

# 中国人口发展演变趋势的分形分析<sup>\*</sup>

吴玉鸣

**【摘要】** 文章采用非线性分形理论及分形分析 R/S 法,对中国人口总数的发展演变特征进行实证分析。结果显示,中国人口发展演变满足赫斯特律,具有明显的分形特征,人口增长在其演变过程中具有明显的持续性规律,人口总数将继续持续增长,这种研究结论与中国人口发展实际情况基本一致。

**【关键词】** 人口 发展演变趋势 非线性分形理论 R/S 分析

**【作者】** 吴玉鸣 清华大学公共管理学院,博士后。

人口发展在时间和空间方面表现出来的分形现象已经得到了众多学者的证明(刘妙龙等,2005),使用非线性的分形理论和方法对人口增长演变规律进行刻画分析是人口研究一个颇有价值的领域。分形理论(分维几何理论)的研究对象是自然和社会经济领域中看起来是无序的、不规则的表现按时间先后顺序发展演化的复杂现象,而其内部却呈现出一定的规律性。由于自然或社会经济现象发展过程观测值的散点图连成曲折、非光滑的线段——分形曲线是不可微分的,难以用经典数学进行处理,而利用非线性科学中的前沿数学工具——分形理论进行研究则很容易。作为复杂的、非线性的社会经济现象(如人口现象),其系统各变量之间的关系极其复杂,既不完全随机的也不完全是确定的;既不完全混沌的也不完全是周期的。分形理论对描述和揭示隐藏在复杂、不规则和混沌的自然和社会经济现象内部的精细结构(即在任意小的标度下总有的复杂细节)提供了一种重要的定量方法和数量模型。

人口系统是一个复杂的系统,在发展演变过程中表现出了一定的规律性,可以被看做是一个按照时间序列先后顺序发展演变的非常复杂的非线性系统,因此,可以利用非线性分形分析理论的 R/S 分析的基本原理,采用时间序列多变量指标对中国人口发展演变进行实证研究。用分形理论来研究无序而有自相似性时间序列的人口系统发展演变的规律,关键是找到变量序列随着时间变化而呈现出的某种程度上的自相关性。而分维就是研究这种自相关性的重要参数。为了求得分维值  $D$ ,需要引入分式布朗运动,建立分式布朗运动模型与分维的关系。而为了求得分式布朗运动模型,一般首先必须计算赫斯特(Hurst)指数。下面介绍分形分析 R/S 方法模型及在中国人口系统发展演变中的应用,目的是探讨中国人口发展演变过程中存在的分形现象,并期望得出一些重要的、有价值的实证研究结论。

## 一、分形分析方法模型

### (一) 分形分析的 R/S 分析及赫斯特指数

R/S 分析(Rescaled Range Analysis)即标度(尺度)重整分析,是一种用于自然及社会经济现

---

<sup>\*</sup> 本研究得到国家自然科学基金项目(70463001)的资助。

象时间序列研究的非线性的科学数量分析预测方法。R/S 分析方法是由英国物理学家赫斯特 (Hurst) 最先提出, 他发现尼罗河流域的干旱情况并非传统水文统计所设想的那样是一种随机现象, 而是干旱越持久, 就越可能持续干旱, 该现象被 Mandelbrot 等 (1968、1969a、1969b) 从时间序列具有自相似性出发在理论上进行了证明, 并加以补充和完善, 将之称为赫斯特现象, 认为  $H$  指数 (Hurst 现象的标度参数) 大于  $1/2$ 。而 Mandelbrot 等人在后来的大量实证研究中表明  $H$  指数的范围为  $0 < H < 1$ , 并得到以下重要结论:

$$R(\tau)/S(\tau) = (\alpha\tau)^H \quad (1)$$

式中,  $\tau$  是时间序列的时段长度,  $\alpha$  是常数;  $H$  称为 Hurst 指数, 取值范围为  $0 < H < 1$ ; 满足 (1) 式的时间序列称其为满足赫斯特律。

$R(\tau)$  是该时段时间序列的极差:  $R(\tau) = \max_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) - \min_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau)$ ,  $t = 1, 2, \dots, \tau$ ;

$X(t, \tau)$  为累积离差:  $X(t, \tau) = \sum_{i=1}^t [\zeta(i) - \zeta(\tau)]$ ,  $t = 1, 2, \dots, \tau$ ;

$\zeta(t)$  为原始时间序列  $x(t)$  的差值序列:  $\zeta(t) = x(t) - x(t-1)$ ,  $t = 1, 2, \dots$ ;

$S(\tau)$  是该时段时间序列的标准差:  $S(\tau) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} [\zeta(t) - \langle \zeta \rangle_{\tau}]^2}$ ,  $\tau = 1, 2, \dots$ ;

$\langle \zeta \rangle_{\tau}$  为均值序列:  $\langle \zeta \rangle_{\tau} = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} \zeta(t)$ ,  $t = 1, 2, 3, \dots$ 。

## (二) 赫斯特指数 $H$ 与分维 $D$ 的关系

Feder 等人 (1988) 论证了旱涝时间序列的分维值  $D$  与赫斯特现象  $H$  指数之间的关系为:

$$D = 2 - H \quad (2)$$

Mandelbrot 等人 (1968) 通过 R/S 实证分析后, 引入了分维值分式布朗运动的布朗函数  $B_H(t)$ , 有:

$$E[B_H(t) - B_H(t_0)] = 0$$

$$V(t-t_0) = E[B_H(t) - B_H(t_0)]^2 = 2K\tau(|t-t_0|/\tau)^{2H} \sim |t-t_0|^{2H}$$

对于  $0 < H < 1$ ,  $H \neq 1/2$ , 分式布朗运动模型为:

$$\epsilon = \frac{B(t) - B(t_0)}{\sqrt{2K\tau}(|t-t_0|/\tau)^H} \quad (3)$$

根据赫斯特指数  $H$  与分维  $D$  的关系, 可得如下重要结果: 如果关系式 (1) 成立, 则表明所分析的时间序列存在 Hurst 现象或满足赫斯特律; 若 (2) 和 (3) 式成立, 则证明时间序列存在分式布朗运动现象。因此, 根据  $H$  指数的大小可以判断该时间序列是完全随机的, 还是存在趋势性成分, 趋势性成分表现为持续性, 还是反持续性; 根据分维  $D$  值的大小可以衡量时间序列分式布朗运动的不规则或混沌程度。也就是说,  $H$  指数确定了时间序列分式布朗运动的趋势, 同时分维  $D$  值的大小也刻画了分式布朗运动的不规则性和复杂性,  $D$  值越大, 表明运动越不规则、越复杂, 反之则越简单、越有规律。

## (三) Hurst 指数 $H$ 与分维值 $D$ 的重要研究结果

从上述两个步骤可以看出, 分维与赫斯特指数  $H$  有关。经过实证分析研究发现, 赫斯特指数  $H$ 、分维  $D$  有以下几种结果: (1)  $H = 0.5$ ,  $D = 1.5$  时, 意味着过去的增量与未来的增量无关, 时间序列过去与未来无相关性或只有短过程相关, 表明时间序列完全是一随机序列。反映在时间序列变量上, 即指标之间相互完全独立, 互相没有依赖, 现象变化是完全随机的。(2)  $0.5 < H < 1$ ,  $1 < D < 1.5$  时, 意味着过去的增量与未来的增量呈现正相关, 表明时间序列各变量之间具有长期 (长过程) 正相关特征, 即未来的趋势和过去的趋势正好相同, 亦即过去某时期有一个正增量, 则在将来, 从统计上讲也有一个正的增量, 该过程具有持续性, 现象演化的整体方

向将继续过去的趋势。换言之,平均地看,过去一个增长趋势意味着将来一个增长趋势,反之亦然,即过去一个减少趋势意味着将来一个减少趋势。并且  $H$  值越接近 1, 这种正相关性或持续性就越强。(3)  $0 < H < 0.5, 1.5 < D < 2$  时,意味着过去的增量与未来的增量呈现负相关,即未来的趋势和过去的趋势正好相反,表明时间序列具有长期负相关的特征。现象变化过程具有反持续性,并且  $H$  值越接近 0, 这种负相关性或反持续性就越强。(4) 若时间序列具有短过程相关而长过程不相关时,  $R(\tau)/S(\tau)$  与  $\tau$  的关系将明显分为两段,对于小的  $\tau$ , 满足  $H \neq 0.5$  的 Hurst 律,而大的  $\tau$ , 则满足  $H=0.5$  的 Hurst 律。

可见,只要根据公式(1)求出某一时间范围内现象发展演变过程的  $H$  指数,便可由公式(2)求出分维数  $D$ , 根据前述的 4 个重要研究结果分析出过去发展与将来趋势之间的趋势性和关联性特性。因此,问题的关键就是计算  $H$  指数。 $H$  指数可由原始时间序列  $x(t)$  的观测值来拟合求得。具体方法是对(1)式  $R(\tau)/S(\tau) = (\alpha\tau)^H$  取同底对数(如  $\lg$  或  $\ln$ )可得:

$$\lg[R(\tau)/S(\tau)] = H\lg\alpha + H\lg\tau, \tau=2,3,\dots \quad (4)$$

由原始数据  $x(t)$  计算  $R(\tau)/S(\tau)$  并绘制  $\lg[R(\tau)/S(\tau)]$  与  $\lg\tau$  之间的散点图,建立一元线性回归模型,用普通最小二乘法(OLS)估计得到的回归参数斜率值即为  $H$  指数的估计值。然后,根据(2)式(即  $D=2-H$ )可得分维值  $D$ 。最后,代入(3)式即可求得时间序列的分式布朗运动模型。

由上可知,分式布朗运动模型中的  $H$  指数实质上是一种分维,它是揭示和衡量  $R(\tau)/S(\tau)$  与  $\tau$  之间不规则或混沌程度的一个重要标度,也是刻画  $R(\tau)/S(\tau)$  与  $\tau$  之间非线性复杂关系程度的重要标度,同时,  $H$  指数的大小也确定了自然和社会经济过程分式布朗运动的趋势。

## 二、中国人口发展演化趋势的分形实证研究

由于人口发展是受非确定性因素影响的非线性系统,利用分形理论的主要分析方法—— $R/S$ 法模型,研究其在中国人口发展演变趋势中的应用,验证在复杂的人口现象发展演变过程中是否满足赫斯特律、是否存在分形现象及分式布朗运动过程,进而检验分形现象表现为反持续性( $0 < H < 0.5, 1.5 < D < 2$ )、持续性( $0.5 < H < 1, 1 < D < 1.5$ )还是随机性( $H=0, D=1.5$ ),从而得出一些重要的、有价值的实证分析结论。

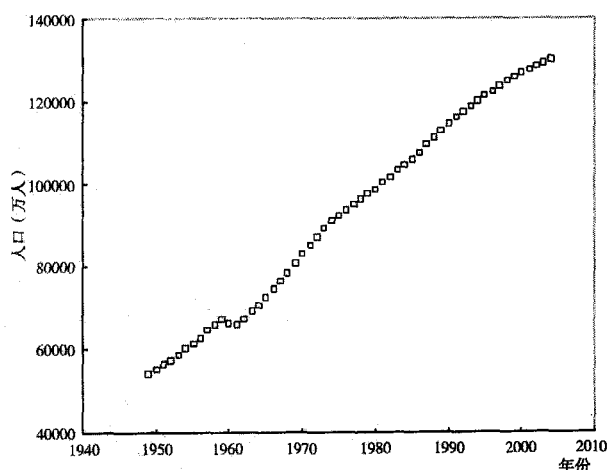


图 中国人口发展趋势

根据《新中国五十年统计资料汇编》、《中国统计年鉴》和《中华人民共和国 2004 年国民经济和社会发展统计公报》,选择并获得了 1949~2004 年样本总长度为 56 年的中国人口总数作为研究的处理对象,进行分形  $R/S$  分析。

首先,中国 1949~2004 年人口总数的散点图(见图)显示,除了 1960 年前后的 3 年困难时期,中国人口发展趋势一直是持续增长的。那么,这种趋势是否一直会持续下去? 这是否真正反映了中国人口增长的实际情况呢? 下面我们采用非线性  $R/S$  分形分析法对中国人口增长的总体态势及各个阶段的趋势进行定量的实证分析。

以  $x(t)$  ( $t=1, 2, \dots, \tau$ ) 代表中国人口发展时间序列, 将  $x(t)$  ( $t=2, 3, \dots, 56$ ①) 代入式(1), 然后求出  $R(\tau)/S(\tau)$ , 绘制  $\lg[R(\tau)/S(\tau)]$  与  $\lg\tau$  之间的散点图, 最后按照式(4)运用普通最小二乘法(OLS)和统计分析软件 SPSS 计算估计 1951~2004 年  $\lg[R(\tau)/S(\tau)]$  与  $\lg\tau$  之间的一元线性回归模型为:

$$\begin{aligned}\lg[R(\tau)/S(\tau)] &= -0.0366 + 0.7441\lg\tau \\ &\quad (-0.8421) \quad (23.9264) \\ R^2 &= 0.9167, F = 572.4765\end{aligned}$$

该模型的拟合度很高, 模型整体上通过了水平为 1% 的显著性检验,  $\lg\tau$  也通过了水平为 1% 的变量显著性检验, 是一个非常好的模型, 可以用于人口发展演变的分形分析。

当然, 中国人口发展较多受到政治因素和人口控制政策因素的影响, 为了系统分析中国人口  $H$  指数的发展演变规律, 本文根据新中国建立以后的一些重要政治事件(譬如 1959~1961 年的 3 年困难时期、1966 年 5 月至 1976 年 10 月的“文化大革命”等)和人口经济政策(譬如 1973 年 8 月实行的人口计划生育政策、1978 年开始的改革开放政策等)的实施时间, 又将样本分成以下几段分别进行分形  $R/S$  分析, 得到如表所示的结果。

表中所有回归模型的拟合优度  $R^2$  很高, 模型解释能力强, 且能通过显著性水平为 1% 的变量  $t$  检验和模型整体显著性  $F$  统计检验, 故可用于人口发展趋势的实证分析。

### 三、结论与讨论

对中国人口发展演变趋势的分形  $R/S$  分析结果显示, 不论是全段(全程)的  $H$  值(0.756), 还是阶段(分程)的  $H$  值, 除了少数时段(1951~1965 年到 1951~1970 年期间)外, 赫斯特指数  $H$  值都基本大于 0.5, 这说明在 1951~2004 年 54 年间, 中国人口发展演变过程满足赫斯特律, 在大多数时期表现为持续性, 而且这种持续性在多数过程还比较强。可见, 在过去的 56 年期间, 中国人口数量是逐渐增加的, 过去人口的增量与未来的人口增量呈现正相关, 未来的发展演变趋势与过去具有相同的趋向, 即人口将持续增加。当然, 中国人口在 56 年间的整个发展演变里程中也表现出一定的波动性, 这在赫斯特指数  $H$  的起伏变化上可以反映出来。

从新中国成立以后到实行计划生育政策期间(1951~1972 年)来考察, 由于中国人口在以往人口发展规律的惯性约束下, 保持了较强的正向持续性和正相关性, 但这种态势由于受到 3 年困难时期和“文化大革命”的干扰而逐渐减弱。1965~1970 年 ( $H_{1951-1965} = 0.5138$ 、 $H_{1951-1967} = 0.4864$ 、 $H_{1951-1969} = 0.4938$ 、 $H_{1951-1970} = 0.5189$ ),  $H$  指数值都非常接近于 0.5。这说明 1961~1970 年间, 尤其是“文化大革命”开始前一年(1965 年)到人口计划生育政策实施的前两年(1970 年)这段时间, 人口是几乎在没有任何人为因素作用的自然条件下发展演变的, 人口发展基本处于无序(混沌)状态。这段时间, 表现在表中从 1965 年开始的模型的拟合优度检验值  $R^2$  显示了模型的解释能力不高 ( $R^2_{1951-1965} = 0.6792$ 、 $R^2_{1951-1970} = 0.7330$ ), 模型的整体显著性检验  $F$  值 ( $F_{1951-1965} = 27.5225$ 、 $F_{1951-1970} = 49.4220$ ) 和变量显著性检验  $t$  值 ( $t_{1951-1965} = 5.2465$ 、 $t_{1951-1970} = 7.0301$ ) 也相对于其他年份比较低。由于没有实行人口计划生育政策和采取人口控制措施, 中国人口数量在无节制地随机增长, 人口净增量在 1970 年达到历史最大值 2321 万人。1973 年人口计划生育政策实施以后, 随着时间的推移, 中国人口数量的发展趋势表现出很强的正向持续性, 而且这种持续性总的来看还在增强。只是从 1973 年到 2004 年,  $H$  值脱离混沌状态而逐渐处于上升状态 ( $H_{1951-1973} = 0.6039$ 、 $H_{1951-2004} = 0.7441$ ), 这主要得益于中国从 1973 年

① 由于  $R/S$  分析的参数  $H$  的估计中用到极差的计算, 导致在建立一元线性回归模型中样本个数减少 1 个。

表 中国人口发展演变的赫斯特指数 H 与分维值 D

时 段	H	D	R <sup>2</sup>	F	t <sub>gr</sub>
1951~1959	0.8858	1.1142	0.9832	410.9231	20.2712
1951~1960	0.7088	1.2912	0.7519	24.2516	4.9246
1951~1961	0.6541	1.3459	0.7173	25.3715	5.0370
1951~1962	0.6119	1.3881	0.7172	25.3715	5.0370
1951~1963	0.5730	1.4270	0.7012	25.8079	5.0801
1951~1964	0.5433	1.4567	0.6927	27.0481	5.2008
1951~1965	0.5138	1.4862	0.6792	27.5255	5.2465
1951~1966	0.4864	1.5136	0.6643	27.7035	5.2634
1951~1967	0.4708	1.5292	0.6658	29.8877	5.4670
1951~1968	0.4765	1.5235	0.6896	35.5468	5.9621
1951~1969	0.4938	1.5062	0.7142	42.4909	6.5185
1951~1970	0.5189	1.4811	0.7330	49.4220	7.0301
1951~1971	0.5476	1.4524	0.7463	55.8906	7.4760
1951~1972	0.5759	1.4241	0.7573	62.3981	7.8992
1951~1973	0.6039	1.3961	0.7665	68.9206	8.3018
1951~1974	0.6289	1.3711	0.7761	76.2767	8.7337
1951~1975	0.6505	1.3495	0.7861	84.5313	9.1941
1951~1976	0.6687	1.3313	0.7962	93.7615	9.6831
1951~1977	0.6840	1.3160	0.8060	103.8657	10.1915
1951~1978	0.6968	1.3032	0.8153	114.7679	10.7130
1951~1979	0.7076	1.2924	0.8240	126.4230	11.2438
1951~1980	0.7166	1.2834	0.8321	138.8052	11.7816
1951~1981	0.7242	1.2758	0.8397	151.8675	12.3235
1951~1982	0.7306	1.2694	0.8466	165.5872	12.8681
1951~1983	0.7359	1.2641	0.8530	179.9400	13.4142
1951~1984	0.7403	1.2597	0.8590	194.9045	13.9608
1951~1985	0.7440	1.2560	0.8645	210.4591	14.5072
1951~1986	0.7469	1.2531	0.8695	226.5699	15.0522
1951~1987	0.7491	1.2509	0.8742	243.1748	15.5941
1951~1988	0.7507	1.2493	0.8785	260.2498	16.1323
1951~1989	0.7520	1.2480	0.8825	277.8558	16.6690
1951~1990	0.7537	1.2463	0.8863	296.2598	17.2122
1951~1991	0.7550	1.2450	0.8899	315.2149	17.7543
1951~1992	0.7560	1.2440	0.8932	334.6540	18.2936
1951~1993	0.7567	1.2433	0.8963	354.5548	18.8296
1951~1994	0.7572	1.2428	0.8993	374.8887	19.3620
1951~1995	0.7573	1.2427	0.9020	395.6100	19.9000
1951~1996	0.7573	1.2427	0.9045	416.6981	20.4132
1951~1997	0.7570	1.2430	0.9069	438.0981	20.9308
1951~1998	0.7565	1.2435	0.9090	459.7035	21.4407
1951~1999	0.7557	1.2443	0.9110	481.3327	21.9393
1951~2000	0.7545	1.2455	0.9128	502.7929	22.4230
1951~2001	0.7528	1.2472	0.9144	523.1012	22.8714
1951~2002	0.7504	1.2496	0.9155	541.7496	23.2755
1951~2003	0.7475	1.2525	0.9163	558.2654	23.6276
1951~2004	0.7441	1.2559	0.9167	572.4766	23.9265

8月开始在全国范围内推行计划生育政策,表中从1973年开始的模型的拟合优度检验值 $R^2$ 显示了模型的解释能力在不断提高( $R^2_{1951-1973}=0.7665$ 、 $R^2_{1951-2004}=0.9167$ ),模型的整体显著性检验F值( $F_{1951-1973}=68.9206$ 、 $F_{1951-2004}=572.4766$ )和变量显著性检验t值( $t_{1951-1973}=8.3018$ 、 $t_{1951-2004}=23.9265$ )也表现了同样提高的态势。虽然人口控制政策的效果比较明显,促使人口增长量有规律的减少,人口数量的发展趋势表现出一定的规律性,此后人口计划政策对控制中国人口过快增长在长期发挥着重要作用。

中国人口总数从1951年到2004年每隔10年左右随着时间延长的H指数( $H_{1951-1959}=0.8858$ 、 $H_{1951-1960}=0.7088$ 、 $H_{1951-1967}=0.4708$ 、 $H_{1951-1970}=0.5189$ 、 $H_{1951-1980}=0.6687$ 、 $H_{1951-1980}=0.7166$ 、 $H_{1951-1990}=0.7537$ 、 $H_{1951-2004}=0.7441$ )显示出一种先降后升的“V”型态势。这表明,虽然计划生育人口控制政策对降低人口增长发挥了积极的作用,但由于人口规模的增长惯性,中国人口自然增长率仍然较高,维持着一个较大的绝对增长量。表现在H指数上,从1976年开始又有较大的回升(0.6687),这显示出中国目前人口增长的持续性仍然较强,人口净增量仍然具有较大的增长规模,而且这种趋势可能还会持续一段时间。

从分维值D来考察,可以发现,除了1951~1966年到

1951~1969年时段的 $D$ 值接近于1.5,其他时段的 $D$ 值都小于1.5,这表明,除了这些时段外,中国人口发展演变整体来看具有较强的规律性,人口数量增长趋势比较规则和具有一定规律性,显示出较强的正相关性(持续性),分式布朗运动的不规则性和混沌程度比较弱。但是,由于期间受到采取计划生育政策和人口本身规模过大、生育率控制不够严格、自然增长率和死亡率下降较慢、人口流动、人民群众生活水平上升、寿命延长、人口老龄化等因素的影响,中国人口增量的变化在局部还表现出一定的复杂性,显示出一定的波动性和不规则性。

实际上,中国人口增长形势仍然不容乐观,仍将面临巨大的人口压力。根据2000年11月1日进行的全国第五次人口普查公布的数据显示,中国大陆31个省、自治区、直辖市和现役军人(不包括港、澳、台地区及福建省的金门、马祖等岛屿)的人口总数为126583万人,同第四次全国人口普查的113368万人相比,十年零四个月共增加了13215万人,增长11.66%,平均每年净增1279万人,年平均增长率为1.07%(国家统计局,2001)。可见,必须继续高度重视人口的控制工作,也证明了继续做好人口计划生育工作,稳定低生育水平的迫切性和重要性。

以上分析表明,在1951~2004年间,中国人口发展演变具有明显的分形特征,表现为人口发展演变与时间变化之间明显的统计自相关性(持续性)特征,这种实证分析结果和研究结论符合中国人口发展的实践。因此,可以借助于分形理论及其重要方法R/S分析法的赫斯指数 $H$ 值、分维 $D$ 值,来研究人口时间序列(如人口总数、出生率、死亡率、城市人口等)发展演变与时间存在的分形现象、统计自相关性性质、(反)持续性以及混沌现象,进而得出更加切合实际的科学结论,为人口发展实践服务。

另外,本研究也表明,关于中国人口发展演变趋势的研究,选取的研究范围、时间阶段不同,得出的结论也不尽一致。如果不分时段、笼统地进行全程分析,则很有可能掩盖隐藏在人口发展过程中的阶段性和局部规律性。因此,分阶段、分过程进行人口演变分析研究,非常必要。只有这样,才能得出较为科学和客观的研究结果和结论。

#### 参考文献:

1. 国家统计局(1999):《新中国五十年统计资料汇编》,中国统计出版社。
2. 国家统计局:《中国统计年鉴》(历年),中国统计出版社,相应各年。
3. 国家统计局(2001):《2000年第五次全国人口普查主要数据公报(第一号)》,《人民日报》,3月29日。
4. 国家统计局(2005):《中华人民共和国2004年国民经济和社会发展统计公报》([http://www.stats.gov.cn/tjgb/ndtjgb/qgndtjgb/t20050228\\_402231854.htm](http://www.stats.gov.cn/tjgb/ndtjgb/qgndtjgb/t20050228_402231854.htm)),2月28日。
5. 刘妙龙等(2005):《上海市人口分形的时空演化与区域差异研究》,《中国人口科学》,第2期。
6. Feder J. (1998), *Fractals*. Plenum Press, New York and London, 149-199.
7. Hurst, H. E., R. P. Black and Y. M. Simaika(1965), Long-Term Storage: An Experimental Study, Constable, London.
8. Mandelbrot, B. B., Wallis, J. R. (1968), Noah, Joseph, and Operational Hydrology. *Water Resource Research*, 4(5): 909-918.
9. Mandelbrot, B. B., Wallis, J. R. (1969a), Some Long-Run Properties of Geographical Records. *Water Resource Research*, 5(2): 321-340.
10. Mandelbrot, B. B., Wallis, J. R. (1969b), Robustness of the Rescaled Range R/S in the Measurement of Noncyclic Long Run Statistical Dependence. *Water Resource Research*, 5(5): 967-988.
11. Mandelbrot B. B. and Van Ness J. W. (1968), Fractional Brownian Motion, Fractional Noise and Application. *SLAM Rev.* (10): 422-437.

(责任编辑:朱 犁)

---

---

## ABSTRACT

**Estimation of Number of Missing Females in China: 1900-2000** Jiang Baoquan Li Shuzhuo Marcus W. Feldman • 2 •

Excess female mortality has existed throughout Chinese history. Since the 1980s the sex ratio at birth has risen significantly, resulting in a severely unbalanced sex ratio in the Chinese population. Data from the five censuses, with appropriate adjustments, permit estimates of the numbers and proportions of missing females from the period 1900-2000. The analysis is broken down by historically important periods and probes the reasons for the missing females in each period. Our estimates are compared with those of other investigators.

**Effects of Peasants' Income in Process of Marketization: An Empirical Study of Zhejiang and Hubei Provinces**

Lu Wencong Ye Jian • 12 •

Based on the data of 468 households in Zhejiang province and 637 households in Hubei province collected by Chinese Ministry of Agriculture during 1997 to 2002, the paper analyses the effects of peasants' human capital, political status, household business style and location factors on the household income in economic transition. The results show that: (1) formal education has a significant positive impact on the household income. However, the effects of senior high schooling and vocational education on household income are minor; (2) the political status has positive effects on income, but differs in two provinces; (3) the patterns of non-agricultural business impact household income.

**Misunderstandings on Social Security Privatization**

Yang Lixiong • 22 •

In the 1980s, Chile started its reform on pension system by adopting individual-funded, individual-owned, fully-funded and private-operation methods, which triggered off the world-wide social security system reform, while resulting in the discussing of the social security privatization. The paper shows that there are still some misunderstandings in this progress, which hold that pay-as-you-go system has been bankrupted; the contribution rate of funded system is lower than that under the pay-as-you-go system; the funded system performs better to enhance savings ratio and economic growth than the pay-as-you-go does; the funded system has higher returns and lower risks than the pay-as-you-go system does, and it is fairer.

**Comparative Study on the Management of National Pension Reserve Fund between China and Ireland**

Liu Zilan • 32 •

The National Social Security Fund (SSF) in China is a public pension fund in essence, which shares similarities with the National Pension Reserve Fund in Ireland. It is therefore important and realistic to learn some management experience from the latter. This paper introduces the structure of the pension system in Ireland, discusses the economic conditions of establishing the National Pension Reserve Fund, compares the financial sources, management institutions and investment strategies of the Funds in the two countries. The conclusion shows that there are some political risks in the management of the Funds in both countries. One of the effective ways of reducing the political risks is to ensure the independence of the National Council for SSF.

**Analysis of Sectoral/Occupational Gender Segregation in China**

Yi Dinghong Liao Shaohong • 40 •

Starting with gender inequality in wages, this paper analyzes the significance of sectoral/occupational gender segregation. Some related concepts and two measurements (namely Duncan Index and Square Root Index) of the occupational gender segregation are discussed and introduced. Based on the Yearbooks of Labor Statistics and Census Data of 2000 of China, the extents of sectoral/occupational gender segregation are examined, mainly by emphasizing on the measure of Square Root Index. The result shows that the extent of occupational gender segregation is low in general, but it becomes higher within sectors with a trend of increase in some sectors. Meanwhile, the sectoral gender segregation differs among regions.

**Non-linear Fractional R/S Trend Analysis of the China's Population Evolution**

Wu Yuming • 48 •

The paper analyses the features of China's population evolution by using the non-linear fractional theory and the main R/S method of fractional analysis, producing the Hurst index values and fractal dimension values. The result shows that it meets the Hurst principal and there are some obvious fractional characteristics in China's population development. Some ob-

vious persistence has been found in this process. The China's total population will continue to grow in the future. This result is in line with actual situation of China's population development.

**An Analysis of the Convergence of Population Dynamic Distribution in China**

*Song Xuguang Wang Yuanlin • 54 •*

Based on the convergence theory in economic growth theory, using China's provincial population and regional economic growth data, this paper analyzes the relationship between the dynamic distribution of regional population and the initial level of economic development by means of cross-section regression in econometrics. The result shows that the population distribution of China has a weak conditional convergence from 1964 to 1992, but it shows a regional divergence from 1992 to 2003.

**Reducing the Rate of Dropout in Rural Middle School and Reforming the System of Compulsory Education**

*Jiang Zhongyi Dai Hongsheng • 59 •*

There are two reasons for the high rate of dropout in rural middle school at compulsory educational period: the students are boring of going to school and the higher cost for study. The former is more influential. Under the current system of rural education, the short of fiscal input is the main reason for rural schools to take some activities of "rent seeking". The consequence is two-fold: the government control of tuition fee becomes less efficient and the schools lack incentives to promote their qualities. The ill-quality of rural education in turn causes the dropout in middle schools. The paper advocates a opening-up of rural educational market, which the authors believe can raise more funds and introduce competition in charges and educational quality. A new educational system for running schools jointly by the government and local people should also be created and developed.

**Matching the Demand for and Supply of University Graduates**

*Lu Li • 67 •*

The difficulty of employment for the university graduated students are mainly caused by mismatch of supply-demand of persons with ability (PWAs) between universities and industries. This paper intends to make some clear points on the following aspects: (1) how to link the supply-demand sides of university graduates, (2) how to set up a series of indicators for early warning of labor market for university graduates, and (3) how to assess the supply-demand sides about university graduates.

**The Control of Infant Mortality in China: An Empirical Analysis on Regional Difference and Government Intervention**

*Nie Fuqiang Song Guojun • 75 •*

The regional distribution of infant mortality in China is characterized by the gradual increase from the coastal areas to the inland and to the remote regions. This article analyzes some factors impacting the infant mortality in different areas by using collected data from 1996 to 2002 and panel data. The results show that the proportion of the agriculture-related population, the possession rate of the fixed telephone and the childbirth rate in hospital are most significant factors remarkably impacting the infant mortality rate in China, while other factors only have impacts in some areas.

**Status of Men's Health and Its Determinants**

*Xu Anqi • 81 •*

Based on the randomly sampled data with 19,449 interviewees (8,875 men) from 404 districts/cities in 30 provinces, this paper describes Chinese men's health status, including physical and medical conditions, nutritious and consumption preferences, sports and leisure time activities, and the responsibility for family planning. The analysis on various factors that affect men's health does not prove the conventional wisdom that men's health is worse than women's on the whole. However, those men who are old, less educated, living on low income, one-parent, suffering from chronic disease without timely treatment, ever suffered social unfair treatment, less socially supporting, and living a low quality of life are more likely to be in poor health status.

**The Relationship between Styles of Coping and Mental Health of the Elderly**

*Chen Lixin Yao Yuan • 88 •*

The mental health of the elderly is greatly influenced by their styles of coping with life. About 442 older people (above 60) are sampled randomly in Wuhan, Hubei province. The results of analysis suggest that the ways of problem-solving, help-seeking and fantasy are less adopted by elderly people. The different levels of coping styles have different impacts on the elderly mental health. The ways they choose while facing problems can be used to predict the elderly mental health. Among the ways of solving problems, self-blame and fantasy are ways that negatively impact their mental health, whereas the way of problem-solving has positive effects.