

# 国内外社会空间分异测度研究综述

石恩名<sup>1</sup>, 刘望保<sup>1,2\*</sup>, 唐艺窈<sup>1</sup>

(1. 华南师范大学地理科学学院, 广州 510631; 2. 华南师范大学地理行为与空间规划研究中心, 广州 510631)

**摘 要:** 社会空间分异作为一个具有社会性及空间性的概念, 其测度研究直接关系到隔离等级划分的合理性和有效性。本文根据不同历史时期空间分异测度研究所关注的视角, 将社会空间分异测度研究分为早期萌芽阶段、多维度群体评估阶段、空间转向阶段、多模型多视角阶段等4个阶段, 介绍了社会空间分异测度指标在各阶段的演变特点和主要测度指标, 并对其中26个主要指数进行比较和分类, 阐述各指数的适用范围和优缺点。分析国内社会空间分异相关研究现状, 指出其存在多维度指标使用较少且多为实证性研究, 空间分异测算方法缺少理论基础的不足。移动互联网和社交网络空间快速发展, 对社会空间分异的测算方法提出新的要求; 基于地理位置信息的个人行为空间交互数据和基于虚拟网络的赛博空间交互数据, 为社会空间分异研究提供了新的研究视角。

**关 键 词:** 社会空间分异; 测度算法; 分异指标; 综述

## 1 引言

对于隔离(Segregation)现象,《人文地理词典》的解释是:“出现两个或者更多群体在同一个城市、区域或者国家占据不同空间的现象”(Derek et al, 2009); Blau(1977)的定义为:“如果少数族裔在一个自由空间内是不均匀的分布,则可视少数族裔被隔离”。这种关于界定隔离的模式最早可以追溯到人类迁徙活动的初期,例如在城市形成的时候就形成了居住在城市的人和居住在郊区的人。“Social Spatial Segregation”在中文世界有翻译成社会空间隔离,也有的翻译成社会空间分异。其大概的意思基本相同,都是描述不同人群在社会空间的分离性与非均匀性,但是“隔离”比“分异”表达了更加强烈的冲突性,像早期的犹太人民族邻里(Jewish Ghetto)(Katz et al, 1973); 而分异则表示为一种由同质化到异质化、结构与功能由简单到复杂的过程和结果(杨永亮, 2013), 如社会阶层分异是指社会群体和社会关系在时空变化过程中形成显著规律性差异化的现象(藤田昌久等, 2005; 弗里茨·马克卢普,

2007); 居住空间分异是指具有不同特征(如种族、职业类别、文化背景、收入差异等)的居民, 随着社会发展同类型聚居形成的居住空间的现象(约翰·弗农·亨德森等, 2012)。但是具体的空间隔离指数和空间分异指数的研究界限并没有显著的不同, 在使用时大多数学者并没有对其进行区分, 因此在使用隔离指数(分异指数)评估社会空间隔离时, 应该对该地区是否表现出隔离现象作论述说明, 而在评估社会空间分异时多为一种空间状态和特征的描述。

随着资本全球化推动下的社会分化和极化加剧, 中国作为世界工厂也不可避免地面临社会分工和社会分化。中国经济的快速发展促进城市产业快速升级并进一步导致产业结构分化, 城市劳动力市场被重新塑造, 企业组织形式发生变化, 新的产业阶层代表出现。在土地使用制度改革下, 各行业由于竞租能力的差异, 产业空间结构在城市空间中发生重组。住房制度改革的“商品化、市场化、社会化”和住房选择行为的变化, 由过去空间内部结构较为一致的“单位制分配房”转换为基于经济

收稿日期: 2014-11; 修订日期: 2015-02。

基金项目: 教育部人文社科项目(09YJC840016); 国家自然科学基金项目(41001088)。

作者简介: 石恩名(1991-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为城市社会地理与城市规划研究, E-mail: shikanon@foxmail.com。

通讯作者: 刘望保(1975-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为城市社会地理, E-mail: wblu@sncu.edu.cn。

引用格式: 石恩名, 刘望保, 唐艺窈. 2015. 国内外社会空间分异测度研究综述[J]. 地理科学进展, 34(7): 818-829. [Shi E M, Liu W B, Tang Y Y. 2015. A review of social spatial segregation measurements[J]. Progress in Geography, 34(7): 818- 829.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2015.07.004

供需的“商品房”,在空间上导致了多样化社会空间的出现,由单位社区向多样化社区转变,并出现新的社会空间,如城中村、富人区等。市场机制逐步在空间资源配置中起到决定性的作用,优势的空间资源向高利润群体和掌控话语权的群体倾斜,社区和阶层逐渐对应起来,并出现阶层化现象。社会空间分异的不断加剧,甚至出现社会隔离和社会极化,并逐渐引起学者与地方政府的关注。

国内相关文献主要采用因子生态方法分析社会区的划分,在宏观层面侧重于划分社会区,在中微观层面侧重于某类社会空间形成机制,某类群体建构社会空间的研究,对社会空间分异程度的研究相对不足。本文侧重将社会空间隔离指标体系梳理,以期能给社会空间研究提供借鉴。

## 2 国外社会空间隔离测度指标研究阶段

国外对社会空间隔离的早期研究主要关注种族隔离和阶层隔离,是西方国家面对种族矛盾升级和贫富差距加剧所产生的内生研究,致力于缓解内部矛盾,而隔离指标作为一种有效的理解隔离模式和趋势的工具得到重视(Feitosa et al, 2007)。本文基于隔离指标的关注点不同,将其分为4个阶段。

### 2.1 早期萌芽阶段(20世纪50-70年代)

20世纪50年代初,美国掀起大规模非裔民权运动,多方面反对种族隔离的法律出台,黑人的社会地位得到普遍关注(Wilkerson, 1965; Sterling, 1968),隔离相关研究开始大量涌现,同时受到计量革命的影响,人们注意到量化评估黑人白人之间的社会隔离研究十分不足,急需一种简单实用的解决隔离量化问题的指标(Duncan, 1961)。

该阶段的隔离指数多为全局单指标,基于全局对整体进行测算,隔离指数多通过某个基础性概念推导而得,因此大多简洁和实用,如基尼指数(Gini Index)(Jahn et al, 1947)、接触性指数 $P^*$ (Exposure Index)(Bell, 1954)、差异性指数(Dissimilarity Index)(Duncan et al, 1955a, 1955b)、阿特金森指数(Atkinson Index)(Atkinson, 1970)、信息理论指数(Information Theory Index)(Theil et al, 1971)、锡尔系数(Theil Index)(Theil, 1972)等,这些基础性的指数为后来的研究奠定了指标体系的基础和框架;后期大多隔离指标的研究都是基于对这些指标体系的修正,特别是Duncan在1955年提出的隔离指数——

差异性指数(Dissimilarity Index)一直作为理解空间隔离的数学表达的基础,同时因其简单实用,被当时许多学者们追捧而流行,并被当成一种标准指数用于大量的研究中(Massey, 2012)。

差异性指数(简称D指数)的表达式如下:

$$D = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left| \frac{w_i}{W} - \frac{b_i}{B} \right| \quad (1)$$

式中: $D$ 为差异性指数; $w_i$ 为研究区域*i*单元中*w*群体的人数; $W$ 为研究区域中*w*群体总的人数; $b_i$ 为研究区域*i*单元中*b*群体的人数; $B$ 为研究区域中*b*群体总的人数。这种差异性指数主要通过每个单元与总体的平均值的偏离程度表示。

虽然差异性指数简单实用,但是也存在着诸多限制因素,例如它并没有将绝对人口尺度考虑进去(Allen et al, 2009),而这将使小群体的整体隔离指数被随机的高估或低估(Winship, 1977),面对不同的单元格的划分无法准确测算,同时差异性指数并不能表示空间集聚这一重要空间隔离维度。

早期指标体系的概念杂乱,缺乏统一性等缺点也是不容忽视的。早期的使用者们没有形成统一社会空间隔离概念,而且指标体系分散单一。这些指标只能对两个群体进行度量计算,这种双群体隔离计算主要也反映了当时美国社会经历的黑人权利运动,关注点主要集中在黑人和白人的相互隔离上(Reardon et al, 2002)。

### 2.2 多维度群体评估阶段(20世纪70-80年代末)

20世纪70年代末,随着民权运动不断推进,受到关注的主体也不断扩大,加上20世纪80年代后期非裔黑人外的其他少数族裔迅速增长(Johnston et al, 2007),仅局限于白人和黑人的二元化体系的研究遭到质疑。学术界由只关注非裔黑人隔离逐渐扩大到对其他少数族裔隔离的关注(主要是亚裔和西班牙裔),并开始探讨多群体的隔离指数测算方法。但由于双变量的隔离测算公式不能简单地被拓展用于多群体计算,因此在这段时期,学者们对早期的隔离指数进行了多群体修正,同时对一些新的隔离指数也进行了专门的多群体设计,如Morgan(1975)、Sakoda(1981)分别提出的 $D(m)$ 指数就是专门对D指数的多群体修正指数;Jakubs(1981)提出的基于距离的隔离指数(Distance-based Segregation Index)也是针对多群体测算设计的。

一些学者开始审视社会隔离的概念,在隔离测算的维度上重新定义隔离指数,指出隔离的概念并

非单一维度的存在(Harvey, 1973)。为了表示隔离的其他维度,有效度量多变量的隔离现象,出现了第二代隔离指标计算体系。Morgan(1975)对D指数公式进行修正使其能够计算多群体,解决了在多群体计算方面的需求。Massey等(1988)通过因子分析将社会空间隔离总结为5个维度指标:均匀性维度(Evenness)、接触性维度(Exposure)、集中性维度(Concentration)、向心性维度(Centralization)和集群性维度(Clustering),从操作上重新定义了隔离的概念。随后Massey等(1989)定义超隔离(Hypersegregation)来表示社会空间隔离的5个维度数值均较高的区域。

均匀性是指两个或两个以上的社群在空间分布上的均匀程度或在城市区域单位中的差异性分布。在均匀性维度方面,除式(1)所列出的差异性指数外,较为突出的还有基尼系数、锡尔系数和阿特金森指数,但该时期差异性指数依然被认为是最能反映均匀性维度的指数。特别是Morgan(1975)提出的基于多群体计算的差异性指数能测算多群体空间的社会分异,改变了以前只能测量两个群体空间分异的局限性。公式如下:

$$D_m = \left( \frac{1}{2TI} \right) \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J t_j |\pi_{jm} - \pi_m|$$

$$I = \sum_{m=1}^M \pi_m (1 - \pi_m) \quad (2)$$

式中:  $D_m$  为多群体差异指数;  $I$  为辛普森交互指数(Simpson's Interaction Index),  $T$  为整个城市的总人口数,  $t_j$  为单元  $j$  中的总人口数,  $M$  为群体变量的个数,  $\pi_m$  是指整个城市中的  $m$  群体人口百分比,  $\pi_{jm}$  是指空间单元  $j$  中的  $m$  群体人口百分比。  $D_m$  的取值范围为  $[0, 1]$ , 0 则表示完全均匀, 1 表示完全隔离。

接触性是指两个或两个以上的社群之间的潜在的接触程度或相互作用的可能性,这个时期较著名的是White(1986)提出的相关性比率(Eta<sup>2</sup>),其公式如下:

$$Eta^2 = \frac{1}{(1-P)} \left\{ \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{x_i}{X} \right) \left( \frac{x_i}{t_i} \right) \right] - P \right\} \quad (3)$$

式中:  $P$  表示整个城市的少数族裔  $x$  占总人口的百分比;  $x_i$  为区域单元  $i$  的  $x$  群体人数;  $t_i$  为区域单元  $i$  的总人口数;  $X$  指整个城市范围内的  $X$  的人数。

集中性是指少数群体在城市环境中占据城市环境中实体空间的相对数量,相对集中指数(RCO)的公式如下:

$$RCO = \left\{ \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (x_i a_i / X)}{\sum_{i=1}^n (y_i a_i / Y)} - 1 \right] / \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (t_i a_i / T_1)}{\sum_{i=1}^{n_2} (t_i a_i / T_2)} - 1 \right] \right\} \quad (4)$$

式中:  $a_i$  为区域单元  $i$  的面积;  $x_i$  为区域单元  $i$  的  $x$  族群的人口数;  $X$  为城市中的  $x$  族群的总人口数;  $y_i$  为区域单元  $i$  的  $y$  族群的人口数;  $Y$  为城市中的  $y$  族群的总人口数;  $n_1$  是指按区域单元面积从小到大排序,按这个排序从最小的单元开始,将区域单元中的人口数进行累加,直到等于整个城市的少数族裔的人口数时,  $n_1$  为该区域单元的排列等级,  $T_1$  指从 1 到  $n_1$  的区域单元的总人口数;  $n_2$  是指按  $n_1$  的排序,但从最大的单元开始,将区域单元中的人口数进行累加,直到等于整个城市的多数的族裔的人口数时,  $n_2$  为该区域单元的排列等级,  $T_2$  指从  $n_2$  到  $n$  的区域单元的总人口数;  $t_i$  指区域单元  $i$  的总人口数。  $RCO$  的取值范围为  $[-1, 1]$ , 0 代表两个群体的集中度是相等的, 1 代表  $X$  的集中度远远超过  $Y$ , -1 代表  $Y$  的集中度远远超过  $X$ 。

向心性是指群体在空间上靠近城市中心的程度,其绝对中心指数(ACE)的公式如下:

$$ACE = \sum_{i=1}^n (X_{i-1} A_i) - \sum_{i=1}^n (X_i A_{i-1}) \quad (5)$$

根据各城市单元距离城市中心的距离从近到远排序,最靠近中心单元为单元 1,  $X_i$  表示从单元 1 到单元  $i$  中族群  $X$  的累计人口数,  $A_i$  是指从 1 到  $i$  的累计总面积。  $ACE$  为正数,表明  $X$  趋向城市中心;  $ACE$  为负数,表示远离城市中心;  $ACE$  为 0,表示在城市中规则统一分布。

集群性是指少数群体表现出来的空间聚集程度,也就是说空间中区域单元一个连着一个地或者集群式地被少数群体占据,其相对集群指数(RCL)的公式如下:

$$P_{xx} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[ \left( \frac{x_i x_j C_{ij}}{X^2} \right) \right]$$

$$P_{yy} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[ \left( \frac{y_i y_j C_{ij}}{Y^2} \right) \right] \quad (6)$$

$$RCL = (P_{xx} / P_{yy}) - 1$$

式中:  $P_{xx}$  和  $P_{yy}$  分别表示  $x$  群体与  $y$  群体的组间平均邻近度;  $C_{ij}$  为  $\exp(-d_{ij})$ ,  $d_{ij}$  为单元  $i$  的几何中心到单元  $j$  的几何中心的距离;  $x_i$  为区域单元  $i$  的  $x$  群体人数,  $X$  为城市中  $x$  群体的总人口;  $y_i$  为区域单元  $i$  的  $y$

群体人数,  $Y$  为城市中  $y$  群体的总人口。  $RCL$  等于 0 说明  $x$  族裔有着和  $y$  族裔有着一样的聚集程度, 正数则表明  $x$  族裔的较  $y$  族裔的簇拥程度更大, 负数则表明  $x$  族裔的簇拥程度度更小。

关于 5 个维度的其他指数限于篇幅限制, 只列表不给予公式及说明, 其对应的隔离指标如表 1。

虽然 5 个维度中除了均匀性维度和接触性维度为非空间维度, 其他 3 个纬度能表示空间性质上的差异, 但是它被空间学派的地理学家批驳并不具有真正的空间特性, 因为它们无法很好地解决所谓的棋盘问题(White, 1983), 特别是其全局性的属性无法根本解决局部的隔离等级的不均匀性问题(Fotheringham, 1997), 同时由于维度过于复杂, 在研究中人们总是不能很好的把握各维度的差别和联系。

### 2.3 空间转向阶段(20 世纪 90 年代)

第三阶段为中期阶段, 主要特点是空间转向, 广泛地使用 GIS 等空间技术工具。1991 年 Morrill 对传统的均匀性指标  $D$  指数提出关联修正, 使其能根据周围邻里情况不同而反映出不同隔离指数。Morrill(1991)认为传统的  $D$  指数缺少边界交互, 可以通过加入邻域矩阵使得  $D$  指数也能反映邻域性, 提出  $D(adj.)$  代替原来的  $D$  指数:

$$D(adj.) = D - \left\{ \frac{\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} (z_i - z_j) \right]}{\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \right]} \right\} \quad (7)$$

式中:  $D$  为式(1)中的  $D$  指数,  $z_i$  和  $z_j$  分别为区域单元  $i$  和  $j$  中  $z$  族群的人口百分比;  $c_{ij}$  为区域单元的邻域矩阵对应值,  $i$  和  $j$  相邻则为 1, 不相邻则为 0。

由于邻域矩阵这个概念仅能表示是否接壤, 但是对接触的边界却缺乏考虑, 因此 Wong(1993)在其基础上再次修正提出  $D(s)$ , 使  $D$  指数不只是简单地反映是否邻里关系, 还考虑其大小和边界形状, 进一步实现了其空间性。后期 Wong(2003)又提出基于椭圆算法(Ellipse-based Measure)测算隔离指数, 并用 GIS 工具对美国 30 个大都市区的黑人、白

人和亚洲人进行多指标的隔离指标测度评估(Wong, 2004)。但是这些指标依然不能反映局部性问题, 作为全局性测度它们表示的是区域整体的隔离指数而不是单个小单元的隔离指数(Anselin, 1995)。为测算局部性隔离指数, Wong(2004)提出, 用空间差异指数(Spatial Diversity Index, SHI)对熵系数进行邻域修正得到  $SH_i$  来表示局域的均匀性维度, 用  $S_i$  来表示接触性维度的局部空间隔离指数。

其中, 均匀性维度的局部隔离指数  $SH_i$  的公式如下:

$$SH_i = - \sum_{k=1}^n [(CP_{ik}/CP_i) \ln(CP_{ik}/CP_i)]$$

$$CP_{ik} = \sum_{j=1}^m d(P_{ik})$$

$$CP_i = \sum_{j=1}^m d(P_i) \quad (8)$$

式中:  $SH_i$  为  $i$  单元区的均匀性维度隔离指数;  $CP_i$  表示族群  $i$  的混合人口比重,  $P_{ik}$  表示族群  $i$  在空间单元  $k$  中的混合人口比重;  $P_{ik}$  指单元  $k$  中族群  $i$  的人口数量,  $P_j$  指单元  $j$  中的总人口数。

接触性维度的局部隔离指数  $S_i$  的公式如下:

$$S_i = 1 - \left[ \frac{\left( a_i \sum_{j=1}^n C_{ij} b_j \right) + \left( b_i \sum_{j=1}^n C_{ij} a_j \right)}{\left[ \left( a_i \sum_{j=1}^n b_j \right) + \left( b_i \sum_{j=1}^n a_j \right) \right]} \right] \quad (9)$$

式中:  $S_i$  为  $i$  单元区的接触性维度局部隔离指数;  $a_i$  是指区域单元  $i$  中族群  $a$  的人口数量;  $b_j$  是指区域单元  $j$  中族群  $b$  的人口数量;  $C_{ij}$  为邻域矩阵。

Reardon 等(2004)根据棋盘问题(MAUP)的实质(基于尺度效应和划分机制的影响)提出从划分的细度角度入手, 对均匀性和接触性进行空间修正; 并在修正过程中发现, 具有空间属性的均匀性(Evenness)在概念上和集群性(Clustering)是相似的, 空间集聚较大必然导致空间不均匀, 即空间均匀性维度的反面表现为空间集聚, 同理, 空间接触性的对立面表现为孤立性(图 1)。因此, Reardon 认为 Massey 等(1988)叙述的空间隔离的 5 个维度可以重新归结为空间均匀性和空间接触性两大维度。

### 2.4 多模型多视角阶段(21 世纪初至今)

第四阶段为 21 世纪初到现在, 主要特点是在方法领域百花齐放, 很多新的方法被引入社会空间隔离研究, 特别是随着计算机技术的进步, 人们可以操作的数据资源和计算资源比以前要大得多, 很多

表 1 隔离 5 个维度及相关隔离指标测度

Tab.1 Five dimensions of segregation and related measurement indices

维度名称	各维度隔离指数
均匀性维度	差异性指数、基尼系数、信息熵、阿特金森指数
接触性维度	接触性指数 $P^*$ 、 $\eta^2$ 指数
集中性维度	$\delta$ 指数、相对集中指数
集群性维度	绝对聚集指数、空间接近指数、距离衰减隔离指数
中心性维度	相对中心指数、绝对中心指数

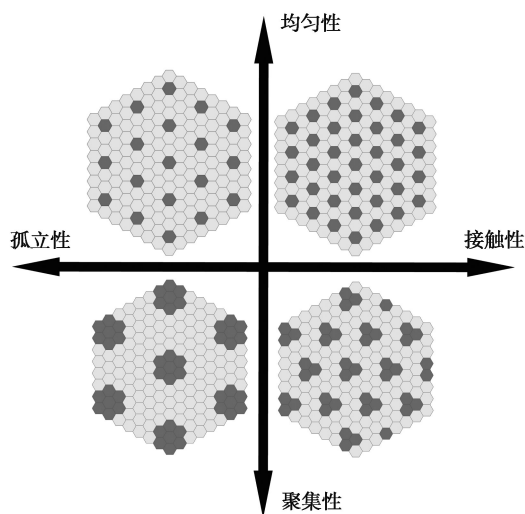


图1 空间隔离的维度

Fig.1 Dimensions of spatial segregation

新的算法通过计算机而得以实现,如谢林空间隔离模型计算机模拟(Schelling, 1971; Pans et al, 2007)、基于核密度估算的空间隔离测度(Buhai et al, 2008)、用社会网络分析方法研究职业隔离(O'Sullivan et al, 2007)、基于行为空间路径计算隔离指数(Wong et al, 2011)。新技术的出现使得学者们能够重新审视社会空间隔离的方法,根据其研究的重点主要可分为:指数修正学派、小区域学派、计算机模拟学派。Massey(2012)和Rothwell等(2009, 2010)努力推广对隔离操作性定义进行标准化研究和超隔离中心研究,强调统一的隔离计算指标在隔离度量中的重要性。Johnston等(2007)用19个隔离指数重新对非裔黑人、西班牙裔和亚裔三类群体分析计算显示Massey的5个维度应该缩减为两个维度分离(Separateness)和区位(Location),并表示与Reardon(2004)研究结果一致。Reardon(2008, 2009)和Wong(2006, 2008)从小局域空间出发继续引导空间性的隔离研究,推广测算局部单元的隔离指数来代替全局测算指数,同时致力于研究小尺度、小区域、小单

元中的隔离现象,通过人类的活动空间研究小局域的微观层面的隔离现象。Blumenstock等(2013)则主要批判社会空间隔离基于统计普查数据而导致的社会性缺失,致力于结合社会性与空间性、宏观的隔离现象和微观的个体行为,从大小两个尺度来对隔离进行研究,针对空间分析和社会分析的差异,用大尺度空间网络数据分别计算社会隔离和空间隔离,然后进行大小比较分析,提出非对称性隔离。Apparicio等(2008, 2013)和Wong等(2005)在隔离指标开源代码上作出了重大贡献;Wong等(2005)将其研究的系列指标制作成ArcView插件供开放使用;Apparicio等(2008, 2013)将有代表性的隔离指标汇总到Geo-Segregation Analyzer的应用中,使得隔离指标的计算更加方便快捷;Crooks(2010)利用智能体(Agent-based Model)模拟谢林模型,从而对空间隔离的过程进行模拟演算。

4个阶段的社会分异指标虽然繁多,但是各个阶段的主要指标特点十分明显,对其进行简单归纳,如表2所示。

### 3 国外社会空间分异主要指数归纳对比及应用

国外社会空间指数达数十种,但是其属性并没有得到统一的梳理,本文根据其维度、尺度、模型变量数目、是否空间测度这4个方面进行比较归类。空间分异指数的维度分类主要采用由Reardon(2004)对Massey的隔离维度化简后的两个空间维度:空间均匀性维度(Spatial Evenness)和空间接触性维度(Spatial Exposure),详见表3。

空间接近性维度利用空间关系进行计算,因此都具备空间性格局;而空间均匀性维度只有一些后期修正的指数具备空间性,而局域性测度指数和多变量模型都是一些通过后期修正得到的分异指数。早期的指标多基于社会空间的某一特点,如基

表2 隔离指标发展阶段及其特点

Tab.2 Characteristics of each stage of development in the study of the segregation indices

阶段	指标	特点
早期萌芽阶段	差异性指数、信息理论指数、锡尔系数、接触性指数 $P^*$ 、基尼指数、阿特金森指数	简单、易计算
多维度群体评估阶段	$\eta^2$ 指数、 $\delta$ 指数、相对集中指数、绝对聚集指数、空间接近指数、距离衰减隔离指数、相对中心指数、绝对中心指数	多维度、多指标、多群体
空间转向阶段	$D(\text{adj.})$ 指数、 $D(w)$ 指数、基于椭圆计算测度	对前期指数进行空间和边界修正,引入空间权重矩阵和GIS工具
多模型多视角阶段	$\bar{D}^*$ 指数、 $\bar{P}^*$ 指数、核密度估算测度、计算机模拟、行为空间路径测度、社会网络测度	多元化、计算机模拟

表3 社会空间分异指数属性表

Tab.3 Properties of spatial segregation indices

名称	原提出者	空间均匀性维度/ 空间接触性维度	是否具有 空间性	测度尺度(总体测 度/ 局域测度)	模型对象数目	备注
基尼系数	Gini, 1921	均匀性	非空间性	总体(G)	双变量	原始指标
P*指数	Bell, 1954	接触性	空间性	总体(G)	双变量	原始指标,也称孤立指数
差异性指数	Duncan, 1955	均匀性	非空间性	总体(G)	双变量	原始指标
阿特金森指数	Atkinson, 1970	均匀性	非空间性	总体(G)	双变量	原始指标
锡尔系数	Theil, 1972	均匀性	非空间性	总体(G)/局域(L)	多变量	原始指标
D(m)指数	Morgan, 1975	均匀性	非空间性	总体(G)	多变量	对差异性指数基于多群体的修正
DBI 指数	Jakubs, 1981	均匀性	空间性	总体(G)	双变量	基于距离修正的差异性指数,简 写 DBI
MDBI 指数	Morgan, 1983a	均匀性	空间性	总体(G)	双变量	交替式距离修正差异性指数,是 对 DBI 进行的修正
SD	Morgan, 1983a	均匀性	空间性	总体(G)	双变量	空间差异性指标,对D指数的修正
DPxx 指数	Morgan, 1983a	均匀性	空间性	总体(G)	双变量	基于距离衰减修正的P*指数
IC <sub>2</sub> 指数	Morgan, 1983b	接触性	空间性	总体(G)	双变量	原始指标,对称空间隔离指数
SP 指数	White, 1983	接触性	空间性	总体(G)	双变量	原始指标,空间接近指数
ACO 指数	Massey, 1988	均匀性	空间性	总体(G)	双变量	原始指标,绝对聚集指数
D(adj.)指数	Morrill, 1991	均匀性	空间性	总体(G)	双变量	基于邻域矩阵修正的差异性指数
D(w)指数	Wong, 1993	均匀性	空间性	总体(G)	双变量	在基于周长修正的D(adj.)指数
D(s)指数	Wong, 1993	均匀性	空间性	总体(G)	双变量	基于周长和面积比进行修正的 D(adj.)指数
SD(m)指数	Wong, 1998	均匀性	空间性	总体(G)	多变量	对于SD基于多群体的修正
G(m)多群体基尼系数	Reardon, 1998	均匀性	非空间性	总体(G)	多变量	对基尼系数基于多群体的修正
S 指数	Wong, 1999	均匀性	空间性	总体(G)	多变量	交叉变异椭圆
SP(m)指数	Grannis, 2002	接触性	空间性	总体(G)	多变量	对 White 提出的 SP 基于多群体 的修正
SH <sub>i</sub> 指数	Wong, 2002	均匀性	空间性	局域(L)	双变量	基于领域单元人口混合修正的熵 系数
Moran'I 指数	Dawkins, 2004	均匀性	空间性	总体(G)/局域(L)	双变量	原始指标,空间自相关指数
S <sub>i</sub> 指数	Wong, 2004	接触性	空间性	局域(L)	多变量	用于计算局域性的接近性维度
P <sup>~</sup> *指数	Reardon, 2004	接触性	空间性	局域(L)	双变量	通过积分计算的平均邻域权重代 替距离衰减效应的P指数
D <sup>~</sup> *指数	Reardon, 2004	均匀性	空间性	局域(L)	双变量	通过积分计算的平均邻域权重代 替距离衰减效应的D指数
SBD 指数	O'Sullivan,2007	均匀性	空间性	局域(L)	多变量	基于核密度估算的空间隔离测量

尼系数仅基于整体的不均匀程度;接触指数基于邻域比较,到后期将空间性整合进均匀维度和将邻域交互整合进接触性维度后,使得社会空间分异指数具有空间性及动态性。对于隔离程度的定量化判定标准,有学者采用绝对数值进行判定,如 Massey (1993)建议差异性指数在 0~0.3 为较低水平,在 0.3~0.6 为中等水平,大于 0.6 为高度隔离(Cutler et al, 1999);但也有学者认为隔离程度是一个相对的概念,隔离判定标准应该建立在一个相互对比而不是对数值依赖上(Wong, 2000)。由于在同一研究域中

大多数隔离指数在小尺度下会得到较高数值而在较大的尺度下会相对较低(Wong, 1997),采用绝对数值评价容易忽略其地理尺度的影响。Kaplan 等 (2001)指出,隔离在几个尺度上是同时存在,从一个家庭单位到隔离社区再到世界范围中的民族国家隔离,就方法论而言,尺度影响着我们对隔离的测度和表示。Reardon(2008)提出,通过分析空间隔离曲线(Spatial Segregation Profile)和宏/微观隔离比值可以减少尺度敏感性,有助于理解不同尺度下的不同隔离模式、原因和结果。

国外社会空间分异指标始于对居住隔离的研究,以 Duncan 1955 年的《隔离指标的方法论分析》作为开山之作,随后伴随着民权运动的发展,隔离指标逐渐成为空间隔离的主流定量研究方法,从原来的种族隔离(Massey et al, 1989)研究延伸到经济隔离(Jargowsky, 1996)、性别空间分异(Reskin, 1993)的研究,并逐渐形成社会空间分异的概念。作为社会空间分异评估指标,隔离指数被用于探讨空间公平性和空间异质性的影响,如 Slee(2001)通过计算隔离程度呼吁关注城市公平与教育决策;Yen 等(1999)提出,居住隔离指数与个人健康存在一定的相关关系,高隔离社区中某些疾病患者要明显多于低隔离地区(如心血管疾病)。隔离与健康的关系引发研究热潮(Fang et al, 1998; Jones, 2013),并导致一场关于空间隔离是否会增加获得某些疾病风险的争论(Kramer et al, 2009)。

#### 4 国内社会空间分异研究阶段及应用

中国空间分异的研究起步较晚,20 世纪 80 年代才开始社会空间分异的相关研究。虞蔚(1986a)的《城市社会空间的研究与规划》可作为中国社会空间起步之时的代表,引进了西方社会空间研究及相关方法。由于中国社会空间分异研究比较晚,大致可以划分为两个阶段。

(1) 第一个阶段:从 20 世纪 80 年代到 90 年代末为早期阶段。80 年代由于政治经济改革,在新的分配制度下阶层分化逐渐尖锐(顾朝林等, 1997),城市空间内部结构开始逐渐分化(刘旺等, 2004)。虞蔚(1986b)、许学强等(1989)学者首先对上海广州等大城市的内部社会结构进行了社会空间的研究,并划分了社会区。但是早期的社会空间分异研究大多是从各种人口比例评估社会空间分化,或者通过生态因子分析划分社会空间结构图,根据空间分布图对社会空间分异进行描述性说明(郑静等, 1995; 李志刚等, 2006)。早期研究社会空间分异多附属于社会空间结构或者社会区的研究,并未进行过独立研究,因此缺少指标的使用与借鉴。

(2) 第二阶段:从 20 世纪 90 年代末到现在,为社会空间分异研究蓬勃发展阶段。90 年代随着住房改革的深入,改变了单位制下的人群混居异质社区空间(Logan, 2011),使住房质量不再限于单位在计划资源分配链上的地位(Logan et al, 1999),人们

对住房的选择自由度变得更大,而社会经济的分化使得住房选择在空间结构上分异越来越明显,原来基于计划经济体制下单位制的城市空间逐渐变成基于社会经济地位的市场竞争型城市空间。再加上外来流动人口重建城市社会分层现象,由城市分层向社会空间分异转变,城市空间发生重组(徐卞融等, 2010)。这一时期社会空间分异指数和模型研究主要分为以下四类:第一类,使用传统的隔离指数均匀维度计算空间隔离,如孙斌栋等(2008)、李敏纳等(2010)、余军等(2012)。这类学者主要通过引入一些国外早期经典的社会空间隔离中均匀度指标,如 D 指数(杨上广等, 2006)、基尼系数(杨永亮等, 2013)、区位商(魏立华等, 2007)、信息熵(黄正良等, 2011),对公共服务空间、住房空间等社会空间分异进行实证研究。第二类,通过生态因子分析划分社会区,根据社会区的分布来阐述社会空间分异(李志刚等, 2006; 宋伟轩等, 2011),这种方法主要是阐述社会区在空间上的分布状况,无法表明空间分异的程度。第三类,使用多指标综合评估空间隔离程度,如冯健等(2008)对北京社会空间分异的研究使用了信息熵、绝对分异指数、相对分异指数和隔离指数,樊福才(2008)在评估黄河地区空间分异时使用了加权变异系数、基尼系数和锡尔系数。这类学者通过多指标的综合对地区的社会空间分异进行评测,甚至尝试建立概念模型解释城市的社会空间分异重构。第四类,通过计算机模拟模拟理论模型。如陶海燕等(2007)学者通过 Java-swarm 仿真技术,对社会空间分异采取“自下而上”多智能体建模,比较不同差异系数对居住空间的分异过程所产生的影响;刘小平等(2010)利用多智能体系统(Multi-Agent System)对广州市海珠区居民的居住区位决策进行模拟,对居住空间分异过程进行了一次实证性模拟演化实验。除对空间分异指数本身的研究外,在研究对象的选取上,国内学者尝试从宏观和微观两个角度出发对社会空间分异进行定量化研究。宏观尺度上,李敏纳等(2010)通过计算全国范围公共社会服务 D 指数探讨其时空变化;微观尺度上, Li 等(2008)、Wu 等(2014)通过居委会尺度的普查数据计算社会空间分异指数研究微观空间下社会空间分异;吕露光(2005)通过调查研究 15 个居住区计算居住隔离指数。

与国外相比,中国社会空间分异研究发展阶段较少,时间较短,在很多方面的研究仍然落后,特别

是在社会空间分异指标的修正、空间分异概念建模以及空间分异指标在宏/微观尺度层面贡献率方面,中国相关研究相对较少。在实证研究方面,由于社会空间分异指数的使用不统一,导致相互之间的研究缺乏可比性,而且由于国内没有相关文章对社会空间分异进行统一梳理,一些学者在使用的某些社会空间分异指数进行研究时,并没有注意到这些指数局限性和适用范围。在空间分异测度应用上,国外关于隔离的应用研究主要集中在其热点话题上,如种族、医疗、教育问题等,国内研究则侧重于对空间差异的探讨和描述,与国外相比,缺乏进一步将空间分异指标作为一种工具,从空间分异的视角切入探讨社会热点,如研究社会空间分异与人群幸福感、社区犯罪率、新型城市化发展或疾病发生率的关系等。

## 5 结论与讨论

社会空间分异指标在对空间分异进行定量化和标准化的过程中具有重要作用。在社会空间分异研究中,对空间分异度的评估和对分异状态的描述始终是空间分异指标研究的关注点。社会空间分异指标由早期简单实用的指标逐渐演化成多维度、多群体的、空间性的指标变量,指标研究的视角也逐渐由宏观研究转向微观研究,由斑块状的研究转向栅格插值研究,由实体空间转向网络空间研究,并形成多研究视角。研究不再局限于简单的对整个区域是否存在分异进行阐述,而是逐渐转向对这种相对分异存在的内在意义进行探讨。

虽然社会空间分异指标在国外已构建了庞大的指标体系,但在国内社会空间分异指标性的研究十分稀少,多借用国外一些基础性指标进行评估或通过社会因子分析研究空间分异现象。中国城市的发展和社会空间的矛盾加剧,对社会空间分异的合理评估提出新要求。在引进国外研究成果的同时,国内学者还需要紧跟时代的步伐,特别是现代移动终端和互联网的发展使得数据生产者不再局限于研究人员而变成社会上的每个行为个体,大量多样的数据不断被生产和储存。新的数据形式使得数据尺度缩小到个人尺度层面,结合空间位置技术(GPS, LBS等),可从社会基本单元——个体的层面洞察社会空间分异,从而摆脱人口普查单元的约束,进而从根本上解决棋盘问题。便捷的移动应用

使得收集数据的单位成本降低,从而使得基于个体层面数据不再是传统的小样本数据,而可以是基于整个用户群体的大规模数据,新的数据形式同时也需要新的社会空间分异测算方法提供支持,这是一个需要填补的研究漏洞。基于地理位置的社交网络发展,也使得社会空间分异研究可以从实体空间的接触性探讨转为虚拟空间的潜在接触性探讨,从物理空间隔离延伸到赛博空间隔离(Cyber-Segregation)。社交网络和移动端的快速普及使得社会空间发生新的重组,更多的线下交流转为线上交流,在新的环境背景下社会空间分异研究应该更多地关注跨空间的交互性而非实体空间的地域性。同时,随着国家逐步增加新的统计数据以及地方信息公开化的步伐加快,数字信息化和大数据时代到来,对社会空间指标检验研究也将提供更好的数据支持。

## 参考文献(References)

- 樊福才. 2008. 黄河流域城市经济空间分异与发展研究[D]. 开封: 河南大学: 28-29. [Fan F C. 2008. Spatial differences of urban economics and development in the drainage areas of Yellow River[D]. Kaifeng, China: Henan University: 28-29.]
- 冯健, 周一星. 2008. 转型期北京社会空间分异重构[J]. 地理学报, 63(8): 829-844. [Feng J, Zhou Y X. 2008. Restructuring of socio-spatial differentiation in Beijing in the transition period[J]. Acta Geographica Sinica, 63(8): 829-844.]
- 弗里茨·马克卢普. 2007. 美国的知识生产与分配[M]. 孙耀君, 译. 北京: 中国人民大学出版社. [Fritz M. 2007. The production and distribution of knowledge in the United States[M]. Sun Y J, Trans.. Beijing, China: China Renmin University Press]
- 顾朝林, C·克斯特洛德. 1997. 北京社会极化与空间分异研究[J]. 地理学报, 52(5): 387-393. [Gu C L, Kesteloot C. 1997. Social polarization and segregation phenomenon in Beijing[J]. Acta Geographica Sinica, 52(5): 387-393.]
- 黄正良, 钟慧润. 2011. 西安市土地利用空间分异研究[J]. 地域研究与开发, 30(4): 108-111. [Huang Z L, Zhong H R. 2011. Researches on the spatial variation of land utilization in Xi'an City[J]. Areal Research and Development, 30(4): 108-111.]
- 李敏纳, 覃成林. 2010. 中国社会性公共服务空间分异研究[J]. 人文地理, 25(1): 26-30. [Li M N, Qin C L. 2010. Spatial differentiation of social public services in China[J]. Human Geography, 25(1): 26-30.]

- 李志刚, 吴缚龙. 2006. 转型期上海社会空间分异研究[J]. 地理学报, 61(2): 199-211. [Li Z G, Wu F L. 2006. Socio-spatial differentiation in transitional Shanghai[J]. Acta Geographica Sinica, 61(2): 199-211.]
- 刘旺, 张文忠. 2004. 国内外城市居住空间研究的回顾与展望[J]. 人文地理, 19(3): 6-11. [Liu W, Zhang W Z. 2004. Review and prospect of the research on urban residential spatial structure[J]. Human Geography, 19(3): 6-11.]
- 刘小平, 黎夏, 陈逸敏, 等. 2010. 基于多智能体的居住区位空间选择模型[J]. 地理学报, 65(6): 695-707. [Liu X P, Li X, Chen Y M. 2010. Agent-based model of residential location[J]. Acta Geographica Sinica, 65(6): 695-707.]
- 吕露光. 2005. 从分异隔离走向和谐交往: 城市社会交往研究[J]. 学术界, 112(3): 106-114. [Lv L G. 2005. From the difference of isolation to harmonious communication: research on city social intercourse[J]. Academics in China, 112(3): 106-114.]
- 宋伟轩, 徐昀, 王丽晔, 等. 2011. 近代南京城市社会空间结构: 基于1936年南京城市人口调查数据的分析[J]. 地理学报, 66(6): 771-784. [Song W X, Xu D, Wang L Y. 2011. Urban socio-spatial structure of Nanjing during the modern era: analysis based on the data of urban population investigation in 1936[J]. Acta Geographica Sinica, 66(6): 771-784.]
- 孙斌栋, 吴雅菲. 2008. 上海居住空间分异的实证分析与城市规划应对策略[J]. 上海经济研究, (12): 3-10. [Sun F D, Wu Y F. 2008. Residential spatial differentiation in Shanghai and city planning strategy[J]. Shanghai Economic Review, (12): 3-10.]
- 陶海燕, 黎夏, 陈晓翔, 等. 2007. 基于多智能体的地理空间分异现象模拟: 以城市居住空间演变为例[J]. 地理学报, 62(6): 579-588. [Tao H Y, Li X, Chen X X, et al. 2007. Method exploration of geographical spatial differentiation based on multi-agent: a case study of urban residential simulations[J]. Acta Geographica Sinica, 62(6): 579-588.]
- 藤田昌久, 保罗·克鲁格曼, 安东尼·维纳布尔斯. 2005. 空间经济学: 城市、区域与国际贸易[M]. 梁琦, 译. 北京: 中国人民大学出版社. [Fujita M, Krugman P R, Venables A J. 2005. The spatial economy: cities, regions and international trade[M]. Liang Q, Trans.. Beijing, China: China Renmin University Press.]
- 魏立华, 丛艳国, 李志刚, 等. 2007. 20世纪90年代广州市从业人员的社会空间分异[J]. 地理学报, 62(4): 407-417. [Wei L H, Cong Y G, Li Z G. 2007. Socio-spatial differentiation of professionals of Guangzhou in the 1990s[J]. Acta Geographica Sinica, 62(4): 407-417.]
- 徐卞融, 吴晓. 2010. 基于“居住—就业”视角的南京市流动人口空间分异研究[J]. 规划师, 26(7): 113-120. [Xu B R, Wu X. 2010. Residence-employment based transient population: Nanjing study[J]. Planners, 26(7): 113-120.]
- 许学强, 胡华颖. 1989. 广州市社会空间结构的因子生态分析[J]. 地理学报, 44(4): 385-399. [Xu X Q, Hu H Y. 1989. A factorial ecological study of social spatial structure in Guangzhou[J]. Acta Geographica Sinica, 44(4): 385-399.]
- 杨上广, 王春兰. 2006. 上海城市居住空间分异的社会学研究[J]. 社会, 26(6): 117-137. [Yang S G, Wang C L. 2006. A sociological study on the differentiation of the urban residential space in Shanghai[J]. Society, 26(6): 117-137.]
- 杨永亮. 2013. 长三角地区生产性服务业空间分异及其影响因素研究[D]. 杭州: 浙江财经学院. [Yang Y L. 2013. The features and influential factors of the spatial difference of producer services in the Yangtze River Delta[D]. Hangzhou, China: Zhejiang University of Finance and Economics.]
- 虞蔚. 1986a. 城市社会空间的研究与规划[J]. 城市规划, (6): 25-28. [Yu W. 1986a. Research and planning of city social space[J]. City Planning Review, (6): 25-28.]
- 虞蔚. 1986b. 西方城市地理学中的因子生态分析[J]. 国外人文地理, (2): 36-39. [Yu W. 1986b. Factorial ecology analysis in the western city geography[J]. Foreign Human Geography, (2): 36-39.]
- 余军, 陈俊红, 杨巍. 2012. 北京沟域经济空间分异格局与优化途径研究[J]. 广东农业科学, (19): 216-219. [Yu J, Chen J H, Yang W. 2012. The study about the economy development spatial differentiation pattern and structure optimal path of Beijing's mountainous valley gully[J]. Guangdong Agricultural Sciences, (19): 216-219.]
- 约翰·弗农·亨德森, 雅克·弗朗索瓦·蒂斯. 2012. 区域和城市经济学手册(第四卷): 城市和地理[M]. 郝寿义, 孙兵, 译. 北京: 经济科学出版社. [John F H, Thisse J F. 2012. Handbooks in regional and urban economics (version 4): cities and geography[M]. Hao S Y, Sun B, Trans.. Beijing, China: Economic Science Press.]
- 郑静, 许学强, 陈浩光. 1995. 广州市社会空间的因子生态再分析[J]. 地理研究, 14(2): 15-26. [Zheng J, Xu X Q, Chen H G. 1995. An ecological reanalysis on the factors related to social spatial structure in Guangzhou City[J]. Geographical Research, 14(2): 15-26.]
- Allen R, Burgess S M, Windmeijer F A. 2009. More reliable inference for segregation indices[M]. Bristol, Glos, UK: Centre for Market and Public Organisation: 216-217.
- Anselin L. 1995. Local indicators of spatial association—LISA

- [J]. *Geographical Analysis*, 27(2): 93-115.
- Apparicio P, Petkevitch V, Charron M. 2008. Segregation analyzer: a C#. Net application for calculating residential segregation indices[J/OL]. 2008-02-26[2014-10-21]. <http://cybergeog.revues.org/16443>.
- Apparicio P, Martori J C, Pearson A L, et al. 2013. An open-source software for calculating indices of urban residential segregation[J/OL]. 2013-10-07[2014-10-21]. <http://ssc.sagepub.com/content/early/2013/10/09/0894439313504539.abstract>.
- Atkinson A B. 1970. On the measures of inequality[J]. *Journal of Economic Theory*, 2(3): 244-263.
- Bell W. 1954. A probability model for the measurement of ecological segregation[J]. *Social Forces*, (32): 337-364.
- Blau P M. 1977. *Inequality and heterogeneity: a primitive theory of social structure*[M]. New York, NY: Free Press.
- Blumenstock J, Fratamico L. 2013. Social and spatial ethnic segregation: a framework for analyzing segregation with large-scale spatial network data[C]. *Proceedings of the 4th Annual Symposium on Computing for Development*. Association for Computing Machinery: 11.
- Buhai S, Van L M. 2008. *A social network analysis of occupational segregation*[R]. Amsterdam, Netherlands: Tinbergen Institute.
- Crooks A T. 2010. Constructing and implementing an agent-based model of residential segregation through vector GIS [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(5): 661-675.
- Cutler D M, Glaeser E L, Vigdor J. 1999. The rise and decline of the American ghetto[J]. *Journal of Political Economy*, 107(3): 455-506.
- Dawkins C J. 2004. Measuring the spatial pattern of residential segregation[J]. *Urban Studies*, 41(4): 833-851.
- Derek G, Ron J, Geraldine P. 2009. *The dictionary of human geography*[M]. Oxford, UK: John Wiley & Sons: 673-674.
- Duncan O D. 1961. Statistical geography: problems in analyzing area data[J]. Free Press, 56: 1011-1013.
- Duncan O D, Duncan B. 1955a. A methodological analysis of segregation indexes[J]. *American Sociological Review*, 20(2): 210-217.
- Duncan O D, Duncan B. 1955b. Residential distribution and occupational stratification[J]. *American Journal of Sociology*, 60(5): 493-503.
- Fang J, Madhavan S, Bosworth W, et al. 1998. Residential segregation and mortality in New York City[J]. *Social Science & Medicine*, 47(4): 469-476.
- Feitosa F F, Camara G, Monteiro A M V, et al. 2007. Global and local spatial indices of urban segregation[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 21(3): 299-323.
- Fotheringham A S. 1997. Trends in quantitative methods I: stressing the local[J]. *Progress in Human Geography*, 21(1), 88-96.
- Gini C. 1921. Measurement of inequality of incomes[J]. *The Economic Journal*, 31: 124-126.
- Grannis R. 2002. Discussion: segregation indices and their functional inputs[J]. *Sociological Methodology*, 32(1): 69-84.
- Harvey D. 1973. *Social justice and the city*[M]. Oxford, UK: Basil Blackwell: 120-152.
- Jahn J, Schmid C F, Schrag C. 1947. The measurement of ecological segregation[J]. *American Sociological Review*, 12(3): 293-303.
- Jakubs J F. 1981. A distance-based segregation index[J]. *Socio-economic Planning Sciences*, 15(3): 129-136.
- Jargowsky P A. 1996. Take the money and run: economic segregation in US metropolitan areas[J]. *American Sociological Review*, 61(6): 984-998.
- Johnston R, Poulsen M, Forrest J. 2007. Ethnic and racial segregation in US metropolitan areas, 1980-2000 the dimensions of segregation revisited[J]. *Urban Affairs Review*, 42(4): 479-504.
- Jones A. 2013. Segregation and cardiovascular illness: the role of individual and metropolitan socioeconomic status[J]. *Health Place*, 22(1): 56-67.
- Kaplan D H, Holloway S R. 2001. Scaling ethnic segregation: causal processes and contingent outcomes in Chinese residential patterns[J]. *GeoJournal*, 53(1): 59-70.
- Katz J. 1973. *Out of the Ghetto: the social background of Jewish emancipation, 1770-1870*[M]. New York, NY: Syracuse University Press.
- Kramer M R, Hogue C R. 2009. Is segregation bad for your health[J]. *Epidemiologic Reviews*, 31(1): 178-194.
- Li Z G, Wu F L. 2008. Tenure-based residential segregation in post-reform Chinese cities: a case study of Shanghai[J]. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 33(3): 404-419.
- Logan J R, Bian Y, Bian F. 1999. Housing inequality in urban China in the 1990s[J]. *International Journal of Urban and Regional Research*, 23(1): 7-25.
- Logan J. 2011. *The new Chinese city: globalization and market reform*[M]. Oxford, UK: John Wiley & Sons.
- Morgan B S. 1975. The segregation of socio-economic groups in urban areas: a comparative analysis[J]. *Urban Studies*,

- 12(1): 47-60.
- Massey D S, Denton N A. 1988. The dimensions of residential segregation[J]. *Social Forces*, 67(2): 281-315.
- Massey D S, Denton N A. 1989. Hypersegregation in US metropolitan areas: black and hispanic segregation along five dimensions[J]. *Demography*, 26(3): 373-391.
- Massey D S, Eggers M L. 1993. The spatial concentration of affluence and poverty during the 1970s[J]. *Urban Affairs Review*, 29(2): 299-315.
- Massey D S. 2012. Reflections on the dimensions of segregation[J]. *Social Forces*, 91(1): 39-43.
- Morgan B S. 1983a. A distance-decay based interaction index to measure residential segregation[J]. *Area*, 15(3): 211-217.
- Morgan B S. 1983b. An alternate approach to the development of a distance-based measure of racial segregation[J]. *American Journal of Sociology*, 88(6): 1237-1249.
- Morrill R L. 1991. On the measure of geographical segregation[J]. *Geography Research Forum*, 11(1): 25-36.
- O'Sullivan D, Wong D W S. 2007. A surface based approach to measuring spatial segregation[J]. *Geographical Analysis*, 39(2): 147-168.
- Pancs R, Vriend N J. 2007. Schelling's spatial proximity model of segregation revisited[J]. *Department of Economics*, 91(1): 1-24.
- Reardon S F. 1998. Measures of racial diversity and segregation in multi-group and hierarchically structured populations[C]. Annual meeting of the Eastern Sociological Society, Philadelphia, PA: William Paterson University.
- Reardon S F, Firebaugh G. 2002. Measures of multi-group segregation[J]. *Sociological Methodology*, 32(1): 33-67.
- Reardon S F, O'Sullivan D. 2004. Measures of spatial segregation[J]. *Sociological Methodology*, 34(1): 121-162.
- Reardon S F, Farrell C R, Matthews S A. 2009. Race and space in the 1990s: changes in the geographic scale of racial residential segregation, 1990-2000[J]. *Social Science Research*, 38(1): 55-70.
- Reardon S F, Matthews S A, O'Sullivan D. 2008. The geographic scale of metropolitan racial segregation[J]. *Demography*, 45(3): 489-514.
- Reskin B. 1993. Sex segregation in the workplace[J]. *Annual Review of Sociology*, 19: 241-270.
- Rothwell J T, Massey D S. 2009. The effect of density zoning on racial segregation in US urban areas[J]. *Urban Affairs Review*, 44(6): 779-806.
- Rothwell J T, Massey D S. 2010. Density zoning and class segregation in US metropolitan areas[J]. *Social Science Quarterly*, 91(5): 1123-1143.
- Sakoda J M. 1981. A generalized index of dissimilarity[J]. *Demography*, 18(2): 245-250.
- Schelling T C. 1971. Dynamic models of segregation[J]. *Journal of Mathematical Sociology*, 1(2): 143-186.
- Slee R. 2001. Social justice and the changing directions in educational research: the case of inclusive education[J]. *International Journal of Inclusive Education*, 5(2): 167-177.
- Sterling D. 1968. Tear down the walls: a history of the American civil rights movement[M]. New York, NY: Doubleday Pages: 240-253.
- Theil H. 1972. Statistical decomposition analysis: with applications in the social and administrative sciences[M]. Amsterdam, Netherlands: North-Holland Publishing Company.
- Theil H, Finizza A J. 1971. A note on the measurement of racial integration of schools by means of informational concepts[J]. *The Journal of Mathematical Sociology*, 1(2): 187-193.
- White M J. 1983. The measurement of spatial segregation[J]. *The American Journal of Sociology*, 88(5): 1008-1018.
- White M J. 1986. Segregation and diversity measures in population distribution[J]. *Population Index*, 52(2): 198-221.
- Wilkerson D A. 1965. School integration, compensatory education and the civil rights movement in the North[J]. *The Journal of Negro Education*, 34(3): 300-309.
- Winship C. 1977. A revaluation of indexes of residential segregation[J]. *Social Forces*, 55(4): 1058-1066.
- Wong D W S. 1993. Spatial indices of segregation[J]. *Urban Studies*, 30(3): 559-572.
- Wong D W S. 1997. Spatial dependency of segregation indices[J]. *The Canadian Geographer/Le Géographe Canadien*, 41(2): 128-136.
- Wong D W S. 1998. Measuring multiethnic spatial segregation[J]. *Urban Geography*, 19(1): 77-87.
- Wong D W S. 1999. Geostatistics as measures of spatial segregation[J]. *Urban Geography*, 20(7): 635-647.
- Wong D W S. 2000. Several fundamentals in implementing spatial statistics in GIS: using centrophoric measures as examples[J]. *Geographic Information Sciences*, 5(2), 163-174.
- Wong D W S. 2002. Modeling local segregation: a spatial interaction approach[J]. *Geographical and Environmental Modelling*, 6(1): 81-97.
- Wong D W S. 2003. Implementing spatial segregation measures in GIS[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27(1): 53-70.
- Wong D W S. 2004. Comparing traditional and spatial segrega-

- tion measures: a spatial scale perspective[J]. *Urban Geography*, 25(1): 66-82.
- Wong D W S. 2006. Changing local segregation of selected US metropolitan areas between 1980 and 2000[R/OL]. 2006- 04- 01[2014- 10- 21]. [http://gesg.gmu.edu/seg/change\\_locseg.pdf](http://gesg.gmu.edu/seg/change_locseg.pdf).
- Wong D W S. 2008. A local multidimensional approach to evaluate changes in segregation[J]. *Urban Geography*, 29(5): 455-472.
- Wong D W S, Lee J. 2005. Statistical analysis of geographic information with ArcView GIS and ArcGIS [M]. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Wong D W S, Shaw S L. 2011. Measuring segregation: an activity space approach[J]. *Journal of Geographical Systems*, 13(2): 127-145.
- Wu Q Y, Cheng J, Chen G, et al. 2014. Socio-spatial differentiation and residential segregation in the Chinese city based on the 2000 community-level census data: a case study of the inner city of Nanjing[J]. *Cities*, 39: 109-119.
- Yen I H, Syme S L. 1999. The social environment and health: a discussion of the epidemiologic literature[J]. *Annual Review of Public Health*, 20(1): 287-308.

## A review of social spatial segregation measurements

SHI Enming<sup>1</sup>, LIU Wangbao<sup>1,2\*</sup>, TANG Yiyao<sup>1</sup>

(School of Geography, South China Normal University, Guangzhou 510631, China; 2. Spatial Behavior and Urban Planning Research Center, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

**Abstract:** Social spatial segregation is a concept of sociality and spatiality. Its measurement directly impacts the validity of the classification of segregation degrees. According to the different focuses of spatial segregation research through its development, the author divides social spatial segregation study into the following stages: the beginning from the 1950s to the 1970s; the multi-dimensional group assessment stage in the 1980s; switching to a spatial focus in the 1990s; multi-modeling and multi-perspective period in the 2000s to date. This review introduces the main features of different approaches, the social background against which the developments occurred, and the main measurement indices and models of each stage. Socio-spatial segregation research started relatively late in China. It can be divided into an early embryonic stage from the 1980s to the 1990s and the vigorous development stage from 2000 to present. Socio-spatial segregation research in China involved mostly empirical studies with aspatial measures of segregation, which cannot solve the modifiable areal unit problem beyond the census tract and thus made little theoretical contribution to the ongoing debates. Segregation research often used more traditional segregation indices, lacking multi-dimensional spatial-correction segregation methods. The papers reviewed were not based on previous research and cross-fertilization did not seem to occur. As a result, a unified paradigm has not appeared. The rapid development of mobile Internet and social network space in the past few years put forward new demands to the social spatial segregation calculation method. On the other hand, location-based personal behavioral data and virtual network-based cyberspace interactive data provide a new perspective for socio-spatial segregation study.

**Key words:** social spatial segregation; measurement; segregation index; review