

区域多维发展综合测度方法及应用

徐 勇^{1,2}, 段 健^{1,2}, 徐小任^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 借鉴国内外区域发展研究从单要素、单指标走向多要素、多指标综合测度的学术思路, 从收入、消费、教育、人口城镇化、交通及生活设施等6个维度选择了12个指标, 建立了多面体法区域多维发展综合测度方法及模型, 改建了适用于区域多维发展综合测度的多边形法和向量和法定量模型, 并与已得到广泛应用的加权求和法一起按县级、地级和省级单元对中国的区域多维发展状况进行了综合测度实证研究。结果表明: 不同维度单项指标值和区域多维发展指数在全国各县级单元之间存在着显著差异; 区域多维发展指数在空间分布上呈现出东部沿海高、中部及北方沿边地区中等、西南及西部沿边地区低的基本格局, 高和较高类型区主要分布在东部沿海、中西部城市以及能矿资源开发地区, 低和较低类型区基本上与国家新认定的集中连片贫困区的分布一致; 按县级、地级和省级不同尺度单元, 借助SPSS和EXCEL软件对4种方法测算结果的相关性分析表明, 多面体法、多边形法、向量和法、加权求和法在实际应用中具有等效性, 选用任何一种方法都能达到区域多维发展综合测度和评价的目的。

关键词: 区域多维发展; 综合测度; 多面体法; 多边形法; 向量和法; 加权求和法; 中国

DOI: 10.11821/dlxb201612005

1 引言

区域发展是经济地理学和区域科学的核心研究领域^[1-2], 定量刻画和评价区域发展水平及差异一直是相关政府部门和学术界高度关注的热点问题^[3-4]。随着研究工作的深入和早期以国民收入、国民生产总值 (GNP) 乃至国内生产总值 (GDP) 等经济单一指标为衡量区域发展水平或差距标准局限性的凸显^[5-6], 人们逐渐认识到健康、教育和公共福利等因素对居民生活的重要性, 研究工作已不再仅仅局限于经济收入对比, 考察对象和指标选取更多地倾向于社会领域^[7]。1975年美国海外发展委员会的Morris博士提出了生活质量指数 (Physical Quality of Life Index, PQLI) 的概念和算法^[8], 选取婴儿死亡率、平均寿命和15岁以上人口识字率三项指标, 采用了等权重加和的方法。PQLI计算简单, 易于理解, 可从一个侧面反映一国或地区的人口健康状况和生活水平^[9], 虽然未能反映全部社会福利, 不具测度“发展”的功效, 但它为综合测度研究提供了一种新的研究思路。1990年联合国开发计划署 (UNDP) 发布的《人类发展报告》, 针对仅采用人均GDP单一指标衡量人类发展的局限性, 首次采用了由巴基斯坦籍经济学家Mahbub ul Haq和印度籍经济学家Amartya Sen提出的人类发展指数 (Human Development Index, HDI)。HDI

收稿日期: 2016-02-29; 修订日期: 2016-09-24

基金项目: 中国科学院重点部署项目 (KZZD-EW-06) [Foundation: Knowledge Innovation Project of the Chinese Academy of Sciences, No.KZZD-EW-06]

作者简介: 徐勇(1964-), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事区域可持续发展、土地利用与人地关系机理模拟、资源环境承载力评价等方面的研究工作。E-mail: xuy@igsnr.ac.cn

通讯作者: 徐小任(1985-), 女, 博士生, 研究方向为区域发展与土地利用评价。E-mail: xuxr.14b@igsnr.ac.cn

2129-2140 页

考虑了健康、教育和国民收入三个要素,测算指标包括人均GDP、预期寿命、成人识字率和综合入学率,测算方法仍然为各指标按照同样权重进行加和计算^[10-11]。HDI在方法论上吸取了PQLI合理的内核,增补了人均GDP,是真正意义上的区域发展综合测度。尽管HDI和PQLI被作为世界通用的测度方法,但自发表或公布以来对它们的改进和完善一直没有停止^[12-14],测度指标从原来的经济、社会扩展到了环境、管理等方面^[15-17],测度对象从以国家为单元扩展到了国家内部的各个地区^[18-19],测度方法虽有进展,但整体上未脱离加权求和的思路。历史地看,国际上关于区域发展的研究呈现为从单要素、单指标走向多要素、多指标综合测度的发展趋势。

在20世纪80年代以前,因经济社会数据的保密性,中国的区域发展的相关研究成果极为少见,规模性的工作始于20世纪80年代中后期。从已有文献看,国内大量已发表的成果多围绕GDP、居民收入等经济单一指标,采用基尼系数、泰尔指数、综合熵指数、变异系数等方法,对全国大区或省级单元开展差距测度及影响因素分析^[20-22]。而与区域发展相关的多要素、多指标以及综合测度方法的研究成果数量较少,但近年已开始陆续见诸于各类出版物,且都取得了不同程度的进步。在区域发展构成要素和指标体系方面,中国科学院“区域发展差距评估与调控”项目组通过对区域发展构成要素进行甄别、归类和属性特征分析,构建了以衡量民生质量为导向的区域发展差距宏观测度指标体系和微观测度指标体系^[23]。在综合测度方法方面,专门针对区域发展的研究成果并不多见,但可供借鉴的诸如加权求和法、向量和法、多边形面积法等定量模型已在相关领域得到了应用,并都取得了良好的效果。HDI是典型的加权求和法,在中国的应用相对较广泛,应用中往往对指标和算法进行了修订和改进^[24-25];向量和法被应用于中国主体功能区划关于国土开发保护综合指数的测算中,即采用开发类指标的向量和与保护类指标的向量和之差值对国土开发保护适宜性进行评价^[26];基于脆弱性—可持续生计分析框架的中国农村多维贫困地理识别是采用多边形面积法进行多指标集成的典型应用^[27],该研究通过针对中国农村的多维贫困地理识别指标体系的构建和多维发展指数计算方法的发展,建立了瞄准精度更高的多维度集成式农村贫困地理识别方法,并对全国农村开展了县域尺度的贫困地理识别和类型划分。总体看,国内关于区域发展的定量研究仍以单要素、单指标为主,相关领域的多要素、多指标综合集成方法可供区域多维发展综合测度借鉴。

本文试借鉴国内外相关领域已在应用的基于多要素多指标的综合集成测度方法的学术思想,针对区域发展经济、社会和人居环境等核心构成要素,根据数据可得性选取收入、消费、教育、人口城镇化、交通和生活设施等指标,围绕区域多维发展综合指标建立多面体法以及修改引进多边形法、向量和法和加权求和法等不同定量模型,进而以县级、地级和省级行政区为单元对中国的区域多维发展进行综合测度实证应用研究。研究的主要目的在于:一是建立和改进适用于区域多维发展的综合测度定量模型;二是从多要素多指标集成视角,测度分析中国区域发展的空间差异状况;三是针对“实践应用中该选择哪种方法”的疑问,通过实证应用,对比不同模型结果的异同性,为开展区域多维发展综合测度研究提供方法选择依据;四是通过对综合测度结果与人均GDP等通常采用的单指标的相关性分析,验证人均GDP是否具有代替综合指标的功效。

2 指标及方法

2.1 测度指标

区域发展的概念有狭义和广义之分,两者的最大区别在于对内涵构成要素的认定。

狭义的区域发展仅指经济发展，而广义的区域发展即指区域多维发展，在要素构成中增加了社会发展和人居环境的成分。区域多维发展是指一个国家或地区在经济、社会和人
居环境等不同方面或整体上的发展进步程度，其发展进步程度的高低，可通过区域多维
发展指数（Regional Multi-dimensional Development Index, RMDI）进行表征。这个定义
概括了区域多维发展的5个属性特征：① 区域性，指具有一定边界范围的空间，可以是
行政单元，也可以是自然单元；② 对象性，即构成要素，指区域内的经济、社会及人
居环境等；③ 发展性，是指对处在动态发展过程中的构成要素的阶段特征进行比较；
④ 整体性，即整体和不同方面，强调从整体的角度或从构成整体的某个方面进行对比；
⑤ 差异性，比差距含义更广泛，差距是指差异的程度，是对差异的量化表达。按照区域
多维发展内涵构成要素分为经济、社会、人居环境三大类的划分方法（表1），本研究在
参考区域发展测度指标体系相关文献^[23, 28]的基础上，遵从测度指标的科学性、整体性、
层序性、尤其是数据可获得性等原则，选取居民收入水平、居民消费水平表征经济发展
程度；选取劳动力受教育程度、人口城镇化水平反映社会发展水平；选取交通发展水
平、住房内生活设施配置水平刻画人居环境质量。

表1 区域多维发展测度指标构成
Tab. 1 Indices of regional multi-dimensional development measure

构成要素	指标项	隶属指标	计算公式及说明
经济	居民收入水平(I)	城镇居民人均可支配收入(I_c)	$I = I_c \times \beta + I_r \times (1 - \beta) + I_f$
		农村居民人均纯收入(I_r)	
		人均地方财政一般预算收入(I_f)	
社会	居民消费水平(C)	人均城乡社会消费品零售总额	$F = \frac{1}{4}(F_w + F_k + F_r + F_b)$
		劳动力受教育程度(E)	
		适龄人口平均受教育年限	
人居环境	人口城镇化水平(U)	人口城镇化率(β)	指标数据为标准化后值
		住房内管道自来水配置率(F_w)	
		住房内厨房配置率(F_k)	
		住房内厕所配置率(F_r)	
		住房内洗澡设施配置率(F_b)	
	住房内生活设施配置水平(F)	交通用地占土地总面积比重(T_a)	$T = \frac{1}{2}(T_a + T_b)$
		交通优势度 ^[29] (T_b)	
	交通发展水平(T)		指标数据为标准化后值

2.2 综合测度方法

(1) 多面体法

多面体法是一种以多面体内的固定点（亦称原点）与各顶点连接形成的线段代表各
指标项，以线段长度代表对应指标项值的大小，以多面体体积作为区域多维发展指数
值的综合测度方法。由6个指标项构成的八面体如图1所示， O 为原点， OE 、 OU 、 OT 、
 OF 分别代表劳动力受教育程度、人口城镇化率、交通发展水平和住房内生活设施配置
水平， α 为它们之间的夹角（ $\alpha = 360^\circ/4$ ）； OI 、 OC 垂直于四边形 $EUTF$ ，分别代表居民收入
水平和居民消费水平；则这个八面体的体积即被定义为区域多维发展指数（ $RMDI_v$ ），
计算公式为：

$$RMDI_v = \frac{1}{6} \sin \alpha (a_E \times a_U + a_U \times a_T + a_T \times a_F + a_F \times a_E) \times (a_I + a_C) \tag{1}$$

式中： a_E 为劳动力受教育程度标准化值； a_U 为人口城镇化率标准化值； a_T 为交通发展水
平数值（ $a_T = T$ ）； a_F 为住房内生活设施配置水平数值（ $a_F = F$ ）； a_I 为居民收入水平标准化

值; a_c 为居民消费水平标准化值。

(2) 多边形法

多边形法分为序排列多边形和全排列多边形两种方法。序排列多边形面积法是以某固定点为共点的多条线段向外延伸, 形成多边形, 共点的多条线段分别代表特定指标项, 线段长度为对应指标项值, 以序排列方式计算共点的相邻线段形成的各三角形面积, 得到多边形面积, 并以多边形面积作为综合指数的值。与全排列多边形法相比^[27], 该方法各指标项所对应的线段固定, 便于单元之间直观对比, 利于图形表达。由6个指标项构成的六边形如图2所示, O 为原点, OI 、 OC 、 OE 、 OU 、 OT 、 OF 分别代表居民收入水平、居民消费水平、劳动力受教育程度、人口城镇化率、交通发展水平和住房内生活设施配置水平, α 为它们之间的夹角 ($\alpha=360^\circ/6$); 则这个六边形的面积即被定义为区域多维发展指数 ($RMDI_A$), 计算公式为:

$$RMDI_A = \frac{1}{2} \sin \alpha (a_I \times a_C + a_C \times a_E + a_E \times a_U + a_U \times a_T + a_T \times a_F + a_F \times a_I) \quad (2)$$

式中: 各符号含义同公式 (1)。

(3) 向量和法

向量和法主要是将每个指标项视为一个向量, 向量模为对应的指标项值, 则各指标项对应向量的向量和即为区域多维发展指数 ($RMDI_M$)。与多面体法和多边形法相比, 向量和法相对较为简单。基于向量和法的区域多维发展指数的计算公式如下:

$$RMDI_M = \sqrt{a_I^2 + a_C^2 + a_E^2 + a_U^2 + a_T^2 + a_F^2} \quad (3)$$

式中: 各符号含义同公式 (1)。

(4) 加权求和法

加权求和法是目前区域多维发展综合测度常用的方法, HDI 和 PQLI 都是典型的加权求和法。采用等权重加权求和法的区域多维发展指数 ($RMDI_W$) 的计算方法如下:

$$RMDI_W = \frac{1}{6} (a_I + a_C + a_E + a_U + a_T + a_F) \quad (4)$$

式中: 各符号含义同公式 (1)。

2.3 研究数据及来源

研究中涉及到全国 31 个省、市、自治区 (不含港澳台地区) 县级、地级等不同尺度单元的人口、收入、消费、教育、人口城镇化、生活设施和交通等 10 余项指标数据。其中, 城镇居民人均可支配收入、农村居民人均纯收入、地方财政一般预算收入、城乡社会消费品零售总额等数据来源于 2011 年《中国区域经济统计年鉴》(缺西藏全区和新疆个别县级市数据); 适龄人口平均受教育年限、人口城镇化率以及住房内管道自来水配置

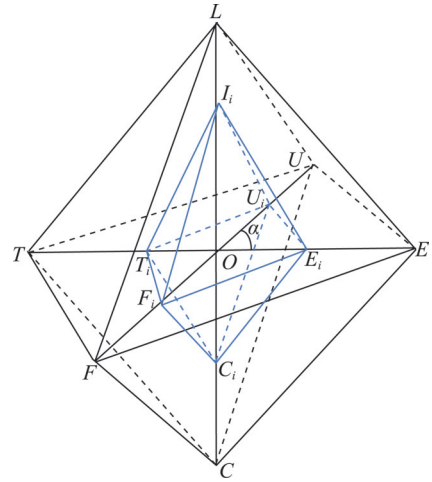


图1 区域多维发展指数
八面体法示意图

Fig. 1 Octahedron method sketches of regional multi-dimension development index

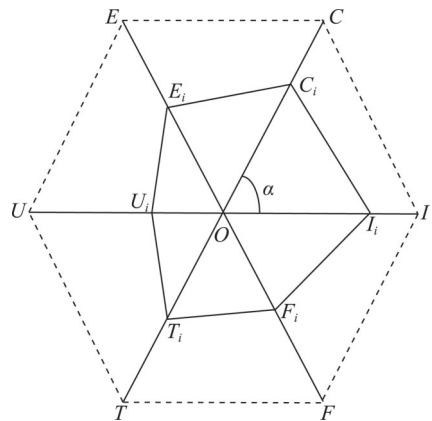


图2 区域多维发展指数六边形法示意图

Fig. 2 Hexagon method sketches of regional multi-dimension development index

率、厨房配置率、厕所配置率、洗澡设施配置率等数据来源于《中国2010年人口普查分县资料》(管道自来水等住房内设施配置率为县级、地级等不同尺度单元抽样户数中拥有设施的家庭户数所占的比例,抽样户数为对应评价单元总家庭户数的10%);交通用地面积数据来自国土资源部2008年全国分县土地利用现状台账数据,交通优势度数据来自《全国主体功能区规划》^[30];县级行政区界线来源于民政部2004年版行政区划图。需要特别说明的是西藏各县级单元的收入和消费数据来源于自治区统计局,新疆石河子市、阿拉尔市、图木舒克市和五家渠市的数据分别来源于该市《“十二五”国民经济和社会发展规划》报告。

3 应用实例

3.1 单项分析

根据居民人均收入、人均城乡社会消费品零售总额、适龄人口受教育年限(15~69岁)、人口城镇化率的标准化数据(采用极大值标准化方法,标准化数据在[0, 1]之间)以及住房内生活设施配置水平指数和交通发展水平指数,分别按照自然断裂法将全国划分为高、较高、中等、较低、低5个等级类型(图3)。

2010年全国居民收入水平等级类型在空间分布上呈现出沿海和北方沿边高、西南及西部沿边低的总体格局。高类型区主要集中于京津、长三角、珠三角以及内蒙古的呼和浩特市、鄂尔多斯市等地区。较高类型区主要分布于高类型区的周围,另外,山东沿海和中部地区、内蒙古西部及大兴安岭以西地区、新青陇接壤地区、各省会城市市辖区及其周围地区等也有分布。中等类型区分布范围较广,东中西部地区均有分布。较低类型区主要分布于中西部地区,在大兴安岭以东地区经冀北和太行山区向南延伸至豫皖地区、陕南、川北、藏东南等呈成片分布。低类型区主要集中于西部地区,包括新疆西南部、陇南、藏北高原、黔湘武陵山区以及川青藏接壤地区等。

2010年全国居民消费水平在空间上呈现出东部沿海高、西北与西南低的空间分布格局。高类型区相对集中于京津、长三角、珠三角、山东半岛以及全国主要城市市辖区。较高类型区更多集中于高类型区的周围地区,除成片分布于京津、长三角、珠三角、山东及内蒙古中西部外,东北地区、鄂、闽等呈斑块状分布。中等类型区分布范围较广,各省区均有分布。较低类型区主要分布于中西部地区,在云贵大部、黄土高原、广西大部、湘西、赣南、川西、西藏沿边地区、新疆天山以北地区等呈团块状分布。低类型区分布比较集中,大片分布于西藏大部、青海南部、新疆南部等地区。

2010年全国劳动力受教育程度在空间上呈现出北方及东部高、西南低的分布趋势。高类型区分布比较分散且范围广泛,主要分布于全国主要城市市辖区以及蒙青新接壤地区。较高类型区成片分布于北方地区,尤其是北方沿边地区、新疆大部以及黄土高原中东部等地区,另外,长江中游地区也呈斑块状分布。中等类型区广泛分布于东、中部和东北地区。较低类型区主要集中分布于西部地区,包括云贵高原、陇青川接壤地区以及西藏南部沿边地区等。低类型区集中分布于青藏高原及川西等地区。

2010年全国人口城镇化水平在空间上呈现出北方沿边、东部沿海高,中部区域次之,西南地区低的分布格局。高类型区除零散分布于全国主要城市市辖区外,还呈条带状分布于大兴安岭周围部分地区。较高类型区主要集中于沿海、沿边地区,成片分布于京津、长三角、珠三角以及东北和内蒙古沿边地区,零散分布于其他地区的市辖区。中等类型区分布广泛,相对集中于黄淮海平原、长江中下游平原、江南丘陵、河西走廊、

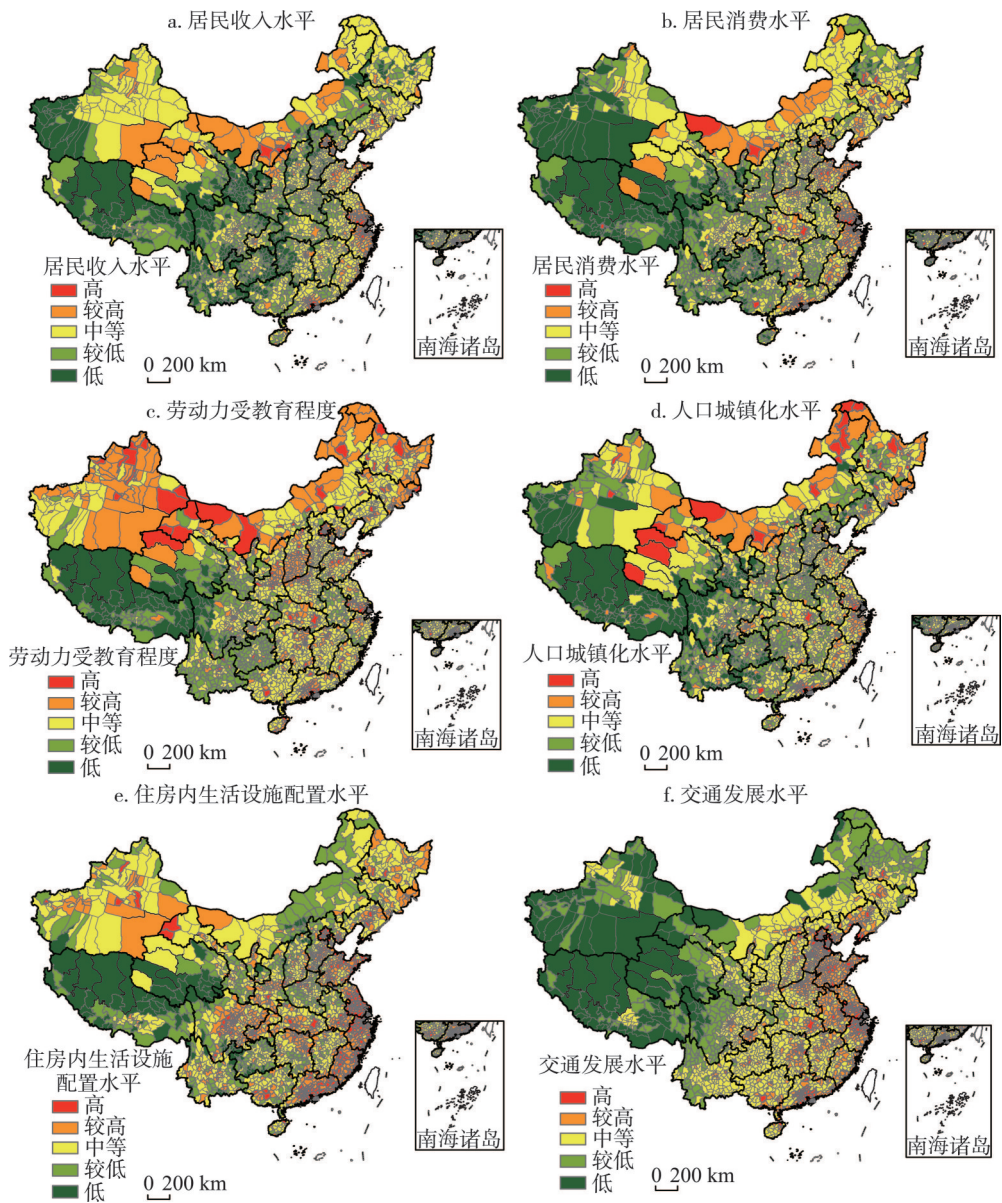


图3 2010年中国区域多维发展单项指标空间差异状况

Fig. 3 Single-index spatial difference of multi-dimensional development in China, 2010

新疆东部、青海部分地区等。较低类型区除东部沿海地区外，在中部、东北和西部均有分布。低类型区主要分布于西部地区，尤其以西藏、新疆西南部、川西北、陇南等地区最为集中。

2010年全国居民住房内生活设施配置水平在空间分布上呈现出东部沿海及长江沿岸高、西南及内蒙古西部低的总体格局。高类型区主要分布在东部沿海地区，长江沿线及新疆、东北等地区有零散分布。较高类型区在空间分布上与高类型区基本一致。中等类型区分布较为分散，相对集中于东北、新疆、内蒙古西部、河西走廊、青海西部以及赣、桂、滇等地区。较低类型区主要分布于中、西部地区，成片集中于内蒙古东部、黄土高原、青藏高原周边以及滇、桂、黔、豫等省区。低类型区主要集中于西南地区，大

片分布于藏北青南高原地区, 云贵高原和黄土高原有零星分布。

2010年全国交通发展水平在空间上呈现出东、中、西依次递减的分布趋势。高类型区呈团块状分布于京津冀、长三角和珠三角三大城市群地区, 零散分布于贺兰山—龙门山—景洪一线以东的主要城市地区。较高类型区成片分布于黄淮海和长江中下游平原地区, 呈条带状分布于京广、京哈、陇海、京包等主要交通干线沿线地区。中等类型区由东北地区中部经内蒙中部、黄土高原向南至四川盆地、鄂、湘西、黔、滇、桂形成大片集中区。较低类型区主要分布于黑龙江、内蒙古东部、川西、滇西以及陇青接壤地区。低类型区主要分布于贺兰山—龙门山—景洪一线以西的西藏、新疆和青海等省区境内, 内蒙古沿边也有零星分布。

3.2 综合分析

(1) 基于多面体法的区域多维发展综合测度

运用多面体法计算得出, 全国2376个县级单元的区域多维发展指数平均值为0.0516, 最高值与最低值分别为北京市西城区1.0357和西藏仲巴县0.0003, 各县级单元之间的区域发展差距较大。根据计算出的区域多维发展指数, 按照自然断裂法将全国划分为高、较高、中等、较低、低5个等级类型(图4), 各等级类型在空间上呈现出东部沿海高、中部及北方沿边地区中等、西南及西部沿边地区低的分布格局。高类型区主要分布于京津、长三角、珠三角以及贺兰山—龙门山—景洪一线以东主要城市市辖区。较高类型区主要分布于高类型区的周围, 成片分布于京津冀、长三角、珠三角、山东以及内蒙西部和青海西部等地, 其他地区呈零星分布。中等类型区分布范围较广, 东、中、西、东北均有分布, 成片分布于东北、华北平原、长江中下游平原、东南沿海、四川盆地以及新疆中东部等地区。较低类型区主要集中于中、西部地区, 相对集中于大兴安岭以东地区、冀北、黄淮平原西部、武陵山区、秦巴山区以及滇、黔、青海和新疆等地。低类型区主要集中于西部地区, 包括青藏高原、新疆西南部、陇南和云贵高原等。总体上, 东部沿海地区自然地理条件优越, 社会经济发展水平高, 区域多维发展指数处于高、较高或中等等级; 内蒙古西部和青海西部资源能源富集, 相关产业的发展推动了经济发展, 再加上人口分布相对稀疏, 区域多维发展指数处于较高等级; 国家扶贫开发重点县以及集中连片贫困区自然条件恶劣^[27], 社会经济发展基础薄弱, 大部分属于较低或低类型区。

(2) 测度方法结果对比

根据多面体法、多边形法、向量和法、加权求和法4种方法计算出的全国各县级单元区域多维发展指数, 采用SPSS软件分别进行相互之间的相关性分析, 结果显示任意两种方法的结果都在0.01的显著性水平下显著相关。对4种方法计算结果在EXCEL软件下进行两两相关性拟合, 发现它们相互之间都呈现为幂函数关系, 拟合曲线如图5所示。4种方法计算结果之间尽管存在一定差异, 但从总体看相关性极高, 复相关系数均在

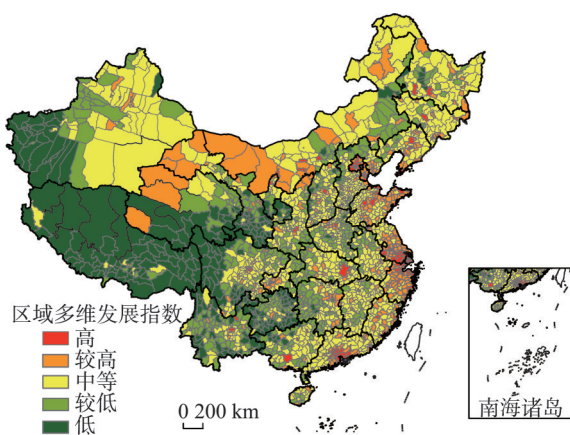


图4 2010年中国区域多维发展指数的空间差异状况

Fig. 4 Spatial difference of regional multi-dimension development index in China, 2010

0.9187以上。由此可以认为,4种方法在县级单元尺度具有等效性。

为验证4种方法在不同尺度单元综合测度方面是否也具有等效性,采用与县级单元相同的指标和方法,分别计算了全国343个地级单元和31个省级单元的区域多维发展指数。4种方法计算结果按地级单元和省级单元分别进行两两相关性拟合(图6,表2),发现地级单元和省级单元的多面体法结果与多边形法结果之间都呈现为线性函数关系,复相关系数分别为0.93和0.9554;地级单元的向量和法结果与加权求和法结果之间符合幂函数关系,复相关系数为0.9838;省级单元的向量和法结果与加权求和法结果之间符合指数函数关系,复相关系数为0.9747;其他方法结果之间均呈现为对数函数关系,复相关

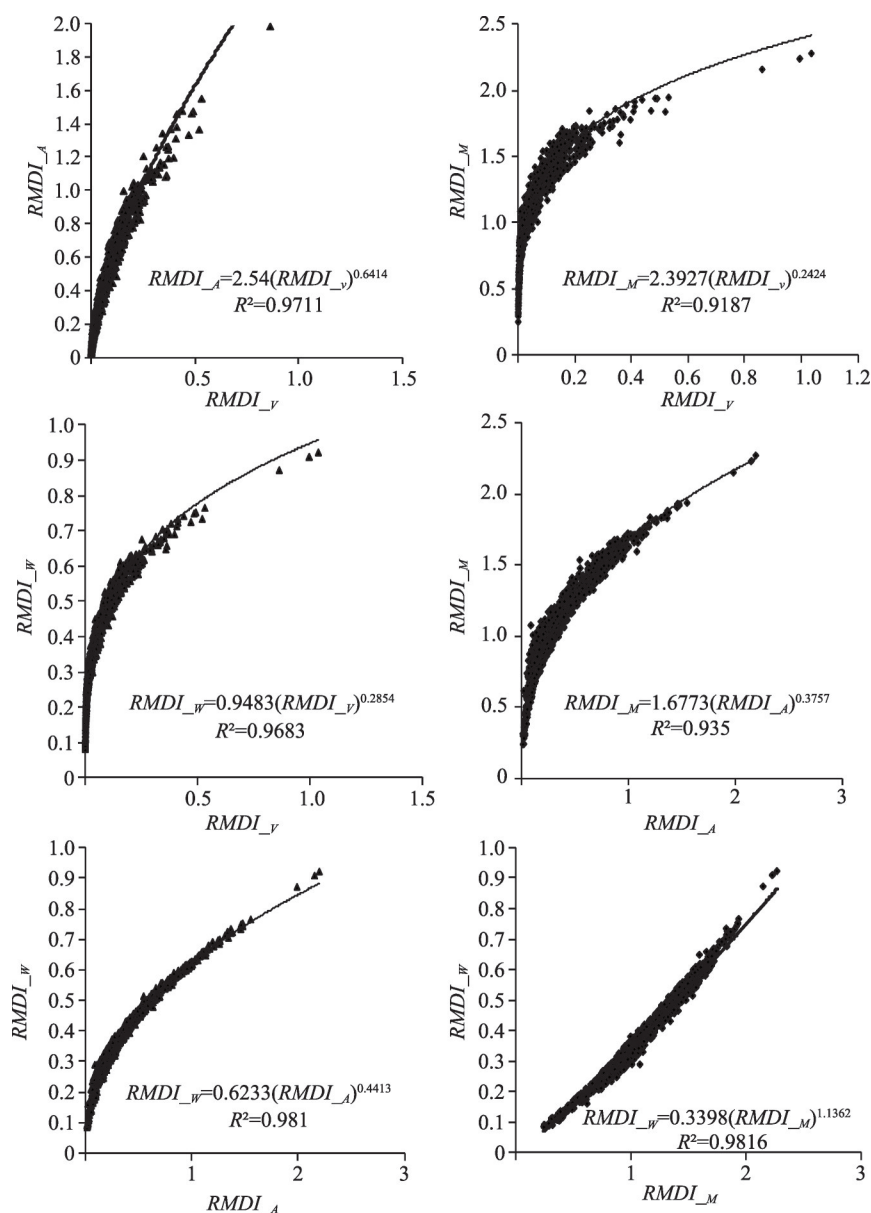


图5 中国县级单元4种测度方法结果的拟合曲线图

Fig. 5 Fitted curves of the results from four measure methods by county in China

系数都在0.9204以上。表明4种方法在地级单元和省级单元的区域多维发展综合测度方面也具有等效性。

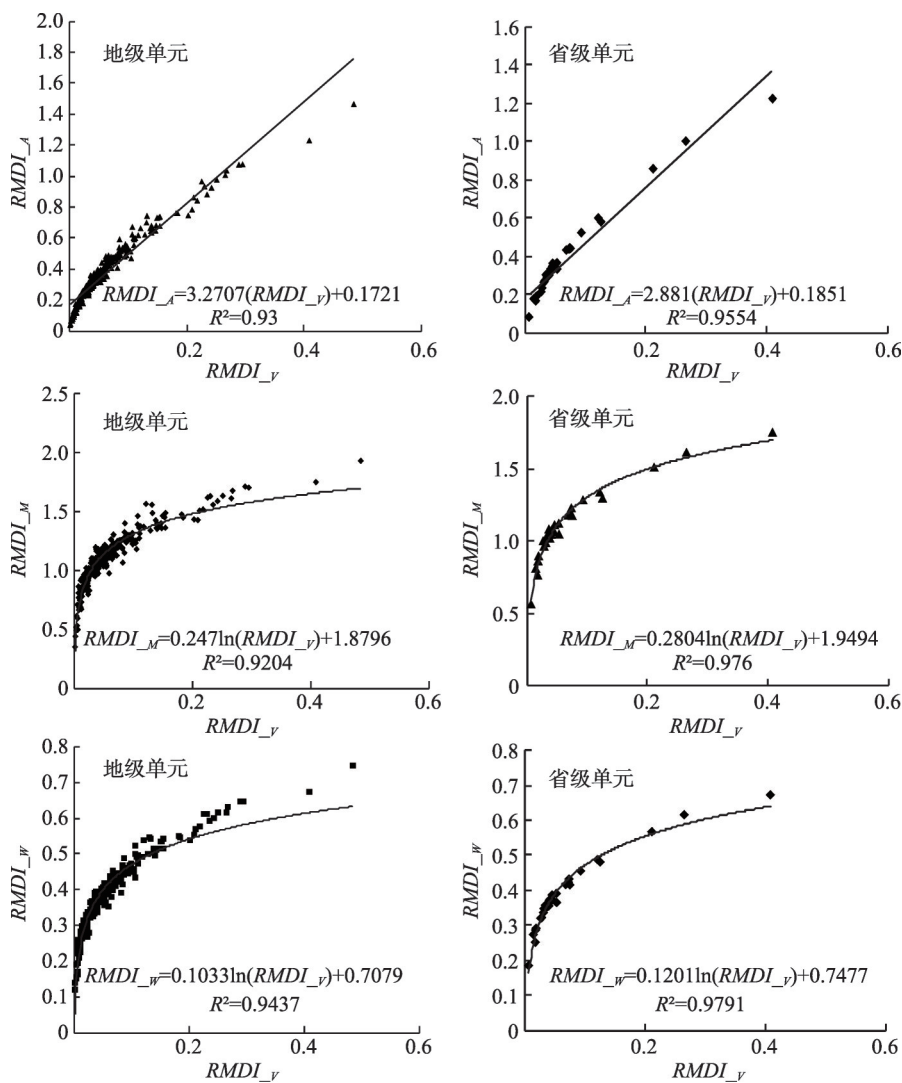


图6 中国地级单元和省级单元4种测度方法结果的拟合曲线图
Fig. 6 Fitted curves of the results from four measure methods by province and city in China

表2 中国地级和省级单元4种测度方法结果的拟合方程及复相关系数

Tab. 2 Fitted equations and multiple correlation coefficients of the results from four measure methods by province and city in China

数据单元	算法对比	拟合方程	复相关系数(R ²)
地级单元	RMDI _A 与RMDI _M	$RMDI_M = 0.3902\ln(RMDI_A) + 1.5412$	0.9322
	RMDI _A 与RMDI _W	$RMDI_W = 0.1624\ln(RMDI_A) + 0.5655$	0.9462
	RMDI _M 与RMDI _W	$RMDI_W = 0.3403(RMDI_M)^{1.1574}$	0.9838
省级单元	RMDI _A 与RMDI _M	$RMDI_M = 0.427\ln(RMDI_A) + 1.567$	0.9721
	RMDI _A 与RMDI _W	$RMDI_W = 0.1821\ln(RMDI_A) + 0.583$	0.9664
	RMDI _M 与RMDI _W	$RMDI_W = 0.1143e^{1.0723(RMDI_M)}$	0.9747

4 讨论和结论

4.1 讨论

(1) 区域多维发展指数与人均GDP相关性分析。区域发展状况通常多采用经济要素指标人均GDP进行衡量。为了验证人均GDP作为综合指标的有效性程度,通过对县级单元采用多面体法的综合测度结果($RMDI_y$)与人均GDP(标准化数据)进行相关性拟合,发现两者之间的相关性并不显著,复相关系数最高的是线性函数(图7),复相关系数为0.4467。表明人均GDP并不具有区域多维发展综合测度的功效。

(2) 环境和生态指标的量化纳入有待进一步深入研究。环境和生态指标如何量化、如何有机纳入区域多维发展综合测度指标体系一直是相关学者高度关注的焦点问题。鉴于目前环境存在大气污染的跨区性、水体污染的局域性、土壤污染的复杂性以及监测数据的不完善性等问题,生态存在类型多样、类型之间缺乏可比性等问题,且无论是环境指标还是生态指标都存在不同程度的量化难题,故研究中未考虑环境和生态指标,这是本文的缺憾。未来的区域多维发展综合测度需要重点探究环境和生态指标的选择和量化算法等难点问题。

4.2 结论

(1) 借鉴国内外区域发展研究从单要素、单指标走向多要素、多指标综合测度的学术思路,从收入、消费、教育、人口城镇化、交通及生活设施等6个维度选择了12个指标,建立了多面体法区域多维发展综合测度方法及模型,改建了适用于区域多维发展综合测度的多边形法和向量和法定量模型,并与已得到广泛应用的加权求和法一起按县级、地级和省级单元对中国的区域多维发展状况进行了综合测度实证研究。总体看,多面体法和多边形法便于可视化表达,向量和法和加权求和法的算法较为简单。

(2) 根据多面体法测算得出的区域多维发展指数,全国各县级单元之间的综合发展水平存在着显著差异。区域多维发展指数在空间上呈现出东部沿海高、中部及北方沿边地区中等、西南及西部沿边地区低的分布格局,高和较高类型区主要分布在东部沿海、中西部城市以及能矿资源开发地区,低和较低类型区基本上与国家新认定的集中连片贫困区的分布一致。

(3) 按县级单元、地级单元和省级单元的4种方法测算结果相关性分析表明,多面体法、多边形法、向量和法、加权求和法在实际应用中具有等效性,选用任何一种方法都能达到区域多维发展综合测度和评价的目的。多面体法综合测度结果与人均GDP相关性拟合结果表明人均GDP并不具有区域多维发展综合测度的功效。

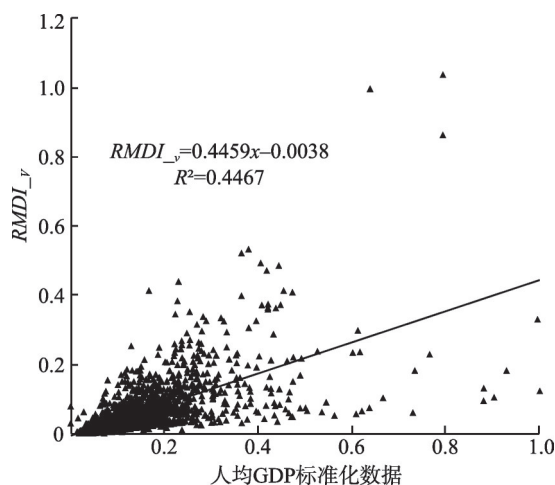


图7 区域多维发展指数($RMDI_y$)与人均GDP的相关性

Fig. 7 Correlation between regional multi-dimensional development index and GDP per capita

参考文献(References)

- [1] Lu Dadao, Liu Weidong. Analysis of geo-factors behind regional development and regional policy in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(6): 487-493. [陆大道, 刘卫东. 论我国区域发展与区域政策的地质基础. *地理科学*, 2000, 20(6): 487-493.]

- [2] Fan Jie, Hong Hui. Recent concerned issues of regional development in China and the interpretations of economic geography. *Economic Geography*, 2012, 32(1): 1-6. [樊杰, 洪辉. 现今中国区域发展值得关注的问题及其经济地理阐释. *经济地理*, 2012, 32(1): 1-6.]
- [3] United Nations. Report on International Definition and Measurement of Standards and Levels of Living. New York: United Nations, 1954.
- [4] Chen Xiushan, Xu Ying. Factors affecting China's regional gap: An empirical study. *Social Sciences in China*, 2004(5): 117-129, 207. [陈秀山, 徐瑛. 中国区域差距影响因素的实证研究. *中国社会科学*, 2004(5): 117-129, 207.]
- [5] Galbraith J K. *The Affluent Society*. Boston: Houghton Mifflin Company, 1958.
- [6] Mishan E J. *The Cost of Economic Growth*. London: Staples Press, 1967.
- [7] Sen A. Welfare, preference and freedom. *Journal of Econometrics*, 1991, 50(1-2): 15-29.
- [8] Morris M D. A physical quality of life index. *Urban Ecology*, 1978, 3(3): 225-240.
- [9] Liang Hong. Applicable appraise for population quality life index. *Chinese Journal of Social Medicine*, 1994(6): 12-13, 16. [梁鸿. 人口质量指数(PQLI)适用性评估. *中国社会医学*, 1994(6): 12-13, 16.]
- [10] UNDP. *Human Development Report 1990*. New York: Oxford University Press, 1990.
- [11] Mahbub ul H. *Reflections on Human Development*. New York: Oxford University Press, 1999.
- [12] Nussbaum M C. *Women and Human Development: The Capabilities Approach*. New York: Cambridge University Press, 2000.
- [13] Noorbakhsh F. A modified human development index. *World Development*, 1998, 26(3): 517-528.
- [14] Grimm M, Harttgen K, Klasen S, et al. A human development index by income groups. *World Development*, 2008, 36(12): 2527-2546.
- [15] Ediger V S, Tatlidil H. Energy as an indicator of human development: A statistical approach. *The Journal of Energy and Development*, 2006, 31(2): 213-232.
- [16] Barro R J, Lee J W. A new data set of educational attainment in the world, 1950-2010. *Journal of Development Economic*, 2010, 104: 184-198.
- [17] Fukuda-Parr S, Lawson-Remer T, Randolph S. An index of economic and social rights fulfillment: Concept and methodology. *Journal of Human Rights*, 2010, 8(3): 195-221.
- [18] Pradhan R, Sanyal G S. Good governance and human development: Evidence from Indian States. *Journal of Social and Development Science*, 2011, 1(1): 1-8.
- [19] Silva R, Ferreira-Lopes A. A Regional Development Index for Portugal. *Social Indicators Research*, 2014, 118(3): 1055-1085.
- [20] Liu Hui. Regional inequality measurement: methods and evaluations. *Geographical Research*, 2006, 25(4): 710-718. [刘慧. 区域差异测度方法与评价. *地理研究*, 2006, 25(4): 710-718.]
- [21] Lin Yifu, Liu Peilin. Chinese development strategy and economic convergence. *Economic Research Journal*, 2003(3): 19-25, 89. [林毅夫, 刘培林. 中国的经济发展战略与地区收入差距. *经济研究*, 2003(3): 19-25, 89.]
- [22] Wang Xiaolu, Fan Gang. Analysis on the regional disparity in China and the influential factors. *Economic Research Journal*, 2004(1): 33-44. [王小鲁, 樊纲. 中国地区差距的变动趋势和影响因素. *经济研究*, 2004(1): 33-44.]
- [23] Xu Yong, Fan Jie. Index system for regional development disparity measurement. *Progress in Geography*, 2014, 33(9): 1159-1166. [徐勇, 樊杰. 区域发展差距测度指标体系探讨. *地理科学进展*, 2014, 33(9): 1159-1166.]
- [24] Lu Kangqiang. Component equilibrium: An improved composite method and its empirical test for HDI. *Statistical Research*, 2012, 29(10): 45-51. [陆康强. 要素均衡: 人类发展指数的算法改进与实证研究. *统计研究*, 2012, 29(10): 45-51.]
- [25] Fu Wei, Zhao Junquan, Du Guozhen. The evaluation of resources sustainable utilization: Based on empirical analysis of resources welfare index. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(11): 1902-1914. [付伟, 赵俊权, 杜国祯. 资源可持续利用评价: 基于资源福利指数的实证分析. *自然资源学报*, 2014, 29(11): 1902-1914.]
- [26] Fan Jie. Draft of major function oriented zoning of China. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(2): 186-201. [樊杰. 中国主体功能区划方案. *地理学报*, 2015, 70(2): 186-201.]
- [27] Liu Yanhua, Xu Yong. Geographical identification and classification of multi-dimensional poverty in rural China. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(6): 993-1007. [刘艳华, 徐勇. 中国农村多维贫困地理识别及类型划分. *地理学报*, 2015, 70(6): 993-1007.]
- [28] Fang Chuanglin, Mao Hanying. A system of indicators for regional development planning. *Acta Geographica Sinica*, 1999, 54(5): 410-419. [方创琳, 毛汉英. 区域发展规划指标体系建立方法探讨. *地理学报*, 1999, 54(5): 410-419.]

- [29] Jin Fengjun, Wang Chengjin, Li Xiuwei. Discrimination method and its application analysis of regional transport superiority. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(8): 787-798. [金凤君, 王成金, 李秀伟. 中国区域交通优势的甄别方法及应用分析. *地理学报*, 2008, 63(8): 787-798.]
- [30] The State Council. National Major Function Zoning. The State Council Article No. 46 in 2010. 2010. [国务院. 全国主体功能区规划. 国发[2010]46号. 2010.]

Comprehensive measure methods of regional multi-dimensional development and their applications

XU Yong^{1,2}, DUAN Jian^{1,2}, XU Xiaoren^{1,2}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, CAS, Beijing 100039, China)

Abstract: Regional development researches at home and abroad have the trend of single factor and index towards multi-factor and multi-index comprehensive measure. Using the academic thought for reference, this paper selected 12 indices from 6 dimensions, including income, consumption, education, urbanization of population, traffic and living facilities. Polyhedron method was put forward to comprehensively measure regional multi-dimensional development level. Polygon method and vector sum method were improved for being more suitable for studying regional multi-dimensional development status. Regional multi-dimensional development level by county, city and province in China was measured comprehensively and its spatial difference was analyzed by using the above three methods as well as the weighted sum method applied widely. The study found that at the county level there was remarkable regional difference in the single-index values of different dimensions and regional multi-dimensional development index. Regional multi-dimensional development index was high in the eastern coastal areas, medium in the central region as well as the northern border regions and low in the southwest as well as the western border regions. Districts characterized by the levels of high and very high were distributed in the eastern coastal areas, cities of the central and western regions as well as the areas of energy and mineral resource development. Distribution tendency of the districts featured by the levels of low and very low was in accordance with that of the poverty-stricken areas. Correlation analyses of four methods' results were conducted by SPSS and Excel at the province, city and county level respectively. The results showed that the four methods were equivalent in the practical application. They all could be used for regional multi-dimensional development measure. Correlation analysis between multi-dimensional development index calculated by the polyhedron method and GDP per capita indicated that the latter could not represent the level of regional multi-dimensional development.

Keywords: regional multi-dimensional development; comprehensive measure; polyhedron method; polygon method; vector sum method; weighted sum method; China