



### 区域双核结构模式的数学推导

作者: 陆玉麒 俞勇军

研究表明, 现有关于区域可达性的计算公式, 其实质都是给定区域中某一质点的居中性的测量, 因此, 现有的区域可达性其实仅指区内可达性。据此, 将区域可达性理解成由区内可达性和区外可达性2部分组成, 并重点讨论了区外可达性的测算方法。研究表明, 区外可达性定量模型的建立无法简单地套用现有的区内可达性的测算方法, 原因是门户质点的区外可达性值由于距离为0故无法运用现有的公式予以测算, 为此我们通过区外虚拟质点的引入巧妙地解决了这一难题。依据重新定义的区域可达性, 本文在均质平原背景的假设条件下推导出了区域双核结构模式的形成机制及相应的参数条件。流域作为双核结构模式形成的理想区域, 也在此得到了验证。由于区域双核结构模式仅是区域空间结构类型的一种, 因此, 随着模型参数的改变, 即可进一步推导出其它的空间结构类型。这样, 本文建立的关于区域可达性的系列测算公式, 显然已不仅仅适合于区域双核结构模式的验证, 而是一个适用于区域空间结构演化与区域空间结构类型分析的具有普适意义的数学工具。

区域双核结构模式的数学推导 陆玉麒, 俞勇军 (南京师范大学地理科学学院, 南京 210097) 定性角度对区域双核结构形成机理较为全面的分析表明, 双核结构的共同点是: 一方是政治、经济、文化三位一体的区域中心城市, 主要是省会城市; 另一方则是重要的港口城市, 行使着区域中心城市的门户港城的功能[1]。深入分析可发现, 区域中心城市与港口城市功能的不同, 源于两者区位效能的不同。换言之, 对区域双核结构现象的规律性检验, 可以转化为检验: 区域可达性值能否显示出双核结构图式? 需要什么样的参数条件? 以此思路建立相应的数学模型。

1 区域可达性的重新定义与计算模型的构建 1.1 问题的提出在空间结构研究中, 地理学家特别关注区域可达性的测算及在区域分析中的作用, 并发展了相应的较为成熟的研究方法[2-7]。以德国为例, 20世纪80年代中期, 他们在欧共体范围内选取了大量的离散点, 计算了每个点的区域可达性。其含义是该点 (区域) 到其他每个点的距离除以该2个点质量的平均值, 然后再取其总和。设点 (区域、城市)  $P_i$ , 在大范围内有点 (区域、城市)  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ , 其质量分别为  $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ , 它的运输距离分别为  $d_{1i}, d_{2i}, d_{3i}, \dots, d_{ni}$ , 则区域中任意点的区域可达性为:  $R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{m_j}{d_{ji}}$  (1) 应该说, 还有其他很多相关的区域可达性测算公式, 所用名称也各不相同, 如位势、区位潜能、城市中心性、区域中心性 [8-13], 等等。但所有基于空间引力模型基础上的区域可达性测算公式均大同小异, 其实仅是区内可达性的测算。依据这样的计算公式, 往往是越靠近所研究区域中心, 则值越大, 位于区域边缘的值则相对要小得多。因此, 这样的区域可达性可称之为区域中心性, 亦即是对所研究区域内各点的中心性的一种度量。然而, 对于区域内任意一点而言, 其区位价值的评判并不仅仅由区域中心性来度量, 还取决于与区外交往的便捷度。换言之, 对于给定的区域而言, 其区内任意一点的区位价值的评判应当是区内 (区域中心性) 和区外 (对外便捷性) 这2个部分的综合评判。为统一起见, 我们将现有的区域可达性称为区内可达性, 对外便捷性称为区外可达性, 两者合称区域可达性。

1.2 区外可达性的测算依据与公式构建不失其一般性, 设: (1) 区域内任意一点  $P_i$  的质量相同; (2) 对外联系的方向仅有1个方向; (3) 对外交流的货物都通过位于区域边缘的  $P_0$  点, 以下称之为门户质点或门户城市; (4) 区域A内任意质点  $P_i$  至门户质点  $P_0$  的距离为  $d_{i0}$  (图1a)。对区内任意质点  $P_i$  而言, 其与区外的联系可分为2种类型, 一种是通过门户质点  $P_0$  中转, 另一种是由质点  $P_i$  直达目的地而不在门户质点  $P_0$  中转。本文仅考虑前一种类型。这样, 区内任意质点  $P_i$  的区外可达性的差异, 就仅仅表现为该质点与门户质点  $P_0$  的联系便捷程度的差异。据此, 参照区内可达性的计算思路与方法, 设  $m_i$  和  $m_0$  分别为任意质点  $P_i$  和门户质点  $P_0$  的质量, 则质点  $P_i$  的区外可达性  $R_{oi}$  的计算公式可表述为:  $R_{oi} = \frac{m_0}{m_i + m_0} \cdot \frac{1}{d_{i0}}$  (2) 公式 (2) 似乎解决了区外可达性的定量测算问题, 然而, 深入分析后发现, 区外可达性的测算远比现有的区内可达性的测算要复杂得多。原因在于, 对于给定区域中的任意1个质点  $P_i$ , 都可以计算出其区外可达性, 唯门户质点  $P_0$  由于距离为0而不可能从公式 (2) 中求出结果。当然, 更不能随意给门户质点  $P_0$  赋值, 不然就失去了公式计算和结果推导的严谨性。显然, 如何科学地解决门户质点  $P_0$  的区外可达性的定量测算, 就成为区外可达性甚至区域可达性系列公式构建中的关键难题。我们注意到, 在给定的区域A中, 区外可达性的最大值肯定分布于门户质点  $P_0$  (图1a)。这就为我们进行相应的计算提供了思路上的启发: 我们虽然不能给出门户质点  $P_0$  的准确值, 但是我们可以确立在门户质点  $P_0$  的区外可达性值为1时, 区内各质点  $P_i$  的区外可达性的相对值 (归一化值)。为此, 在图1a中给定区域外A引入1个虚拟质点  $P_x$ , 该质点也可理解为区内各质点  $P_i$  货物输送的目的地。由此即可构建定量测算区外可达性的系列公式: (1) 不考虑质点质量的情形 设图1a中给定区域A内各质点  $P_i$  及虚拟质点  $P_x$  的质量均相同 (设为1), 各质点  $P_i$  至门户质点  $P_0$  的距离为  $d_{oi}$ , 虚拟质点  $P_x$  与门户质点  $P_0$  的距离为  $d_{ox}$ , 则质点  $P_i$  的区外可达性值的计算公式为:  $R_{oi} = \frac{1}{d_{oi} + d_{ox}}$

(3) 对于门户质点Po而言, 由于doi的值为0, 则其对外可达性的计算公式可简化为:  $R_{aoo} = 1/d$  (4) 显然, 门户质点Po的区外可达性 $R_{aoo}$ 的值为1的必要条件是:  $dox = 1$ 。由此, 门户质点Po区外可达性为1时给定区域A内任意质点Pi的区外可达性值的计算公式为:

$$R = 1/(d + 1) \quad (5) \quad (2) \text{ 考虑质点质量的情形}$$

上述在不考虑质点质量情形下所作的测算, 其实已经揭示出了区外可达性确定的规律性。为此, 设图1a中给定区域A外的虚拟质点Px的质量与门户质点Po的质量相同, 则不难计算出使门户质点Po的区外可达性为1的充分条件是: 虚拟质点Px与门户质点Po的距离等于门户质点Po的质量。这样, 在确定了虚拟质点的质量 (与门户质点Po的质量相同) 及与门户质点Po的距离 (等于门户质点Po的质量) 的前提下, 不仅可确定出门户质点Po的区外可达性 $R_{aoo}$  (其值为1), 也能测算出给定区域内任意质点Pi的区外可达性 $R_{aoi}$ 值。计算公式为:  $R = P / (d + d)$  (6) 式中:  $R_{aoi}$ 为给定区域A中任意质点Pi的区外可达性;  $Poi = (m_o + m_i)/2$ ;  $m_i$ 、 $m_o$ 分别为区域A中任意质点Pi和门户质点Po的质量。doi为区域A中任意质点Pi与门户质点Po之间的距离; d为由门户质点Po的质量而转换成的距离, 依据质点质量的表达方式 (人口规模或经济总量)而分别以km/104人或km/108元为单位进行转换。显然, 给定区域A内各质点及虚拟质点质量均相同时的公式 (5), 仅是公式 (6) 的特殊表达式。 (3) 有多个对外通道的情形

如果给定区域有若干个对外通道及门户质点, 则给定区域内各质点的计算方法为: 第一、设各门户质点的对外可达性均为1, 按公式 (6) 分别测算区域内各质点的区外可达性。第二、依据各通道对外联系的重要性给出相应的权重, 然后在相加的基础上进行归一化处理, 得出给定区域内任意质点的区外可达性值。 1.3 区域可达性的系列测算公式由于区域可达性 ( $R_{ai}$ ) 是区内可达性 ( $R_{aii}$ ) 与区外可达性 ( $R_{aoi}$ ) 之和, 则:  $R_{ai} = f_1R_{aii} + f_2R_{aoi}$  (7) 式中:  $f_1$ 、 $f_2$ 为权重值,  $f_1 + f_2 = 1$ 。在给定区域A不同背景值下, 区域可达性计算公式各有不同。其中, 对外通道及门户质点仅有1个, 且给定区域A内各质点质量相同时:  $R = f + f$  (8) 对外通道及门户质点仅有1个, 但给定区域A内各质点质量不同时:  $R = f + f$  (9) 对外通道及门户质点仅有1个, 但给定区域A内不仅质点质量不同, 且质点之间的距离摩擦系数也不同时:  $R = f + f$  (10) 更进一步, 给定区域A有m个对外通道与门户质点, 且质点质量、质点之间的距离摩擦系数均不相同, 区域可达性计算的通用公式为:  $R = f + f$  (11) 公式 (7~11) 中:  $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_k$ 为权重值,  $f_1 + f_2 + \dots + f_k = 1$ 。  $f_1$ 为区内可达性的权重;  $f_2$ 、 $f_k$ 为区外可达性的权重。  $f_1$ 、 $f_2$ 值的大小取决于给定区域对内联系与对外联系的重要程度的比较。而对于 $f_k$ 而言, 某个门户城市区外可达性的权重, 则由其经济流量的相对地位所决定。  $P_{ij} = (m_i + m_j)/2$ ;  $m_i$ 、 $m_j$ 分别为给定区域中质点Pi和质点Pj的质量。  $b_{ij}$ 、 $b_{io}$ 分别为质点Pi与质点Pj间, 及质点Pi与门户质点Po间的距离摩擦系数。其余变量的含义与公式 (3) 相同。需要特别指出的是, 公式 (7~11) 中等式右边的各项, 由于量纲不同而无可比性, 所以在相加前都需进行归一化处理, 并且 $R_{ai}$ 的值最后也应进行归一化处理。上述区域内各质点的区域可达性的归一化值, 其实就是给定区域内各质点的相对区位值, 也可称为相对区位效能, 是对各质点区位状况的综合度量。上述公式为我们讨论不同区域背景下区域双核结构的形成提供了基本的数学工具。

2 不同参数条件下双核结构模式的形成从古典区位论开始, 区域空间结构模型的建立都以均质平原的假定为前提。为此, 我们试图首先在均质平原的背景下探讨双核结构模式产生的可能性及相应的参数条件。 2.1 不同参数条件下双核结构的形成为了计算的方便, 我们首先构建了1个共有 $7 \times 7 = 49$ 个质点的正方形均质区域, 并设点Po为惟一的门户质点或门户城市 (图1b)。由于区域内质点的质量以及质点的距离均相同, 故采用公式 (8) 计算了各点的区域可达性值 (图2)。图2部分演示出了随区内可达性的权重从0.8→0.2或区外可达性的权重从0.2→0.8时, 区域可达性值 ( $R_{ai}$ ) 的分布形态。从图2可看出, 当区内可达性的权重很高时,  $R_{ai}$ 显示出以区域中心为单核的分布形态; 反之, 当区外可达性的权重很高时,  $R_{ai}$ 则显示出以门户质点为单核的分布形态; 当区内可达性与区外可达性大致相当时, 就会产生双核结构的分布形态。经过测算,  $f_1 = 0.4-0.5$ 或 $f_2 = 0.6-0.5$ 时, 即为双核结构模式产生的区间范围, 这即为均质平原背景下双核结构模式产生的参数条件。我们注意到, 在均质平原背景下, 双核结构模式产生的区间并不大。从原因上分析认为, 图2所显示的是在非常严格的双核结构条件下, 即双核结构的2个端点呈相同质量的情况。而事实上, 现实中我们所确定的双核结构, 其规模可以相差甚大。如果考虑到这一因素, 则上述双核结构的形成区间将可大大扩展。图2中另一值得重视的现象是区域中心质点的区位迁移。在双核结构模式的形成区间中, 区域中心质点事实上已不再是图1b中原来的P3, 由于门户质点的拉动而向该方向移动, 从而形成了新的区域中心质点, 即图1b中的P2。我们知道, 区域人口中心或区域经济中心在空间上并不一定与区域几何中心吻合, 而往往位于区域几何中心的下游方向。显然, 图2较好地模拟出了这一现象。为使在均质背景下形成的双核结构模式更具直观性, 在图1b的基础上制作了图3。该图是在1个对外通道及门户质点, 且 $f_1 = f_2 = 0.5$ 的参数条件下, 以Po至P6的连线为解析剖面而显示的区域可达性 ( $R_{ai}$ ) 值的变化状况。显然, 图3比较形象地显示出了由区域中心质点 (非几何中心质点) 与门户质点所组成的双核结构图式。

2.2 区域可达性的数值特性按照一般理解, 在无边界限制的均质平原上, 各质点的区位值即区域可达性值应该是相同的, 那么为什么有了区域背景, 并随着区域参数的变动即可以发生相应的变化呢? 换言之, 上述结论具有一般性吗? 前面我们已经讨论了对外通道及门户质点仅是1个的 $R_{aii}$ 、 $R_{aoi}$ 、 $R_{ai}$ 值的分布规律。为进一步检验其数值特性, 在此作如下假设: (1) 以图1a中的区域A为基本区域; (2) 区域A完全高度开放, 即对外通道趋至极限即有无穷多。显然, 在这2个假设条件下, 当区外可达性与区内可达性均为归一化值时, 区外可达性 ( $R_{aoi}$ ) 表现为圆周上各质点的值为1、圆心处质点的值为0的同心圆等值线分布; 与此相反, 区内可达性 ( $R_{aii}$ ) 则表现为圆心处质点的值为1、圆周上各质点的值为0的同心圆等值线分布。但问题是, 图1a中区域A内各质点的区外可达性与区内可达性的加和值即区域可达性的值 (归一化值) 并不在各处都等于1。这就与 $R_{aii}$ 和 $R_{aoi}$ 的数值特性有关。我们注意到, 对外通道的多少不会改变对外可达性的数值特征, 为此, 在图1b中选择从门户质点Po经过区域中心的直线 (即从Po至P6), 在设定 $f_1 = f_2 = 0.5$ 且仅有1个对外通道及门户质点的基础上绘制出各质点的区域可达性值分布曲线图 (图4)。从图4看出, 区域可达性值即使是在对外通道有无穷多的情形下也不会各处相同均等于1, 就在于区内可达性值与区外可达性值分布曲线的变化速率是不同的: (1) 区外可达性值的变化按 $y = 1.7963e-0.652$  ( $R^2 = 0.9891$ ) 的曲线进行, 表现为随着离门户质点Po距离的延伸, 开始衰减特别迅速, 然后再缓慢下降。 (2) 区内可达性值按 $y = -0.1322x^2 + 0.067x + 0.9942$  ( $R^2 = 0.9989$ ) 的曲线进行, 表现为随着质点与区域几何中心的距离加长, 开始缓慢下降, 最后才衰减稍快, 其变化过程与区外可达性完全相反 (图4)。需说明的是, 上述计算结果建立在 $k = 7 \times 7 = 49$

个质点的均质区域假设前提下,给定均质区域内所设质点位置不同会导致上述2个方程中的参数发生变化,但并不影响曲线总变化趋势。其实,这源于区内可达性与区外可达性的含义及在此基础上所建立的公式的不同。给定区域内某一质点 $P_i$ 的区内可达性,是该点与区内其它各点作用值的加和后的归一化值。这种加和后的归一化值必然表现为下降速率比较平缓。另一方面,区外可达性则仅计算给定区域内某一质点 $P_i$ 与门户质点 $P_o$ 的作用值(归一化值)。从前面所列的公式(5)可以看出,这是属于衰减速度非常快的一种曲线类型。正是由于区内可达性值与区外可达性值这两条曲线的变化速率不同,可以得出结论:(1)在无边无际的均质平原的假设条件下,各点的区位值即区域可达性值是一样的。(2)在此基础上给其任意加上区域边框,并且即使这样的区域高度对外开放,即符合中心地学说中 $k=3$ 的条件,但由于区内可达性值与区外可达性值表现出不同的变化曲线,从而对于区内某一质点而言,其区域可达性值已经不再均一。我们称这一现象为给定区域内某质点区位值的初始扰动现象。更进一步,如果考虑到区域参数 $f_1$ 条件、 $f_2$ (即表示区域对外、对内重要性的不同)的变化,则区内质点的区位值还会进一步发生变化。总之,正是由于区域质点的这一特性,所以只要有区域限制,就必然会产生质点区位值的不同,那么在一定的参数条件( $f_1$ 、 $f_2$ )下,就必然产生出不同类型的空间结构模型来,区域双核结构模式仅是其中的一种。

### 2.3 流域:双核结构模式形成的理想区域

我们已经从定性角度得出了流域是双核结构模式形成的理想区域的论点[1],并据此构建了双核结构模式形成的理想图式。显然,在前面分析基础上,容易验证这一结论。我们注意到,流域与一般均质平原的不同,就在于在给定区域内由于有一水系而导致不同路段道路摩擦系数的不同。因此,要检验流域是否是双核结构模式产生的理想区域,在均质平原背景下置入一水系从而显示出不同路段的摩擦系数即可。众所周知,树枝状水系是流域的基本形态。而近年来分形几何学的诞生,更使人们意识到流域水系的自相似结构,本质上可以用一种树状分形结构予以刻画[14]。据此,斯特拉勒(Strahles)构建了适合于数学建模的树状分形树来代表流域中的水系结构[15-16]。而作为对流域影响的一种检验,只需在此基础上选择最简单的一种方式代表均质平原背景下由于水系的的存在而导致的变化。参照斯特拉勒的上述分析方法,我们在图1b中植入了1个树状分形树以代表流域中的水系结构,并设干流( $P_0 - P_2$ )的摩擦系数为1.0,支流( $P_2 - P_a$ 、 $P_m - P_b$ 、 $P_2 - P_d$ 、 $P_n - P_c$ )的摩擦系数为1.5,其余均为陆路沟通,摩擦系数为2.0。在此基础上同样依据参数条件 $f_1$ 、 $f_2$ 的不同来考察区域可达性 $R_{ai}$ 值的变化状况。结果表明:(1) $f_2 < 0.30$ 时为以区域中心质点为核心的单核结构;(2)当 $f_2 = 0.30-0.50$ 时为双核结构;(3)当 $f_2 > 0.50$ 后则开始转化为以门户质点为核心的单核结构(图5)。

### 3 理论模型对于现实问题的解释

上述基于均质平原及流域背景等所作的不同参数条件下的区域可达性值图,其实不仅显示出一种类型,同样也从发生学角度演示了区域双核结构形成过程。据此,区域实证分析中所出现的各种区域双核结构模式,在此都能从机理层面得到较为理想的解释。

#### 3.1 以江西为例的双核结构模式的检验

江西省土地面积 $16.69 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,全省地貌以山地、丘陵为主,其中山地占36%,丘陵占42%,岗地和平原占12%,水域占10%。赣、抚、信、饶、修5大水系分别从南、东、西3个方向汇入鄱阳湖。在设定 $f_1 = f_2 = 0.5$ ,且依据江西的实际情况确定 $f_{21}$ (九江) = 0.39、 $f_{22}$ (上饶) = 0.21、 $f_{23}$ (萍乡) = 0.18、 $f_{24}$ (赣州) = 0.22的条件下,计算了江西的区域可达性分布值(图6)。显然,图6明显地显示出了以南昌和九江为核心的区域双核结构现象,并且江西区域可达性值的分布曲线可由图2b、图2c、图5b至图5d予以较为准确的模拟。

#### 3.2 闽江流域单核结构模式的检验

显然,如果区域中心城市与港口城市的规模差距实在太大,甚至区域中心城市与港口城市功能在区位上合二为一,则已不能称为双核结构,而仅是以港口城市为核心的单核结构。福建闽江流域就是这样的典型例子。闽江是福建省最大的河流,流域地跨三明、南平、福州3个地市以及宁德、龙岩、泉州、莆田等县市。流域面积为 $6.10 \times 10^4 \text{ km}^2$ (闽江口琅岐岛以上),约占全省总面积的1/2。河长541 km,上游有沙溪、富屯溪、建溪三大支流,汇合于南平市,南平以下有尤溪、大樟溪两大支流入汇,南平至闽江口为干流。因此,从区位、功能角度看,福州与南平似可构成一双核结构,然而两者规模差距实在太大。对该流域而言,其实福州已将区域中心城市与港口功能合二为一。为此,在设定 $f_1 = f_2 = 0.5$ 的条件下我们绘制了闽江流域区域可达性值分布图(图7)。图7表明,闽江流域区域可达性的高峰值位于福州,以此为中心而急剧衰减,表现为此处的等值线特别密集,而其它地区等值线则非常稀疏,这是一种典型的单核结构类型。显然,图2d、图5c至5f模拟出了这种类型区域空间结构的形成。

### 4 结论与讨论

如何从机理层面、从数学建模角度解释区域双核结构模式的形成,本文得益于中心地学说建立的启发。中心地学说的真正贡献除公认的中心地体系外,更重要的是其中所隐含的地理区位思想:(1)区域中任意一点的区位值(区域可达性)是不同的。(2)区域中城镇的产生与演化及区域空间结构的形成,仅取决于区域中各点的区域可达性或区位值,而与区域其它条件无关。这样,从发生学角度考虑,区域双核结构能否成立,就可以转化为证明:给定区域在初始状态即均质平原背景下,各点的区位值即区域可达性值是否具有双核结构特性。然而,现有的区域可达性的测算方法难以满足我们的要求,深入研究以后发现,现有的区域可达性仅具有区内可达性的含义,仅是对给定区域内各质点居中性的一种度量。因此,对区域可达性重新定义并确定相应的测算方法,就成为从数学建模角度检验区域双核结构模式的关键难题。研究过程中发现,区外可达性定量模型的建立无法简单地套用现有的区内可达性的测算方法,原因是门户质点 $P_o$ 的区外可达性值由于距离为0故无法运用现有的公式予以测算,为此我们通过区外虚拟质点的引入巧妙地解决了这一难题,但区外可达性究竟如何定量测算,我们认为还可以作进一步的推敲。当我们运用重新定义的区域可达性及其测算公式来检验区域双核结构模式时,应该说获得了多方面的重大的理论收获。甚至可以说,这一收获已远远超出了验证区域双核结构模式本身。但在这一过程中,更值得进一步研究的问题也随之而来:(1) $f_1$ 、 $f_2$ 含义的精确定义及在区域实证分析中如何具体地确定。我们注意到,本文中所提出的区内可达性与区外可达性的权重( $f_1$ 、 $f_2$ )是2个非常有价值的测算指标。从前面的分析中可以看出,给定区域内究竟会形成什么样的空间结构类型,与参数条件 $f_1$ 与 $f_2$ 的值有很大的关系。按一般理解,这取决于对该区域而言,区内与区外重要程度的比值。一般而言,区域发展的早期总是区内的重要性更高一些,区外的重要性则随着区域发展阶段提高而渐次提高。因此,图2、图5不仅显示的是不同参数条件下区域空间结构的类型,更重要的是演示了区域空间结构的成长阶段。另一方面,如果该区域是外生力量占主导,或者说是由边缘向内地逐步推进,则图2、图5可看做是从逆序角度同样演示出了这样的区域成长过程与阶段。问题是,目前我们对于 $f_1$ 、 $f_2$ 的理解主要还限于概念层面,如何将之转化为区域实证分析中可操作的1个参数,确实还有大量的工作可做。正是因为如此,本文所作的测算,

主要限于 $f_1 = f_2 = 0.5$ 的情形。(2) 不同路段摩擦系数的确定。我们认为, 区域可达性测算公式运用于区域实证分析中, 可能最难解决的问题就是不同路段摩擦系数的确定问题。然而, 这可能也是区域可达性测算模型最有价值的应用领域之一。对于一个给定的区域, 区内新建1条道路或改建1条道路, 其对区域发展的影响, 我们认为完全可以通过本文所建的区域可达性测算模型予以定量确定。显然, 如何科学地确定不同类型、不同等级交通方式的摩擦系数, 就成为测算结果是否合理的主要关键。(3) 当我们对双核结构模式的形成条件做出清晰的界定之后, 其实也就可以对区域发展的形成过程有了科学的认识, 并在此基础上可以做出科学的阶段划分。显然, 随着 $f_1$ 、 $f_2$ 及对外门户城市数量等区域参数条件的变化, 会相应出现单核阶段 (类型)、双核阶段 (类型)、多核阶段 (类型) 等。

The Mathematical Derivation of the Model of Regional Dual-nuclei Structure LU Yuqi, YU Yongjun (College of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China) Abstract: In order to derive the regional dual-nuclei structure by the method of building mathematical model, this paper redefines regional accessibility and establishes the formula to calculate it. Our research indicates that the present formula of accessibility measures materially the centrality of one point in a special region. So the present regional accessibility is only the regional internal accessibility. Based on this, this paper divides the regional accessibility into two parts as regional external accessibility and regional internal accessibility. The method to measure regional external accessibility is discussed in detail. The present method fails to measure regional external accessibility because it is impossible to get the value of the regional external accessibility of the gate point. We hypothesize a virtual point located outside the region to resolve the problem. Using the new concept of regional accessibility, this paper derives the mechanism of the model of dual-nuclei structure and parameters of its existence under the hypothetical background of homogeneous plain. It is also verified that river basin is the best background for dual-nuclei structure to appear. Other spatial structure models can be derived by varying the parameters, because regional dual-nuclei structure is merely one of the spatial structure models. Key words: regional accessibility; regional external accessibility; regional internal accessibility; regional dual-nuclei structure; mathematical derivation

**关键词:** 区域可达性; 区外可达性; 区内可达性; 区域双核结构; 数学推导