

实物资金流量表的预测方法研究^①

王惠文^{1,2}, 王玉茹¹, 任若恩^{1,3}, 夏 棒¹, 王珊珊^{1,3}

(1. 北京航空航天大学经济管理学院, 北京 100191; 2. 大数据科学与脑机智能高精尖创新中心, 北京 100191; 3. 城市运行应急保障模拟技术北京市重点实验室, 北京 100191)

摘要: 资金流量表是国民经济核算体系中的重要组成部分. 然而, 由于在编制过程中需要采集大量的数据, 通常情况下, 很多国家的资金流量表都会有较长时间的滞后. 在编制实物资金流量表的延长表时, 已有方法通常是基于基期与预测期交易收支结构保持不变的假定条件. 然而, 经济结构发生显著变化时, 该类方法就会失效. 基于上述问题, 研究弱化模型的假设条件, 并提出了新的实物资金流量表预测方法(简称 FPTF 方法). 根据表中元素必须满足的约束条件, 该方法通过建立数学模型解除约束, 其次基于历史数据的动态趋势, 采用适当的时间序列分析方法来预测目标年份的实物资金流量表. 通过仿真分析, 验证了所提方法的有效性和稳定性. 此外, 基于中国 1992 年~2014 年的实物资金流量表数据进行实例分析, 取得了满意的分析结果.

关键词: 资金流量表; 预测方法; 时间序列; 成分数据

中图分类号: F222.1; F272.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2018)09-0001-11

0 引言

资金流量数据内容丰富且可信度高, 可用于研究经济增长、财富分配、货币政策冲击、政府收支行为、财政稳定性、资本积累、新经济以及金融危机等^[1,2]问题. 在学术研究和实践中, 已有众多学者依据资金流量表, 为宏观经济管理提供了很多有价值的研究成果.

资金流量核算始于 20 世纪 40 年代. 1944 年, 美国 Copeland 教授应美国经济研究局的邀请, 开始了对资金流量核算的全面尝试. 1947 年他发表了论文《通过美国经济跟踪货币流通》, 标志着资金流量核算的诞生. 在资金流量的核算中, 资金的概念有狭义和广义之分. 狭义的资金流量主要是指金融交易流量; 广义的资金流量则将范围从金融流量扩大到所有价值收支流量, 是指整个社会资金的循环过程. 由于资金流量定义的不

同, 各国进行资金流量核算的范围存在不同选择. 在中国, 资金流量核算以整个收入分配和社会资金循环为对象, 整个核算分为实物交易核算和金融交易核算两部分, 由实物资金流量表(又称国民收入流量矩阵)和金融资金流量表组成. 本文的研究对象为实物资金流量表.

1994 年起, 我国国家统计局开始编制实物资金流量交易表. 经过二十余年的发展, 资金流量数据不断丰富, 实物资金流量表在分析中国资金流动状况方面具有广泛应用. 例如, 肖文和周明海^[3]比较分析了收入法 GDP 和资金流量表核算的劳动收入份额的变动趋势; 李扬和殷建峰^[4]探究了中国高储蓄率问题; 张全红^[5]对居民和政府部门的消费率进行了比较分析; 潘春阳等^[6]剖析了导致我国居民消费率下降的内在原因; 原鹏飞和魏巍贤^[7]采用资金流量表以及投入产出表等数据编制 SAM, 分析了房地产价格上涨与下跌对

① 收稿日期: 2017-09-08; 修订日期: 2018-03-09.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71420107025).

作者简介: 王惠文(1957—), 女, 河北玉田人, 博士, 教授. Email: wanghw@vip.sina.com

居民收入、政府收入和企业收入的影响;鞠方等^[8]考察了我国房价波动和居民收入水平对住房消费的影响,等等.此外,国外学者基于国民账户的数据或框架展开的研究,主要包括以下问题:分布式的国民账户和收入不平等^[9]、居民储蓄和消费^[10]、跨地区或跨国的比较分析^[11-12]、贫困估计^[13]、医疗服务^[14]以及环境资产^[15]等问题.

然而,由于在编制过程中需要采集大量的数据,通常情况下,很多国家的资金流量表都会有几个月的滞后,有些国家甚至会有几年的滞后.例如中国的实物资金流量交易表有3年的滞后期.这对于一些经济高速发展的国家来说,在用其分析时效性较强的经济问题时,就会显得很不方便.此外,在许多重要的经济预测问题中,人们甚至需要使用未来年份的实物资金流量表.这就需要研究实物资金流量表的预测建模.举例而言,李扬和殷建峰^[4]曾分析了国民储蓄的部门结构,得出“1992年~2003年间,中国国民储蓄率上升主要归因于政府部门和企业部门储蓄率的上升,而居民储蓄率则是相对下降”的结论;然而,由于无法得到后续几年的资金流量数据,文章尚不能确切判断国民储蓄的这种部门结构在此期间是否延续,更无法判断这种部门结构在未来是否延续.与之相反,如果掌握了未来的实物资金流量表,就可以研究国民储蓄的上述部门结构是否延续的问题.综上所述,资金流量表的及时性和前瞻性对于学术研究和政策制定都具有十分重要的意义.

在针对时滞问题的已有研究中,李宝瑜和周南南^[16]设计了国民收入动态均衡模型和单方程模型对主要控制总量进行预测,然后采用状态空间模型对所预测的总量进行了部门和交易分解,并采用DRAS方法求解矩阵元素,最终编制了2009年和2010年的国民收入流量矩阵的延长表;周南南和李宝瑜^[17]提出了称为双矩阵RAS的平衡预测方法,用于对资金流量数据矩阵进行延长表编制;李宝瑜和马克卫^[18]以中国社会核算矩阵序列表为基础,根据“总量控制、平衡传递、向量分解、子矩阵延长、积木式组合”原则编制了SAM表的延长表.在上述文献中,延长表编制的关键技术是双矩阵的RAS,该技术是解决资金流量数据表时滞问题以及相类似问题的经典方案.但需要注意的是,双矩阵RAS是基于基期与预测

期交易收支结构保持不变的假定条件提出的.然而对于一些经济高速发展、经济结构发生显著变化的地区,这种假设通常并不成立.以2000年~2014年中国实物资金流量表为例,一些特定交易项目的部门运用结构和部门来源结构存在明显的动态变化,如图1所示.基于上述问题,本文将在模型的假设条件更加弱化的前提下,研究实物资金流量表的预测方法.

事实上,资金流量表预测方法的研究难点,主要是在表中的数据栏目之间存在一系列的约束条件,例如:在所有部门的合计水平上,每个交易项目的资金来源等于资金运用;而针对每一个机构部门,其资金来源合计等于资金运用合计.在类似的问题研究中,Wang等^[19]曾对投入产出表的预测建模进行研究,提出了更新投入产出表的MIT方法.该方法的主要思路就是通过消除表中各行的“行和”等于对应各列的“列和”的约束条件,基于历史的投入产出表序列的时间趋势,来预测目标年份的投入产出表.

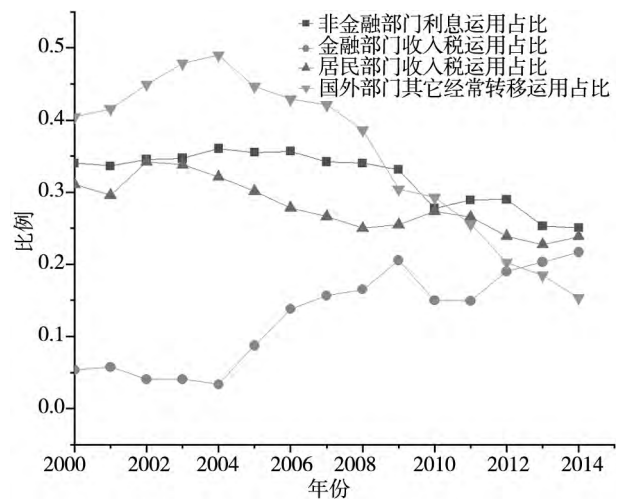


图1 一些特定交易项目的部门运用结构和部门来源结构变化
Fig. 1 Changes in the department source structure and department use structure of some specific transaction projects

本文提出一种新的实物资金流量表的预测建模方法 (forecast of physical transactions flow-of-funds table, FPTF). 该方法根据表中元素必须满足的约束条件,将其分为“恒为0元素”、“自由元素”、“横向约束元素”和“纵向约束元素”,并针对“横向约束元素”提出了消除约束的结构预测方法. 本文将通过仿真分析,验证所提方法的有效性. 此外,基于中国1992年~2014年的实物资金流量表数据进行实例分析,并比较了FPTF方法

与已有文献方法在延长表编制时延长表与实际表之间的偏离程度.

1 表式与符号

在国民经济核算体系中, 资金流量核算以

资金流量表为载体. 其中, 实物资金流量表按照交易类型, 给出了非金融企业部门、金融机构部门、政府部门、住户部门以及国外部门参与收入分配、可支配收入使用以及非金融交易过程中资金的来源和使用. 表 1 是实物资金流量表的简要形式.

表 1 实物资金流量表简表

Table 1 Physical transaction flow-of-funds table

交易内容	非金融企业部门		金融机构部门		政府部门		住户部门		国外部门		合计	
	使用	来源	使用	来源	使用	来源	使用	来源	使用	来源	使用	来源
收入分配交易和平衡项目												
增加值												
收入分配交易												
可支配总收入												
可支配收入使用和平衡项目												
消费支出												
储蓄												
非金融资本交易和平衡项目												
总储蓄												
非金融投资												
资金余缺												

为了后续模型表述方便起见, 把一张实物资金流量表用矩阵 F 表示, 其中, 分别记非金融企业部门、金融机构部门、政府部门、住户部门和国外部门为部门 $j(j=1\ 2\ 3\ 4\ 5)$. 对于第 j 个部门, 给出实物资金流量表中各种交易项目的数学符号如表 2 所示.

表 2 各交易项目符号表

Table 2 Symbolic representation of transaction items

序号	符号	交易项目	运用 来源	
			U	S
1	NE	净出口	0	NE_j^S
2	AV	增加值	0	AV_j^S
3	L	劳动者报酬	L_j^U	L_j^S
4	T	生产税	T_j^U	T_j^S
5	P	财产收入	P_j^U	P_j^S
6	IG	原始收入	0	IG_j^S
7	OT	经常转移	OT_j^U	OT_j^S
8	DI	可支配收入	0	DI_j^S
9	C	消费	C_j	0
10	SA	储蓄	0	SA_j^S
11	CT	资本转移	CT_j^U	CT_j^S
12	CF	资本形成	CF_j^U	0
13	OF	其他非金融资产获得减处置	OF_j^U	0
14	FI	净金融投资	FI_j^U	0

其中, 财产收入由利息、红利、土地租金、其他财产收入 4 个交易项目组成; 经常转移由收入税、社会保险付款、社会补助、其他经常转移 4 个交易项目组成; 资本形成由固定资本形成总额、存货增加 2 个交易项目组成. 部门 j 的财产收入 P_j 、经常转移 OT_j 和资本形成 CF_j 的符号表示分别如下

$$P_j = (P_j^U\ P_j^S) = \begin{pmatrix} P_{1j}^U & P_{1j}^S \\ P_{2j}^U & P_{2j}^S \\ P_{3j}^U & P_{3j}^S \\ P_{4j}^U & P_{4j}^S \end{pmatrix}$$

$$CF_j = (cf_{1j}\ cf_{2j})^T$$

$$OT_j = (OT_j^U\ OT_j^S) = \begin{pmatrix} OT_{1j}^U & OT_{1j}^S \\ OT_{2j}^U & OT_{2j}^S \\ OT_{3j}^U & OT_{3j}^S \\ OT_{4j}^U & OT_{4j}^S \end{pmatrix}$$

2 方法论

2.1 FPTF 预测方法

在 FPTF 方法中, 根据实物资金流量表中各

元素所满足的约束关系,将表中的元素分为“恒为0的元素”、“自由元素”、“横向约束元素”和“纵向约束元素”共计4类。

“恒为0元素”是指在资金流量实物交易表中恒等于零的元素。例如:国内各部门净出口的运用和来源;国内各部门的增加值运用;国外部门的增加值运用和来源;各部门消费、固定资本形成总额、存货增加和其他非金融获得减处置的来源项。

在实物资金流量表中,“自由元素”是指不受约束条件限制的,可以根据数据的时间趋势规律进行自由建模预测的元素。表3列出了实物资金

流量表中的“自由元素”。

表3 “自由元素”包含的交易项目及符号表示

Table 3 Trade items and symbolic representations of free elements

交易项目	符号表示
净出口	NE_5
增加值	$AV_j, j = 1\ 2\ 3\ 4$
消费	$C_j, j = 3\ 4$
固定资本形成总额	$cf_{1j}, j = 1\ 2\ 3\ 4\ 5$
存货增加	$cf_{2j}, j = 1\ 2\ 3\ 4\ 5$

“横向约束元素”是指在国民经济总体和国外合计水平下,资金来源等于资金运用的交易项目下的元素。其包括的具体元素见表4。

表4 “横向约束元素”的交易项目及约束式

Table 4 Transaction items and constraints of horizontal constraint elements

交易项目	约束式
劳动者报酬	$\sum_{j=1}^5 L_j^U = \sum_{j=1}^5 L_j^S$
生产税净额	$\sum_{j=1}^5 T_j^U = \sum_{j=1}^5 T_j^S$
利息、红利、土地租金、其他财产收入	$\sum_{j=1}^5 p_{ij}^U = \sum_{j=1}^5 p_{ij}^S, i = 1\ 2\ 3\ 4$
收入税、社会保险付款、社会补助、其他经常转移	$\sum_{j=1}^5 ot_{ij}^U = \sum_{j=1}^5 ot_{ij}^S, i = 1\ 2\ 3\ 4$
资本转移项目	$\sum_{j=1}^5 CT_j^U = \sum_{j=1}^5 CT_j^S$
其他非金融资产获得减处置	$-OF_1 = OF_3 + OF_4$

“纵向约束元素”主要包括两类,一类是指初次分配总收入、可支配总收入、储蓄以及净金融投资等核算平衡项;另一类是指财产收入、经常转移、资本形成等包括多个子类交易项目的交易项目。这些项目的特点是不需要直接对其进行预测,而是可以根据约束公式,通过其他元素的预测值计算得出。表5给出了“纵向约束元素”的交易项

目及约束公式。

FPTF方法的目的是在给定实物资金流量表的历史数据序列情况下,预测目标年份的实物资金流量表。由于表中的一些元素具有特定的约束,所以不能对各元素进行单独预测。其中,“恒为0的元素”不需要预测,“纵向约束元素”可以根据表中其他元素进行推算。所以,只有“自由元素”

表5 “纵向约束元素”的交易项目及约束式

Table 5 Transaction items and constraints of longitudinal constraint elements

交易项目	约束式
财产收入	$P_j^U = \sum_{i=1}^4 p_{ij}^U; P_j^S = \sum_{i=1}^4 p_{ij}^S, j = 1\ 2\ 3\ 4$
经常转移	$OT_j^U = \sum_{i=1}^4 ot_{ij}^U; OT_j^S = \sum_{i=1}^4 ot_{ij}^S, j = 1\ 2\ 3\ 4$
原始收入	$IG_j = AV_j + (L_j^S + T_j^S + P_j^S) - (L_j^U + T_j^U + P_j^U), j = 1\ 2\ 3\ 4$
可支配收入	$DI_j = IG_j + OT_j^S - OT_j^U, j = 1\ 2\ 3\ 4$
储蓄	$SA_j = DI_j - C_j, j = 1\ 2\ 3\ 4$
国外部门经常转移差额	$SA_5 = NE_5 + (L_5^S + T_5^S + P_5^S) - (L_5^U + T_5^U + P_5^U) + OT_5^S - OT_5^U$
资本形成	$CF_j = cf_{1j} + cf_{2j}, j = 1\ 2\ 3\ 4\ 5$
净金融投资	$FI_j = SA_j + (CT_j^S - CT_j^U) - CF_j - OF_j, j = 1\ 2\ 3\ 4\ 5$

和“横向约束元素”需要进行预测建模分析. FPTF 方法的预测流程如下:

第一步 对“横向约束元素”进行解约束变换, 变换后的“横向约束元素”和“自由元素”为待预测元素;

第二步 采用 KPSS 方法进行待预测元素序列的平稳性检验. 若待预测元素序列平稳, 则进行第四步, 否则进行第三步;

第三步 采用差分方法进行平稳化处理, 直至序列平稳, 转至第四步;

第四步 对平稳后的序列进行白噪声检验, 本文采用 Ljung-Box 方法对平稳序列进行白噪声检验. 若通过白噪声检验, 转至第五步, 否则转

至第六步;

第五步 原待预测元素序列进行趋势外推法建模, 即以时间 t 为自变量, 以待预测元素为因变量, 建立时间多项式模型;

第六步 若平稳序列不是白噪声, 说明平稳化后的序列仍含有有用的信息, 则对原待预测元素序列进行自动 ARIMA 建模.

总的来看, “自由元素”可以采用已有时间序列的方法直接进行预测. 而“横向约束元素”由于必须满足一定的约束条件, 需要运用特殊的方法解除约束后再进行预测建模. 下节将详细阐述其预测过程. 为便于理解, 图 2 给出了 FPTF 方法的预测流程.

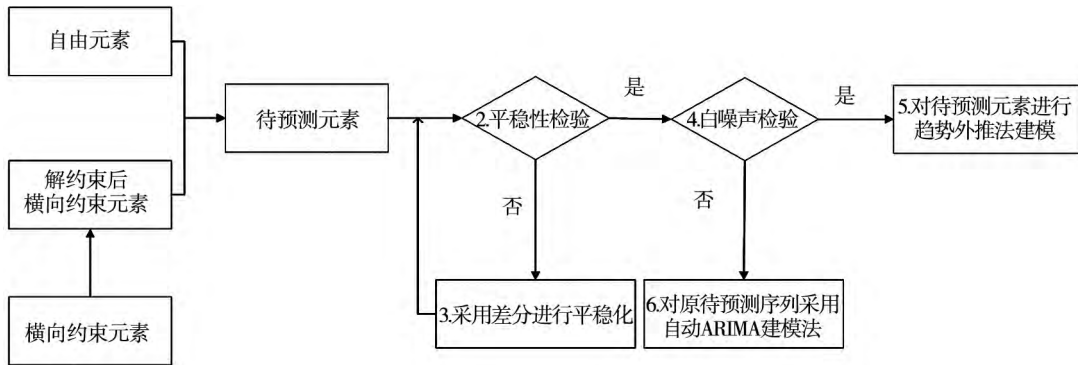


图 2 FPTF 方法的预测流程

Fig. 2 Forecasting process of FPTF method

2.2 “横向约束元素”的预测方法

对于“横向约束元素”, 在任意 t 时刻, 要求其满足“该交易项目的部门来源合计”等于“该交易项目的部门运用合计”这一约束条件. 令 $x_j^{(t)}$ 代表 t 时刻第 j 部门的资金来源; $y_j^{(t)}$ 代表 t 时刻第 j 部门的资金运用. 则上述约束式的数学表达式如下

$$\sum_{j=1}^5 x_j^{(t)} = \sum_{j=1}^5 y_j^{(t)} = S^{(t)} (x_j^{(t)} \geq 0; y_j^{(t)} \geq 0) \quad (1)$$

很显然, 如果直接采用时间序列数据的分析方法, 分别对元素 $x_j^{(t)}$ 、 $y_j^{(t)}$ 进行预测, 则无法保证约束式 $\sum_{j=1}^5 x_j^{(t)} = \sum_{j=1}^5 y_j^{(t)}$ 成立. 在预测建模中, 为了保持约束条件的成立, 本文采用了成分数据预测建模的方法. 成分数据的概念是由 Aitchison^[20] 提出, 主要用于描述整体中各部分的构成结构, 如投资结构、产业结构、居民消费结构等等. 在本文中, 成分数据用于描述对于给定的交易项目, 其资金来源的部门结构和资金运用的部门结构. 对于该类数据, Wang 等^[21] 提出首先通过球坐标变换

消除成分数据的约束条件, 然后再建立有关结构的预测模型.

如果在 t 时刻 ($t = 1, 2, \dots, T$) 有两组数据 $x_j^{(t)}$ 、 $y_j^{(t)}$ ($j = 1, 2, \dots, 5$); 并且满足式 (1), 则预测过程如下.

① 预测第 $T + l$ 时刻的 $\widehat{S}^{(T+l)}$.

② 构造成分数据.

令

$$u_j^{(t)} = \frac{x_j^{(t)}}{S^{(t)}}; v_j^{(t)} = \frac{y_j^{(t)}}{S^{(t)}} \quad (2)$$

则

$$\sum_{j=1}^5 u_j^{(t)} = 1; \sum_{j=1}^5 v_j^{(t)} = 1 (0 \leq u_j^{(t)} < 1; 0 \leq v_j^{(t)} < 1)$$

所以, $\mathbf{u}^{(t)} = [u_1^{(t)} \mu_2^{(t)} \mu_3^{(t)} \mu_4^{(t)} \mu_5^{(t)}]$, 其中

$$0 \leq u_j^{(t)} < 1; \sum_{j=1}^5 u_j^{(t)} = 1.$$

同理, $\mathbf{v}^{(t)} = [v_1^{(t)} \nu_2^{(t)} \nu_3^{(t)} \nu_4^{(t)} \nu_5^{(t)}]$, 其中

$$0 \leq v_j^{(t)} < 1; \sum_{j=1}^5 v_j^{(t)} = 1.$$

这样,通过预测第 $T + l$ 时刻的 $u^{(T+l)}$ 和 $v^{(T+l)}$ 就可以计算得出 $x_j^{(T+l)}$ 和 $y_j^{(T+l)}$.

③采用球坐标变换消除 $u^{(t)}$ 和 $v^{(t)}$ 约束条件.

不失一般性,下面仅介绍关于消除 $u^{(t)}$ 约束条件的过程,消除 $v^{(t)}$ 约束条件的方法可以以此类推.

对于 $u^{(t)} = [u_1^{(t)} \mu_2^{(t)} \mu_3^{(t)} \mu_4^{(t)} \mu_5^{(t)}]^T$, 令

$$w_j^{(t)} = \sqrt{u_j^{(t)}}, j = 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5; t = 1 \ 2 \ \dots \ T$$

记 $w^{(t)} = (w_1^{(t)} \ w_2^{(t)} \ w_3^{(t)} \ w_4^{(t)} \ w_5^{(t)})$, $t = 1, 2, \dots, T$. 显然有

$$\|w^{(t)}\| = \sum_{j=1}^5 (w_j^{(t)})^2 \tag{4}$$

对于任意的 $t = 1 \ 2 \ \dots \ T$, 由式(4)可知,向量数据 $w^{(t)} = (w_1^{(t)} \ w_2^{(t)} \ w_3^{(t)} \ w_4^{(t)} \ w_5^{(t)}) \in R^{(5)}$ 分布在半径为 1 的 5 维超球面上. 将 $w^{(t)} = (w_1^{(t)} \ w_2^{(t)} \ w_3^{(t)} \ w_4^{(t)} \ w_5^{(t)})$, $t = 1 \ 2 \ \dots \ T$, 从直角坐标系变换到球面坐标系 $(r^{(t)} \ \theta_2^{(t)} \ \theta_3^{(t)} \ \theta_4^{(t)} \ \theta_5^{(t)}) \in \theta^{(4)}$, 由于 $(r^{(t)})^2 = \|w^{(t)}\| = 1$, 则有 $R^{(5)} \rightarrow \theta^{(4)}$ 的映射如下

$$\begin{cases} w_1^{(t)} = \sin\theta_2^{(t)} \sin\theta_3^{(t)} \sin\theta_4^{(t)} \sin\theta_5^{(t)} \\ w_2^{(t)} = \cos\theta_2^{(t)} \sin\theta_3^{(t)} \sin\theta_4^{(t)} \sin\theta_5^{(t)} \\ w_3^{(t)} = \cos\theta_3^{(t)} \sin\theta_4^{(t)} \sin\theta_5^{(t)} \\ w_4^{(t)} = \cos\theta_4^{(t)} \sin\theta_5^{(t)} \\ w_5^{(t)} = \cos\theta_5^{(t)} \end{cases} \tag{5}$$

其中 $0 < \theta_i^{(t)} \leq \pi, i = 2 \ 3 \ 4 \ 5$.

根据式(5) 利用递归算法可以求得

$$\begin{cases} \theta_5^{(t)} = \arccos w_5^{(t)} \\ \theta_4^{(t)} = \arccos\left(\frac{w_4^{(t)}}{\sin\theta_5^{(t)}}\right) \\ \theta_3^{(t)} = \arccos\left(\frac{w_3^{(t)}}{\sin\theta_5^{(t)} \sin\theta_4^{(t)}}\right) \\ \theta_2^{(t)} = \arccos\left(\frac{w_2^{(t)}}{\sin\theta_5^{(t)} \sin\theta_4^{(t)} \sin\theta_3^{(t)}}\right) \end{cases} \tag{6}$$

其中 t 表示第 t 时刻, $t = 1 \ 2 \ \dots \ T$.

④解约束后元素 $\theta_i^{(t)}$ 的预测.

在宏观经济问题中,上面计算的转角数据通

常会呈现出渐进的变换过程,因此可以分别建立预测方程,从而得到第 $T + l$ 时刻的预测值 $\hat{\theta}_i^{(T+l)}$, $i = 2 \ 3 \ 4 \ 5$. 在预测方程的选择上,则根据解约束后元素 θ_i 序列在平稳化处理是否为白噪声进行确定. 若平稳化后的序列为白噪声,则对解约束后元素 θ_i 采用趋势外推法建模; 若平稳化后的序列不是白噪声,则对解约束后元素 θ_i 采用自动 ARIMA 方法建模.

⑤反变换阶段.

利用式(5),可以计算得到第 $T + l$ 时刻的预测值 $\hat{w}^{(T+l)} = (\hat{w}_1^{(T+l)} \ \hat{w}_2^{(T+l)} \ \hat{w}_3^{(T+l)} \ \hat{w}_4^{(T+l)} \ \hat{w}_5^{(T+l)})$. 并且有 $\sum_{j=1}^5 (\hat{w}_j^{(T+l)})^2 = 1$.

进一步根据式(3),可以计算第 $T + l$ 时刻的预测值

$$\hat{u}_j^{(T+l)} = (\hat{w}_j^{(T+l)})^2, j = 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \tag{7}$$

所以,第 $T + l$ 时刻的 $x_j^{(T+l)}$ 的预测值为

$$\hat{x}_j^{(T+l)} = \hat{u}_j^{(T+l)} \times \hat{S}^{(T+l)} \tag{8}$$

同理,可以得到第 $T + l$ 时刻 $y_j^{(T+l)}$ ($j = 1 \ 2, \dots, 5$) 的预测值.

3 仿真实验

已有文献中存在多种评价预测方法性能指标. 许利枝和汪寿阳^[22] 为了评价预测性能,使用标准均方根误差、平均相对误差和方向变化统计量作为准则; 陈华友等^[23] 为了反映预测模型的有效性,选择了平方和误差、平均绝对误差以及平均绝对百分比误差作为评价指标体系. 本文选取了 STPE (standardized total percentage error)、Theil's U 和 SWAD (standardized weighted absolute difference) 3 个指标来评价预测表与实际表之间的偏离程度,并设计了不同信噪比和不同估计期样本量下的两组仿真实验,来说明 FPTF 方法的合理性和有效性. 在仿真实验中,随机地生成 $T + l$ 期实物资金流量表,选择前 T 期的数据带入 FPTF 预测模型用于估计参数,并预测最后 l 期的实物资金流量表,最后评价模型的预测效果.

3.1 评价指标

本文选取 STPE、Theil's U 和 SWAD 3 个指标来评价 FPTF 方法的预测精度. 3 个指标都反映了

预测矩阵与实际矩阵的偏离程度. 3个指标的取值越接近于0,说明预测矩阵与实际矩阵之间的偏离程度越小,预测精度越高;相反地,3个指标的取值越大,预测矩阵与实际矩阵之间的偏离程度越大,预测精度越低. 3个指标的计算公式分别为

$$STPE = \frac{\sum \sum |f_{ij} - f_{ij}^*|}{\sum \sum f_{ij}} \times 100\% \quad (9)$$

$$U = \left[\frac{\sum \sum (f_{ij} - f_{ij}^*)^2}{\sum \sum (f_{ij})^2} \right]^{1/2} \quad (10)$$

$$SWAD = \frac{\sum \sum f_{ij} |f_{ij} - f_{ij}^*|}{\sum \sum (f_{ij})^2} \times 100\% \quad (11)$$

其中 f_{ij} 为实际矩阵数据, f_{ij}^* 为预测矩阵数据.

设 $k = 1, 2, \dots, N$ 为 N 次独立重复的仿真实验, $t = T + l$ 为预测期, $X_{ik} (X \in \{STPE, U, SWAD\})$ 为第 k 次仿真实验中第 t 期预测矩阵与实际矩阵的偏离程度. 进一步, 偏离程度的平均值 m_t 和偏离程度的标准差 Sd_t . 定义如下

$$m_t = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_{k, (T+l)} \quad (12)$$

$$Sd_t = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (X_{k, (T+l)} - m_t)^2 \quad (13)$$

偏离程度的平均值反映了预测矩阵与实际矩阵的平均偏离程度. 偏离程度的平均值越小,说明预测矩阵与实际矩阵的平均偏离程度越小,即预测矩阵的均值更加接近实际矩阵. 偏离程度的标准差反映了偏离程度的波动性. 偏离程度的标准差越小,说明预测矩阵与实际矩阵偏离程度的波动性越小. 一般认为,随着时间序列样本数量的增加,若预测矩阵与实际矩阵偏离程度的均值趋向于0,并且标准差也不断减小,则预测方法有效.

用上述方法评估模型的拟合和预测效果时,由于“恒为0元素”不需预测,“纵向约束元素”为计算所得,所以在实际矩阵和预测矩阵中只检验“自由元素”和“横向约束元素”的拟合和预测部分.

3.2 实验过程

仿真实验次数为 $N = 200$ 次. 在每次实验中,实验程序分为以下几步:生成实物现金流量表的

时序序列、建立预测模型和计算评价指标.

3.2.1 数据生成

首先,生成实物现金流量表中“自由元素”的时序序列. 假若表中有 n 个自由元素,某元素 $y_j(t)$ 的时间序列模型为三次多项式

$$y_j(t) = p_{j0} + p_{j1}t + p_{j2}t^2 + p_{j3}t^3 + \varepsilon_j(t) \quad (14)$$

这些三次多项式系数均服从标准正态分布.

为了统一模型系数 p_{jk} 和自变量 t 的取值范围 ($j = 1, 2, \dots, n; k = 0, 1, 2, 3$), 对这些随机生成的系数进行极差标准化处理,即

$$p_{jk} = \frac{p_{jk} - \min_{l=0,1,2,3} p_{jl}}{\max_{l=0,1,2,3} p_{jl} - \min_{l=0,1,2,3} p_{jl}} \quad (15)$$

接着,时期数 t 分别取 1 至 $T + l$; 类似地,对时期数 t 也进行极大值标准化处理,第 t 期被标准化后的取值为 $t/(T + l)$. 随机扰动项 $\varepsilon_j(t)$ 服从均值为 0, 方差为给定信噪比 (SNR) 的正态分布.

其次,生成实物现金流量表中“横向约束元素”的时序序列. 由于“横向约束元素”服从一定的约束条件,因此,采用与 $y_j(t)$ 类似的生成方法,先随机生成一组时间序列数据;然后再根据反变换式 (5) 和式 (3), 就可以得到实物现金流量表中的“横向约束元素”.

上述过程结束后,可以得到由 $T + l$ 期实物现金流量表数据构成的时间序列.

3.2.2 建立预测模型

将仿真生成的数据分为两部分,前 T 期为训练集,最后 l 期为测试集. 训练集用于建立 FTF 预测模型,估计参数,测试集用于评价模型的预测效果.

3.2.3 计算评价指标

利用第二步建立的模型,一方面可以评估前 T 期资金流量实物交易表的拟合效果,另一方面可以评估第 $T + l$ 期资金流量实物交易表的预测效果. 本文计算了指标 $STPE$ 、 U 和 $SWAD$ 的均值、标准差,以评估预测模型的有效性.

本文实验中的参数设置如下: $T = 20, 50, 100$; $SNR = 2, 5, 8, 10$

3.3 实验结果

为了检验信噪比对预测结果的影响,分别计算了 $SNR = 2, 5, 8, 10$ 四种信噪比下的预测精度,并绘制了反映 200 次仿真实验中预测精度分散情

况的箱形图(见图3)。由图3可知,随着信噪比的增大,在STPE、U和SWAD 3个评价指标上,预测矩阵与实际矩阵的偏离程度整体上都表现为越来越小,且波动变小。由此可见,当表中数据元素的变化相对显著,且有稳定的时间变化趋势时,该预测方法会有较好的预测效果,可以用于实物资金流量表的实际预测。

事实上,在实际问题中,实物资金流量表中的元素往往会呈现比较明显的变化趋势,图4绘制了1992年~2012年中国实物资金流量表中部分元素随时间的变化散点图。由图4可知,表中元素的变化趋势是比较明显和稳定的。结合仿真结果来看,将本文提出的方法用于实物资金流量表的预测是合理可行的。

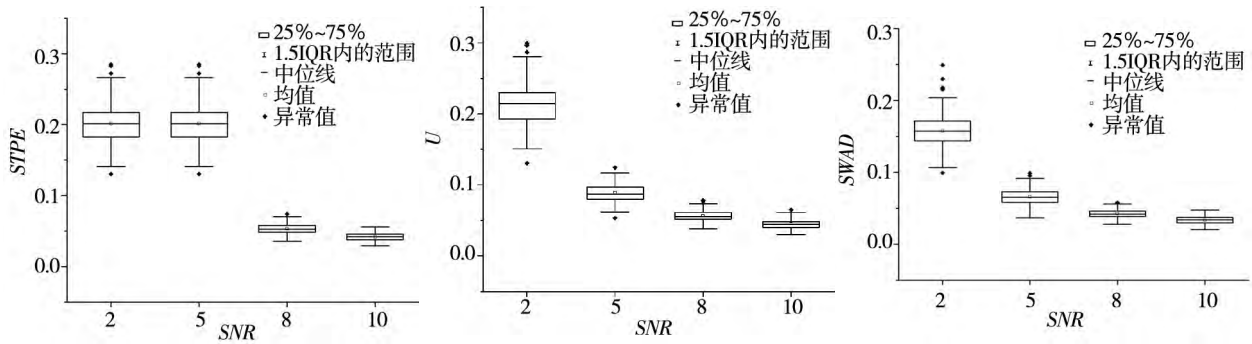


图3 不同信噪比下预测精度的分散情况

Fig. 3 Dispersion of prediction accuracy under different SNR

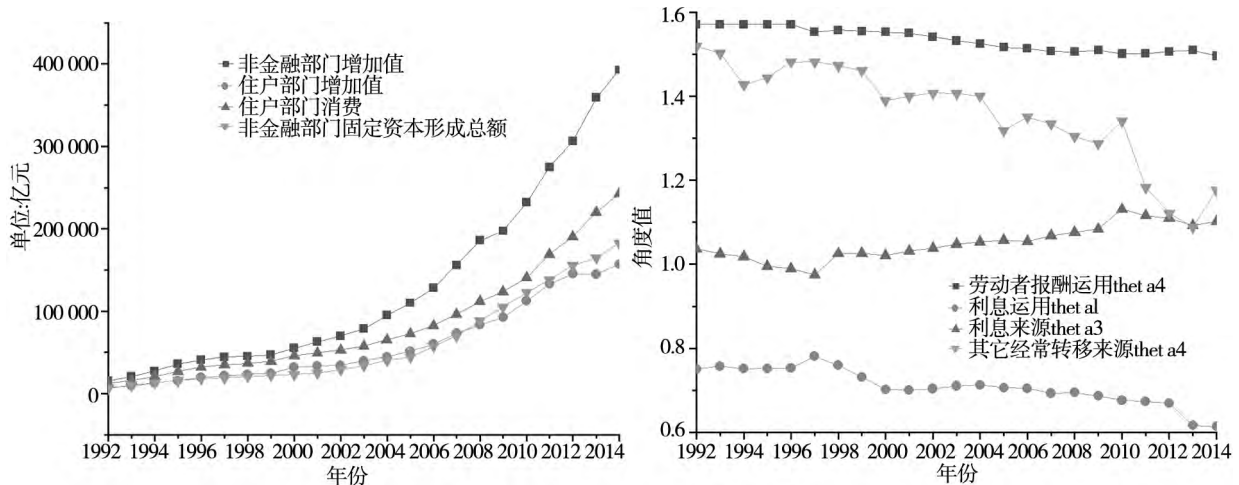


图4 实物资金流量表部分自由元素(左图)和变换后元素(右图)的变化趋势

Fig. 4 Trend of some of free elements (left) and transformed elements (right) in physical transaction flow-of-funds table

为了进一步说明预测方法的有效性,分别计算了不同样本量下预测精度的均值、标准差(见表6)。在该组仿真实验中,估计期样本量 T 分别取20、50和100;信噪比 SNR 取10;仿真次数 N 取200。表6结果显示:随着样本量的增大,预测表与实际表偏离程度的均值趋向于0,预测表与实际表偏离程度的标准差不断较小,说明该方法是有效的,具有较好的统计性质。

表6 不同样本量下偏离程度的均值和标准差

Table 6 Mean and standard deviation of deviation degree under different sample size

T	STPE	U	SWAD
20	0.041 8	0.044 4	0.033 4
	(0.005 8)	(0.006 4)	(0.005 5)
50	0.032 1	0.034 1	0.025 8
	(0.004 2)	(0.004 6)	(0.004 1)
100	0.027 0	0.028 6	0.021 6
	(0.003 6)	(0.004 0)	(0.003 5)

4 实例分析

上述仿真实验说明了 FPTF 方法的合理性与有效性. 为了进一步检验该方法的预测效果, 本文利用中国 1992 年~2014 年的实物资金流量表进行实际数据的验证分析(中国统计年鉴公布的实物资金流量表截止到 2014 年). 首先, 利用 1992 年~2011 年的数据进行建模; 其次, 预测 2012 年~2014 年的实物资金流量表; 最后, 将所得到的预测表与中国统计年鉴公布的实际表进行对比, 验证预测表与实际表的偏离程度, 即预测精度.

编制预测表的具体过程如下: 首先, 根据图 2 所示流程, 选择合适的时间序列预测模型. 对表中的“自由元素”进行预测; 其次, 对“横向约束元素”进行解约束变换, 得到变换后的“横向约束元

素”. 根据图 2 所示流程, 选择合适的时间序列预测模型, 对变换后的“横向约束元素”进行预测, 并对预测后的元素进行反变换, 得到预测后的“横向约束元素”; 最后, 根据纵向约束条件求解出内部推算变量, 即“纵向约束元素”. 这样, 可以得到 2012 年~2014 年实物资金流量表的预测表.

在表 7 中, 展示了实物资金流量表在 2012 年、2013 年、2014 年的预测精度, 以及 2012 年~2014 年的预测精度的均值. 结果表明: 在 *STPE*、*U* 和 *SWAD* 3 个评价指标上, 2012 年预测表与实际表的偏离程度分别为 6.01%、2.37% 和 7.78%; 而当预测期为 3 期时, 预测表与实际表的平均偏离程度分别为 13.04%、4.85% 和 17.02%. 由此可见, 用 FPTF 方法对实物资金流量表进行短期预测是可行的.

表 7 2012 年~2014 年实物资金流量交易表的偏离程度

Table 7 Deviation degree of physical transaction flow-of-funds table from 2012 to 2014

年份	<i>STPE</i>	<i>U</i>	<i>SWAD</i>
2012	0.060 1	0.023 7	0.077 8
2013	0.127 2	0.057 6	0.169 3
2014	0.203 9	0.064 3	0.263 5
预测期平均偏离程度	0.130 4	0.048 5	0.170 2

上述实证研究讨论了对未来年度的资金流量表进行预测建模的问题. 事实上, FPTF 方法也可用于编制延长表, 这只需要在采用该方法进行编表时, 考虑使用已知的宏观经济变量.

在现有的文献中, 李宝瑜和周南南^[16]曾给出了国民收入流量矩阵的延长表编制方法. 作为实证研究, 该文基于 1992 年~2007 年的实物资金流量数据, 并结合 2008 年已经得知的部分宏观经济变量, 编制了 2008 年的国民收入流量矩阵表, 并与 2008 年真实的国民收入流量矩阵表进行对比, 验证了延长表与实际表之间的偏离程度. 由于国民收入流量矩阵表与实物资金流量表有许多的重叠元素, 因此可以将 FPTF 方法的偏离程度与文献[16]进行比较.

采用 FPTF 方法, 基于 1992 年~2007 年的实物资金流量数据, 编制了 2008 年的实物资金流量表, 并计算延长期编制表与实际表的偏离程度. 需要注意的是, 为了保证两种方法的可比性, 一方

面, 在计算本文预测方法的误差时涉及的元素与文献[16]保持一致; 另一方面, 在采用 FPTF 方法进行编表时, 同样考虑已知的宏观经济变量. 例如: 国外部门净出口(支出法国内生产总值表), 增加值总和(国内生产总值表), 国外部门的劳动者报酬, 国外部门的财产收入, 政府部门消费支出、居民消费支出、固定资本形成总额的合计值以及存货增加的合计值(支出法国内生产总值及构成表), 国外部门经常转移以及国外部门资本转移(国际收支平衡表).

两种方法在编制延长表时的误差比较见表 8. 由表 8 可知, 文献[16]方法的编制表与实际表的偏离程度更小. 例如在评价指标 *U* 上, 综合考虑整个实物资金流量表中 67 个预测元素, 该文献方法的编制表与实际表的偏离程度仅有 0.38%, 即编表精度高达 99.62%. 而本文方法在编制延长表时, 误差约为 3%, 即编表精度为 97%, 也具有合理的精度. 因此, 在已知宏观经济变量的基础

上,FPTF方法在编制延长表时依然是适用的。

表 8 两种方法编制延长表的偏离程度比较

Table 8 Comparison of deviation degree by the two methods

评价指标	STPE	U	SWAD
本文	0.052 0	0.033 7	0.078 7
文献[16]	0.043 1	0.003 8	0.022 8

5 结束语

在分析中国资金流动状况方面广泛地应用实物资金流量表。然而,由于数据发布的滞后性,以资金流量数据为基础展开的应用研究还多为事后描述性分析。因此,研究未公布数据年份的实物资金流量表的编制方法,具有十分重要的应用价值。

基于此,本文提出了新的资金流量实物交易表的预测方法,即FPTF方法。该方法的主要思想是采用数据变换技术和时间序列分析方法,来实现实物资金流量表的动态更新与预测。而其中的

关键技术是对实物资金流量表中的元素进行分类,并且针对“横向约束元素”,通过建立数学模型解除相关约束,再基于历史数据的动态趋势,来预测目标年份的实物资金流量表。与现有的延长表编制方法相比,由于FPTF方法无需假设基期与预测期交易收支结构保持不变,因此更加弱化了所使用的假设条件。此外,此方法还可以在完全未知目标年份的宏观经济数据的基础上,预测未来年份的实物资金流量表,有助于对资金流量核算以及相关经济问题进行前瞻性研究。

为了验证预测方法的有效性,本文分别进行了仿真实验分析和实际数据验证。在仿真实验部分,设计了不同信噪比、不同估计期样本量两组仿真实验,独立重复的仿真实验结果显示了该方法的合理性和有效性;在实例分析部分,基于1992年~2011年的实物资金流量表建立预测模型,并采用本文的方法预测2012年~2014年的实物资金流量表,取得了满意的分析结果。

参 考 文 献:

- [1] Bain A D. Surveys in applied economics: Flow of funds analysis [J]. The Economic Journal, 1973, 83(332): 1055-1093.
- [2] 罗煜, 贝多广. 资金流量分析方法的最新进展 [J]. 经济学动态, 2015, (2): 87-97.
Luo Yu, Bei Duoguang. The latest advance of method of flow of funds analysis [J]. Economic Perspectives, 2015, (2): 87-97. (in Chinese)
- [3] 肖文, 周明海. 劳动收入份额变动的结构因素——收入法GDP和资金流量表的比较分析 [J]. 当代经济科学, 2010, (3): 69-76.
Xiao Wen, Zhou Minghai. Structure factors of the change in labor income share: Comparative analysis on income approach of GDP and cash flow statement [J]. Modern Economic Science, 2010, (3): 69-76. (in Chinese)
- [4] 李扬, 殷剑峰. 中国高储蓄率问题探究——1992—2003年中国资金流量表的分析 [J]. 经济研究, 2007, 42(6): 14-26.
Li Yang, Yin Jianfeng. Anatomy of high saving rate of China: Analysis based upon flow of funds account of China from 1992 to 2003 [J]. Economic Research Journal, 2007, 42(6): 14-26. (in Chinese)
- [5] 张全红. 中国低消费率问题探究——1992—2005年中国资金流量表的分析 [J]. 当代财经, 2009, (8): 10-15.
Zhang Quanhong. A study of low consumption rate of China: Analysis of flow of funds account of China from 1992 to 2005 [J]. Contemporary Finance & Economics, 2009, (8): 10-15. (in Chinese)
- [6] 潘春阳, 杜莉, 蔡璟孜. 中国消费率下降之谜: 基于资金流量表的分析(1992~2007) [J]. 上海经济研究, 2010, (7): 3-12.
Pan Chunyang, Du Li, Cai Jinzi. Uncover the mystery of consumption rate declining in China: An analysis of funds flow account (1992~2007) [J]. Shanghai Journal of Economics, 2010, (7): 3-12. (in Chinese)

- [7]原鹏飞,魏巍贤. 房地产价格波动经济影响的一般均衡研究[J]. 管理科学学报,2012,15(3):30-43.
Yuan Pengfei,Wei Weixian. Effects of real-estate price fluctuation on economy: From general equilibrium view[J]. Journal of Management Sciences in China,2012,15(3):30-43. (in Chinese)
- [8]鞠方,雷雨亮,周建军. 房价波动,收入水平对住房消费的影响——基于 SYS-GMM 估计方法的区域差异分析[J]. 管理科学学报,2017,20(2):32-42.
Ju Fang,Lei Yuliang,Zhou Jianjun. Impact of housing price fluctuation and income growth on housing consumption: Analysis of regional heterogeneity using SYS-GMM model[J]. Journal of Management Sciences in China,2017,20(2):32-42. (in Chinese)
- [9]Piketty T,Saez E,Zucman G. Distributional national accounts: Methods and estimates for the united states[J]. The Quarterly Journal of Economics,2018,133(2):553-609.
- [10]Attanasio O P,DeLeire T. The effect of individual retirement accounts on household consumption and national saving[J]. The Economic Journal,2002,112(481):504-538.
- [11]Surinov A. On the development of the system of national accounts of Russia[J]. Economic Policy,2013,(31):7-28.
- [12]Giron C,Rodr\uedguez-Vives M. Leverage interactions: A national accounts approach[R]. ECB Statistics Paper,2017.
- [13]Pinkovskiy M,Sala-i-Martin X. Lights,camera...income! Illuminating the national accounts-household surveys debate[J]. The Quarterly Journal of Economics,2016,131(2):579-631.
- [14]Schreyer P,Mas M. Measuring Health Services in the National Accounts: An International Perspective[M]//Aizcorbe A,Baker C,Berndt E,et al(Ed),Measuring and Modeling Health Care Costs,Chicago: University of Chicago Press,2018:25-52.
- [15]Obst C,Hein L,Edens B. National accounting and the valuation of ecosystem assets and their services[J]. Environmental and Resource Economics,2016,64(1):1-23.
- [16]李宝瑜,周南南. 国民收入流量矩阵的编制与预测方法研究[J]. 统计研究,2012,29(8):51-57.
Li Baoyu,Zhou Nannan. The method study on the compilation and prediction of national income flow matrix[J]. Statistical Research,2012,29(8):51-57. (in Chinese)
- [17]周南南,李宝瑜. 资金流量矩阵表预测中的 DRAS 法研究[J]. 统计与信息论坛,2013,28(7):15-21.
Zhou Nannan,Li Baoyu. DRAS method research in the prediction of fund flow matrix table[J]. Statistics & Information Forum,2013,28(7):15-21. (in Chinese)
- [18]李宝瑜,马克卫. 中国社会核算矩阵延长表编制模型研究[J]. 统计研究,2014,31(1):23-32.
Li Baoyu,Ma Kewei. Research on extending model of social accounting matrix for China[J]. Statistical Research,2014,31(1):23-32. (in Chinese)
- [19]Wang H,Wang C,Zheng H,et al. Updating input-output tables with benchmark table series[J]. Economic Systems Research,2015,27(3):287-305.
- [20]Aitchison J. The Statistical Analysis of Compositional Data[M]. London: Chapman and Hall,1986.
- [21]Wang H,Liu Q,Mok H M K,et al. A hyperspherical transformation forecasting model for compositional data[J]. European Journal of Operational Research,2007,179(2):459-468.
- [22]许利枝,汪寿阳. 集装箱港口预测研究方法: 香港港实证研究[J]. 管理科学学报,2015,18(5):46-56.
Xu Lizhi,Wang Shouyang. Analysis and forecasting methodology for container port: A case study of Hong Kong Port[J]. Journal of Management Sciences in China,2015,18(5):46-56. (in Chinese)
- [23]陈华友,盛昭瀚,刘春林. 基于向量夹角余弦的组合预测模型的性质研究[J]. 管理科学学报,2006,9(2):1-8.
Chen Huayou,Sheng Zhaohan,Liu Chunlin. Research on properties of combination forecasting model based on vectorial angle cosine[J]. Journal of Management Sciences in China,2006,9(2):1-8. (in Chinese)

(下转第37页)

of innovation network is effective to different latecomers? To deepen innovation network research, this study sets out from the perspective of knowledge configuration and focuses on network level partners' allocation. A logic model is built which chooses industry characteristics as the context, the knowledge base breadth/depth as focal firm characteristics, knowledge heterogeneity/quality as the innovation network's composition condition, and high innovation catch-up performance as the outcome variable. Finally, three configuration types are found which can lead to high innovation catch-up performance. What's more, different latecomers should adopt different configuration types to achieve higher performance under different industry characteristics. Thus, this study offers both theoretical and practical references to building effective innovation networks for latecomers.

Key words: inside knowledge base; network composition; configuration; technological catch-up; fsQCA

~~~~~  
(上接第11页)

## Forecasting of physical transactions flow-of-funds table

WANG Hui-wen<sup>1,2</sup>, WANG Yu-ru<sup>1</sup>, REN Ruo-en<sup>1</sup>, XIA Bang<sup>1</sup>, WANG Shan-shan<sup>1,3</sup>

1. School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100191, China;

2. Big Data Brain Computing, Beijing 100191, China;

3. Beijing Key Laboratory of Emergency Support Simulation Technologies for City Operations, Beijing 100191, China

**Abstract:** Flow-of-funds (FOF) analysis is an important part of SNA (System of National Accounts). However, the collecting of a large amount of data causes the problem of long time lag for flow-of-funds table of physical transactions in many countries. The common methods used to update FOF tables were based on the assumption that transaction structures of the base and forecast periods remain constant. Yet this assumption does not always hold, especially in countries which experience significant changes in the economic structure. To solve this problem, a more flexible framework to forecast FOF table of physical transaction is proposed. Firstly, the elements in the physical transaction FOF table are divided into four categories. Secondly, based on the constraints that must be met by the elements in the table, the FOF table makes predictions in the target year by establishing a mathematical model to relieve the relevant constraints and by using the dynamic trend of historical data. The validity and stability of the proposed method are verified by a simulation experiment. Finally, the proposed method is applied to China's 1992–2014 FOF table and satisfactory results are achieved.

**Key words:** flow-of-funds table; forecasting; time series; compositional data