■ 文章编号:1672-5328(2008)04-0026-09

交通方式可达性差距——衡量交通可持续发展的指数

Modal Accessibility Gap: an index of sustainable transportation development

郭清华[1] 叶嘉安[2] 著 刘贤腾[3] 翁加坤[3] 编译

(1.香港城市大学公共及社会行政学系,香港;2.香港大学城市规划及环境管理研究中心,香港;3.南京大学城市与区域规划系,南京 210093)

Written by Rebecca C.W.Kowk[1] and Anthony G.O.Yeh[2], Translated and edited by Liu Xianteng[2] and Weng Jiakun[3]

(1. Department of Public and Social Administration, City University of Hong Kong, Hong Kong, China; 2. Centre of Urban Planning and Environmental Management, University of Hong Kong, Hong Kong, China; 3. Department of Urban and Regional Planning, Nanjing Univeristy, Nanjing 210093, China)

摘要: 交通因其消耗大量能源而在可持续发展中扮演着重要角色,为了规划交通可持续发展,有必要提出能够评估和衡量交通可持续发展的指数。利用可达性概念和地理信息系统提出交通方式可达性差距指数。该指数由人口数量、就业岗位数、商店数以及学校数等决定,根据公共交通方式和私人交通方式间可达性指数差异计算。就能源效率而言,公共交通方式比私人交通方式更能实现可持续。可达性差距指数越高意味着可持续能力越强。通过比较香港1991年和1996年的可达性差距指数,来检验交通发展的可持续性是否有所提升。最后,讨论了如何运用可达性差距指数来检验土地利用以及交通发展政策和方案,以便确定更可持续的政策和方案。

Abstract: Consuming a lot of energy, transportation plays an important role in sustainable development. It is necessary to develop indicators for assessing and monitoring sustainable transportation development. The paper proposes an index of modal accessibility gap to measure and monitor sustainable transportation development based on accessibility and geographical information system (GIS). The modal accessibility gap is calculated by finding the difference between the accessibilities indexes of transit and private cars, which is in turn determined by accessibilities to opportunities such as the number of population, jobs, shops, and schools by transit and private cars. Considering energy-efficiency, transit will achieve sustainable transportation more than private cars. A higher accessibility gap may mean more sustainable development. In the present study, the accessibility gap of Hong Kong in 1991 is compared with that in 1996 to examine whether transportation development has been more sustainable. How to use the index of accessibility gap is also discussed to test land-use and transportation development policies and scenarios to determine the more sustainable ones.

关键词:交通规划; 交通方式; 可达性差异; 可持续发展; 香港

Keywords: transportation planning; travel modes; accessibility gap; sustainable development; Hongkong

中图分类号: U491.1+21 文献标识码: A

收稿日期: 2008-04-26

文章来源:2004年Environment and Planning A杂志,第36卷,第5期,921-936页。

作者简介:郭清华,男,香港城市大学公共及社会行政学系。

E-mail:sarkwok@cityu.edu.hk

译者简介:刘贤腾,男,博士,南京大学城市与区域规划系,讲师,主要研究方向:土地利用/城市交通规划,城市规划理论与设计。E-mail:xt_liu007@126.com

0 引言

由于大多数的能源是由城市的工业或人类活动所消耗的，因此，城市已经成为可持续性研究的焦点[1]。交通一直被看作是一个主要的环境污染源，其如何发展才能实现可持续成为一个紧迫的任务。鉴于此，已经开展了大量的研究来设计交通可持续发展的指数，而且为了实现交通可持续发展，许多政府部门已开始出台政策或规划指引。如何在保持机动性的同时又能减少对社会的危害，尽管在交通可持续发展的这个目标问题上还没有统一的结论，但存在几个大多数学术机构和政府部门都认同的方向。

方向之一就是私人交通向公共交通方式转变。伴随城市蔓延而对汽车的依赖已经导致了一系列在经济效率、环境责任、社会公平及社区活力上的问题[2]。这说明应该实施公共交通的鼓励政策以达到“社会最优的出行选择”[3~6]。为了推动公共交通发展，设施供给扮演着十分重要的角色，因为不同交通方式的使用与设施供给之间存在着很强的关联[7]。一项曼谷的实例研究表明，虽然曼谷的道路用地面积占城市总用地面积的比例与巴黎、香港、慕尼黑和东京一样，但是只有曼谷的交通出现了较大危机。这归因于巴黎等城市完备的公共交通供给。新加坡和香港构建了良好的一体化公交系统，尤其是轨道交通有效地减弱使用小汽车和摩托车的冲击。而在曼谷，居民只能困在受交通堵塞严重干扰的公共汽车

里，如此，也就不奇怪越来越多的中产阶级选择乘坐自己的空调小汽车或者驾驶摩托车蜿蜒穿行于巨大的交通流之间[8]。

另一个普遍接受的方向就是在公共交通可达地区周边进行高密度土地开发。有研究表明，城市高密度地区不利于汽车使用，从而可以减少汽油的消耗[9]。因此建议，郊区化应该转向建设以公共交通为导向的集中开发的次中心，这种理念激发了很多研究而且得到了广泛的支持[1, 10~14]。然而，这种观点受到另一派的挑战，认为市场作用力不应该受到限制，居民最终会因就业岗位的郊区扩散来调整出行方式并缩短行程[15~17]。而反对该观点的研究显示，很多国家在20世纪80年代的汽车使用频率和上班出行距离都在增长，并一直没有出现稳定的迹象[2]。另有研究显示，在统计学上，开发密度、土地利用多样性和以步行为导向的设计可以减少出行率和鼓励使用公共交通[18]。也有一种担忧认为，高密度的城市模式会潜在地导致城市绿地空间的缺失。不过，挪威的一项研究表明，高密度城市可以降低人们对汽车的依赖度，这可以让出相当数量的城市土地，因为当前很多的城市土地都被拥挤的交通所占据，这样可以缓解高密度的城市模式和城市绿地空间缺失之间的矛盾[11, 19]。但是，一个城市应该密集到什么程度以及由于过于密集而造成的相关社会和环境问题仍然没有得到解决。城市形态和出行方式之间的关系仍然非常复杂，而且还没有较为完善的模型能解释两者之间是如何相关[20]。

要实现城市紧凑发展并从可持续中获益，有必要考虑城市空间结构策略，因此，不同的空间模式如单中心、多中心及以公交为导向的城市发展模式都已经被提出来。使用最广泛的模型就是以公交为导向的城市发展模式，这个模式鼓励城市沿着公共交通线路或换乘车站发展，这会促使私人交通向公共交通方式转换，并因此更加节约能源。

在实践中，英国已经发布了《规划政策导则13》(Planning Policy Guidance 13)[21]，其中一个重要的建议就是提高那些通过公共交通能方便到达的地区的住房和其他用地的开发密度。美国政府也在推进土地利用规划和以公交为导向的规划设计间的综合，美国能源部可持续发展中心(the Center of Excellence for Sustainable Development of the US Department of Energy)通过的交通可持续发展议案的一个原则就是能够提供以公交为导向的规划设计，这种规划设计旨在围绕公交车站附近开发用地混合的、适宜步行的社区。

以上这些观点强调土地利用模式和出行行为间的相互联系，并因此提高交通和土地利用一体化规划的重要性，符合这些原则的交通设施供给和土地利用通常被认为是更加可持续的。

为了确保交通系统是以可持续的方式发展，政府机关、国际机构和研究人员提出了各种各样的指数来衡量设施供给，也通过制定一些研究方案来预测交通可持续的未来[22~23]。这些可持续指数不是回顾性的就是预期性的[24]。尽管回顾性和预期性的指数都能反映城市发展，但在设计可持续城市的规划阶段中，后者更为有用。

1 可持续性和可达性的联系：交通方式可达性差距

可达性一般是指到达那些被认为有吸引力的地方的难易程度。本研究利用可达性，试图提出一个用于评估和衡量交通可持续发展的指数。可达性的定义意味着在测度中通常包含两部分，即土地利用模式和交通系统绩效。就土地利用模式而言，可达性随着一个地区机会数量的增加而上升；而就交通系统绩效来说，当给定的地点与目的地之间的阻抗成本下降时，可达性将上升。借助可达性测度中的这两个部分，就可以评估出城市的土地利用和交通发展趋势。

交通被认为是到达吸引点的一种方式，交通吸引点的区位决定了人们利用何种交通方式到达此地，如果某一吸引点的区位使用公共交通比私人交通更易到达，那么人们便很可能选择公共交通出行。此外，土地利用的密度越高，在这个地区运营公共交通就越可行。有研究证明人均汽油使用量与城市密度之间存有负相关关系[7]。

正如上面所讨论的，普遍接受的观点是鼓励发展公共交通而不是小汽车，同时促进土地高密度开发有助于保持更可持续的环境。因此，判断一个城市的交通发展是否更可持续，应研究该城市是否有高密度的土地利用模式和公交导向型的城市发展政策。可达性概念能反映这一点，因为私人交通和公共交通间可达性差距的缩小就意味着公共交通方式更具有优先选择性。在其他条件同等的情况下，提高城市土地利用密度就意味着可达性的提高。此外，如果在公共交通网络而不是在私人交通网络上增加相同水平的吸引点，会产生更高密度的土地利用，因为后者所需要的面积更大。

私人交通和公共交通可达性的差异源自二者绩效的差异。根据研究，可达性影响着人们的基本交通选择，包括

决定拥有多少辆车、利用私人交通还是公共交通到达目的地，以及会有多少次出行等[25]。因此，私人交通和公共交通在可达性测度上的差异会对人们的出行方式产生影响，而这种影响是短期和长期共存的。如果两者可达性的差距在扩大，那么更多的人将会选择可达性更高的方式，通常即是私人交通。反之，如果两者的差距在缩小，一些人可能会从私人交通转向公共交通。本文提出交通方式可达性差距(the modal accessibility gap，MAG)指数的概念，以衡量不同能源利用效率的交通方式之间可达性的差距。

2 可达性差距计算方法

2.1 小区可达性指数

为了计算不同能源利用效率的交通方式之间的可达性差距，首先要将研究区域分成若干个小区，然后计算各个小区不同交通方式的可达性指数，再利用这些交通方式的可达性指数来计算总体可达性指数和不同交通方式之间的可达性差异。计算可达性的方法很多，本文运用重力测度法并考虑到需求方的因素[26~27]。需求方之所以重要，这是因为在现实世界中，机会是有限的而且存在竞争。此外，人口的空间分布并不是均匀的，对机会的需求有些不受容量限制，有些则受到限制。因此，需求方也会影响或者反映可达性水平[28~29]。本文引入需求潜力计算小区可达性指数，即

$$A_i^v = \frac{O_j f(c_{ij}^v)}{\sum_m \sum_k p_k^m f(c_{kj}^m)}, \quad (1)$$

其中：A_i^v为小区i的可达性；O_j为小区j的机会数量；c_{ij}为小区i和小区j之间相互作用的成本测度；$f(c_{ij})$为小区i和小区j之间成本的阻抗函数，此处为$\exp(-\beta c_{ij})$；v为不同的交通方式；p_k^m为居住在小区k以方式m出行的居民数量；$f(c_{kj}^m)$为以方式m出行从小区k到小区j的阻抗函数，即为$\exp(-\beta c_{kj}^m)$。

每个小区的机会数量可以用就业岗位、学校、人口和商店数量来表示。小区间的阻抗成本是实际支付的货币成本和出行时耗的函数，阻抗成本主要取决于出行距离，货币成本可以很容易确定并输入到模型中。主要问题是计算出所有小区形心之间的出行距离，许多研究都使用直线距离。然而，由于本研究的主要焦点是私人交通和公共交通可达性之间的比较，所以基于密度、结构和出行速度的网络之间的差异很明显会影响到可达性的差异。

和一些研究相似的是，本研究也运用了地理信息系统(GIS)的网络分析方法以确定形心之间的距离[30]。GIS软件ArcView3.2和其软件包——网络分析，被用来计算小区间的网络距离，然后建立所有小区之间的连通性表。但是，在公共交通网络中并不是所有的地区都以一条线路直接联系。一个形心到另一个形心的旅程可能包括2条路线之间的换乘，因此，同样需要建立另外一个间接连通性表。例如，小区A是和小区B及小区C直接相连的，但是小区B和小区C却不是直接相连的。为了确定地区B和C之间的距离，可以利用小区A进行换乘。同理，在所研究的区域内有更多的小区不能直接相连，可以通过找到在其他小区进行换乘的最小距离来确定它们之间的距离。为了反映实际的情况而不只是距离，最后的阻抗成本也将考虑到非直接出行中的换乘成本。因此，换乘计算式可以表达为：

$$c_{ij} = \min\{c_{ij}, (c_{ik}+c_{kj}+b)\}, \forall k, k \neq i, k \neq j, i \neq j \quad (2)$$

式中b为换乘成本。

2.2 总体可达性指数

根据该小区的人口数对可达性指数进行加权，来描述该小区的人口利用交通系统的方便程度，即

$$A^v = \sum_{i=1}^{n} \frac{M_i}{M} A_i^v, \quad (3)$$

式中：M_i为小区i的人口数；M为整个区域的总人口；v为交通方式。

2.3 交通方式可达性差距(MAG)

MAG定义为公共交通的可达性指数(A^P)和私人交通的可达性指数(A^C)之间的差异。为了使该指数标准化，并使其范围在-1和1之间，MAG可表达为：

$$MAG = \frac{A^P - A^C}{A^P + A^C}。 \quad (4)$$

在某种极端情况下，如果A^P等于0，A^C等于任何非0值，则MAG=-1。在另一种极端情况下，A^C等于0，则MAG=1。因此，MAG指数将介于-1和1之间，如图1。城市的MAG=-1，意味着没有公共交通服务，因此，私人交通较之公共交通有明显的优势。当MAG=1时，情况正好相反。如前文所述，为了规划出一个更可持续的城市，较之私人交通，应该优先提高公共交通的可达性。理论上说，在满足其他规划要求的情况下，如社会效益、城市景观和建筑造价，应该把MAG指数从-1推向1。

2.4 MAG在规划过程中的运用

正如以上所讨论的，交通更可持续的发展可以通过如下方式取得，即促进公共交通发展的力度要超过私人交通。同时，土地利用规划应更多地在公共交通有较好服务的地区选址，而不是在那些仅仅有私人交通服务的地区。如果交通供给和土地利用模式相互适应，就能取得较高的MAG值。这表明MAG值有助于衡量城市交通和土地利用发展模式是否是可持续的。理论上说，由于MAG值是公共交通和私人交通可达性之间的相对差距，因此，通过提高公共交通的可达性或者降低私人交通的可达性都可以扩大这个差距。这一点可以通过下面简单的数学公式推导出来。

可达性发生变化后，MAG将变成：

$$MAG' = \frac{kA^p - jA^c}{kA^p + jA^c},$$

式中k和j分别表示公共交通和私人交通可达性的变化。为了简化该公式，用t代表A^p、用a代表A^c。则MAG的改变可表示为：

$$\begin{aligned}\triangle MAG &= MAG' - MAG = \frac{kt - ja}{kt + ja} - \frac{t - a}{t + a} \\ &= \frac{(kt^2 + kta - jta - ja^2) - (kt^2 + jta - kta - ja^2)}{(kt + ja)\cdot(t + a)} \\ &= \frac{2ta(k - j)}{(kt + ja)\cdot(t + a)}。\end{aligned} \tag{5}$$

在公式(5)中，t和a为非负的可达性指数，k和j可以大于1、等于1或小于1，但总是大于等于0。如果k或j大于1，各自的可达性是在增长。如果k或j等于1，各自的可达性没有变化。如果k或j小于1，各自的可达性在下降。k或j不会是负数，因为存在可达性永远不可能小于0的事实。

预测MAG的改变($\triangle MAG$)是正数还是负数，决定性因素是$(k - j)$部分。表1概括了预测的结果。因此，可以得出结论——MAG变化的方向取决于公共交通和私人交通可达性变化的相对比率。要使MAG实际增长，规划应该致力于使公共交通可达性相比私人交通提高得更大。这样就证明了要提高MAG值，可以通过提高公共交通的可达性或降低私人交通的可达性实现。

在其他因素相同的情况下，MAG值越大意味着是更可持续的交通发展模式，反之亦然。为了提高MAG，可以实施各种交通和土地利用政策。很显然，所有有助于提高公共交通可达性的政策或规划都会提高MAG值，这包括调整土地利用模式和交通供给。土地利用模式指区位、混合度以及各种机会和人口的密度；而交通供给包括交通网络、费用和服务水平。

3 香港案例研究

3.1 香港的交通发展

香港的人口密度世界最高，人口绝大部分集中于市区和新城镇，因此，为公共交通企业提供了非常好的机会。2000年，香港有超过550条的公共汽车路线和5 500多辆

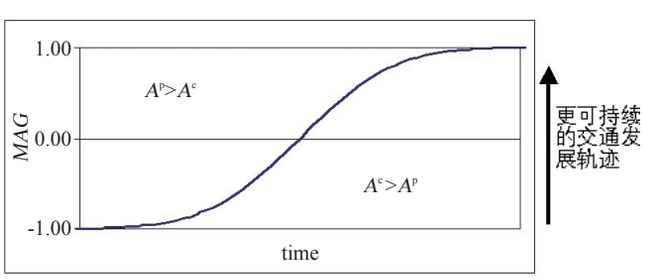

图1 MAG的范围以及交通可持续发展的方向

Fig.1 The range of the modal accessibility gap (MAG) index and the direction of sustainable transportation development

表1 可达性变化对MAG变化的影响

Tab.1 Impacts on modal accessibility gap (GAP) caused by the change of accessibility

k与j的关系	可能的方案			$\triangle MAG$
	A^p上升,$(k>1)$	A^p不变,$(k=1)$	A^p下降,$(k<1)$	
$k > j$	A^c上升,$(k > j > 1)$ A^c不变,$(j = 1)$ A^c下降,$(k > j, j < 1)$	A^c下降,$(j < 1)$	A^c下降,$(j < k < 1)$	正
$k = j$	A^c上升,$(j = k, j > 1)$	A^c不变,$(j = k = 1)$	A^c下降,$(j = k, j < 1)$	0
$k < j$	A^c上升,$(j > k > 1)$	A^c上升,$(j > 1)$	A^c下降,$(k < j < 1)$ A^c不变,$(j = 1)$ A^c上升,$(j > 1)$	负

公共汽车。香港地铁公司经营着一个总长82.2 km、拥有44个车站的铁路网络，该网络每天运送乘客超过220万人次。

香港政府意识到有必要从长远角度应付大规模的交通需求，因此，在3份交通政策文件中明确了推进公共交通的原则[31~33]。此外，也提出了一系列补充措施，如为公共交通企业提供各种类型支持，并通过实施交通管理措施给予公共交通道路优先权。同时，政府还通过财政政策和交通管制来限制私人交通方式的发展，比如有意控制私人交通方式的设施供应等。这些措施致使在香港拥有和使用私人交通在金钱和时间方面的成本更高。

尽管与亚洲其他城市相比香港市民的收入水平更高，但在香港，约有80%的出行是由公共交通完成的。其主要原因就是政府鼓励公共交通的政策，发达的公共交通网络以及拥有和使用私人交通相对较高的成本。但是，从1991—1997年，香港的人均GDP从106 401港元上升到127 976港元(以1990年的水平计算)，市民一直在寻求更好的交通服务，这就给私人小汽车以及公共交通服务改善增加了压力。选择公共交通方式还是私人交通方式，越来越多的人面临着这种选择，这使得公共交通和私人交通之间的竞争越来越激烈。因此，这两种交通方式可达性的详细评价对于深入了解交通发展趋势显得更加重要。

3.2 运用MAG衡量交通可持续发展

为了计算香港公共交通和私人交通间可达性的差距，根据香港运输署采用的分区系统将城市分成了253个交通小区，包括1991年和1996年每个小区可利用的就业岗位、学校、人口和商店数量的机会数据库，并以GIS的形式建立起来。机会按照房屋楼板面积或人口，根据其平均数进行了标准化。然后根据城市出行特征，将这些指数进行加权并综合成一个指数。这两年的空间信息、道路网络属性和公共交通网络的主要供给也输入到GIS中，属性包括所有主要公共交通方式的运行速度，过路过桥费，私人交通每千米的使用成本，每个小区的停车成本和停车时间，公共交通的出行频率、票价以及换乘时间等。有了这些信息，就可以计算出行总成本。

计算私人交通和公共交通(包括铁路、地铁、轻轨、公共汽车、有轨电车和轮渡)的小区间交通成本的程序是用Avenue-ArcView的一个脚本程序语言编写的，各种基于所有小区间连通性的矩阵表都是用这个程序计算出来的。在小区可达性指数中所使用的β值反映了在目的地选择中出行阻抗的相对重要性，该参数应从已有的重力分布模型中评估出来，而且数值应是相同的[34~35]。同样，可用香港所有交通小区间的出行矩阵来校核β。最后，运用公式(1)和(4)，计算1991年和1996年综合*MAG*指数分别为0.9374和0.8534。

根据前面的讨论，这是两个比较高的*MAG*正值，意味着在这两个年度里，香港的公共交通供给明显优于私人交通。考虑到香港政府长期推动的公共交通政策，这点是可以理解的。政府在鼓励公共交通的同时出台各种措施来限制私人交通中扮演了积极的角色，这就促使大范围的公共交通网络得到建设且出行费用相对低廉。相反，在香港拥有和使用私人交通的成本则相对较高，有多种因素，如沉重的私人汽车注册税、高昂的年牌照税和有限的停车空间造成昂贵的停车费等。

同样可以看出，香港的*MAG*值从1991年的0.9374降到了1996年的0.8534，这就意味着，与1991年相比，1996年公共交通比私人交通发展的更有利条件已经恶化了。从1991年和1996年的消费者物价指数(CPI)报告(见表2)可以看出，1991—1996年，公共交通成本上升的百分比要高于私人交通。公共交通成本增长速度更高致使市民踌躇于是否搭乘公共交通，并且相比较私人交通而言，公共

表2 1991年和1996年与交通相关的消费者物价指数(CPI)

Tab.2 Transportation-related figures from consumer price index (CPI) 1991 and 1996

消费类别	交通方式	CPI		上涨/%
		1991	1996	
机动车辆购置和修理费	私人	108.0	144.5	33.8
汽车燃料和润滑剂费用	私人	121.5	163.4	34.5
汽车驾照、保险、咨询费、停车费和隧道通行税	私人	116.3	155.6	33.8
公共汽车车费	公共	124.9	171.8	37.6
大运量轨道交通车费	公共	105.2	158.4	50.6

交通的可达性有较大幅度的下降。这个因素很明显导致两种交通方式可达性差距的缩小，也就是更低的*MAG*值。正如前文所提到的，通往更可持续的交通发展模式的总体策略就是公共交通的可达性要比私人交通改善得更多。1991—1996年，*MAG*值的下降表明香港交通发展的总体趋势与更可持续的方向相反。

图2和图3分别显示了1991年和1996年各小区的*MAG*值。从图中可以看出，香港的大多数小区有较好的公共交通可达性，这与综合的*MAG*结果相一致。*MAG*值较大的小区位于九龙的中心地带、香港岛的北部以及新城镇的小块地域。由于大多数人口位于这些小区，所以形成了较好的交通系统。此外，1991年交通最为便利的地区是城市建成区和仅通过公共交通就能通往市区的岛屿。而1996年，交通最有利的地区只是那些有大运量轨道交通的走廊地区。这些空间差异预示了在交通不便地区公共交通的供给仍有改善的余地。

3.3 交通可持续发展规划方案

下面利用香港实际的交通供给和土地利用模式建立虚拟交通可持续发展方案，以此来说明方案变化是如何影响*MAG*值，并将假设方案和1996年的实际情况进行比较。

3.3.1 方案一：调整公共交通供给

在香港新界西北部现有的铁路系统基础上增设5个铁路车站，如图4所示。随着这些新站点的增设，在受影响的地区内公共交通成本相应下降，这会立刻影响到需求潜力。通过需求潜力和交通成本变化，每个小区的可达性也会改变。综合*MAG*值从0.8534上升到0.8551，证明公共交通供给的改善将促进交通更可持续地发展。

各个小区的*MAG*值变化如图5所示，该图表明起初没有铁路服务而现在拥有新铁路车站的小区受益最多，这是因为和私人交通相比这些地区有了更好的公共交通可达性。

3.3.2 方案二：调整私人交通供给

通过调整私人交通供给来证明其对*MAG*值的影响。假定香港政府对私人交通运营成本增征20%的税收，再次运行一次能计算出小区间交通成本的程序就可确定私人交通可达性的变化。综合*MAG*值从0.8534上升到0.8941，这表明对私人交通运营成本征税可以促使交通更可持续地发展。

各个小区的*MAG*值变化如图6所示。很明显，边远岛屿受到的影响并不大，这是因为他们通过私人交通到达的地区是有限的。此外，公共交通服务较好的地区受到的影响也较少。只有那些只通过私人交通与其他地区联系较好但公共交通不好的地区，私人交通可达性才会有非常明显的下降，*MAG*值才有较大提高。

3.3.3 方案三：改变土地利用模式

该方案将考虑土地利用因素，也就是改变机会因素来证明其对*MAG*值的影响。假设香港交通基础设施保持不变，而只有土地利用发生变化。

依次在各个交通小区现有的机会上再增加相同数量的机会。当机会每次只增加到某个特定交通小区时，记录它对综合*MAG*值的影响。正如所期望的，当把机会增加到不同的交通小区上时，综合*MAG*值会有不同的变化。为了找到什么类型的交通小区应该被赋上新增的机会，以得到更高的综合*MAG*值这一线索，应对综合*MAG*值变化和相应的初始小区的*MAG*值之间进行斯皮尔曼等级相关

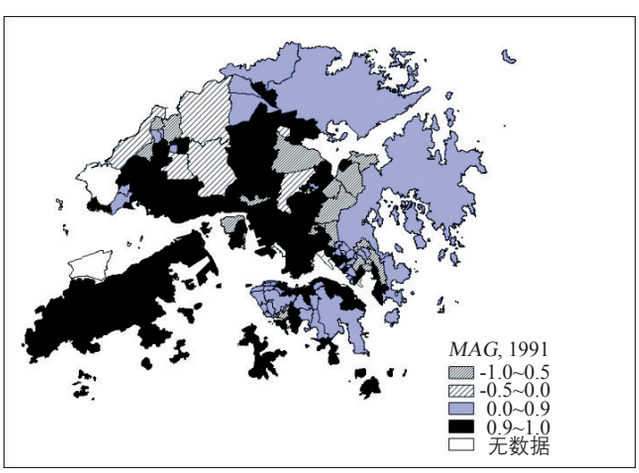

图2 香港1991年MAG

Fig.2 Modal accessibility gap (MAG) in Hong Kong in 1991

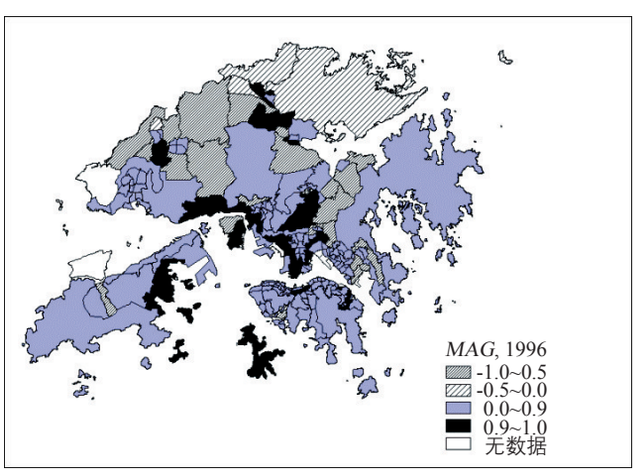

图3 香港1996年MAG

Fig.3 Modal accessibility gap (MAG) in Hong Kong in 1996

系数(Spearman rank correlation)测试。斯皮尔曼等级相关系数是0.39(双尾检验)，且0.01水平上是显著的。因此，最初的小区*MAG*值和新增机会后导致综合*MAG*值变化之间似乎存在显著关系。由于相关系数是正值，因此，要提高综合*MAG*值，新增的机会应该被赋值到小区*MAG*值也是正值的小区。结果正如预期的一样，这些小区公共交通可达性要优于私人交通可达性，公共交通更能服务于它们与其他小区的连通性。因此，对这些小区进行机会赋值，较之私人交通，更能提高公共交通的可达性。

在每个交通小区依次进行机会赋值所产生的影响比较如图7所示。这些小区被分成*MAG*值有大幅下降、略微下降、略微上升、大幅上升4组。可以看出，大幅上升区域是那些靠近城市化地区以及有较好公共交通服务的区域。

3.3.4 方案总结

表3总结了实施这些规划或措施的效果。首先，通过改善公共交通和限制私人交通可以提高*MAG*值。因此，可以通过公共交通方式的改善超过私人交通方式来增加*MAG*值。其次，因为综合*MAG*值变化和最初的小区*MAG*值之间存在明显的正相关关系，所以，土地利用开发选址在那些有较好公共交通服务的地区而不是私人交通服务较好的地区，可以增加*MAG*值。

4 结语

本文运用可达性和可持续发展之间的关系，提出了*MAG*指数，这有助于衡量城市交通发展是否更可持续。一个可持续的交通发展模式是在保持机动性的同时，又能减少对社会的危害。公共交通是环境友好型的且对社会的

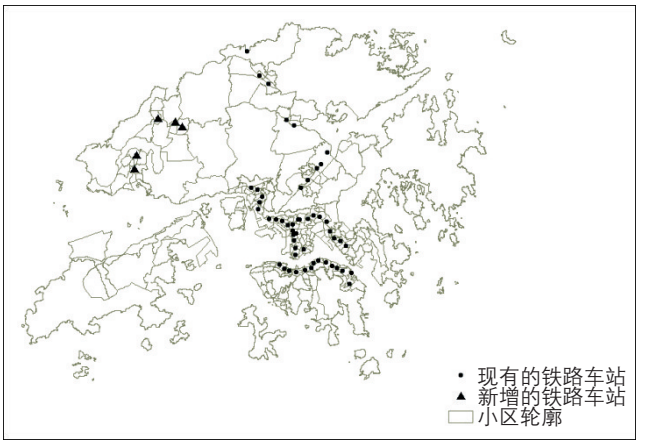

图4 香港现有和新增的铁路车站

Fig.4 Existing and new rail stations in Hong Kong

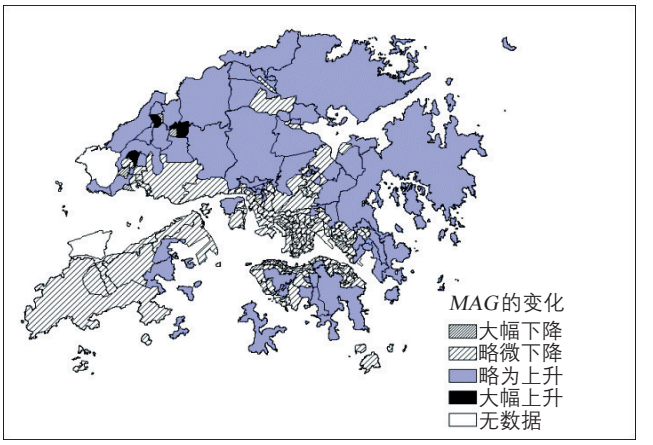

图5 新建铁路后交通MAG指数的变化

Fig.5 Impacts on modal accessibility gap (MAG) by the construction of new rails

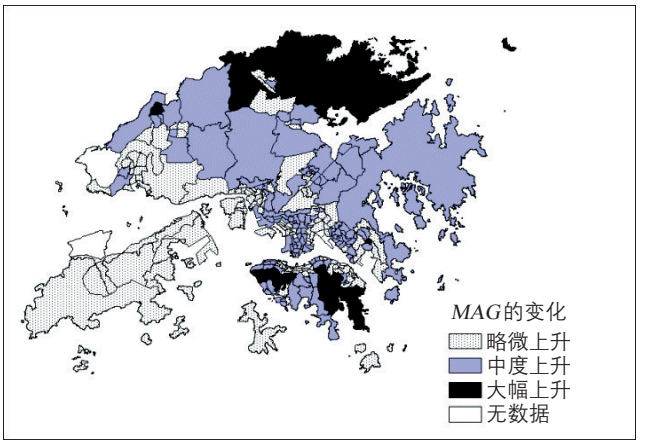

图6 私人交通运营成本变化引起的MAG的变化

Fig.6 Impacts on modal accessibility gap (MAG) caused by operating cost of private cars

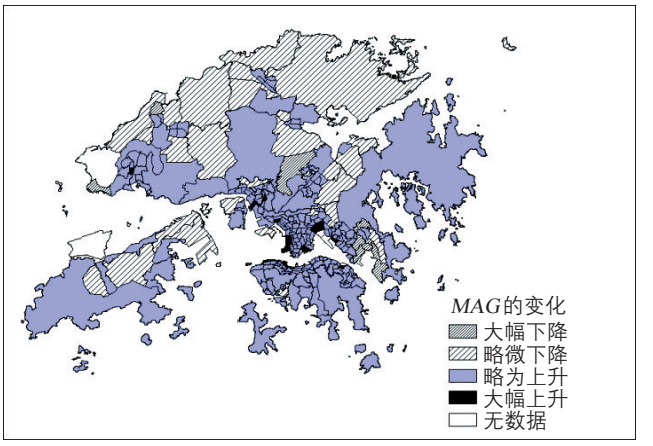

图7 小区土地利用变化引起的综合MAG的变化

Fig.7 Impacts on comprehensive modal accessibility gap (MAG) caused by zonal land use

危害更小，因此，所提出的MAG指数是通过计算公共交通和私人交通可达性指数之间的差异得到的。公共交通和私人交通方式的机会可达性指数可以依次计算不同的机会如人口数、就业岗位数、商店数量以及学校数量。*MAG*值的增长暗示着交通供给和土地利用更有利于公共交通而不是私人交通。

香港的案例研究显示了*MAG*指数如何有助于衡量城市交通发展是否更可持续以及如何将其运用于交通规划中。提高*MAG*值意味着交通更可持续的发展，继而就能确定可以提高*MAG*值的政策。另外，提高*MAG*值的方法是让公共交通可达性的提高速率快于私人交通，或是限制私人交通以使其可达性下降速率大于公共交通。香港案例研究检验了MAG指数是如何用于发展的目标地区——将发展投向这些地区而不是其他地区，可以在较大程度上，使得综合*MAG*值上升。

由于交通系统的可达性是一系列因素作用的结果，不仅包括交通基础设施，还包括机会供给和空间分布，所以MAG指数变化有可能涉及许多方面，如开发程度、土地利用和交通。该指数与其他仅测度和显示交通条件某一方面的指数相比，能提供更完全的图景。但是，由于MAG指数只是综合交通规划过程的许多方法之一，其他规划手段如可行性研究和成本－效益分析等也应该同时运用于规划过程中，以确保发展是有利于社会的。该指数的焦点并不在于可达性受到政治、经济和社会环境影响而绝对上升或下降，还必须借助于其他规划工具来进行判断。

私人小汽车一般被认为是不可持续的，这不仅是因为其巨大的耗油量，而且是因为与对汽车依赖性相关的一系列问题。在交通可持续发展规划中，交通供给和土地利用应该适应更可持续的交通方式，直到其无法再改善为止。在一些实例中，对于公共汽车难以到达的边远小村，公共交通的供给在经济上是不合算的。如果是这样，在正常交通规划过程中，该计划肯定通不过成本－效益分析测试，另一方面，地区发展密度过高同样会造成问题。因此，需求潜力被运用到可达性指数的计算中，这将有助于从众多公共交通方便的小区中确定发展区域，而这些区域现在并没有太多符合未来发展目标的要求。这样，就可以避免在人口已是高密度的区域进行开发。

MAG指数只是作为比较环境友好型和欠环境友好型交通方式的总体框架。技术或社会舆论会随着时间而变化，而且会在不同的社会环境中有所不同，因此，MAG指数会因未来发展或各个城市实际情况而存在一定的差异。

参考文献

1 Capello R, Nijkamp P, Pepping G. Sustainable Cities and Energy Policies[M]. Berlin: Springer, 1999

2 Newman P W G, Kenworthy J R. Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence[M]. Washington, DC: Island Press, 1999

3 Wardrop J G. Some Theoretical Aspects for Road Traffic Research[R]. London: Institute of Civil Engineers, 1952

4 Moridge M J M, Holden D, Bird J, et al. The Downs/Thomson Paradox and the Transportation Planning Process[J]. International Journal of transport Economics, 1985, 14: 283-311

5 Goodwin P. Road Traffic Growth and the Dynamics of Sustainable Transport Policies[M]. Oxford: Oxford University Press, 1996

6 Vuchic V R. Transportation for Livable Cities[R]. New Brunswick, NJ: Center for Urban Policy Research, 1999

7 Newman P W G, Kenworthy J R. Transport and Urban form in Thirty-two of the World's Principal Cities[J]. Transport Reviews, 1991, 11: 249-273

8 Kenworth J. Developing Sustainable Urban Transport and Land-use Policies in Asian Cities: A Global Review of Automobile Dependence with a Focus on the Role of Rail Systems[A]. Towards Profitable Opportunities in Asia[C]. Singapore: Asia Urban Rail Congress, 1996

表3 实施不同交通和土地利用规划所导致的MAG变化汇总

Tab.3 Impacts on modal accessibility gap (MAG) caused by implementation of different transportation and land-use plans

实施的规划或措施	对*MAG*值的影响
通过建设更多的铁路车站来改善公共交通	*MAG*值从0.8534上升到0.8551
通过对运营成本征收20%的税收来限制私人交通	*MAG*值从0.8534上升到0.8941
提高每个小区的用地强度	综合*MAG*值变化和最初的小区*MAG*值明显正相关

9 Newman P W G, Kenworthy J R. Cities and Automobile Dependence: An International Sourcebook[M]. Hants: Gower, Aldershot, 1989

10 CEC. Green Paper on the Urban Environment EUR 12902 EN [R]. Brussels: Commission of the European Communities, 1990

11 Owens S. Energy, Environment Sustainability and Land-use Planning[A]. M J Breheny. European Research in Regional Science 2. Sustainable Development and Urban Form[C]. London: Pion, 1992. 79-105

12 Haughton G, Hunter C. Sustainable Cities[M]. London: Jessica Kingsley, 1994

13 World Bank. Sustainable Transport: Priorities for Policy Reform[R]. Washington, DC: World Bank, 1996

14 Banister D, Waston S, Wood C. Sustainable Cities: Transport, Energy, and Urban Form[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1997, 24: 125-143

15 Breheny M. The Compact City and Transport Energy Consumption[J]. Transactions of the Institute of British Geographers, New Series, 1995, 20: 81-101

16 Gordon P, Richardson H W. Are Compact Cities a Desirable Planning Goal?[J]. Journal of the American Planning Association, 1997, 63: 95-106

17 Holcombe R G, Staley S R. Land-use Planning: An Overview of the Issues[A]. Holcombe R G, Staley S R. Smarter Growth [C]. Westport, CT: Greenwood Press, 2001. 1-11

18 Cervero R, Kockelman K. Travel Demand and the 3ds: Density, Diversity, and Design[J]. Transportation Research D, 1997, 2: 199-219

19 Naess P. Environment Protection by Urban Concentration[A]. Oslo: Conference on Housing Policy as a Strategy for Change, 1991

20 Boarnet M, Crane R. The Influence of Land Use on Travel Behaviours: Specification and Estimation Strategies[J]. Transportation Research A, 2001, 35: 823-845

21 DETR. Planning Policy Guidance Note: Transport (PPG 13) [R]. London: Department of the Environment, Transport and the Regions, 1994

22 Nijkanp P, Rienstra S A, Vleugel J M. Transport Planning and the Future[M]. West Sussex: John Wiey, Chichester, 1998

23 Banister D, Steen P. EU Policy Scenario Building for Sustainable Mobility[A]. Blank W R, Nijkamp P. Social Change and Sustainable Transport[C]. Bloomington, IN: Indiana University Press, 2002. 71-77

24 Warren J L. How Do We Know What Is Sustainable? A Retrospective and Prospective View[A]. Principles of Sustainable Development[C]. Boca Raton, FL: St Lucie Press, 1997. 131-150

25 Burns L D, Golob T F. The Role of Accessibility in Basic Transportation Choice Behaviour[J]. Transportation, 1976, 5: 175-198

26 Morris J M, Dumble P L, Wigan M R. Accessibility Indicators for Transport Planning[J]. Transportation Research A, 1979, 13: 91-109

27 Hansen W G. How Accessibility Shapes Land-use[J]. Journal of the American Institute of Planners, 1959, 25: 73-76

28 Weibull J W. An Axiomatic Approach to the Measurement of Accessibility[J]. Regional Sicence and Urban Economics, 1976, 6: 357-379

29 Shen Q. Location Characteristics of Inner-city Neighborhoods and Employment Accessibility of Low-wage Workers[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1998, 25: 345-365

30 Geertman S C M, Ritsema Van Eck J R. GIS and Models of Accessibility Potential: An Application in Planning[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1995, 9(1): 67-80

31 Transport Department. Keeping Hong Kong Moving: The White Paper on Internal Transport Policy[R]. Hong Kong: Hong Kong Government, 1979

32 Transport Department. Moving into the 21st Century: The White Paper on Internal Transport Policy in Hong Kong[R]. Hong Kong: Hong Kong Government, 1990

33 Transport Department. Hong Kong Moving Ahead: A Transport Strategy for the Future[R]. Hong Kong: Hong Kong Government, 1999

34 Davidson K B. Accessibility in Transport/Land-use Modeling and Assessment[J]. Environment and Planning A, 1977, 9: 1401-1416

35 Handy S L, Niemeier D A. Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives[J]. Environment and Planning A, 1997, 29: 1175-1194