

集装箱港口预测研究方法：香港港实证研究^①

许利枝^{1,2}, 汪寿阳^{1,3*}

(1. 中国科学院大学管理学院, 北京 100190; 2. 北京联合大学旅游学院, 北京 100101;
3. 中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100190)

摘要: 基于系统科学理论基础及港口经济理论, 构建了港口系统研究分析框架. 该分析框架反映了港口复杂系统的整个系统特性、功能和空间结构特征, 归纳了港口系统管理和运行的整体性及其与系统各部分的相互关系. 不仅能够构成特殊的研究和认识港口系统的棱镜, 而且还有着重大的研究港口系统方法论的价值. 其次, 基于所构建的港口系统研究分析框架, 设计了基于 TEI@I 方法论的港口系统集成预测研究方法. 对香港港集装箱运量的预测研究结果表明, 基于 TEI@I 方法论的港口系统集成预测研究方法的预测效果远远优于其它模型的预测效果.

关键词: 水路运输; TEI@I 方法论; ARMA; VECM; 结构突变

中图分类号: F511; F064.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2015)05-0046-11

0 引言

从 20 世纪 80 年代以来, 港口系统受社会分工和经济全球化现象、供应链管理思想和国际贸易发展等外在因素驱动, 受港口客户降低成本和追求高水平服务需求、港口间争夺客户竞争的加剧和实现港口功能的扩大和整合需求等内部因素驱动, 同时受集装箱标准化运输和信息技术发展等技术因素的催化^[1], 使港口及港口体系的功能和结构不断演化. 基于全球集装箱港口的发展演化, Notteboom 和 Rodrigue^[2] 将 Bird^[3] 的 Anyport 模型扩展为“节点-扩展-专业化-区域化”的演化过程. 集装箱港口已经从过去的装载中心^[4-5] 逐渐发展为全球贸易的运输枢纽中心、装卸服务中心和物流中心. 随着物流和供应链管理的发展, 集装箱港口发展成为物流网络的枢纽节点^[6], 也是产品供应链的一部分和主要成员, 价值链系统中的一个要素^[7-8]. 同时, 根据经典的 Hayut^[4] 集装箱港口体系的理论模型, 集装箱港

口体系空间时序上的不断演化进程可一般化为 5 个阶段. 之后, 结合港口的新现象, 考虑了海陆双向因素的综合作用, Notteboom 和 Rodrigue^[2] 对集装箱港口体系的理论模型进行扩展, 将集装箱港口体系的发展演化具体分为“港口分散化、集疏运深入、相互连接与集中化、中心化、分散化与离岸枢纽和区域化”6 个阶段.

从系统科学的角度, 现代集装箱港口是个动态开放的复杂系统^[9]. 开放复杂系统在一定的环境中运行, 与其所处的环境相互作用, 并随环境因素的不断变化, 系统内各部分不断调整以逐步适应系统所在环境的变化, 最终实现系统功能的渐进式演化和结构的变革^[10-12]. 根据全球集装箱港口、港口体系的结构及其动态演化阶段, 集装箱港口复杂系统具有大量交互成分, 其内部关联复杂且不确定, 而且总体行为具有时空多, 尺度宽等特性, 集装箱港口系统和更高层的物流链系统、区域贸易链系统以及全球生产供应链系统相互作用、相互影响, 使得集装箱港口系统中实际问题所处

① 收稿日期: 2012-09-09; 修订日期: 2012-11-22.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71390330; 71390331); 中国博士后科学基金资助项目(2013M541019).

通信作者: 汪寿阳(1958—), 男, 江苏东台人, 博士, 教授. Email: sywang@amss.ac.cn

的环境具有突变性、不稳定性、非线性和不确定性等特征. 因此很难通过系统的局部特性来抽象地描述整个系统的特性, 需要选择处理复杂问题的方法来研究系统.

本文针对集装箱港口系统的研究问题, 基于系统科学理论基础及港口经济理论, 构建了港口系统分析框架. 该分析框架反映了港口复杂系统的整个系统特性、功能和空间结构特征, 归纳了港口系统管理和运行的整体性及其与系统各部分的相互关系. 将系统论应用于港口系统的研究中, 分析系统各层影响港口的关键因素及其与港口系统的关联性, 以揭示港口复杂系统的本质、动态运行的规律和发展趋势, 收集并研究港口系统、港口所属系统及其运行环境运行模式、结构和未来发展趋势的信息, 从而科学地规划港口未来的发展规模和制定长期战略决策. 从不同角度上使用不同方法的研究框架使获得的知识表达能力和推理能力更强, 运行更科学合理、效率更高, 以求达到满意的分析和求解问题的效果.

其次, 基于建立的港口系统分析框架, 选择处理复杂系统的 TEI@I 方法论^[13], 设计出了基于 TIE@I 方法论的港口系统集成预测研究方法框架, 并将其应用于香港港的集装箱吞吐量的预测和分析研究中. 实证研究结果表明, 基于 TEI@I 方法论的港口系统集成预测研究方法的预测效果远远优于其它模型的预测效果.

1 港口系统分析框架

基于系统科学理论和港口发展理论知识, 本文建立了港口动态开放系统的研究分析框架, 如图 1 所示. 首先, 港口系统本身是相互联系、共同运营的许多子系统组成的复杂系统, 各子系统按照系统的结构方式而相互作用、相互补充、相互制约. Karatas 和 Cerit^[14] 将港口系统分为港口工程设备、港口运作、港口物流和工业功能、港口与所在城市与国家的社会关系、经济和金融、政治和法律、安全和治安、市场交易、人力资源和港口组织和管理 11 个子系统的动态运行系统. 港口系统受系统内子系统的不断演化和各子系统间的相互作用动态调整而逐步演化.

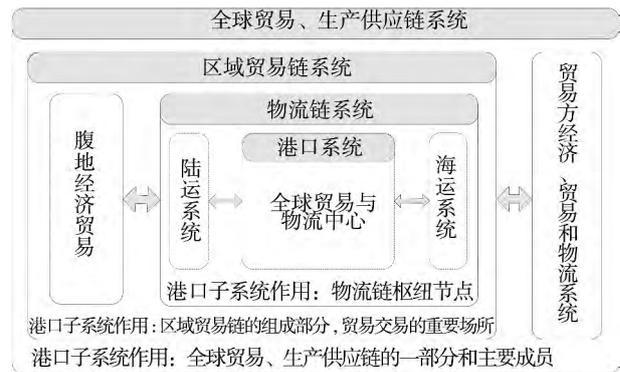


图 1 港口动态系统分析框架图

Fig. 1 Framework for analyzing port systems

其次, 从港口系统所处的更高层次的大系统来分析, 根据港口目前的发展演化阶段和功能, 港口系统又逐层作为物流链系统、区域贸易链系统和全球贸易、生产供应链系统的子系统, 构成了包含港口子系统的层次性复杂系统. 任何更高层系统——物流链系统、区域贸易链系统、和全球贸易、生产供应链系统的变化, 将在不同程度上引起港口系统不断动态调整而渐进演化并发生结构变革.

从物流链系统的角度分析, 港口作为多种运输模型的交汇和结合点, 通过两侧的运输商(船公司和陆上运输商)与物流企业连接国内和国际市场, 港口系统成为一条集多种运输方式和物流形态的物流网络链的枢纽节点^[15]. 同时该系统又是由港口企业、船公司、货运代理、船舶代理、装卸公司、码头经营者、内陆运输企业等物流服务商组成的服务价值体系^[1]. 因此, 物流链系统中各子系统的变化、物流网络上各结点、路线、及配置关系的调整以及物流链上各服务商的服务模式和规模的变化, 将在不同程度上以不同方式动态地影响着港口系统功能的发展演化和结构变革.

从区域贸易链系统、全球供应链系统来分析, 作为派生性需求, 港口货运需求来源于区域贸易发展和供应链节点企业对港口的选择. 当前港口与港口腹地和供应链的结合比以往任何时候都更紧密. 托运人选择港口绝不仅根据港口的费用、服务质量和效率, 而是还要优先考虑港口所在物流链的流畅性、陆路和海路可达性, 考虑所属区域贸易物流流向和供应链走向. 同时, 区域贸易结构, 区域贸易政策和发展战略的变化将影响港口在全球运输网络中的地位和作用, 供应链核心企业对

节点企业的不同选择会导致供应链结构的变化,从而影响客户的选港策略。港口失去客户的危险并不仅仅是来自于港口基础设施的不足、码头运营不善,更多的则是来自于区域政府贸易发展的规划、客户供应链网络的重新布局,或是和新的物流服务供应商建立合作关系而导致更换所需服务的港口^[16]。

港口系统分析框架,将系统论应用于港口系统的研究中,分析系统各层影响港口的关键因素及其与港口系统的关联性,揭示港口复杂系统的本质、动态运行的规律和发展趋势,提供研究港口系统、港口所属系统及其运行环境运行模式、结构和未来发展趋势的一种特殊的研究和认识港口系统的棱镜。

2 基于 TEI@I 方法论的港口系统集成预测研究方法框架

在复杂系统中,由于各种组成要素交互作用和外部因素的相互影响,复杂系统具有突现性和非线性等特征,使得传统的线性研究范式很难处理复杂系统的相关问题^[11]。基于此,众多学者被吸引投身于此领域的研究,并涌现出了许多新的理论、方法和模型。20世纪50年代中,美国兰德公司提出了系统分析的方法论,之后很多学者提出了关于系统、复杂系统和复杂巨系统分析的一般方法论和集成方法论^[11-12,17]。钱学森在1992年详细地论述了解决开放巨系统的方法论,他在定性到定量地综合集成方法论的基础上,将国内外科技发展中的成功经验加以总结,进一步把从定性到定量综合集成法加以拓广。实际上是将专家群体经验、智慧、数据、信息和计算机有机结合,通过综合集成使认识逐步逼近实际。

为研究外汇市场和国际原油市场,Wang^[13]提出了新的处理一类复杂系统预测的研究方法论——TEI@I方法论。TEI@I方法论是以集成思想为核心,以人工智能技术为集成工具,将文本挖掘技术、计量经济模型和人工智能技术综合集成起来的新的处理一类复杂系统预测研究方法。该方法论开拓了定量和定性相结合的预测技术的研究方向。在TEI@I方法论框架下,构造出各种

不同的具体预测方法,这一方法论是预测理论和技术的重大方法突破。该方法论目前已经在原油价格、汇率、进出口、大宗商品价格^[18-24]等具有高度波动性和复杂系统的预测研究上,取得了很好的预测效果。

下面在许利枝、汪寿阳^[25]构建的基于TEI@I方法论港口物流货运预测框架基础上,主要基于新构建的港口系统分析框架,重新构建了基于TEI@I方法论的港口系统集成预测研究方法框架,如图2所示。

根据本文构建的港口系统分析框架,港口系统本身在3个层次上分别为物流链系统、区域贸易链系统和全球贸易、生产供应链系统的子系统,港口系统与这3个系统内各子系统动态运行、相互作用并不断调整和演化,从而形成了港口系统的整体动态运行结构。据此,将港口动态开放系统的研究分为港口系统和港口系统动态运行结构两部分来研究。

首先,港口系统自身。一个港口系统的发展取决于其自身的条件和供应能力,如:港口系统所处全球运输航线的地理位置,港口基础设施条件,港口的管理和运行效率等,从而形成了港口目前的发展趋势和规模、管理和服务水平,货运结构、特征和规模。

其次,港口系统动态运行结构。港口系统发展受其系统的整体动态运行结构的影响。具体而言,作为地区贸易的重要出口,港口系统受其物流结构的陆路可达性、海运航线结构、密度和频次等物流因素的影响和制约,受腹地经济状况、贸易发展方式和产业结构等的影响和制约;同时,很多港口都存在与之同一腹地、提供相同服务的竞争港口的影响,构成了港口系统的动态运行结构。从更高层次上,经济和贸易发展需求、运行周期、政策和环境因素等。

港口系统自身与港口系统的整体动态运行结构两方面共同作用形成了港口复杂系统的整体动态运行结构,构成了港口动态开放系统发展的主要趋势和不确定性波动趋势。基于港口系统研究方法框架,从模型库中选择合适的经济计量模型(econometrics)预测数据线性部分,及数据的主要趋势部分;选择智能技术(intelligence)模型预测数据非线性波动部分。

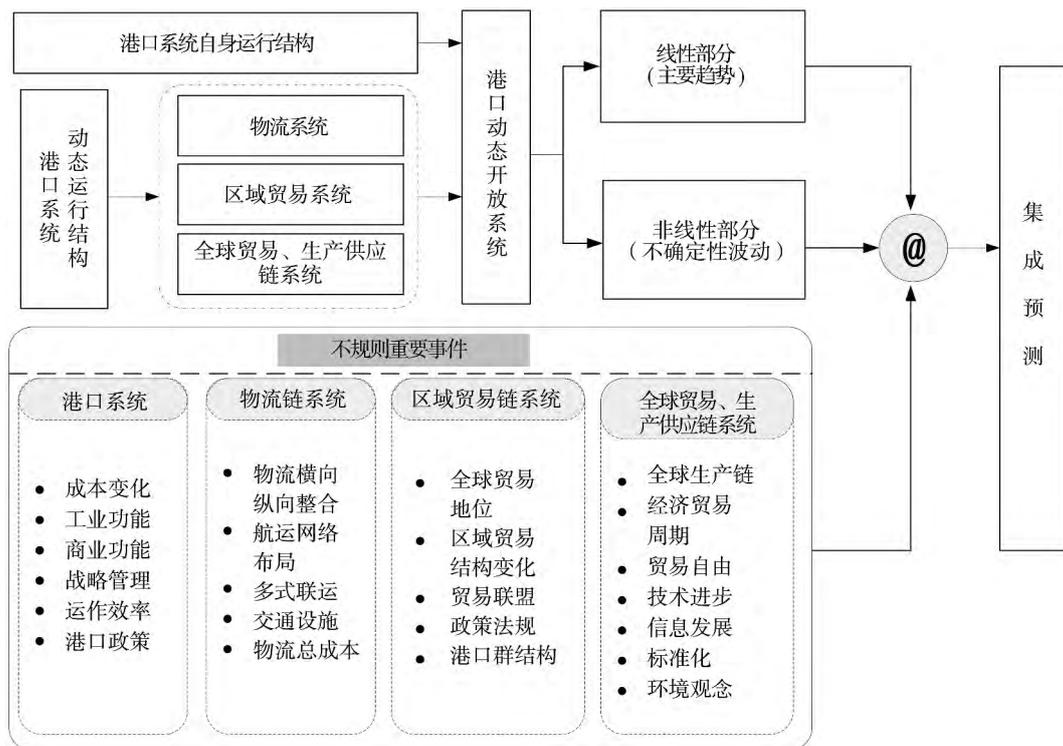


图 2 基于 TEI@I 的港口动态开放系统集成预测研究方法框架

Fig. 2 Framework for analyzing and forecasting port systems based on TEI@I methodology

第三 港口作为动态开放系统 不同层次系统内决定影响因素的不规则变化和偶然事件的发生 将对港口系统造成一定程度的冲击 从而影响港口系统的输出. 1) 偶然性事件的冲击对它的影响, 比如天气、自然灾害、政治因素和全球经济波动等突发事件干扰因素; 2) 系统各层决定因素的不规则变化的冲击影响. 从港口系统自身来看, 港口系统的成本变化、工业和商业功能的完善、新的港口政策的出台等; 从物流链系统的角度, 物流服务商的横向纵向整合、海运方向航运网络布局网络的变化、陆运方向多式联运的改进、物流总成本的降低等; 从区域贸易链和全球生产链分析, 区域贸易结构的变化、在全球贸易地位的改变, 贸易联盟的形成、新的贸易自由政策和环境观念的变化等. 所有这些不规则变化和偶然事件均可能给港口系统造成不同程度的冲击, 使得港口系统所处的环境具有突变性、不确定性和不稳定性. 需要选择定量方法和专家经验等定性分析方法相结合来分析和预测.

最后, 以上各部分模型预测结果和判断性调整结果的集成. 从研究问题的数据来考虑, 港口复

杂系统动态运行下形成的时间序列数据很少是纯粹线性或者非线性的, 它们通常同时包含线性和非线性. 任何一种单独的预测技术不可能捕捉到现实世界中的任何复杂性特征. 因此, 单独使用某一类模型将不能获得满意的预测结果, 将不同类型的模型集成起来可能会获得更好的预测结果.

具体而言, 按照如下的步骤分析和预测. 假设需要预测的港口系统相关数据为 $\{Y_t, t = 1, 2, \dots\}$, 首先用计量经济模型去拟合数据序列, 提取出数据的主要趋势, 即 Y_t 序列的预测值, 记为 $\{\hat{E}_t\}$; 同时, 通过对比 Y_t 和 \hat{E}_t , 可以得到港口预测数据的误差序列部分, 记为 $\{e_t\}$, 即

$$e_t = Y_t - \hat{E}_t \tag{1}$$

其次, 选取适合于数据特征的预测方法, 比如神经网络训练, 拟合港口物流货运量的非线性的误差序列部分, 从而进一步产生预测序列 $\{\hat{I}_t\}$. 实际上, 误差序列部分是在做一个非线性映射, 即

$$e_t = f(e_{t-1}, e_{t-2}, \dots, e_{t-p}) \tag{2}$$

第三, 对于一些不规则且可提前预知或者影响时间较长的重要事件, 通过相应的方法进行量化和预测这些事件的影响, 如通过事件分析和专

家判断将这些影响记为 $\{\hat{T}_t\}$;

最后将3部分 \hat{T}_t , \hat{E}_t 和 \hat{I}_t 组合构成综合集成预测模型,即

$$\hat{Y}_t = f(\hat{T}_t, \hat{E}_t, \hat{I}_t) \tag{3}$$

其中,函数 $f(\cdot)$ 可以采用线性集成和非线性集成的方法,各部分预测方法和具体集成方法和思想可结合TEI@I方法论和所研究问题的数据特征,采用不同的组合,以达到提高预测精度和分析相关问题的目的.

3 香港港集装箱运量预测: 基于TEI@I港口系统集成预测研究方法框架

本节将基于香港港集装箱吞吐量数据,详细预测和分析TEI@I的港口物流货运量的集成预测理论框架的各部分,并提供相应的集成预测结果分析.

3.1 数据源及评价指标

本文选取香港港集装箱吞吐量的数据作为预测对象,所用的数据都来自于CEIC数据库,数据区间为1993年1月到2012年6月,共计234个数据作为预测模型的指标的数据集.用于预测模型构建的指标如表1所示.

表1 预测模型相关指标及其解释

Table 1 Variables and their explanations finally adopted in forecasting model

指标	解释
$hkp/10^4$ TEU	香港港集装箱吞吐量
$hkxim/10^6$ HKD	中国香港: 进出口货值
$air/10^6$ HKD	中国香港: 进出口货值: 空运
$land/10^6$ HKD	中国香港: 进出口货值: 陆运
$sea/10^6$ HKD	中国香港: 进出口货值: 海运
hl_rmb	期内平均汇率: 人民币兑港元
hl_m	期内平均汇率: 美元兑人民币

为了评价预测性能,使用标准均方根误差(NRMSE)、平均相对误差(MAPE)和方向变化统计量(D_{stat})作为准则,来评价预测性能.3种评价准则定义见式(4)、(5)和式(6).

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100\% \tag{4}$$

$$NRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y}_t)^2}} \tag{5}$$

$$= \frac{1}{\sigma} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (y_t - \hat{y}_t)^2}$$

$$D_{stat} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N a_t \times 100\% \tag{6}$$

其中 y_t 和 y_{t-1} 分别为 t 和 $t-1$ 期的实际值; \hat{y}_t 为 t 期的预测值; N 为测试期; \bar{y}_t 为数据的均值; σ 为数据的估计标准差.式(5)中,如果 $(y_t - y_{t-1})(\hat{y}_t - y_{t-1}) \geq 0$ 则 $a_t = 1$;否则 $a_t = 0$.

3.2 主要线性趋势分析和预测

根据单位根PP检验^[26]结果,变量 $lhkp_sa$ (香港集装箱吞吐量取对数并做 $X-12$ 季节调整)是含有常数项和趋势项的平稳时间序列,PP检验调整的 T 统计量为 -4.306238 , P 值为 0.0037 ,表明在 1% 显著水平上拒绝原假设,接受 $lhkp_sa$ 序列为平稳序列.据此,建立带常数项和趋势项的自回归移动平均模型(ARMA)^[27].经检验,模型的残差序列检验不存在序列相关,并且模型的各项统计量也很好,模型的 R^2 为 0.98 .根据模型的预测结果,得到了香港港集装箱吞吐量序列 Y_t 的拟合值作为式(2)的 \hat{E}_t 序列,该序列作为香港港集装箱吞吐量的主要趋势预测值.图3中 HKP 为 Y_t 序列, HKP forecast为 \hat{E}_t 序列.

3.3 香港港系统动态运行结构的分析和预测

根据港口系统分析框架的整体动态运行结构,港口系统本身在3个层次上分别为物流链系统、区域贸易链系统和全球贸易、生产供应链系统的子系统,港口系统与这3个系统内各子系统相互作用并动态运行,从而形成了港口系统的动态运行结构.

从物流链系统的角度分析,考虑香港陆运、空运和海运3大运输系统的运量作为主要变量,以反映香港的港口系统所属的物流系统结构;从区域贸易链系统、全球供应链系统来分析,作为派生性需求,港口货运需求来源于区域贸易

发展的运输需求,同时,受全球经济和贸易发展需求、运行周期、政策和环境等因素的影响.考虑选取香港进口货值作为主要运输需求变量;选取人民币兑港元和美元汇率变量、全球金融危机虚拟变量以及季节虚拟变量等影响香港集装箱运量的相关变量,以捕捉影响数据变化的其他特征.相应各指标的解释和 ADF 单位根检验如表 1 和表 2 所示.其中,表 2 中各指标名称前的“*l*”表示该变量的对数形式,指标名称后面的

“*_sa*”表示该变量进行了 X12-ARIMA 季节调整之后的数据.

为分析香港港系统中各主要指标之间的动态联系,本文构建包含 5 个内生变量:包括 *lhkp_sa*, *lhkexim_sa*, *lair_sa*, *lland_sa*, *lsea_sa*, 以及 4 个外生变量:包括 *hl_m*, *hl_rmb* 汇率变量、经检验的反映数据结构突变的虚拟变量和 2 月季节效应虚拟变量的多变量模型,从而产生相应的动态结构调整下的预测序列 \hat{E}_t .

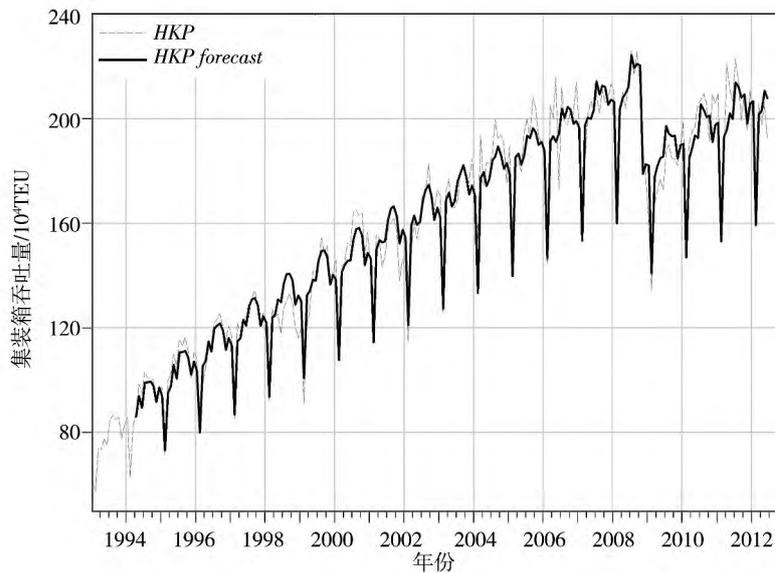


图 3 香港港 1993 年 1 月到 2012 年 6 月集装箱吞吐量及其主要趋势

Fig. 3 The monthly Hong Kong port's container throughput and its main trend for 1993 - 2012

表 2 模型中各变量 ADF 单位根检验结果

Table 2 Unit root test results of variables finally adopted in forecasting model

变量	水平值		水平值		1 阶差分	
	(c, <i>l</i>)	<i>P</i>	(c, not)	<i>P</i>	<i>t</i> -stats	<i>P</i> -value
<i>lhkp_sa</i>	-2.464 885	0.345 4	-2.687 385	0.077 7	-24.951 38	0.000 0
<i>lhkexim_sa</i>	-2.030 193	0.581 3	-0.439 087	0.898 9	-16.012 08	0.000 0
<i>lair_sa</i>	-2.440 992	0.357 4	-0.875 377	0.794 7	-15.273 30	0.000 0
<i>lland_sa</i>	-2.568 008	0.295 5	-0.214 754	0.933 3	-17.655 82	0.000 0
<i>lsea_sa</i>	-2.218 638	0.476 6	-1.900 387	0.331 8	-26.367 76	0.000 0

表 3 模型的 Johansen 协整检验(误差校正中有截距无趋势)

Table 3 Unrestricted co-integration rank test of Trace and Maximum Eigenvalue

原假设	特征值	迹统计量	5% 临界值	原假设	最大特征根	5% 临界值
没有协整关系**	0.190 119	114.476 6	69.818 89	没有协整关系**	46.390 96	33.876 87
最多存在 1 个协整关系**	0.124 006	68.085 66	47.856 13	最多存在 1 个协整关系*	29.127 10	27.584 34
最多存在 2 个协整关系**	0.090 339	38.958 56	29.797 07	最多存在 2 个协整关系	20.830 36	21.131 62
最多存在 3 个协整关系*	0.073 170	18.128 20	15.494 71	最多存在 3 个协整关系*	16.716 77	14.264 60
最多存在 4 个协整关系	0.006 395	1.411 435	3.841 466	最多存在 4 个协整关系	1.411 435	3.841 466

注: * (**) 表示在 5% (1%) 的显著性水平上拒绝原假设.

根据表2 ADF 单位根检验^[28]的结果表明5个内生变量指标在5%显著水平上均为一阶单整序列;表3 Johansen^[29]协整检验的两个统计量表明存在协整关系,在此基础上,构建并估计存在一个协整向量的VECM模型^[27],具体估计模型如式(7)所示.

$$\Delta Y_t = \alpha(\beta Y_{t-1} + \mu) + \sum_{i=1}^5 \Gamma_i \Delta Y_{t-i} + \Gamma_{12} \Delta Y_{t-12} + \gamma + W_1 D08 + W_2 D2 + W_3 hl_rmb_{t-1} + W_4 hl_m_{t-1} + \varepsilon_t \quad (7)$$

其中 $Y_t = (lhkxim_sa_t, lhkp_sa_t, lair_sa_t, lland_sa_t, lsea_sa_t)$, α, β 和 W_1, \dots, W_4 是 5×1 参数向量; $\Gamma_1, \dots, \Gamma_5, \Gamma_{12}$ 是 5×5 参数矩阵; μ, γ 为协整方程和短期方程中截距; ε_t 是 5×1 维扰动列向量; 变量 $D08$ 是表示2008年金融危机虚拟变量; $D2$ 表示2月季节虚拟变量.

表4、表5列出了VECM模型中 α 和 β 的参数估计结果以及相应的标准误和 t 统计量值.经检验,表4中的协整向量得到的线性组合序列是平稳的 $I(0)$ 序列.由于Johansen检验^[29]对方程残差序列是否存在序列相关相当敏感,因此对残差做了Ljung-Box检验^[30],各阶的 Q 统计量值表明,各方程的残差序列为白噪声序列,因而模型设置合理.据此产生相应的动态结构调整下的预测序列 \hat{E}_t .

表4 协整向量矩阵 β 的估计结果

Table 4 Vector error correction estimates for β coefficients

变量名称	协整向量 β		
	估计值	标准误	t -统计量
$lhkxim_sa_{t-1}$	1		
$lhkp_sa_{t-1}$	-0.033 374	0.025 05	-1.332 09
$lair_sa_{t-1}$	-0.120 273	0.038 13	-3.154 23
$lland_sa_{t-1}$	-0.493 558	0.042 73	-11.549 9
$lsea_sa_{t-1}$	-0.547 127	0.016 63	-32.897 1

3.4 非线性不确定性趋势分析和预测

港口作为动态开放系统,不同层次系统内决定影响因素的不规则变化和偶然性事件的发生,将对港口系统造成一定程度的冲击,从而影响港口系统的输出,使运量数据偏离其主要运行趋势,从而数据表现出非线性的特征.而这种由于各种冲击所带来的数据偏离最终将反映在主要趋势模型残差序列中,即式(1)所示的残差序列 e_t 中.考虑到在构建的主要线性趋势模型中,本文基于结

构突变点的检验而加入相应的虚拟变量,已很好地捕捉了香港港集装箱吞吐量历史数据中的主要结构突变情况;同时,根据对 e_t 序列的单位根检验结果也表明,该序列为平稳序列,因此,只建立简单的ARMA模型来对 e_t 序列加以预测,从而进一步产生TEI@I模型的 $\{\hat{I}_t\}$ 预测序列.

表5 VECM模型中各方程中 α 的估计结果

Table 5 Vector error correction estimates for α coefficients

变量名称	α		
	估计值	标准误	t -统计量
$\Delta lhkxim_sa_t$	2.377 129	0.461 43	5.151 62
$\Delta lhkp_sa_t$	1.770 586	0.414 14	4.275 36
$\Delta lair_sa_t$	2.066 784	0.571 35	3.617 36
$\Delta lland_sa_t$	2.653 226	0.559 70	4.740 45
$\Delta lsea_sa_t$	0.365 778	0.160 17	2.283 73

为更好地分析残差序列,从中提取出有用的信息,需要对残差序列进行分解,即

$$e_t = TC_t + S_t + I_t \quad (8)$$

其中 TC_t 表示趋势循环要素; S_t 表示季节要素; I_t 表示不规则要素.这里有用的信息主要是对 TC_t 项的分析,该序列很好地反映了港口受外部冲击等各种影响等数据的变化趋势.

为验证残差 e_t 序列的 TC_t 项序列是否可以科学地反映数据的结构变化特征,本文采用Zivot和Andrews等^[31]以及Clemente等^[32]提出的,在考虑数据存在单位根的情况下,检测数据是否存在结构突变的过程.根据样本区间为1999年1月到2012年6月香港港集装箱吞吐量趋势循环项($lhkp_tc$)的Zivot-Andrews检验结果,香港集装箱吞吐量数据在2008年7月存在结构突变,检验的 T -统计量如图4所示;根据Clemente-Montanes-Reyes的检验结果,数据同时在2004年4月和2005年10月存在两个结构突变,检验的 T -统计量如图5所示.

图6为香港港集装箱吞吐量 Y_t 序列(HKP)和残差 e_t 序列的 TC_t 项序列($Residual_TC$),以及相应的基于上述检验的结构突变检验点.从图中可以看出,残差 e_t 序列的 TC_t 项序列与两检验结构突变点的检验值完全吻合,表明在TEI@I方法中分析残差中非线性不确定趋势的科学性.

如图6所示,受香港贸易结构改变的影响,香港港集装箱运输需求呈现出放缓发展的势头.根据Clemente-Montanes-Reyes检验结果,香港港集

装箱吞吐量的数据在 2004 年 4 月与 2005 年 10 月分别呈现出两次发展放缓的结构突变点; 到 2008 年 7 月, 金融危机对香港集装箱运输需求的影响呈现, 在 Zivot-Andrews 检验结果上, 表现出在水平值上的结构突变, 且其影响一直持续到 2009 年底.

由于计量等方法的局限, Zivot-Andrews 检验结构突变点计算 T -统计量有样本量的要求, 因此难以检测近期发生的机构突变, 而 TEI@I 的非线性分析弥补了这一点. 根据图 6 分析, 在 2010 年下半年以来的新的发展周期中, 香港港集装箱运量有进一步放缓的态势.



图 4 Zivot-Andrews 检验结果
Fig. 4 Zivot-Andrews test results

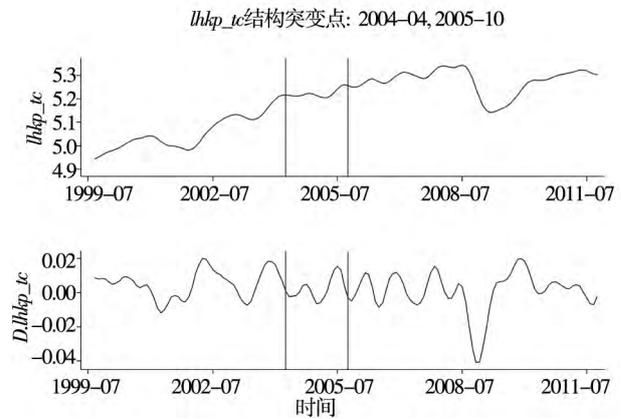


图 5 Clemente-Montanes-Reyes 的检验结果
Fig. 5 Clemente-Montanes-Reyes test results

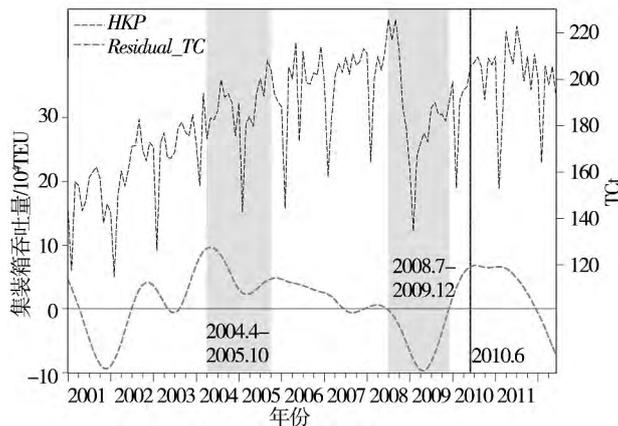


图 6 2001 年 1 月到 2012 年 6 月香港港集装箱吞吐量及其残差序列的 TC_i 项
Fig. 6 Monthly Hong Kong port's container throughput and the TC_i series of its e_t

3.5 集成预测结果比较研究

通过以上分析, 选取 1993 年 1 月到 2011 年 12 月间的数据作为样本区间, 建立了 TEI@I 方法论的各部分的预测模型, 并对各模型中的参数进行了估计. 根据基于样本的模型估计, 对余下的 2012 年 1 月到 2012 年 6 月间的数据作了对各部分的预测. 基于 TEI@I 港口系统集成预测研究方法框架, 需要采取相应的集成方法, 以得到一个较好

的综合集成预测结果 \hat{Y}_t . 考虑到不规则事件影响量的确定带有很强的主观性, 本文在集成预测结果中暂不考虑 $\{\hat{T}_t\}$; 同时, 由于简单集成后的结果精度已经较高, 而且简单集成具有清晰的经济解释, 因此对于香港港集装箱吞吐量的集成预测采用简单求和集成方法即可, 各模型的预测结果评价如表 6 所示.

从所用的3个指标来看,基于TEI@I港口系统集成预测研究方法框架的集成预测模型,其预测效果远远优于其它模型的预测效果,表明该预测研究方法框架用于实证研究的有效性.实证结

果表明,从不同角度上使用不同方法的TEI@I港口系统集成预测研究方法框架,使获得的知识表达能力和推理能力更强,运行更科学合理、效率更高,可以达到更为满意的分析和求解问题的效果.

表6 香港集装箱吞吐量预测结果比较

Table 6 Performance of various methods of forecasting

评价准则	ARIMA	ARIMA + \hat{I}_t	VECM	VECM + \hat{I}_t	TEI@I
MAPE (%)	3.41	2.97	2.13	1.93	0.90
NRMSE	0.55	0.47	0.326	0.327	0.16
D_{stat} (%)	83.33	100	100	100	100

TEI@I方法论中将数据“先分解后集成”的思想,引入了对数据的非线性部分的分析和预测,该方法不仅提供了分析外部冲击对具体数据序列的冲击影响,而且将分析后的序列集成对不同模型的预测精度有了很大的提高.如表6第3和第5栏,经过非线性预测结果调整后的ARMA和VEC模型的预测结果在各个指标上均有所提高,表明TEI@I对数据分解和集成的思想和研究方法的有效性.

学理论基础及港口经济理论,构建了港口系统研究分析框架.该研究分析框架反映了港口复杂系统的整个系统特性、功能和空间结构特征,归纳了港口系统管理和运行的整体性及其与系统各部分的相互关系.它不仅能够构成特殊的研究和认识港口系统的棱镜,而且还有着重大的研究港口系统方法论的价值.其次,基于所构建的港口系统研究分析框架,设计了基于TIE@I方法论的港口系统集成预测研究方法.从对香港港集装箱运量的预测研究结果表明,基于TEI@I方法论的港口系统集成预测研究方法其预测效果远远优于其它模型的预测效果.

4 结束语

本文针对港口系统的研究问题,基于系统科

参考文献:

- [1] Stopford M. Maritime Economics [M]. London: Routledge, 2009.
- [2] Notteboom T E, Rodrigue J P. Port regionalization: Towards a new phase in port development [J]. Maritime Policy and Management, 2005, 32(3): 297-313.
- [3] Bird J. Seaports and Seaport Terminals [M]. London: Hutchinson University Library, 1971.
- [4] Hayuty Y. Containerization and the load center concept [J]. Economic Geography, 1981, 57(2): 160-176.
- [5] Notteboom T E. Concentration and load center development in the European container port system [J]. Journal of Transport Geography, 1997, 5(2): 99-115.
- [6] Robinson R. Ports as elements in value-driven chain systems: The new paradigm [J]. Maritime Policy and Management, 2002, 29(3): 241-255.
- [7] Bichou K, Gray R. A critical review of conventional terminology for classifying seaports [J]. Transportation Research A, 2005, 39(1): 75-92.
- [8] Song D-W, Panayides P M. Global supply chain and port/terminal: Integration and competitiveness [J]. Maritime Policy and Management, 2008, 35(1): 73-87.
- [9] Engelen S, Meersman H, Van De Voorde E. Using system dynamics in maritime economics: An endogenous decision model for shipowners in the dry bulk sector [J]. Maritime Policy and Management, 2006, 33(2): 141-158.
- [10] Sherman H, Rowley D J, Armandi B R. Strategic Management: An Organization Change Approach [M]. Oxford: University Press of America, 2006.
- [11] 成思危. 复杂科学与系统工程 [J]. 管理科学学报, 1999, 2(2): 1-7.
Cheng Siwei. Complex science and systems engineering [J]. Journal of Management Sciences in China, 1999, 2(2): 1-7. (in Chinese)
- [12] 钱学森. 一个科学的新领域——开放的复杂巨系统及其方法论 [J]. 城市发展研究, 2005, 12(5): 1-8.

- Qian Xuesen. A new discipline of science: The study of open complex giant system and its methodology [J]. *Urban Studies*, 2005, 12(5): 1–8. (in Chinese)
- [13] Wang S Y. TEI@I: A new methodology for studying complex systems [C]// *The International Workshop on Complexity Science*, Tsukuba, Japan, 2004.
- [14] Karatas C C, Cerit A G. Organizational change and effectiveness in seaports from a systems viewpoint [M]// *The Handbook of Maritime Economics*, London: LLP, 2010.
- [15] Wang J J, Olivier D. Port-FEZ bundles as spaces of global articulation: The case of Tianjin, China [J]. *Environmental Planning A*, 2006, 38(8): 1487–1503.
- [16] Carbone V, Martino M D. The changing role of ports in supply-chain management: An empirical analysis [J]. *Maritime Policy and Management*, 2003, 30(4): 305–320.
- [17] 盛昭瀚, 张 维. 管理科学研究中的计算实验方法 [J]. *管理科学学报*, 2011, 14(5): 1–10.
Sheng Zhaohan, Zhang Wei. Computational experiments in management science and research [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2011, 14(5): 1–10. (in Chinese)
- [18] Wang S Y, Yu L, Lai K K. Crude oil price forecasting with TEI@I methodology [J]. *Journal of Systems Science and Complexity*, 2005, 18(2): 145–166.
- [19] 余乐安, 汪寿阳, 黎建强. 外汇汇率与国际原油价格波动与预测-TEI@I 方法论 [M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2006.
Yu Le'an, Wang Shouyang, Lai K K. Forecasting Foreign Exchange Rates and International Crude Oil Price Volatility-TEI@I Methodology [M]. Changsha: Hunan University Press, 2006. (in Chinese)
- [20] 闫 妍, 许 伟, 部 慧, 等. 基于 TEI@I 方法论的房价预测方法 [J]. *系统工程理论与实践*, 2007, 27(7): 1–9.
Yan Yan, Xu Wei, Bu hui, et al. Housing price forecasting method based on TEI@I methodology [J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2007, 27(7): 1–9. (in Chinese)
- [21] 田 歆, 汪寿阳, 华国伟. 零售商供应链管理的一个系统框架与系统实现 [J]. *系统工程理论与实践*, 2009, 29(10): 45–52.
Tian Xin, Wang Shouyang, Hua Guowei. System framework and its implementation of supply chain management for retailers [J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2009, 29(10): 45–52. (in Chinese)
- [22] Tian X, Xu L Z, Liu L M, et al. Analysis and Forecasting of Port Logistics Using TEI@I Methodology [M]// *Business Intelligence: Economic and Financial Forecasting*, New York: IGI Publisher, 2009.
- [23] 张嘉为, 索丽娜, 齐晓楠, 等. 基于 TEI@I 方法论的通货膨胀问题分析与预测 [J]. *系统工程理论与实践*, 2010, 30(12): 2157–2164.
Zhang Jiawei, Suo Lina, Qi Xiaonan, et al. Inflation forecasting method based on TEI@I methodology [J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2010, 30(12): 2157–2164. (in Chinese)
- [24] 郭 琨, 崔 啸, 王 珏, 等. “京十二条”房地产调控政策的影响——基于 TEI@I 方法论 [J]. *管理科学学报*, 2012, 15(4): 4–11.
Guo Kun, Cui Xiao, Wang Jue, et al. Effects of the “Beijing Twelve Measures” real estate regulation policy: Based on TEI@I methodology [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2012, 15(4): 4–11. (in Chinese)
- [25] 许利枝, 汪寿阳. 港口物流预测研究: 基于 TEI@I 方法论 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2012, 12(1): 173–179.
Xu Lizhi, Wang Shouyang. Analysis and forecasting of port logistics based on TEI@I methodology [J]. *Journal of Communication and Transportation Systems Engineering and Information*, 2012, 12(1): 173–179. (in Chinese)
- [26] Phillips P C B, Perron P. Testing for a unit root in time series regression [J]. *Biometrika*, 1988, 75(2): 335–346.
- [27] Hamilton J D. *Time Series Analysis* [M]. Princeton: Princeton University Press, 1994.
- [28] Dickey D A, Fuller W A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root [J]. *Journal of the American Statistical Association*, 1979, 74(366): 427–431.
- [29] Johansen S. *Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models* [M]. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- [30] Ljung G M, Box G E P. On a measure of lack of fit in time series models [J]. *Biometrika*, 1978, 65(2): 297–303.
- [31] Andrews D, Zivot E. Further evidence on the great crash, the oil price shock, and the unit-root hypothesis [J]. *Journal of Business and Economic Statistics*, 1992, 10(3): 251–270.
- [32] Clemente J, Montanes A, Reyes M. Testing for a unit root in variables with a double change in the mean [J]. *Economics Letters*, 1998, 59(2): 175–182.

Analysis and forecasting methodology for container port: A case study of Hong Kong port

XU Li-zhi^{1,2}, WANG Shou-yang^{1,3*}

1. School of Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2. Tourism Institute, Beijing Union University, Beijing 100101, China;

3. Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract: On the basis of the system approach and port economics, an analyzing framework is constructed for port complex systems. This novel framework not only provides an effective way to recognize port systems from different perspectives, but also makes a great contribution to new methodologies for analyzing port systems in new environments with uncertainty and complexity. Secondly, based on the proposed integrated systematic analysis methodology, an integrated forecasting model based on the TEI@I methodology is proposed for port logistics prediction. In our empirical studies, container throughput series of Hong Kong port is predicted. Empirical results reveal that TEI@I integrated model can significantly improve the prediction performance over single models presented in this study. It implies that the proposed integrated forecasting model based on the TEI@I methodology can be used as a feasible solution to port logistics volume prediction and analysis.

Key words: waterway transportation; TEI@I methodology; ARMA; VECM; structural change

(上接第 31 页)

[42] Schroder H M, Driver M J, Streufert S. Human Information Processing [M]. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1967.

[43] Adipat B, Zhang D, Zhou L. The effects of tree-view based presentation adaptation on mobile web browsing [J]. MIS Quarterly, 2011, 35(1): 99-122.

[44] Gouran D S, Brown C, Henry D R. Behavioral correlates of perceptions of quality in decision-making discussions [J]. Communications Monographs, 1978, 45(1): 51-63.

[45] Green S G, Taber T D. The effects of three social decision schemes on decision group process [J]. Organizational Behavior and Human Performance, 1980, 25(1): 97-106.

Designing an information organization structure for fuzzy tasks in online group discussion

LI Jia^{1,2}, LIU Xuan^{1*}, ZHANG Peng-zhu²

1. School of Business, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China;

2. Antai College of Economics & Management, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200052, China

Abstract: Although fuzzy tasks are ubiquitous in the organizational context, researches focusing on informational organization structures that supports fuzzy tasks in online group discussion have been lacking. An analysis from the perspective of task-technology fit indicates that traditional linear structure or tree structure cannot well support fuzzy tasks. To well support the fuzzy tasks, in this study we propose a new lineartree structure that provides a high level of support in the perspectives of communication, process structuring, and information processing. We also design an experiment to validate if the proposed information structure will lead to increased performance for fuzzy tasks. The results indicate that for fuzzy tasks, using a groupware with lineartree structure will lead to higher decision efficiency, higher decision quality and higher satisfaction with the decision process.

Key words: online group discussion; information organization structure; task-technology fit; fuzzy task; design science