

对人口年龄构成的综合性研究

阎海琴

模糊数学方法自30年代创立以来便被广泛应用于各个研究领域,人口学界也开始运用这一方法。本文试图用模糊数学方法,对人口年龄构成类型进行综合性考察,籍以弥补桑德巴尔模式之不足。这种方法既可确切地判断人口集团所处的年龄构成类型,还可明确地揭示出某一人口集团在某一时刻由某种人口年龄构成类型向另一类型过渡的程度,从而对现实的和历史的资料进行纵横向对比。

一、问题的提出

年龄构成通常划分为三种类型,即老年型、年轻型和成年型。要确定某一地区、某一国家在某一时期的人口属于哪一种年龄类型,一般是规定一定的指标,并根据这些指标分别达到的数值确定当时人口所处的类型。人口年龄构成的指标通常是老年人口系数(65岁以上老年人口占全部人口的比重)、少年儿童系数(14岁及14岁以下儿童占全部人口的比重)、年龄中位数。根据人口统计学,当老年系数在5%以下,少年系数在40%以上,年龄中位数在20岁以下时,视为年轻型人口;当老年系数在10%以上,少年儿童系数在30%以下,年龄中位数在30岁以

上时,视为老年型人口;当老年系数在5~10%之间,少年儿童系数在30~40%之间,年龄中位数在20~30%之间时,视为成年型人口。

现在的问题是,如果这三项指标不是同时落在规定数值的范围内时,就难以确定这一人口年龄构成类型了。如北京市,1982年人口普查时年龄中位数是27.20岁,老年系数为5.65%,少年儿童系数为22.38%。这三个数值显然并不同时符合前述划分人口年龄构成的任何一种原则,进而也就很难准确地说明北京市人口年龄类型究竟属于哪一种。再如,1982年甘肃省年龄中位数为20.10,老年系数为3.49%,少年系数为36.32%,也很难确切地表述甘肃人口年龄构成类型。由此可见,普通分类方法的不足之处在于,(1)不能表明当三个指标数值不统一时人口类型的归属;(2)不能说明人口年龄构成的某种类型向另一种类型过渡的程度。然而这些缺点可由模糊数学中的综合评判方法得以弥补。

二、人口年龄构成分类的模糊数学方法

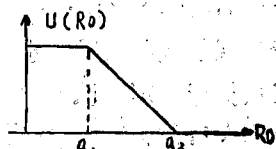
用模糊数学方法对人口年龄构成分类的原理是:将年龄中位数、老年系数、少年系数三项指标综合在一起,根据它们对人口年龄类型的影响程度,确定出其“权数”。用权数将这三项指标“模糊”在一起,得出一个具体数值。并依据数值的大小(一般在0~1之间),判别一个人口集团所处的人口年龄类型如何。这种定量化分析便于对不同人口年龄类型进行研究与比较。下面首先介绍模糊数学的具体应用方法。

用模糊数学综合评判人口年龄构成类型的方法是先作出单因素(即每个指标)评判,建立评判老年系数(用 R_o 表示)、少年系数(用 R_y 表示)和年龄中位数(用 R_m 表示)的模糊隶属函数。

首先确定老年系数的隶属函数为

$$U(R_o) = \begin{cases} 1 & x \leq a_1 \\ \frac{a_2 - x}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 0 & x > a_2 \end{cases} \quad (1)$$

用图形表示为



式中, $U(R_o)$ 是老年系数的隶属函数, R_o 是老年系数指标数值, a_1 是成年型人口类型中所确定的老年系数最低值 ($a_1=0.05$), a_2 是成年型人口类型中所确定的老年系数的最高值 ($a_2=0.10$); x 为已知的老年系数指标的具体数值。

(1) 式表明, 对于某一人口集团来说, 如果老年系数 x 低于给定的数值 a_1 时, 则说明完全符合年轻型人口中该指标的要求 (这时称属于年轻型人口的隶属度为 1)。如, 假定老年系数是 0.025, 说明这一指标所反映出来的该人口集团是年轻型人口。如果老年系数高于给定值 a_2 时, 则表明完全不符合年轻型人口中该指标的要求, (这时称属于年轻型人口的隶属度为 0)。如, 假定老年系数是 0.12, 说明这一指标所反映出来的该人口集团是年老型人口, 而与年轻人口根本无缘。如果所观察的老年系数介于 a_1 和 a_2 之间时, 则表明符合年轻型人口中所规定的老年

系数指标的程度以 $\frac{a_2 - x}{a_2 - a_1}$ 的速率随 R_o 线性

递减, (这时老年系数指标反映出隶属于年轻型人口的隶属度由 1 减少到 0)。通俗地说就是, 老年系数越高, 则离年轻型人口类型的标准要求就越远, 反之, 则越近。当老年系数高于一定程度时, (即 $R_o > a_2 = 0.10$) 则完全不属于年轻型人口; 当该指标低于一定程度时, (即 $R_o < a_1 = 0.05$) 则完全属于年轻型人口。

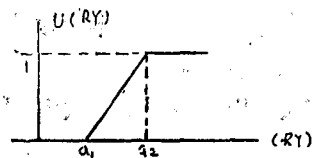
其次, 以同样方法确定出年龄中位数 (R_M) 的隶属函数 $U(R_M)$ 。该指标表达式和图形以及原理与老年系数相同。区别仅仅是 a_1 和 a_2 分别代表了年龄中位数对应于成年型人口的上下值。当年龄中位数小于所要求的 a_1 ($a_1=20$) 时, 其隶属于年轻型人口的程度便是 1; 当大于 a_2 ($a_2=30$) 时, 其隶属度为 0, 说明这时隶属于年轻型人口的程度为零; 当年龄中位数介于 a_1 和 a_2 之间时, 那么, 这时隶属于年轻型人口的程度随着 $\frac{a_2 - x}{a_2 - a_1}$ 的速率递减。也就是说, 当年龄中

位数在 20 岁以下时, 该指标反映出的完全是年轻型人口; 在 30 岁以上时, 反映出的完全不是年轻型人口, 在 20~30 岁之间时, 说明这时的人口不完全属于年轻型, 但与年轻型人口接近, 接近的程度以 0~1 之间的数值刻划。

再次, 对少年儿童系数隶属函数的确定。它的隶属函数为

$$U(R_y) = \begin{cases} 0 & x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & x > a_2 \end{cases} \quad (2)$$

用图形表示为



(2) 式表明, 当少年儿童系数 x 值小于 a_1 ($=0.30$) 时, 则隶属于年轻型人口的程度为 0; 当 x 值大于 a_2 ($=0.40$) 时, 其隶属于年轻型人口的程度为 1; 当 x 值介于 a_1 和 a_2 两值之间时, 则该指标所表示的属于年轻型人口的程度随着 $\frac{x - a_1}{a_2 - a_1}$ 的速率递增。也就是说,

当少儿系数小于 0.30 时, 该指标反映出来的人口集团完全不是年轻型人口; 这一系数在 0.40 以上时, 则完全是年轻型人口; 在此之

间时,则不完全属于年轻型人口,但与此略有接近,接近的程度以0~1之间的数值刻划。

第四,由于各指标在决定某一人口集团究竟属于哪种类型方面所起的作用不同,所以,对各个指标的“权重”应当给以确定。通常用 \tilde{A} 表示。这里

$$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$$

$$\text{其中, } 0 \leq a_i \leq 1, \sum_{i=1}^3 a_i = 1$$

a_i 是指三个指标分别对总的评判结果的影响程度,哪个指标对确定人口年龄构成类型影响的程度大,其权重数值也就越大;反之就小。这个权重类似于统计学原理中的“权数”。

第五,求出所研究对象与这三个指标的模糊关系。它是以一个模糊矩阵 \tilde{R} 来表示的。设所研究单位为 n 个,表示为 (y_1, y_2, \dots, y_n) 。以向量 $(R^O(j), R^Y(j), R^M(j))$ 表示第 j 个单位老年系数、少年系数、年龄中位数的实际观察数值(这里 $j=1, 2, \dots, n$)。而第 j 个单位老年系数、少年系数、年龄中位数通过模糊化处理后的隶属函数便是: $U(R^O(j)), U(R^Y(j)), U(R^M(j))$ 。因此,所研究的各个单位的某一指标譬如说是老年系数的隶属函数便是:

$$R_O = U(R^O(1)), U(R^O(2)), \dots, U(R^O(n)) \quad (3)$$

用文字表示就是:

$$R_O = U(R^O(\text{北京})), U(R^O(\text{上海})) \dots$$

此式表明,北京或上海的老年系数所分别反映出来的它们各自的人口集团属于年轻型人口的程度有多大。

同理,少年儿童系数的隶属函数为

$$R_Y = U(R^Y(1)), U(R^Y(2)), \dots, U(R^Y(n))$$

$$R_M = U(R^M(1)), U(R^M(2)), \dots, U(R^M(n))$$

由此得到下列模糊矩阵,用 \tilde{R} 表示

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} R_O \\ R_Y \\ R_M \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} U(R^O(1)) & U(R^O(2)) & \dots & U(R^O(n)) \\ U(R^Y(1)) & U(R^Y(2)) & \dots & U(R^Y(n)) \\ U(R^M(1)) & U(R^M(2)) & \dots & U(R^M(n)) \end{pmatrix}$$

\tilde{R} 表示若干地区的老年系数、少年系数和年龄中位数三项指标分别反映的这些人口集团隶属于年轻型人口的程度有多大。其中, $U(R^j(j))$ 代表第 j 个单位第 R 项指标隶属于年轻型人口的隶属程度。

第六,将各项指标的隶属函数值与各项指标的权重用矩阵形式进行合成计算。计算结果表明:这三项指标在一定权重的影响下共同作用于人口,这一人口集团属于某一人人口类型的隶属度究竟有多大。其结果用 \tilde{B} 表示。

$$\tilde{B} = \tilde{A} \cdot \tilde{R} = (a_1, a_2, a_3)$$

$$\begin{pmatrix} \tilde{U}(R^O(1)) & \tilde{U}(R^O(2)) & \dots & \tilde{U}(R^O(n)) \\ \tilde{U}(R^Y(1)) & \tilde{U}(R^Y(2)) & \dots & \tilde{U}(R^Y(n)) \\ \tilde{U}(R^M(1)) & \tilde{U}(R^M(2)) & \dots & \tilde{U}(R^M(n)) \end{pmatrix}$$

$$= (b_1, b_2, \dots, b_n)$$

运算方法如同矩阵一般乘法。这里

$$b_j = \sum [a_i \times U(R^i(j))]$$

$$= a_1 \times U(R^O(1)) \oplus a_2 \times U(R^Y(1))$$

$$\oplus a_3 \times U(R^M(1))$$

式中, \oplus 表示在运算中 $a \oplus b = \min(1, a+b)$,即相加之后在1与 $a+b$ 之间取其最小值。

计算结果的形式是 $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ 一组向量。其中 b_j 表示第 j 个单位三项指标结合起来考察后,隶属于年轻型人口的程度。这一数值不但可以精确表明所研究人口集团属于某一年龄构成类型的程度,而且还可以和其它人口集团进行对比分析。

三、方法的应用

我们将老年系数、少年系数、年龄中位数指标的数值分别代入解析式中,则

$$\text{老年系数 } a_1^O = 0.05 \quad a_2^O = 0.10$$

$$\text{少年系数 } a_1^Y = 0.30 \quad a_2^Y = 0.40$$

表 全国及各省、自治区、直辖市人口属于年轻型人口的程度①

	老年系数%	少年系数%	年龄中位数	原序号	R ⁰	R ^y	R ^M	B	新序号
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
全 国	4.91	33.59	22.91	0	1	0.35	0.709	0.689	+
上 海	7.43	18.16	29.23	1	0.514	0	0.077	0.185	1
北 京	5.65	22.38	27.20	2	0.87	0	0.28	0.369	2
天 津	5.58	24.18	26.67	3	0.884	0	0.333	0.398	3
江 苏	5.55	28.98	25.53	4	0.89	0	0.447	0.446	4
河 北	5.67	30.79	24.72	5	0.866	0.079	0.528	0.494	6
浙 江	5.76	29.30	24.70	6	0.848	0	0.53	0.466	5
辽 宁	4.81	28.71	24.60	7	1	0	0.54	0.516	8
山 东	5.62	31.04	24.55	8	0.876	0.104	0.545	0.512	7
四 川	4.68	34.38	23.42	9	1	0.438	0.658	0.694	13
湖 北	5.00	32.72	23.05	10	1	0.272	0.695	0.659	9
山 西	4.99	33.37	22.97	11	1	0.337	0.703	0.682	11
陕 西	4.57	33.06	22.93	12	1	0.306	0.707	0.675	10
广 东	5.43	33.91	22.53	13	0.914	0.391	0.747	0.69	12
湖 南	4.97	33.94	22.50	14	1	0.394	0.75	0.718	15
吉 林	3.98	33.17	22.33	15	1	0.317	0.747	0.694	14
河 南	5.23	34.90	22.25	16	0.954	0.49	0.775	0.743	16
黑 龙 江	3.42	34.89	21.54	17	1	0.489	0.846	0.785	17
西 藏	4.60	36.61	21.45	18	1	0.661	0.855	0.84	19
内 蒙	3.61	35.52	21.11	19	1	0.552	0.889	0.822	18
福 建	4.38	36.50	20.68	20	1	0.650	0.932	0.868	20
安 徽	4.08	36.15	20.17	21	1	0.615	0.983	0.878	21
甘 肃	3.49	36.32	20.10	22	1	0.632	0.99	0.885	22
广 西	5.11	37.45	19.98	23	0.978	0.745	1	0.917	23
江 西	4.50	38.80	19.70	24	1	0.88	1	0.964	24
新 疆	3.68	39.56	19.54	25	1	0.956	1	0.987	26
云 南	4.50	39.17	19.40	26	1	0.917	1	0.975	25
贵 州	4.66	40.88	18.76	27	1	1	1	1	27
青 海	2.69	40.56	18.54	28	1	1	1	1	28
宁 夏	3.20	41.26	18.42	29	1	1	1	1	29

① 表中(1)、(2)、(3)栏数据取自《中国统计年鉴》1986年, p.105。

年龄中位数 $a_1^M=20$ $a_2^M=30$

并根据三个指标对总的评判结果的影响程度, 确定出老年系数、少年系数、年龄中位数的权重分别为(0.3, 0.3, 0.4)。据此, 我们便可以进行如下计算。

例1, 已知北京地区1982年老年系数是5.65%, 少年系数是22.38%, 年龄中位数是27.3。测定北京地区当年人口属于年轻型人口的程度。

$$U(R^0(\text{京})) = U(a_1^0 < 0.0565 < a_2^0)$$

$$= \frac{a_2^0 - x}{a_2^0 - a_1^0} = \frac{0.10 - 0.0565}{0.10 - 0.05} = 0.87$$

$$U(R^y(\text{京})) = U(0.2238 < a_1^y) = 0$$

$$U(R^M(\text{京})) = U(a_1^M < 27.3 < a_2^M)$$

$$= \frac{a_2^M - x}{a_2^M - a_1^M} = \frac{30 - 27.3}{30 - 20} = 0.27$$

$$\text{则 } \tilde{B} = \tilde{A} \cdot \tilde{R} = (0.3, 0.3, 0.4) \begin{pmatrix} 0.87 \\ 0 \\ 0.27 \end{pmatrix}$$

$$= 0.261 \oplus 0 \oplus 0.108 = 0.369$$

结果表明, 1982年北京地区人口属于年轻型人口的程度只有0.369。

例2, 对宁夏回族自治区1982年人口类型进行测定。已知该区老年系数0.32, 少年系数0.4126, 年龄中位数18.42。则

$$U(RO(宁))=U(0.32 < a_1^O)=1$$

$$U(RY(宁))=U(0.4126 > a_2^Y)=1$$

$$U(RM(宁))=U(18.42 < a_1^M)=1$$

那么

$$\tilde{B}=\tilde{A} \cdot \tilde{R}=(0.3, 0.3, 0.4) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$=0.3 \oplus 0.3 \oplus 0.4=1$$

结果表明, 宁夏隶属于年轻型人口的程度为1, 完全属年轻型人口类型。

显然, 运用模糊数学中综合评判的方法既能准确地判断出某一地区某一时点的人口类型状况, 又能准确地判断出人口集团由一种年龄类型向另一种类型转变的程度。

下面是用上述方法对全国及各省、自治区、直辖市分别进行综合评判, 得到的属于年轻型人口的程度(见前表)。

计算结果表明, 我国人口1982年属于年轻型人口的程度为0.689。也就是说, 就全国范围看, 当时人口仍然侧重于年轻人口类型。从分省情况看, 没有一个省(区)完全

脱离了年轻型人口。只有上海脱离的程度最为强烈。因为它隶属于年轻型人口的程度仅为0.185。这也说明, 当时的上海还未完全进入成年型或老年型社会。紧随上海其后的是北京、天津等地。完全隶属于年轻型人口的省份全国只有3个, 即贵州省、青海省和宁夏自治区。

四、有关说明

1. 本文仅是从人口年龄类型中“年轻型人口”的角度对其进行评判说明的。事实上, 在进行分析研究时, 还可以从其它两种类型(老年型、成年型)的角度进行。

2. 在计算时还可以对权重问题进行更合理的研究和探讨, 以确定出更准确、更合理、更切合实际的权重数值。

3. 由于模糊数学的综合评判方法可以使某些难以确定的问题进行量化描述, 因此它绝不仅限于对人口年龄构成类型的分析应用, 还可以将其应用到更广泛的内容之中。(见拙作《模糊数学在综合评判人口再生产类型中的应用》载《山西财经学院学报》1987年增刊2期)

总之, 这种方法对于传统人口统计学中的一些不足之处可以起到补充和完善的作用。(本文责任编辑: 郭汉英)(作者工作单位: 西南财经大学人口研究所)

(上接第40页)为57.4岁, 2孩家庭为52.1岁。因此, 在调查时刻点多孩家庭已经演变为老人家庭的比例小于少孩家庭, 6孩家庭的老人家庭比例为18.7%, 3孩家庭的老人比例为32.89%。以上现象确实反映了多孩对养老的保障作用。

从已婚和未婚孩子与父母家庭分离的倾向来看, 随着孩子逐渐结婚, 从家中分离的倾向将越来越大, 老人家庭的比例也将逐渐上升。我们对孩子已全部结婚的6孩家庭进行了分析, 有50.8%的家庭是一个已婚孩子和父母住在一起, 有1.6%的家庭是多个已

婚孩子同父母住在一起, 其余47.6%家庭的孩子均全部离开父母而另立家庭。这个结果与孩子还未全部结婚时的情景有较大的不同(见表8)。这说明中国多代同堂的联合家庭已经很少, 转向以主干家庭为主, 并且老人家庭的比例出现上升的趋势。结合中国今后人口面临的老龄化挑战, 我们不得不从现在起重视老龄人口的养老问题, 从各个方面着手组织和解决, 将社会保障工作、家庭抚育与老人自食其力有机地结合起来, 使老有所养得以解决。(本文责任编辑: 王跃生)(作者工作单位: 北京信息控制研究所)