和 2 使用者的数量。为简单起见，我们只讨论完全竞争下  $\beta = 1$  的最简单情况。

我们可以用类似解方程（2）的方法，来解方程（8）。其技术 1 完全替代技术 2 的条件由式子（9a）给出，而两种技术共存的条件如（9b）式所示。

$$C_2 > \frac{1 - \frac{a_2 r_2}{k_2 N_2}}{\beta} C_1 \quad (9a)$$

$$\frac{\beta}{1 - \frac{a_1 r_1}{k_1 N_1}} < \frac{N_2 - \frac{r_2}{k_2}}{N_1 - \frac{r_1}{k_1}} < \frac{1}{\beta} \left(1 - \frac{a_2 r_2}{k_2 N_2}\right) \quad (9b)$$

### (四) 环境涨落的影响

接下来的任务是研究环境涨落对系统稳定性的影响。研究随机扰动下非线性动态系统的稳定性问题，可以解郎之万（Langevin）方程与福克 - 普朗克（Fokker - Planck）方程（May, 1974; Chen, 1987、2010）。在这里我们只考虑一个简单的例子，即随机扰动只加于某技术  $N$  的资源约束。实现的均衡规模  $X_m$  随着环境涨落的幅度变化，我们用方差（ $\sigma^2$ ）的大小来刻画环境涨落的幅度。





当

$$\sigma < \sigma_c = \sqrt{\frac{2N}{k} \left(1 - \frac{r}{kN}\right)}$$

有：

$$X_m = N \frac{1 - \frac{r}{kN} - \frac{k\sigma^2}{2N}}{1 - \frac{ra}{kN}} \quad (10a)$$

当

$$\sigma > \sigma_c = \sqrt{\frac{2N}{k} \left(1 - \frac{r}{kN}\right)}$$

有：

$$X_m = 0 \quad (10b)$$

由公式 (10a) 可以看出，假如存在人口规模生存的临界值，则集体主义在外部冲击下的生存机会更好，因为它比个人主义的人口规模更大。

公式 (10a) 还告诉我们，环境涨落会降低平衡态的资源限制。公式 (10b) 显示的是：当波动幅度超过临界值时，该技术（物种）将会灭亡。这就是为什么历史上的古老文明会因自然灾害或战争而消失。经济发展需要社会稳定。

如果考虑许多技术（物种）都面临环境涨落时，我们会意识到生物多样性的重要性。区域专业化生产等价于提高风险的集中度。农业的规模生产加剧了化肥和农药的应用。换言之，发展范围经济才有助于维护生物的多样性。这是我们的物种竞争理论与新古典经济学的优化理论的重大差别。新古典经济学片面强调规模经济的经济效益，演化经济学强调规模经济和范围经济之间的辩证关系。因为短期的经济效益不等于生物多样性的生态可持续性，片面追求货币财富会最终毁灭地球的生态财富。

#### (五) 稳定性与多样性之间的消长 (Trade-off) 关系和一般斯密定理

考虑多种技术共存时更一般的情况，增加技术的种类数会降低系统的稳定性 (May, 1974)。在多样性和稳定性之间存在鱼和熊掌不可兼得的消长 (Trade-off) 关系。斯密没有意识到科学和技术的重要性在于引入新的资源和新的市场，因为他所处的时代工业革命才刚起步。我们把原来的斯密定理从分工受市场规模的限制，推广到更普遍的一般斯密定理 (Chen, 2005、2010)，表述为：

“分工受市场范围（资源约束）、生物多样性（资源种类数目）和环境涨落（社会稳定性的三重限制。”



我们可以比较新古典经济学与演化经济学的不同演化观。新古典增长模型用线性随机动态学方法建模，得到的是单向演化：要么收敛（如外生增长论的模型），要么发散（如内生增长论的模型）。我们非线性演化动态学的分工模型展示的是双向演化（或叫共生演化）过程，如环境涨落小，技术创新发现的新资源不断增加时，分工系统会从简单向复杂演化，这是从过去工业化革命三百年间观察到的发展趋势；假如环境涨落大，战争与灾害频繁，技术进步停滞，则分工的趋势会从复杂变为简单，中世纪罗马帝国瓦解后的欧洲就是如此。即使在当今时代，工业社会、传统社会与原始部落依然可能并存，原因是人口、环境和技术之间的相互作用。换言之，新古典经济学描写的是封闭优化过程中的单向演化，才会对现代化有“普世价值”的信仰。演化经济学观察到的是开放竞争下系统多样演化的过程，社会的经济发展不能超越生态环境的约束。这是当代资本主义危机最严重的教训。

#### （六）个人主义与集体主义的竞争格局和熊彼特创造性毁灭的动态图景

西方经济学有一种流行观念，认为个人主义比集体主义优越，因为个人主义在技术竞争上更具创新性。问题是，完全竞争条件下存在如下三种而非一种可能性：

(i) 两个族群都是个人主义。依据方程 (9b)，两种个人主义的族群可以共存。个人主义族群之间的竞争会提高系统的多样性。古希腊和文艺复兴时期的意大利的城邦就是典型的例子。

(ii) 两个族群都是集体主义。基于方程 (9b)，两个集体主义族群不能共存。唯一的结果是一个取代另一个。这就是中国历史上农民战争和朝代更迭 (Dynastic Cycles) 的故事。因此完全的集体主义社会难以发展分工。

(iii) 个人主义和集体主义竞争。这是竞争不确定性博弈的一般情况。这是集体主义族群与个人主义族群的混合经济。一个有趣的特征是，混合系统较之两个个人主义组成的自由化系统更具稳定性。这一结论可以推广至两个以上族群的情况。比较盎格鲁-撒克逊的两党制与欧洲大陆的多党制，就会发现保守与自由的两党制格局比多党制稳定。我们的文化竞争模型比新古典模型更具丰富的文化多样性。

当个人主义族群与集体主义族群竞争时，会产生什么结果？可能是两者共存，也可能是一个取代另一个族群，竞争结果取决于它们的资源限制、学习能力和文化因素。对于这种情况我们要多讨论一下。

如果两个族群具有相同的资源 ( $N_1 = N_2$ )，那么，集体主义族群会取代个人主义族群。如果我们比较式 (8a) 和 (3a)，即使  $C_2 \leq C_1$ ，当  $\beta \approx 1$ ，且  $0 < \alpha_2 \approx 1$  时，集体主义的后来者也可能击败个人主义的领先者。日本和中国分别于 20 世纪 70 年代和 21 世纪 10 年代追上西方国家的历史可以证实我们的分析。因为集体主义文化可以在赶超博



弈（Catching-up Game）中集中资源来击败竞争对手。产业政策的成败取决于政府动员战略资源用于新兴技术的能力，这是赶超博弈中模仿性学习的典型做法。

相比之下，个人主义的生存战略在于探索更大的资源或学习得更快。如果我们将企业家精神视为风险追求的文化，我们得到与熊彼特（1939）类似的结论：那就是社会主义（集体主义）与资本主义（个人主义）之间的竞争，资本主义的生存在于创造性毁灭的机制。一旦创新无法发现新的更大的资源，个人主义族群将在现有市场上输给集体主义。我们观察到的经济中心兴衰变迁的图景，和内生增长理论截然不同。内生增长理论梦想先行者会永远统治后来者，这种持续的贫富分化历史上并不存在。如果我们有相关的数据，我们的学习策略模型同样可以用来研究军备竞赛和公司战略。

## 五 方法论和哲学问题

在方法论和哲学上有几个问题需要讨论。凯恩斯（1936）曾经指出：

“古典理论家如同一个非欧几何世界中的欧氏几何学者，他们从经验上观察到看来平行的直线经常相交，就指责这些直线没有走对，他们以为这是治疗这些偶然事件的唯一方案。但实际上，更好的方案是放弃欧氏几何的平行线公理，转而采用非欧几何。除此之外再无其他纠正的方案。对于经济学来说也必须进行类似的变革。”换言之，凯恩斯主张经济学的范式变革，才能解决理论脱离实际的矛盾。<sup>①</sup>

我们提出的人口动态学就是可以取代新古典经济学优化方法的理论框架。这一范式转变将引发一系列问题的革命性变革。我们分别来加以讨论。

### （一）实体经济和货币经济

新古典增长理论是一个以资本和人口为经济增长驱动力的货币系统。我们的人口动态学是资源和人口在经济增长中发挥关键作用的实体系统。理论问题在于实体与虚拟（货币）经济之间的关系。

我们和真实经济周期（Real Business Cycle, RBC）学派的分歧在于技术变革的本质。真实经济周期学派把技术进步描写为没有资源限制的随机游走（Kydland and Prescott, 1982），而我们把技术进步描写为资源约束下的逻辑斯蒂小波。

<sup>①</sup> 凯恩斯这里用牛顿力学过渡到爱因斯坦的广义相对论的例子，来比喻古典经济学必须过渡到凯恩斯经济学。牛顿力学满足的是平直空间的欧氏几何，欧氏几何的平行线公理假设在一点只能画一条已知直线的平行线。但是爱因斯坦发现引力场满足的是弯曲空间的非欧几何，平行线公理不成立，过一点可以做多条平行线。凯恩斯用欧氏几何来比喻古典经济学的均衡理论，用非欧几何来比喻凯恩斯的非均衡理论。



历史上，古典经济学的核心概念从土地、人口和资本的研究开始。但新古典经济学的发展，使经济理论的虚拟化变本加厉。2008 年金融危机的重要教训是，发达国家虚拟经济的过度扩张是极为危险的（Johnson, 2009; Chen, 2010）。依据国际清算银行（Bank of International Settlement）的数据，2012 年 10 月衍生市场规模达 632.6 万亿美元，接近全球生产总值的 9 倍或美国 GDP 的 40 倍。经济理论的虚拟化与美国经济的虚拟化之间，存在危险的关联。

## （二）均衡和非均衡的经济机制

最优化方法只能用于封闭经济的均衡系统。这是内生增长理论一般均衡模型的根本问题，因为封闭系统不可能描写知识积累。在新古典经济学中，价格是形成市场均衡的核心机制。问题是一般均衡模型中代表者企业的利润必须为零。这意味着在封闭经济的一般均衡条件下资本不能增长。显然，内生增长的微观基础理论无法解释资本积累和技术进步而不自相矛盾（Chen, 2002）。

我们的代谢增长论没有把价格因素引入人口动态学。理由是市场份额竞争是非均衡的系统，不存在唯一的（线性）价格。我们在本文第三（四）部分中指出，利润机会主要存在于成长期（第二阶段）。然而，利润指标的选择是短期利润与长期市场份额之间的战略权衡。在未来市场份额和竞争者战略未知的条件下，我们无法计算利润的最优值。这就是为什么远见（Vision）和战略在技术竞争远比成本 - 利润的考虑重要，因为技术变革的不确定性和机遇是密切相关的。只有没头脑的傻瓜才会相信短期利润最大化是求胜之道。资本损失主要发生在衰退期（第四阶段）。2008 年金融危机的损失估计高达 13 万亿美元。新古典理论资本增长的平稳图景，用线性均衡的视角抽象掉技术进步的不确定性。我们的理论对于企业行为的理解，比新古典模型现实得多。换言之，现实经济没有任何案例可以证明新古典经济学宣称的“边际成本定价”。相反，大量战略定价和营销实践的案例支持我们分析市场份额竞争的理论框架（Shaw, 2012）。

均衡陷阱的例子是美联储主席本·伯南克倡导的所谓“再平衡”战略。中国以非均衡战略应对 2008 年金融危机远比发达国家有效。非均衡发展的方法是大规模投资基础设施，如投资高速铁路、新能源和新材料等新技术。美国国会拒绝任何结构改革，一心一意地依赖美联储印钞来给病入膏肓的经济输血而非造血。欧盟和日本用紧缩财政政策和货币政策处理债务危机，效果有限。

新古典经济学和凯恩斯主义经济学都很少关注经济结构。储蓄投资理论向下倾斜的 IS 曲线在开放经济的非均衡条件下是不成立的。在全球化时代，如果你降低利率，将有三种而非一种可能：第一种可能只对有增长前景的健康经济体成立，即降低利率



将增加投资和生产。第二种可能是经济前景不确定的动荡经济体，投资者宁可持有现金或还债，而不敢投资。第三种可能是继续衰退的经济体，低利率会导致资本外逃，流向有更高回报前景的外国经济。我们（Chen, 1996、2005、2008）早就从宏观和金融的指数运动中发现色混沌（Color Chaos）的广泛证据，证明经济体的运动是高度复杂的非线性运动。新古典宏观经济学的 IS - LM 体系所描写的线性因果关系，纯属具有经济复杂性的非均衡世界中，用欧氏几何构造的均衡幻象，在非欧几何的世界中并不存在（Chen, 2010）。

### （三）线性和非线性的思维方式

线性思维是新古典增长模型的普遍特征。罗伯特·索洛不仅清楚这一症状，还知道新古典增长理论的病因（Solow, 1994）。例如，规模报酬递增导致爆炸式增长的经济（Explosive Economy），而规模报酬递减将产生收敛趋势。问题是历史数据没有出现如此简单的线性发展趋势。Aghion 和 Howitt 的“创造性毁灭”模型（1992），假设每项创新都毁灭先前的技术；实际上，很多创新是对早先技术的补充。干中学模型干脆忽略研发（R&D）的重要。新古典经济学模型的共同缺陷在于简单化的线性思维。如果我们引入非线性的思维方式，即使采用最简单的逻辑斯蒂模型，所有新古典增长模型的麻烦都会迎刃而解。例如，熊彼特的“创造性毁灭”并不意味着新旧技术无法并存。如果竞争参数较小，技术竞争将会出现互补的作用。

所有技术或产业都有其生命周期，更准确的数学表象是小波（Wavelet），典型的例子是海上的每个浪头都是有生有灭的小波。例如，我们考察发达国家的纺织业，它们无疑处于成熟期的阶段。如果你继续在发达国家投资纺织业，资本报酬当然是递减的；但是如果你投资亚洲的纺织业，就可能获得递增的资本报酬。在 20 世纪 70 和 20 世纪 80 年代，随着低技术从先进国家向落后国家的转移，资本回报率呈现下降的收敛趋势。然而，20 世纪 90 年代电脑和互联网产业在西方的兴起改变了国际资本的流向，对外直接投资转回发达国家，以追逐新技术在成长期出现的资本回报递增的机遇。我们在 20 世纪 90 年代观察到富国与穷国之间重新呈现两极化的发散趋势。为什么 20 世纪 90 年代和 21 世纪的最初 10 年中国能在制造业上迅速追上“亚洲四小虎”国家？基本原因在于中国的经济规模和市场规 模远远大于“亚洲四小龙”和其他东亚国家。

新古典增长理论关于经济增长的政策令人困惑。外生增长理论强调人口增长和资本积累的作用，内生增长理论更强调知识资本。他们都未能明白，这些因素其实都是双刃剑。超过适度的增长范围，人口、资本或知识的增长不一定能促进经济的健康成长。下面我举两个亲身观察的例子。

2012 年夏天我访问埃及时发现，中东目前的社会动乱根源在于阿拉伯国家人口的





高速增长，而同时粮食供给不足，造成知识青年的高失业率。埃及人口增长率四倍于中国，但 GDP 增长率仅为中国的四分之一。早从罗马帝国开始，埃及就是向欧洲出口的粮食生产基地，而现在埃及却成为美国的粮食进口大国。按照新古典经济学的增长理论，埃及的高人口增长率和高教育普及率加上自由贸易政策，应该导致经济的繁荣。但是实际上埃及的市场经济并没有克服埃及经济的结构性问题。原因是埃及并未像中国那样投资于计划生育和农田灌溉工程，尼罗河水的利用率很低。无论埃及是军事政权还是民选政府，他们都无法在短期内解决人口和资源的矛盾问题。新古典经济学忽视人口与资源的约束关系，在实践上导致社会动乱的严重后果。不解决粮食问题，搞什么民主或军事专制，都不能解决民生问题。宗教矛盾只是经济问题的表面现象。

美国经济则面临另一个问题。新古典内生增长理论广为宣传的知识积累和教育水平并未促进美国产业的国际竞争力。依据中央情报局（CIA）的数据，美国、英国和西班牙的平均教育年限是 17 年，德国是 16 年，中国和埃及是 12 年。依据内生增长理论，你会期望美国的制造业比德国与中国更有竞争力。然而，苹果公司上任总裁史蒂文·乔布斯生前在 2012 年当面直率地告诉奥巴马，美国制造业无法与中国竞争，苹果公司设计的产品不得不外包到中国生产，原因是美国教育不再大规模培养制造业短缺的中级工程师（Barboza et al., 2012）。中国也曾面临技术工人和技术人员短缺的问题。中国政府的解决办法是引进德国的技术教育体系，不完全照抄美国的高等教育体制，才有中国制造业的崛起。

换言之，经济学中，知识结构比知识总量更重要。在增长理论中引入非线性的互动机制来取代新古典的单向作用机制，我们才能提出更好的经济政策，来实现经济增长和民生改善。

#### （四）理论模型与计算机模拟

理论模型和计算机模拟是两种常用的理论研究方法，但是两者在方法论上有很大差别。理论建模的目标在于从大量观察中抽象出一般的特征，其代价在于牺牲掉若干次要的细节；然而，计算机模拟的目标与理论建模相反，计算机模拟特定对象的细节越多越好，所付的代价是难以推广至其他的对象。换言之，理论追求结论的普遍性、一般性，而计算机模拟追求具体性和特殊性。

就方法论而言，我们的市场份额竞争模型构造的是一般性的理论框架，而系统工程学和计量经济学则是两种不同的计算机模拟方法（Forrester, 1961; Meadows et al., 2004）。计算机模拟的竞争用经验数据的拟合程度来检验。科学理论的竞争用可控制的实验来检验。经济学中，可控实验的规模和范围受到经费的限制。所以，历史上经济学派不同思路的检验主要靠历史事件或历史趋势来定优劣。例如，大萧条动摇了“看



不见的手”即自稳定市场的信念，凯恩斯经济学得以崛起并取代古典经济学成为英美的主流经济学。卢卡斯的微观基础和理性预期理论流行于 20 世纪 70 年代的滞胀时期，但 2008 年的金融危机给了其重大打击。

外生增长理论于 20 世纪 50 年代赢得大量关注，那是“二战”后美国的黄金时代。内生增长理论在互联网兴起时诞生，引发所谓新知识经济的热潮。美国干预伊拉克的战争失败和 2008 年金融危机，使大家注意到全球化时代依然有许多国家处于贫困陷阱，人们开始质疑经济增长的收敛论和发达经济体的可持续性。我们的代谢增长论是把经济学和世界史的新思维，用数理模型来加以表述。从世界观而言，我们对当代问题的观点更接近人类学家和历史学家的观察：气候和环境的变化塑造了不同文明的历史。这也是达尔文和马克思的历史观。

## 六 结论

技术进步和资源开放是工业经济增长的动力。如何理解技术、资源和人口之间的动态互动，是经济学和历史学研究的根本问题。新古典经济学的内生和外生增长理论都将抽象的资本视为经济增长的动力，忽略了资源的决定性作用。在这点上，新古典增长理论和斯密、马尔萨斯等古典经济学家相比，在数学形式上似乎有引入优化论的进步，但在经济思想上是一大倒退。因此，新古典经济学的增长理论很难理解发展机制、环境危机和反复出现的经济周期。

2008 年的金融危机中，没有结构改革的货币政策与财政政策对发达国家的危机处理效果不大。中国和新兴经济体的崛起主要来自技术进步和结构调整（Chen, 2010）。经济周期波动和世界格局变化的主要原因是技术小波的影响；市场心理和货币运动对实体经济的影响是次要因素。这是 2008 年大衰退给我们的主要教训，和 20 世纪 30 年代大萧条的教训有很大不同。凯恩斯、哈耶克和弗里德曼经济理论的共同局限在于，他们都忽视了技术革命浪潮的冲击会改变全球竞争的格局，以及经济强权的兴衰。

我们从人口动态学出发的研究回归到亚当·斯密和托马斯·马尔萨斯的核心思想，即劳动分工受市场规模和资源承载力的限制。这也是现代化和当代生态危机的基本教训。非线性人口动态学可以替代经济动态学的理论框架。我们的几个工作突破了新古典增长理论的局限。

第一，工业化可以描述为新资源和新市场的系列发现。物质财富同时取决于规模经济（资源承载力）和范围经济（资源种类数目）。因此，人类社会的物质财富与生物多样性同样密切相关。不加节制的自由资本主义最大的后果，是破坏地球几亿年积累起来的生态资源，最终可能危及人类的生存。





第二，熊彼特长达几十年的长波（也叫康德拉季耶夫周期）和“创造性毁灭”的创新过程都可以由人口动态学中技术小波的起落来描写（Schumpeter, 1934、1939、1950）。我们从宏观与金融指数的增长波动中观测到，非线性增长趋势和不规则增长波动的叠加可以解释为逻辑斯蒂小波的包络线（Prigogine, Allen, and Herman, 1977），这使我们能在产业兴衰的技术小波和宏观总量的经济波动之间建立起联系。换言之，我们找到了宏观波动的中观产业基础。

第三，我们发现结构性失业源于技术竞争造成的产能过剩。不同于经济周期的微观基础，这是宏观失业和经济周期的中观基础（Lucas, 1981；Chen, 1996a、1996b、2002）。我们发现结构性失业的另一个来源是生物多样性的减少，而生物多样性是实现充分就业和可持续发展的必要条件。

第四，我们更好地理解知识的本质和经济增长的非线性规律。新古典经济学的外生增长理论把技术进步视为一系列的随机扰动。新古典经济学的内生增长理论宣称知识增长是简单的积累过程。我们揭示出知识发展新陈代谢的本质，是科学革命造成现代的技术。科学思维的范式变革和间断性的技术发展表明（Kuhn, 1962），科学和技术发展的方式像小波的兴衰。小波运动的特点和新古典模型的随机游走（Random Walk）完全不同。随机噪声没有频率和周期的特点，而小波可以描述任何生命体和经济体的生老病死的变化，即常说的生命周期。而随机噪声是没有生命的背景涨落。从非线性的视角出发，我们能够看到技术生命周期中不同阶段动态的收益变化，并理解组织和制度的共生演化（Co-evolution）。

第五，我们把文化因素引入学习竞争。风险追求的个人主义和风险规避的集体主义是市场份额竞争下不同的竞争策略。历史上不同的分工模式的形成和资源约束与文化差异都有关系。世界文化的多样性来源于生存环境的多样性。这是新古典经济学宣扬的普适价值论和演化经济学倡导的多元价值论不同的原因。新古典经济学的实质是把英美文化的特殊经验夸大为人类社会的普遍经验。但是新古典经济学的世界观违背达尔文生物演化论的基本观念。

第六，我们发展了一般斯密定理。亚当·斯密所处的时代，工业革命刚刚开始，斯密只注意到分工受市场规模的限制。当代的历史经验让我们认识到分工受市场规模、资源种类和环境波动的三重限制。新古典经济学单纯强调稳定性的作用。我们发现系统稳定性和系统复杂性之间存在鱼和熊掌不可兼得的此消彼长（Trade-off）的关系。经济演化是双向演化的动态过程，其发展方向是非均衡的多样化，而不是均衡下的趋同。

第七，我们提出的复杂演化动态学，为建立经济学的统一理论奠定基础。新古典



经济学的各个分支是互相矛盾的，因为新古典经济学家企图用线性理论来描写非线性的现象，结果是：静态的微观经济学没有产品的创新和生命周期，加总而没有结构的宏观经济学无法应对结构性的经济危机，基于布朗运动的金融经济学排除了金融危机的可能性，只讲交易不讲组织的制度经济学难以理解混合经济的不同组织产生和演化的规律。我们注意到没有微观经济学无法理解利润率的变化，封闭的宏观经济学无法理解国际竞争对一国经济政策的制约，基于无套利机会的金融理论实际上为金融投机挤出实体经济打开大门，新制度经济学也难以理解市场经济内生的不稳定性和政府在混合经济中的作用。我们指出新古典经济学的优化框架不适用于工业经济，因为哈密顿函数（Hamiltonian Function）的优化理论只对封闭系统成立。而工业化和现代化的本质是开放系统中开发资源的竞争过程，创新的不确定性无法用已有技术下的优化策略来处理。新古典经济学流行的基本概念，如完全信息、理性预期、噪声驱动周期、零交易费用、无限寿命、IS 曲线、长期均衡和无限增长等等，都违反物理学基本定理，是在现实中不存在的乌托邦（Chen, 2005、2007、2008、2010）。因为人是具有生命周期和相互影响的社会动物，理性人的概念和人的社会性不能兼容。我们建立非线性振子模型来描写宏观经济中观察到的混沌和复杂周期（Chen, 1987、1996）；我们用生灭过程来处理宏观与金融的随机涨落（Chen, 2002）；我们用逻辑斯蒂竞争模型来描写代谢增长（Chen, 1987）；我们发展的人口动力学模型可以处理开放经济的经济耗散系统。小波表象和非线性振子模型是我们构建经济学统一理论的基石，用统一的演化经济学视角讨论微观、中观、宏观和制度经济学的复杂演化动态学行为。新兴的复杂科学为研究非线性动态学和非均衡机制提供了新的工具（Nicolis and Prigogine, 1977；Prigogine, 1980、1984），这些工具对经济发展和社会演化的理解是重大的突破。

以哈耶克为代表的演化经济学家们一度认为，经济演化太复杂了，所以很难用数学语言把演化论思想模型化（Mirowski, 1989）。这一观念在复杂科学时代不复存在。新古典经济学理论缺乏历史观念，因为他们的模型是线性和均衡的。真实的历史发展可以用非线性和非均衡的动态学来描述。研究的关键是建立理论与观察之间的联系。

## 致 谢

作者感谢 Peter Allen、Wolfgang Weidlich、Edmond Phelps, Joseph Stiglitz、James Galbraith、Ulrich Witt、Wolfram Elsner、Andreas Pyka、Laura Tyson、林毅夫、史正富、李维森、孟捷、唐毅南、李华俊和 Vivian Chen 提供的有启发的讨论。作者也感谢两位匿名审稿人的有益评论。



## 参考文献

- [1] Aghion P. , Howitt P. 1992. A Model of Growth Through Creative Destruction, *Econometrica* 60 (2): 323 – 351.
- [2] Aghion P. , Howitt P. 1998. *Endogenous Growth Theory*, MIT Press, Cambridge.
- [3] Arthur W. B. 1994. *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, University of Michigan Press, MI: Ann Arbor.
- [4] Arrow K. J. 1962. The Economic Implications of Learning by Doing, *Review of Economic Studies* 39: 155.
- [5] Arrow K. J. , Debreu G. 1954. Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy, *Econometrica* 22 (3): 265 – 290.
- [6] Ayres R. U. 1989. *Technological Transformations and Long Waves*, *International Institute for Applied Systems Analysis*, Austria; Laxenburg.
- [7] Barboza D. , Lattman P. , Rampell C. 2012. How the U. S. Lost Out on Iphone Work, *New York Times*, Jan. 21, Jan. 24.
- [8] Browning M. , Crossley T. F. 2001. The Life – Cycle Model of Consumption and Saving, *Journal of Economic Perspectives* 15 (3): 3 – 22.
- [9] Chen P. 1987. Origin of the Division of Labor and a Stochastic Mechanism of Differentiation, *European Journal of Operational Research* 30: 246 – 250.
- [10] Chen P. 1990. Needham’s Question and China’s Evolution – Cases of Non – Equilibrium Social Transition, in Scott G ed. , *Time, Rhythms and Chaos in the New Dialogue with Nature*, chapter 11, pp. 177 – 98, Iowa State University Press, Iowa; Ames.
- [11] Chen P. 1996. A Random Walk or Color Chaos on the Stock Market? – Time – Frequency Analysis of S&P Indexes, *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics* 1 (2): 87 – 103.
- [12] Chen P. 2002. Microfoundations of Macroeconomic Fluctuations and the Laws of Probability Theory: the Principle of Large Numbers Vs. Rational Expectations Arbitrage, *Journal of Economic Behavior & Organization* 49: 327 – 344.
- [13] Chen P. 2005. Evolutionary Economic Dynamics; Persistent Business Cycles, Disruptive Technology, and the Trade – Off between Stability and Complexity, in Dopfer K ed. , *The Evolutionary Foundations of Economics*, chapter 15, pp. 472 – 505, Cambridge University Press, Cambridge.
- [14] Chen P. 2007. Complexity of Transaction Costs and Evolution of Corporate Governance, *Kyoto Economic Review* 76 (2): 139 – 153.
- [15] Chen P. 2008. Equilibrium Illusion, Economic Complexity, and Evolutionary Foundation of Economic Analysis, *Evolutionary and Institutional Economics Review* 5 (1): 81 – 127.
- [16] Chen P. 2010. *Economic Complexity and Equilibrium Illusion: Essays on Market Instability and Macro Vitality*, Routledge, London.



- [17] Darwin C. 1859. *On the Origin of Species, by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (1st ed.), London: John Murray, London.
- [18] Dasgupta D. 2010. *Modern Growth Theory*, Oxford University Press, Oxford.
- [19] Daly H. , Farley J. 2010. *Ecological Economics: Principles and Applications*. Island Press.
- [20] David P. A. 1985. Clio and the Economics of Qwerty, *American Economic Review* ( Papers and Proceedings) 75: 332 – 37.
- [21] Day R. H. 1982. Irregular Growth Cycles, *American Economic Review* 72: 404 – 414.
- [22] Eliasson G. 2005. *The Birth, the Life and the Death of Firms*, The Ratio Institute, Stockholm.
- [23] Forrester J. W. 1961. *Industrial Dynamics*, MIT Press, MA: Cambridge.
- [24] Georgescu – Roegen N. 1971. *The Entropy Law and Economic Process*, Harvard University Press, MA: Cambridge.
- [25] Goodwin R. M. 1967. A Growth Cycle, in Feinstein CH ed. *Socialism, Capitalism and Economic Growth*, Cambridge University Press, MA: Cambridge.
- [26] Johnson S. 2009. The Quiet Coup, *Atlantic* 303 (4): 46 – 56.
- [27] Keynes J. M. 1936. *The General Theory of Employment, Investment, and Money*, Macmillan, London.
- [28] Kikuchi M. 1981. Creativity and Ways of Thinking: the Japanese Style, *Physics Today*, 34: 42 – 51.
- [29] Knight F. H. 1921. *Risk, Uncertainty and Profit*, Sentry Press, New York.
- [30] Kurz H. D. 2012. *Innovation, Knowledge, and Growth: Adam Smith, Schumpeter, and Moderns*, London: Routledge.
- [31] Kuhn T. 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago.
- [32] Kydland F. E. 1995. *Business Cycle Theory*, E. Edgar.
- [33] Kydland F. E. , Prescott E. C. 1982. Time to Build and Aggregate Fluctuations, *Econometrica* 50 (6): 1345 – 1370.
- [34] Lucas R. E. Jr. 1981. *Studies in Business – Cycle Theory*, Cambridge: MIT Press.
- [35] Lucas R. E. Jr. 1988. On the Mechanics of Economic Development, *Journal of Monetary Economics* 22: 3 – 42.
- [36] Maddison A. 1998. Chinese Economic Performance in the Long Run, OECD, Paris.
- [37] Maddison A. 2007. *The World Economy: Amillennial Perspective/Historical Statistics*, OECD: Development Center Studies.
- [38] Malthus T. R. 1798. *An Essay on the Principle of Population*, London.
- [39] May R. M. 1974. *Stability and Complexity in Model Ecosystems*, Princeton University Press, NJ: Princeton.
- [40] Meadows D. H. , Randers J. , Meadows D. L. 2004. *Limits to Growth: the 30 – Year Update*, Chelsea Green.
- [41] Menzies G. 2002. 1421, *the Year China Discovered the World*, Morrow.
- [42] Mirowski P. 1989. *More Heat Than Light*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [43] Modigliani F. 1976. Life – Cycle, Individual Thrift, and the Wealth of Nations, *American Economic Review* 66 (3): 297 – 313.



- [44] Morris I. 2010. *Why the West Rules—for Now*, Farrar, New York.
- [45] Needham J. 1954. *Science and Civilization in China*, Vol. I, Cambridge University Press, Cambridge.
- [46] Nicolis G. , Prigogine I. 1977. *Self – Organization in Nonequilibrium Systems*, Wiley, New York.
- [47] Pianka E. R. 1983. *Evolutionary Ecology*, 6<sup>th</sup> Ed. Benjamin Cummings.
- [48] Pomeranz K. 2000. *The Great Divergence: China, Europe, and the Making of the Modern World Economy*, Princeton University Press, Princeton.
- [49] Prigogine I. 1980. *From Being to Becoming: Time and Complexity in the Physical Sciences*, Freeman, San Francisco.
- [50] Prigogine, Ilya. 1984. *Order Out of Chaos*, Bantam, New York.
- [51] Prigogine I. , Peter M. A. , Herman R. 1977. Long Term Trends and the Evolution of Complexity, in Laszlo E ed. , *Goals in A Global Community: a Report to the Club of Rome*, Pergamon Press, Oxford.
- [52] Romer P. M. 1986. Increasing Returns and Long – Run Growth, *Journal of Political Economy* 94: 1002 – 38.
- [53] Rostow W. W. 1990. *The Stages of Economic Growth*, 3<sup>rd</sup> ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- [54] Samuelson P. A. 1971. Generalized Predator – Prey Oscillations in Ecological and Economic Equilibrium, *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A* 68 ( 5 ): 980 – 983.
- [55] Schumpeter J. A. 1934. *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge.
- [56] Schumpeter J. A. 1939. *Business Cycles, a Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, McGraw – Hill, New York.
- [57] Schumpeter J. A. 1950. *Capitalism, Socialism and Democracy*, 3rd ed. , Harper, New York.
- [58] Shaw , E. 2012. Marketing Strategy: from the Origin of the Concept to the Development of a Conceptual Framework, *Journal of Historical Research in Marketing* 4 ( 1 ): 30 – 55.
- [59] Simon H. A. 1993. Altruism and Economics, *American Economic Review* 83 ( 2 ): 156 – 161.
- [60] Smith A. 1776. *The Wealth of Nations*, Liberty Classics, Indianapolis.
- [61] Solow R. M. 1957. Technical Change and the Aggregate Production Function, *Review of Economics and Statistics* 39 ( 3 ): 312 – 320.
- [62] Solow R. M. 1994. Perspectives on Growth Theory, *Journal of Economic Perspectives* 8 ( 1 ): 45 – 54.
- [63] Stigler G. J. 1951. the Division of Labor Is Limited by the Extent of the Market, *Journal of Political Economy* 59: 185 – 193.
- [64] Toffler A. 1980. *The Third Wave*, William Morrow, New York.
- [65] Vernon R. 1966. International Investment and International Trade in the Product Cycle, *Quarterly Journal of Economics* 80 ( 2 ): 190 – 207.
- [66] Wallerstein I. 1974. *The Modern World System I, Capitalist Agriculture and the Origin of the European World – Economy in the Sixteenth Century*, Academic Press, New York.