

# 国际分工演化过程的模拟分析

刁莉男, 张世伟

(吉林大学数量经济研究中心, 吉林 长春 130012)

**摘要:** 本文提供了一个基于主体的开放经济模型——ASMEC-O, 用于研究国际分工的演化过程。在国际贸易中, 经济主体的预期内生地决定了国际分工的演化过程, 而国际分工的演化过程对经济主体预期的形成又产生深刻影响。经济主体应用分类器系统来选择正确的行为规则。我们应用该模型分别进行了在不完全竞争和规模递增假设下, 比较利益和路径依赖情况下形成国际分工演化过程的模拟试验。实验结果表明, 在两国存在资源禀赋差异的条件下, 比较利益和规模经营形成了国际分工; 在两国不存在资源禀赋差异的条件下, 路径依赖也形成了国际分工。

**关键字:** 国际分工; 演化过程; 分类器系统; 比较利益; 路径依赖

**中图分类号:** F224.0      **文献标识码:** A

## 1 引言

1776年, 亚当·斯密在《国富论》中提出, 一国只要专门生产本国成本绝对低于他国的产品, 用以交换本国生产成本绝对高于他国的产品, 就会使各国的资源得到最有效率的利用, 获得总产量的增加、消费水平提高和节约劳动时间的利益, 这就是斯密的绝对成本理论<sup>[7]</sup>。1817年, 李嘉图在《政治经济学及赋税原理》一书中提出了比较利益原则。比较利益原则表明不论参与国际贸易的国家之间生产效率如何, 各国都能通过在具有比较优势的商品生产上进行专业化生产并进行国际贸易而获利。然而, 李嘉图模型的理论框架结构是  $1*2*2$ , 即一种生产要素——劳动, 两种商品和两个国家。李嘉图将国际贸易分工归结为商品生产中所费劳动的差异<sup>[7]</sup>。20世纪30年代, 出现了新古典贸易理论, 即生产要素禀赋理论, 也称作赫克歇尔-俄林模型。赫克歇尔-俄林模型扩展了李嘉图的模型, 仍然认为比较成本的差异是产生国际贸易的基础。他的模型基本理论框架结构是  $2*2*2$ , 即两种生产要素——劳动和资本, 两种商品和两个国家。模型假定各国劳动生产率一样的(即生产函数相同)前提下, 产生比较成本的差异是由于各国生产要素禀赋比率的不同(拥有经济资源的比率不同)。因此, 生产要素禀赋比率的不同, 是产生国际贸易的最重要的基础<sup>[7]</sup>。但是, 以上关于国际分工的理论都是建立在完全竞争和规模报酬递减的假设基础上。Krugman(2001)等提出了新国际贸易理论, 是建立在不完全竞争和规模报酬递增的假设基础。新贸易理论认为, 相当一部分国际贸易, 特别是经济特征相似国家之间的贸易, 其产生的原因主要是报酬递增形成的国际分工, 而不是国家之间存在的资源禀赋上的差异; 路径依赖也是国际分工产生的重要原因, 这暗示着国际分工是一个演化过程。古典、新古典贸易理论分析的是产业间贸易, 而新贸易理论主要分析的产业内的贸易<sup>[2]</sup>。

国内学者关于国际贸易分工的也作了很多研究。古典国际贸易理论认为, 两国一切条件相等、同时生产两种相同的产品是不能出现国际分工的。陈恢忠(2002)认为, 只要存在技术成本, 而在影响产品成本与价格的所有因素在两国都完全相同条件下, 在完全自由竞争假设下、垄断竞争假设下以及自然经济假设下都会存在国际贸易和国际分工, 因为国际分工可以减少国与国之间的重复开发、重复的广告宣传, 提高国际经济总效率<sup>[1]</sup>。

刘景竹认为新古典贸易理论中的  $2*2*2$  假设在解释不同类型国家间贸易, 同类型国家不同行业

间的贸易方面有着较强的说服力。但是，在论证日益增长的同类型国家行业内的贸易方面，则显得无能为力。赫克歇尔-俄林模型的静态分析中忽视了知识的作用。于是，他提出的模型基本框架是 $3 \times 2 \times 2$ ，即三种要素——劳动、资本和知识，两种产品和两个国家。由于知识的作用产生了高技术优势，因此是产生行业内贸易的原因<sup>[3]</sup>。

夏申、茹玉骢(2004)均研究了规模经济条件下的国际分工<sup>[4][5]</sup>。茹玉骢认为分工和专业化理论在解释如生产全球化和垂直专业化引起的中间产品贸易等新现象时，比规模经济概念更具有解释力，传统的贸易理论和新贸易理论对现实的分工和贸易模式现象的解释能力比较弱，基于规模经济的经济地理理论的最新发展说明了这一点。夏申的论文比较了传统的贸易模型和规模经济贸易模型，认为不仅静态规模经济成为国际分工的决定性因素，那些经常发生在充满技术创新和进步的、不完全竞争的高新科技产业的动态规模经济也是国际分工的决定性因素。

对于国际贸易和国际金融中使用的方法，大部分都是使用传统的数学工具或者是定性分析，这种分析方法很难分析国际金融中的诸多演化过程，而且脱离了国际分工产生的微观基础。Charles N., Charles R. & Raymond G. (1995) 提出了在国际分工领域中使用实验方法，来研究国际分工产生的动态过程，但我们无法通过这种实验准确了解人类主体如何形成一个具体的选择<sup>[7]</sup>。国外的一些学者(Arifovic, 1996; Basu, et al. 1999; Beltrametti, et al. 1997; Izumi and Ueda, 2001)<sup>[9][10][11][12]</sup>尝试应用基于主体的经济模型对国际分工的演化过程进行模拟实验研究，得出许多新的经济学结论。基于主体的经济模型方法，是在强有力的计算方法和计算工具下，在计算机上建立一个人工经济，人工经济中由大量微观个体组成，这些个体的状态、行为和社会准则存在重要差异。在人工经济中，允许出现广泛的微观个体间的相互作用，个体为了自身利益，不断通过实践调整自己的行为。个体行为被环境所制约，人工经济呈现出自组织性，自然选择的压力导致个体不断进行行为模仿和创新以适应环境，人工经济中的所有个体协同进化。最后，一旦所有个体的初始状态和行为模式以及个体一个体和个体—环境相互作用的市场协议被确定，人工经济沿时间路径自动发展。人工经济的发展是内生的，它通常只能被观察，而不能被干涉。

本文从学习的角度，应用分类器系统研究国际分工的演化问题，建立了一个两国的开放经济模型 ASMEC-O。研究的问题包括：(1) 在不完全竞争的假设条件下，比较利益是否成立；(2) 两国资源禀赋差异的条件下，突发事件是否会形成国际分工。本文先介绍演化模型，然后进行比较利益原则的分工演化过程和路径依赖的分工演化过程的模拟实验分析。

## 2 基于主体的两国经济模型

ASMEC-O 模型中包括三类主体和三个市场：家庭主体、企业主体和政府主体，劳动市场、产品市场和外汇市场。模型是由两个相互独立的经济构成，并通过外汇主体联系在一起，每个经济由多个家庭，多个企业及一个政府组成。企业有  $n$  类，每类企业只能生产一种产品，并且每类企业中有若干家企业进行竞争。

企业与家庭通过产品市场销售和购买产品，企业和政府通过劳动力市场雇佣工人，每个经济中的家庭都可以通过外汇市场将本国货币换成外国货币来购买外国产品，每个经济中政府通过制定关税和税率来保持经济的平等和效率，宏观经济动态是微观主体相互作用的自然累积。在描述模型的主体之前，我们首先明确开放经济模型中的两个基本概念——汇率 ( $R$ ) 和关税 ( $T$ )。

$$R = \text{本国货币} / \text{外国货币}$$

只有在家庭购买外国企业生产的产品时，汇率才起作用。在付款的时候，家庭需要将本国货币兑换成外国货币，兑换的数量依赖于汇率和产品价格。实际上是卖掉本国货币，购买外国货币。在 ASMEC-O 模型中，关税是指产品的进口关税。假设本国产品价格为  $X$  单位本币，则在国外的销售价格为  $Y$  单位外币。

$$Y = X (1 + T) / R$$

ASMEC-O 中家庭主体的数目最多。家庭若受雇于企业或政府，从企业或政府处领取工资；若失业，从政府领取失业救济。由于存在  $n$  类企业，家庭可以受雇于任意一类企业，但对于生产不同的产品有不同的劳动生产率  $L_i, i=1,2,\dots,n$ 。家庭倾向于在自己生产率最高的企业中工作。

企业中的工人的工资( $W_i$ )与自己的生产率( $L_i$ )和企业提供的工资率( $V_i$ )有关,  $W_i = V_i * L_i$ 。政府雇员的工资为本国的最小劳动生产率与本国企业的最小工资率的乘积:  $W_g = (V_i)_{min} * (L_i)_{min}$ 。若工人失业, 则失业救济金为政府雇员的工资与失业救济金率 (小于 1) 的乘积:  $W_u = (V_i)_{min} * (L_i)_{min} * u$ 。

工人如果就业于企业, 要与企业签订劳动合同。在合同期限内, 除非企业解雇, 否则工人不能离开企业。合同期满后, 工人可以根据工资选择继续留在本企业或到其它企业工作。工人若就业于政府, 除非政府解雇, 否则不能离开政府。

家庭获得收入后, 根据现金及收入确定总消费支出, 支出函数为:

$$C = a + bI, \quad (b < 1)$$

$a$  为基本消费, 数值上等于政府提供的失业救济,  $b$  为边际消费倾向,  $I$  与家庭的现金及工人就业情况有关。由于家庭消费  $n$  类产品, 每类产品的消费偏好为  $c_i, i=1,2,\dots,n$  ( $\sum_{i=1}^n c_i = 1$ ), 每类产品的消费支出为:  $c_i * C$ 。主体之间是有差异的, 即每个家庭的边际消费倾向与产品的消费偏好不同, 导致每个家庭对产品的需求也不同。家庭在消费时, 不会将现金全部花掉, 会留出一部分作为预防性储蓄, 用于维持失业时的稳定消费。一旦家庭确定了对各种产品的消费支出, 他会在产品市场上寻找合适的企业购买产品。企业可以是本国的, 也可以是别国的。由于有多家企业生产一种产品, 而且每家企业的价格都不同, 家庭会根据价格按概率进行购买。例如: 有  $m_i$  家企业生产第  $i$  类产品, 其中第  $j$  家企业的价格为  $P_i(j), 1 \leq j \leq m_i, 1 \leq i \leq n$  (别国企业的产品价格按汇率折算成本国货币的价格), 则家庭购买  $j$  企业的概率为:

$$O_i(j) = P_i^{-q}(j) / \sum_{k=1}^{m_i} P_i^{-q}(k)$$

其中  $q$  为产品的需求指数 ( $q > 0$ )。企业产品价格越低, 家庭从该企业购买的概率就越大, 这种按概率购买体现了偏好和产品的差异性。

如前所述, 每个经济中均有  $n$  类企业, 生产  $n$  类产品, 第  $i$  类企业中有  $m_i$  家企业相互竞争。企业之间通过价格在产品市场上进行竞争, 并且用分类器系统来定价, 企业可以在产品市场上可以与外国企业共同竞争, 来吸引外国家庭购买。企业之间的竞争还体现在劳动力市场上, 企业通过为工人提供不同的工资率来吸引工人, 企业在劳动力市场上, 只能雇佣本国的劳动力, 而不能与外国企业竞争。企业每隔一段时间定一次工资率, 工资率与企业价格成正比。企业依据库存量和近期社会需求量来制定雇佣决策: 和社会需求相比, 如果库存量处于上界水平, 企业要解雇少量工人; 如果库存量处于下界水平, 企业要增加少量工人。由于模型中群体规模是固定的, 企业不存在破产问题, 因而规定了企业工人数的下限。

第  $i$  类企业的第  $j$  个企业的生产函数为:

$$Y_i(j) = \sum_{k=1}^t L_k * M_k$$

$L_k$  和  $M_k$  分别为劳动生产率和相应的劳动力数目， $t$  为生产率的级别。

企业每天要向政府交纳税金。税金分为两部分：（1）固定税，每个企业向政府交纳的经营税；（2）利润税，每个企业根据盈利情况向政府交纳的税款，利润为正时按政府规定税率交税，为负时不用交税。固定税构成了企业的固定成本的一部分，每个企业的固定税是相同的，因此企业只有提高产量才能够降低每单位产品的平均成本，体现了企业经营的规模效应。

模型中的政府主体通过制定各种宏观经济政策来保持经济运行的公平和效率。政府通过税收（来自企业和家庭）获得收入，支出为失业救济金。对家庭和企业均采用固定税率。政府可以通过调整税率或财政支出来调控整个宏观经济的运行。

在开放经济环境中，政府的对外贸易政策主要体现在关税方面。政府制定进口关税，使得国外产品在本国价格较高，进而限制了外国产品进口。政府为出口企业提供补贴，使得本国产品在国外价格较低，进而鼓励了产品出口。此外，政府可以通过关税得到少量财政收入。

政府还在家庭中雇佣少量工人。每隔一段时间，政府将解雇一部分雇员，再重新雇佣一部分雇员。政府为雇员提供的工资要低于企业提供的工资，但政府解雇雇员的时间间隔较长，因此家庭若在政府中工作虽然工资较少，但工作较稳定，失业的风险较小。

应该说明的是，ASMEC-O 模型是市场经济模型，经济中不存在集中的控制者。经济中的家庭和企业都是按照自己的行为模式行动，政府没有控制和干涉这些主体如何行动的能力。为追求特定的宏观经济目标，政府可以制定经济政策，但经济政策必须通过市场机制体现出来。

在 ASMEC-O 模型中，存在一个外汇主体，它每天调整一次汇率，调整的依据是对外币的买卖数量。如果对外币的购买量大于售出量，则汇率上升；否则，汇率下降。汇率（ $R$ ）的调整由以下方程决定：

$$R(t+1) = R(t) e^{wg}$$

其中， $w$  为外币买卖之间的差额， $g$  为市场流动性标准。如果  $w$  是正数，则  $g$  等于一个常数乘卖出的货币量；否则， $g$  等于一个常数乘买入的货币量。为了避免汇率的大幅波动，政府限制了汇率一次变化的范围。

外汇主体的介入，使得家庭可以购买国外企业生产的产品。产品价格是汇率的函数，当汇率上升，本国的产品在外国变得便宜了，这使得本国企业可以在保持竞争力的情况下提高价格，获利更多；当汇率下降，本国的产品在外国变得较贵了，本国企业要保持竞争力就必须降低价格。政府通过制定适当的关税使得汇率稳定，进而产品进出口数量大体相等，达到国际收支基本平衡。

我们应用 C++Builder 语言在微机上实现了 ASMEC-O 模型。该模型提供了一个良好的经济模拟实验环境：几乎所有主体的状态都可以由用户指定。一旦用户确定了主体的初始状态后，模型将按主体的行为模式自动向前运行。这个人工世界的发展过程是一个经济内生增长的过程，在一段时期内，它只能被观察和分析，而不能被打扰。

### 3 存在比较利益情况的分工演化过程模拟实验

我们假设模型由两个经济组成（A 国和 B 国）。经济中存在两类企业（ $n=2$ ），分别生产两种产品。相应地，每个工人都有两种劳动生产率，对于不同的产品有不同的消费偏好。产品可以在国家之间流动，但劳动力不可以在国家之间流动。家庭可以就业于企业和政府。有关模型运行的参数见

表 1。

表 1 模型运行参数

	A 国		B 国	
家庭数	1000		750	
政府	1 个		1 个	
关税	0		0	
	1 类企业	2 类企业	1 类企业	2 类企业
企业数量	5	4	3	2
初始产品价格	20	20	20	20
劳动生产率	均值为 7 的均匀分布	均值为 9 的均匀分布	均值为 11 的均匀分布	均值为 10 的均匀分布
固定成本	10000	10000	10000	10000

从表 1 中可以看出，B 国在两种产品的生产上都具有绝对优势，而 A 国在生产 2 类产品上具有相对优势，B 国在生产 1 类产品上具有相对优势。企业每天进化一次定价策略，30 天定一次工资率。政府的雇员数为总人口的 20%，并且每 300 天解雇 10% 的员工，再雇佣 10% 的员工。

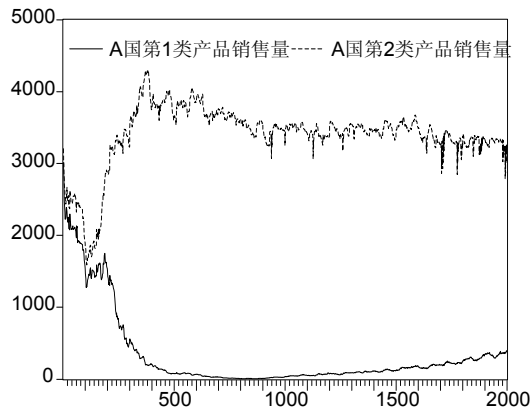


图 1 A 国两类产品的产量

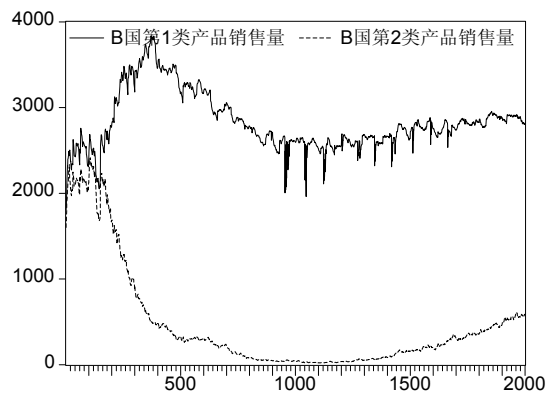


图 2 两个国家第 2 类产品的产量

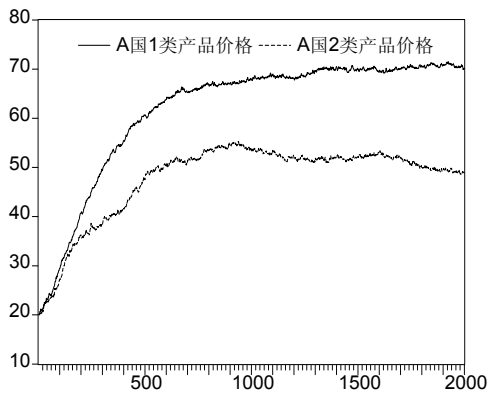


图3 A国产品价格（初始值20）

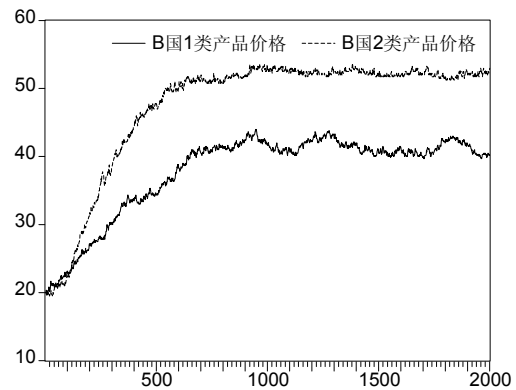


图4 B国产品价格（初始值20）

我们列出了模型运行 2000 期的结果。为了消除随机性的影响，所得的数据均为 5 次运行的平均值。

从图 1 和图 2 可以看出，由于 A 国在第 2 类产品上有较高的生产率，因此 A 国第 2 类产品的销售量较大；而在第 1 类产品上有较高生产率的 B 国，则第 1 类产品的销售量较大。从图 3 和图 4 可以看出，经济中的价格大约在运行 700 期之后开始收敛，其中 A 国的 1 类产品的价格为 70 元左右，2 类产品的价格为 50 元左右；B 国 1 类产品的价格为 40 元左右，2 类产品的价格为 50 元左右。从以上可看出，每个国家在劳动生产率存在优势的产品上价格较低。

实验结果表明：在最初阶段，企业调整价格以适应环境，因此整个系统随之出现了波动。当价格稳定之后，A 国的工人在生产第 2 类产品上劳动生产率较高，因此工人在第 2 类企业工作所获得的工资较高，这样在合同期满后，工人会较倾向于在第 2 类企业中工作。于是，第 2 类企业的工人数增多，产量增加，在固定成本不变的情况下，产量越多平均成本就越小。而 B 国则刚好相反，工人们较倾向于在第 1 类企业工作，第 1 类企业的产量较大，第 2 类企业的产量较小。因此在没有关税的情况下，A 国第 2 类企业的降价空间较大，价格较低。这样，两国家在按概率购买时，购买 A 国第 2 类产品的概率较大，因此，A 国第 2 类产品销售量较大。依据相同的道理，B 国的第 1 类产品销售量较大。在国际贸易中，虽然 A 国在两种产品的生产上劳动率均低于 B 国，但 A 国仍然可以通过生产对 A 国有相对优势的 2 类产品获得利益。而 B 国则主要生产对其有相对优势的 1 类产品来获利，而不是两种产品都生产。因此，比较优势和规模经营决定了国际分工。

#### 4 路径依赖的分工演化过程模拟试验

为了验证路径依赖，即将历史某种偶然性也作为一个形成国际分工模式的一个重要因素。同样，我们假设模型由两个经济组成（A 国和 B 国）。经济中存在两类企业（ $n=2$ ），分别生产两种产品。相应地，每个工人都有两种劳动生产率，对于不同的产品有不同的消费偏好。产品可以在国家之间流动，但劳动力不可以在国家之间流动。家庭可以就业于企业和政府。

从表 2 种可以看出，A 国、B 国在最初的资源禀赋上没有任何差异。企业每天进化一次定价策略，30 天定一次工资率。政府的雇员数为总人口的 20%，并且每 300 天解雇 10% 的员工，再雇佣 10% 的员工。为了消除随机性的影响，所得的数据均为 5 次运行的平均值。

表 2 模型运行参数

	A 国		B 国	
家庭数	1000		1000	
政府	1 个		1 个	
关税	0		0	
	1 类企业	2 类企业	1 类企业	2 类企业
企业数	5	4	5	4
初始产品价格	20	20	20	20
最低劳动生产率	7	7	7	7
最高劳动生产率	12	12	12	12
固定成本	10000	10000	10000	10000

为了验证路径依赖的存在，我们将模型的运行分为三个阶段。在最初的 500 期，假定 A 国、B 国两类产品的固定成本均为 10000 元，A、B 两国之间没有任何差异。从图 6 和图 7 可以看出，两国之间并没有形成明显的国际贸易。在 501-1000 期，假定由于某种偶然因素，A 国 1 类产品的固定成本降低为 5000 元，而 B 国 1 类产品固定成本不变。则随着时间的推移，两国之间逐渐形成了国际贸易与国际分工，由于 A 国 1 类产品成本较低，则 A 国主要生产对自己有优势的 1 类产品，B 国主要生产 2 类产品，形成了国际分工。为了验证国际分工的持续性，在 1001-1500 期，我们假设 B 国 1 类产品的固定成本也降低为 5000 元，则 1 类产品在 A 国和 B 国没有差异，但由于中间 500 期的影响，国际分工在后 500 期持续下去，并没有消失。这说明历史的某种偶然因素确实是国际分工形成的一个重要因素。

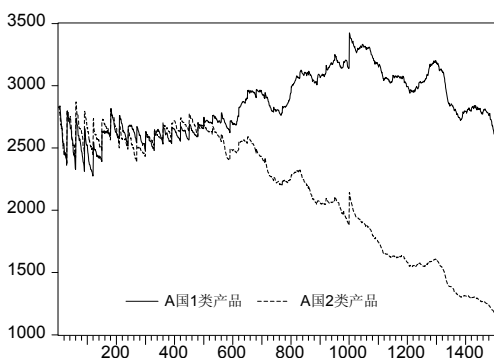


图 6 A 国两类产品销售量图

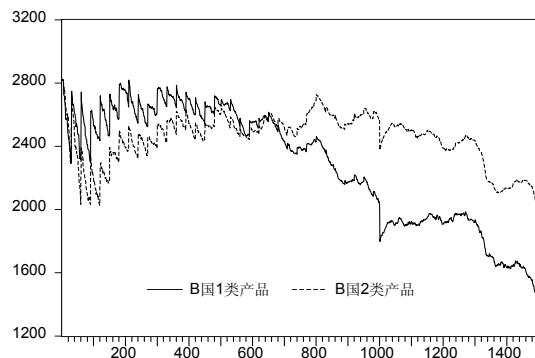


图 7 B 国两类产品销售量

## 5 结论

基于主体的经济模型是研究经济系统演化的有效工具。本文提供的 ASMEC-O 模型从微观经济层面出发研究宏观经济问题，实现了微观—宏观的自然连接。本文在不完全竞争的假

设前提下, 分析了一种生产要素、两个国家、两种产品的经济模型。实验结果与经济理论达到一致: 当两国存在资源禀赋差异时, 比较优势和规模经济是产生国际分工的自然原因, 而当两国不存在资源禀赋差异时, 路径依赖也是国际分工产生的一个重要因素。

#### 参考文献

- [1] 陈恢忠. 二国一切条件相等前提下的国际分工与国际贸易[J]. WTO 与经济全球化理论月刊. 2002 (5): 81-83.
- [2] P. Krugman, 黄胜强(译). 克鲁格曼国际贸易新理论[J]. 中国社会科学出版社. 2001.
- [3] 刘景竹. 比较利益学说与国际贸易的再认识[J]. 世界经济. 1994 (7).
- [4] 茹玉聪. 规模报酬递增视角下的国际贸易理论述评[J]. 浙江社会科学. 2004 (3): 202-208.
- [5] 夏申. 论规模经济条件下的国际贸易[J]. 世界经济. 1994 (7).
- [6] 张晨澍. 经济学的实验方法[J]. 世界经济. 1996 (3).
- [7] 张二震. 国际贸易分工理论演变与发展述评[J]. 南京大学学报. 2003 (1): 65-73.
- [8] 张世伟, 刁莉男. 一个基于主体的市场经济模型[J]. 数量经济技术经济研究. 2001 (10): 51—54.
- [9] Arifovic. The Behavior of the Exchange Rate in the Genetic algorithm and Experimental Economics[J]. Political Economy . 1996 (104): 510—541.
- [10] Basu, *et al.* Aspen's Two Country Model[J]. Working Paper SAND-99, US: Sandia National Laboratories. 1999
- [11] Beltrametti, *et al.* A Learning-to-Forecast Experiment on the Foreign Exchange Market with a Classifier System[J]. Journal of Economic Dynamics and Control. 1997 (21): 1543—1575.
- [12] Izumi and Ueda. Phase Transition in a Foreign Exchange Market: Analysis Based on an Artificial Market Approach[J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation. 2001.

## **The simulation analysis of the international specialization evolution process**

Diao Linan, Zhang Shiwei

(Center for Quantitative Economics, Jilin University, Changchun, 130012, China )

**Abstract:** This paper provides an agent-based open economic model ASMEC-O to simulate the evolution process of the international specialization. In the international trade process, the expectation of the agents determine the evolution process of the specialization, and the evolution process of the specialization also will have deep impact on the expectation of the agents. The agents use classifier systems to choose



appropriate rules. We use this model to simulate the specialization under the case of comparative advantage and the route dependence under the condition of incomplete competition and scale economics. The simulation result shows: When the countries have difference in the resources, the comparative advantage forms the evolution process of specialization; while the two counties have no differences in the resources, the route dependence forms the evolution process of specialization.

**Key words:** international specialization; evolution process; classifier systems; comparative advantage; route dependence

**收稿日期:** 2004-6-12

**基金项目:**教育部人文社会科学研究规划基金项目“宏观经济微观模拟与政策分析”(项目编号:02JA790026);

**作者简介:**刁莉男(1977-),女,吉林省吉林人,吉林大学数量经济研究中心博士研究生。张世伟(1964-),男,吉林长春人,吉林大学数量经济研究中心教授,博士生导师,经济学博士。