

中国人口系统结构的灰色关联分析*

The Analysis of Grey Incidence about Population System Structure in China

吕永霞, 吕永成, 续竞秦

Lü Yong-xia, Lü Yong-cheng, XU Jing-qin

(广西大学信息与系统工程研究所, 广西南宁 530005)

(Information & Systems Engineering Institute, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530005, China)

摘要:根据 1998~2003 年中国人口数据, 利用灰色系统理论和灰色关联分析模型法建立由总人口、城镇人口、乡村人口等 17 个影响人口增长的关联因素构成的指标体系及灰色关联分析模型, 对中国人口系统结构进行关联分析, 以期找出影响人口增长的主要因素, 为我国人口系统的建模、预测、决策、规划、管理和控制提供了依据, 以便实现人口与资源、环境、经济和社会的可持续发展。运算和系统分析结果显示人口增长的主要影响因素为: 女性人口、城乡人口、年龄结构、性别结构和人口自然增长率。其中, 15~49 岁的育龄妇女、农村人口和人口自然增长率 3 个因素对总人口和年净增人数影响最大。本文中国人口系统结构的灰色关联分析结果较符合中国人口的实际情况, 为中国人口发展与控制的管理决策提供了一种新的有效方法。

关键词:人口系统 关联度 灰色关联分析 指标体系 结构

中图法分类号: R19 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2006)02-0112-04

Abstract: According to the population data of 1998~2003 in China, this text applies the grey theory and GRA, and build up the index system and the GRA model of the Chinese population system structure which are made up of 17 incidence factors (total population, urban & rural population etc.). It aims to analyze the system structure of Chinese population, find out the main influence factors about population increase, and provide some better basis for constructing model, forecasting, decision-making, planning, management and controlling of the population system in China, and realizes the sustainable development of population, resources, environment, economy and society. It draws the conclusion that finds out five main influence factors: female population, urban & rural population, age structure, sex structure and natural growth rate. Among of these, Number of Women at Aged 15~49, rural population and natural growth rate of population have the largest influence. The Analysis of grey incidence applied in the field of population system is more practice, and is a kind of new-valid method for the decision-making management of the population development and controls.

Key words: population system, the degree of grey incidence, the analysis of grey incidence, the index system, structure

人口问题是世界各国最为关心的首要问题, 近几年来, 我国许多学者和人口发展与计划生育委员会都在围绕人口与计划生育主题开展广泛和深入的研究, 并在人口预测, 人口结构, 人口增长对资源、环境、经济和社会发展的影响, 以及人口可持续发展战

略等方面取得了可喜的研究成果^[1,2]。我国是世界第一人口大国, 到 2004 年底, 已拥有 13 亿人口^[3]。据王学萌等^[4]选用 1999~2003 年时段的数据建立灰色动态模型 GM(1,1), 对我国未来人口进行预测, 到 2010 年人口将达到 13.47 亿。由此可见, 我国人口基数大和不断增长的趋势在一个相当长的时期内是难以改变的, 因而我国将长期面临人口与资源、环境、经济和社会发展的巨大压力。

灰色系统理论的关联度分析是对于一个系统发展变化态势的定量描述和比较, 从人口灰色系统本

收稿日期: 2005-10-25

修回日期: 2006-03-01

作者简介: 吕永霞(1978-), 女, 河南漯河人, 硕士研究生, 主要从事管理信息系统工程。

* 广西科技厅资助项目(编号: 0235031)。

身结构的关联性角度来研究影响人口增长的各种因素之间的关系和关联度,并提出解决问题的途径与对应措施的报道尚属少见。为此,本文试用灰色系统理论和灰色关联分析模型法对人口系统结构进行关联分析,以期找出影响人口增长的主要因素,为我国人口系统的建模、预测、决策、规划、管理和控制提供了的依据,以便实现人口与资源、环境、经济和社会的可持续发展。

1 中国人口灰色系统结构及灰色关联计算方法

1.1 人口灰色系统的概念与特性

人口系统是由总人口、净增人口、男女人口、城乡人口、各年龄段人口、育龄妇女、以及出生率、死亡率、自然增长率等许多元素组成的,它们之间相互存在、相互促进、相互制约,具有影响经济、社会、资源与环境功能、结构的有机整体。影响人口系统的因素是多种多样的,它们之间的关系不是简单的线性关系,而是复杂的非线性关系,是处于动态变化之中的。研究我国人口系统结构,必然要求助于系统工程对其进行定性与定量分析,这已成为人口研究的重要方法^[5]。

从系统与信息的角度可以把人口灰色系统定义为:它是指人口系统的部分信息确知、部分信息未知的系统,是社会系统中的一个开放的动态的复杂的子系统。

人口灰色系统除具有一般系统的整体性、关联性、层次性、环境适应性和目的性外,还具有信息的不完全性、非唯一性、现实信息的优先性、开放性和动态性等灰色系统的特性^[4,5]。

1.2 数据收集与整理

根据人口灰色系统的特性和灰色关联分析的原理,从1999~2004年的中国统计年鉴^[6]上收集中国人口数据,选择17个指标来进行灰色关联分析。数据和指标详见表1。

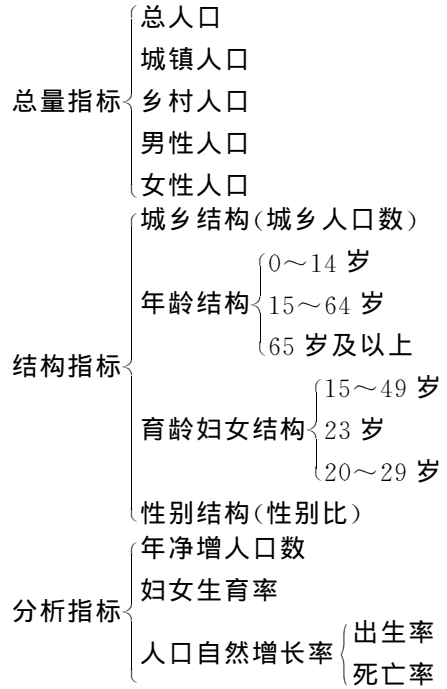
表1 1998~2003年中国人口的基本指标

年份	总人口 (万人)	年净增人口数 (万人)	城镇人口 (万人)	乡村人口 (万人)	性别比 (男/女)	男性人口 (万人)	女性人口 (万人)	出生率 (‰)	死亡率 (‰)	自然增长率 (‰)	各年龄段人口数(%)			妇女生育率 (‰)	育龄妇女(万人)		
											0~14岁	15~64岁	65岁及以上		15~49岁	23岁	20~29岁
1998	124761	1135	41608	83153	1.0513	63940	60821	15.64	6.50	9.14	24.3	68.3	7.4	48.07	34033	1014	11021
1999	125786	1025	43748	82038	1.0589	64692	61094	14.64	6.46	8.18	24.0	68.4	7.6	46.11	34261	957	10640
2000	126743	957	45906	80837	1.0674	65437	61306	14.03	6.45	7.58	22.9	70.1	7.0	43.29*	34505	918	10263
2001	127627	884	48064	79563	1.0602	65672	61955	13.38	6.43	6.95	22.5	70.4	7.1	40.97	34808	916	9998
2002	128453	826	50212	78241	1.0606	66115	62338	12.86	6.41	6.45	22.4	70.6	7.3	39.08	35109	922	9817
2003	128453	774	52376	76851	1.0620	66556	62671	12.41	6.40	6.01				38.01			

*: 鉴于收集数据的困难性,该数据是通过GM(1,1)预测出来的。

1.2.1 指标的分类结构

由于所选用的指标比较多,各指标的物理意义不同,其量纲也不相同,这样在比较时就很难得到正确的结果。因此,根据人口系统的各指标数列的动态性和实际联系的紧密性及本着系统工程的思想,本文把这些指标分为三大类:总量指标、结构指标和分析指标。



总量指标的分析目的是从总体上去把握我国人口的数量和现状,进而确定影响总人口迅猛增加的主要指标体系结构;结构指标是以某种特定现象为标识的人口总量中的比例关系,目的是衡量我国人口的结构是否合理,而把人口问题分解成一个个的组成部分,例如按年龄、按性别等把各种关联的因素和控制的手段都用科学的定量的办法表示出来;分析指标主要是在前两类指标的基础上,从净增人口指标着手,更深一层地对影响我国人口增长的指标进行分析,以期找出的主要影响因素更切合实际。

1.2.2 无量纲化

采用初值化变换原始数据来消除量纲,用我国人口每一指标数列的1998年的数据去除后面的各个原始数据,得到其倍数数列,即为初值化数列。无量纲,均大于0,这样数列就有了共同点,即把问题转向对原始数据列中各因素增长倍数进行分析对比^[7]。

1.3 灰色关联分析的计算步骤

1.3.1 关联系数

记经初值化变换后的某序列为母序列 $\{X_0(t)\}$,其余相关的因素序列为子序列 $\{X_i(t)\}$,则在时刻 $t=k$ 时,母序列 $\{X_0(t)\}$ 与子序列 $\{X_i(t)\}$ 的关联系数为 $L_{oi}(k)$,

$$L_{oi}(k) = \frac{\Delta_{\min} + \Delta_{\max}}{\Delta_{oi}(k) + \Delta_{\max}} \quad (1)$$

式中: $\Delta_{oi}(k) = |X_0(k) - X_i(k)|$, $1 \leq i \leq$ 相关因素的个数; Δ_{\max} 和 Δ_{\min} 分别代表所有比较序列各个时刻绝对差中的最大值与最小值。

1.3.2 求关联度和排关联序

1.3.2.1 关联度 对两个系统或两个因素之间关联性大小的量度,称为关联度^[8]。它描述了系统发展过程中因素间相对影响程度的大小,若关联度大,就表明它们之间的影响程度大,反之亦然。

两序列的关联度为两比较序列各个时刻的关联系数之平均值,其计算公式如下:

$$r_{oi} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N L_{oi}(k), \quad (2)$$

式中: r_{oi} 为子序列 i 与母序列 0 的关联度; N 为比较序列的长度,这里 N 指收集到的数据年份的个数,如采用了1998~2002年的数据,则 $N=5$;若采用了1998~2003年的数据,则 $N=6$ 。

根据1.3.1的数据处理和公式(2)我们可以计算得出各指标子序列 $\{X_i(t)\}$ 与母序列 $\{X_0(t)\}$ 的灰色关联度的值 r_{oi} 。

1.3.2.2 关联序 将各子序列对母序列的关联度按大小顺序排列起来,便组成关联序,并记为 $\{X\}$,它直接反映了对总人口来说,各指标的重要程度和影响力的大小。

2 中国人口系统结构的灰色关联分析结果

以下母、子序列所用数据均为标准化后的数据。

2.1 总量指标的灰色关联分析结果

若记总人口数序列为母序列 $\{X_0(t)\} = \{1, 1.008, 1.016, 1.023, 1.030, 1.036\}$,城、乡人口,男、

女人口序列为子序列 $\{X_i(t)\}$,母序列 $\{X_0(t)\}$ 与子序列 $\{X_i(t)\}$ 在1998~2003年份的关联系数 $L_{oi}(k)$ 分别为:

城镇人口数和总人口数的关联系数 $L_{01}(k) = \{1, 0.9670, 0.9354, 0.9051, 0.8767, 0.5000\}$;

乡村人口数和总人口数的关联系数 $L_{02}(k) = \{1, 0.9836, 0.9662, 0.9502, 0.9340, 0.5767\}$;

男性人口数和总人口数的关联系数 $L_{03}(k) = \{1, 0.9968, 0.9945, 0.9968, 0.9968, 0.5474\}$;

女性人口数和总人口数的关联系数 $L_{04}(k) = \{1, 0.9968, 0.9937, 0.9968, 0.9960, 0.5500\}$;

按式(2)可计算出城乡人口,男女人口和总人口的关联度分别为:0.8640, 0.9018, 0.9221, 0.9222;其关联序为:女性人口 > 男性人口 > 乡村人口 > 城市人口。

2.2 结构指标的灰色关联分析结果

参照2.1的计算步骤,这里首先以总人口数为母序列,各年龄段的人口数(0~14岁、15~64岁、65岁及以上)、育龄妇女各年龄段人口(15~49、23、20~29)、性别比为子序列,其灰色关联度分别为0.7357, 0.9605, 0.7978, 0.9929, 0.6624, 0.6859, 0.9514;其关联排序为:15~49岁育龄妇女 > 15~64岁人口 > 性别比 > 65岁及以上人口 > 0~14岁人口 > 20~29岁育龄妇女 > 23岁育龄妇女。

2.3 分析指标的灰色关联分析结果

以年净增人口数为母序列,妇女生育率、自然增长率、出生率和死亡率为子序列,其灰色关联度分别为:0.9215, 0.9022, 0.9244, 0.8233;其关联排序为:出生率 > 妇女生育率 > 自然增长率 > 死亡率。

另外,结合2.1的计算结果可知,女性对总人口数的增长有很大的关联性,这里再对妇女生育率进行详细的分析。以妇女生育率为母序列、以育龄妇女各年龄段人口(15~49、23、20~29)为子序列,其关联度分别为:0.5414, 0.7839, 0.7648;其关联排序为:23岁 > 20~29岁 > 15~49岁。

3 讨论

从灰色关联分析的结果可以看出,以上所选用的17个指标对总人口数直接或间接的关联性都比较大,也就是说这些指标对中国的人口系统结构的影响都是比较大的。下面分3点对灰色关联分析的结果作进一步的讨论,并提出一些相应建议和看法。

(1)从总量指标角度的分析,发现女性人口对总人口系统结构的影响最大。这一点从结构指标和分

析指标的分析结果都能证明其合理性。结构指标灰色关联分析结果表明育龄妇女总人口数对我国总人口系统结构的影响最大;分析指标的分析结果也表明妇女生育率对总人口的增加影响是较大的。

另外,城乡人口对我国人口系统结构的影响中,农村人口比较突出。但随着我国改革开放和经济建设的发展,城镇化水平有了较大提高,近年来,城镇人口的比重一直在不断地增加,而乡村人口比重在逐年下降,特别是农业生产水平的提高和第二、三产业的发展,乡村人口大量迁移到城镇生活,致使城镇人口持续增加,预计到2010年我国城镇人口比重将达到50%,使城乡人口首次持平^[4]。故应加强城镇化水平的提高,来缓和我国人口急速增长的趋势。

(2)从结构指标分析结果来看,在各年龄阶段人口结构中,发现15~64岁的人口指标对总人口影响最显著。15~64岁的人口序列对母序列总人口的关联度明显高于0~14岁和65岁及以上这两个年龄段。这说明我国人口年龄结构仍是年轻型的占主要地位。但是,我们发现我国65岁及以上的老年人的比例总是在7%左右浮动,这与国际常用标准^[9]对比,表明我国人口年龄结构已完成了向老年型人口的转变。2004年底,我国老年人口已达到了9875万人,与2002年相比,增加了498万人^[3]。随着老年人口比重的不断提高和老年人绝对数的大量增加,搞好老年人口的衣、食、住、行等方面,是国家和社会不容忽视的问题。

在育龄妇女结构中,特别是23岁正处生育高峰期的妇女的关联度最大。另外,从总量指标和分析指标的灰色关联分析结果来看,育龄妇女人数指标对总人口影响是最大的。从1998年以来,15~49岁的育龄妇女的人数是不断在增加的,2002年已突破了3.5亿,很显然对控制我国人口的增长构成了很大压力。但是令人以安慰的是20~29岁生育旺盛妇女人数是逐年减少的,其中生育峰值23岁妇女也是在不断地减少的,这样对稳定低生育水平起到了重要的作用,而实际上,我国近年来妇女生育率也是逐年下降的,如果我国的计划生育工作坚持不懈地实行下去的话,将有利于使妇女生育率继续保持稳定的低水平。

在结构指标分析当中,还发现性别比对我国人口系统结构的影响是比较大的。人口性别比偏高是我国人口性别结构中存在的最突出的重大问题。随着社会经济的发展,广大群众的生育观念也发生了天翻地覆的变化,认为生男生女都一样,但某些经济

文化落后的偏僻的地区,至今仍然存在较严重的重男轻女思想;另外,还有些妇女通过胎儿性别鉴定对女性胎儿实行堕胎,从而加重了性别比例失调。这些现象已引起了国家有关部门的高度重视,并采取了相应的有力的措施。目前,我国男女比例仍在106:100左右浮动,根据总人口性别比例的平衡区间为96~106这一标准,相信在全国人民齐心协力下,我国男女比例将会越来越协调。

(3)从分析指标的灰色关联分析结果中,发现人口自然增长率对我国人口增长的影响程度仅次于妇女生育率。年净增人口对我国总人口数的影响是比较大的,本文特别从人口自然增长率和妇女生育率的角度来分析其对我国人口系统结构的影响,发现人口自然增长率对我国人口增长的影响程度确实很大,而其又和出生率、死亡率有很大的关联。出生率对人口增长率的影响较大,随着社会经济的快速发展,人民文化素质不断地提高,优生优育的现象已为广大育龄妇女所接受,人口自然增长率将继续保持平稳下降,这对控制我国人口的快速增长起着重要的作用,但人口死亡率也是造成人口数量和结构变化的重要因素之一,随着我国社会经济的迅速发展,医疗卫生条件的进一步改善,我国人口的健康水平有了很明显的改善,人口的死亡率将继续保持较低水平。因此,我们只有严格控制出生率,实施计划生育政策,才能更好地控制年净增人口数,以达到控制总人口的目的。

本文通过灰色系统理论的关联度分析法对影响我国人口系统结构的因素进行了分析,认为影响人口增长的主要因素为:女性人口、城乡人口、年龄结构、性别结构和人口增长率。其中,15~49岁的育龄妇女、农村人口和人口自然增长率3个因素对总人口和年净增人口影响最大。其分析结果是比较符合实际的,这为我国人口系统的建模、预测、决策、规划、管理和控制提供了的依据,为人口发展与控制的管理决策提供了一种新的有效的方法。

参考文献:

- [1] 张象枢. 人口、资源与环境经济学[M]. 北京:化学工业出版社,2004:1-10.
- [2] 邬沧萍,侯东民. 人口、资源、环境关系史[M]. 北京:中国人民大学出版社,2005:1-7.
- [3] 中华人民共和国人口和计划生育委员会. 中国人口[EB/OL]. (2005-9-20)[2005-9-25]. <http://www.chinapop.gov.cn/rkgk/zgrk2/t20050920-31760.htm>.

(下转第119页)

$y^2 \geq 1, 1 \leq \phi(x) \leq 2$, 故可知 $k = \frac{1}{9}, m = 1, c = 2$,

$c_1 = 1$. 令 $\rho(t) = -\frac{1}{t}, n = 3$, 那么可得 $a(t) = t^2$.

由计算可得

$$\limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t^2} \int_1^t s^3(t-s)^2 \left[\frac{(4-3\sin^2 s)(1+\sin^2 s)}{(10+\sin^2 s)(1+\cos^2 s)} - \frac{1+\cos^2 s}{s^2(1+\sin^2 s)} - \frac{6\sin 2s}{s(1+\sin^2 s)^2} \right] - \frac{1}{2} s \frac{1+\cos^2 s}{1+\sin^2 s} (3s-t)^2 ds \geq \limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t^2} \int_1^t \left[\frac{2}{11} s^3(t-s)^2 - \frac{3}{2} s^2(t-s)^2 - 2s(t-s)^2 - s(3s-t)^2 \right] ds = \infty.$$

由推论 2 知此方程是振动的, 实际上 $x = \sin t$ 就是一个这样的解.

注 2 文献[3]的定理 2 不能判断此方程的振动性. 因为

$$f'(x) = \frac{(x^2-2)(x^2-5)}{9(1+x^2)^2},$$

$f'(x)$ 与 $f'(x)/\phi(x)$ 在 $(-\infty, +\infty)$ 上改变符号 4 次, 所以其定理 2 中的条件(H3) 不成立.

例 2 微分方程

$$\left[\frac{2+\sin^2 t}{1+\sin^2 2t} (1+x^2(t))x'(t) \right]' +$$

$$\frac{2(5-2\cos 2t)}{1+4\cos^2 2t} x(t-\tau)(1+x'^2(t)) = 0, t \geq 1,$$

明显对所有 $x, y \in R, f(x)/x = 1, g(y) = 1 + y^2 \geq 1$, 故 $m = k = 1, c = 2, c_1 = 1$. 我们可取 $\rho(t) = -\frac{1}{t}, n = 3$, 得 $a(t) = t^2$. 通过计算得到

$$\limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t^2} \int_1^t s^3(t-s)^2 \frac{s-\tau}{s} \left[\frac{2(5-2\cos 2s)}{1+4\cos^2 2s} - \frac{2+\sin^2 s}{s^2(1+\sin^2 2s)} - \frac{2\sin 2s(1+\sin^2 2s-6\cos 2s+2\cos^2 2s)}{s(1+\sin^2 2s)^2} \right] - \frac{1}{4} s \frac{2+\sin^2 s}{1+\sin^2 2s} (3s-t)^2 ds \geq$$

$$\limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t^2} \int_1^t \left[\frac{6}{5} s^3(t-s)^2 \frac{s-\tau}{s} - 3s(t-s)^2 - s^2(t-s)^2 - \frac{3}{4} s(3s-t)^2 \right] ds = \infty.$$

例 3 从时滞微分方程

$$\left[\frac{2+\sin^2 t}{1+\cos^2 t} (1+\cos^2 t)x'(t) \right]' +$$

$$\frac{2+4\sin^2 t}{(1+\sin^2 t)^3} x(t) \left[1+x^2(t+\frac{\pi}{2}) \right]^2 (1+x'^2(t)) =$$

$0, t \geq 1$, 可以看出 $f_1(x)/x = 1, f_2(y) \geq 1, 1 \leq \phi(x) \leq 2$, 所以 $k_1 = k_2 = 1, c = 2, c_1 = 1$, 那么我们

取 $\rho(t) = -\frac{1}{t}, n = 3$, 得 $a(t) = t^2$. 计算可得

$$\limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t^2} \int_1^t s^3(t-s)^2 \left[\frac{2+3\sin^2 s}{(1+\sin^2 s)^3} - \frac{2+\sin^2 s}{s^2(1+\cos^2 s)} + \frac{8\sin 2s}{s(1+\cos^2 s)^2} \right] - \frac{s}{4} \frac{2+\sin^2 s}{1+\cos^2 s} (3s-t)^2 ds \geq \limsup_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t^2} \int_1^t \left[\frac{5}{8} s^3(t-s)^2 - 3s(t-s)^2 - \frac{3s}{4} (3s-t)^2 \right] ds = \infty.$$

由推论 4 知, 此方程是振动的, 事实上 $x = \cos t$ 就是一个这样的解.

注 3 文献[1]的定理 4 不能判断此方程的振动性.

注 4 若把定理 2 和定理 3 中的式(10), 式(12)分别用类似于式(8), 式(9)的条件替换, 则相应的结论仍成立.

参考文献:

注 3 文献[1]的定理 4 不能判断此方程的振动性.

注 4 若把定理 2 和定理 3 中的式(10), 式(12)分别用类似于式(8), 式(9)的条件替换, 则相应的结论仍成立.

参考文献:

[1] 王其如. 二阶非线性微分方程的振动准则[J]. 数学学报, 2001, 44(2): 371-376.
 [2] ROGOVCHENKO YU V. Oscillation criteria for certain nonlinear differential equations[J]. J Math Anal Appl, 1999, 229(5): 399-416.
 [3] 徐志庭. 一类二阶微分方程解的振动性质[J]. 应用数学, 2001, 14(增刊): 212-216.
 [4] ERBE L H. Oscillation criteria for second order nonlinear equations[J]. Canad Math Bull, 1973, 16(2): 49-56.

(责任编辑: 邓大玉)

(上接第 115 页)

[4] 王学萌, 郝永红, 黄登宇. 中国人口结构的灰色动态预测[J]. 中国管理科学, 2004(10): 722-725.
 [5] 王浣尘. 人口系统工程[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1985: 1-13.
 [6] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 1999-2004. 北京: 中国统计出版社, 1999-2004.
 [7] 王学萌, 罗建军. 灰色系统方法简明教程[M]. 成都: 成

都科技大学出版社, 1993: 12-21.
 [8] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 105-112.
 [9] 董银兰, 周艳华, 解鸿泉. 人口学概论[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 193-195.

(责任编辑: 韦廷宗)