

# 基于元分维理论的土地利用混合度研究

## ——以榆林空港生态城控规为例

冯红霞<sup>1,2</sup>, 张生瑞<sup>2</sup>

(1. 西安建大城市规划设计研究院, 陕西 西安 710055; 2. 长安大学公路学院, 陕西 西安 710064)

**摘要:** 在合理的研究范围内, 土地利用混合度越高, 交通出行效率越高。首先针对不同的规划范围, 进行了土地利用混合度与交通出行效率的相关性研究, 并得出不同的出行方式下最适宜的土地利用混合度的研究范围, 借助元分维理论中相邻区域单元性质相似的思想, 建立相邻区域的土地利用混合度计算模型。并针对出行效率较高的低碳交通出行时耗和距离, 选择适宜低碳交通出行模式主导下的空间尺度, 建构了土地利用混合度模型和模型的标准化处理模型。以榆林空港生态区东南片区的控制性详细规划中土地利用混合度值的计算为例, 以低碳的步行和自行车为出行主导方式进行网格划分, 利用 GIS 的空间分析功能对数据进行分析、计算和结果输出, 并根据计算结果进行不断的调整, 得出最终的调整方案。

**关键词:** 元分维; 交通出行效率; 土地利用混合度; 职住均衡; 交通出行距离

**中图分类号:** TU984.191

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7930(2014)06-0882-06

土地利用的空间分布决定了居民的出行时耗和出行距离, 进而影响城市的出行结构和出行效率。优化土地利用布局是从根本上优化出行结构的有效方法, 也是实现低碳城市交通的顶层目标<sup>[1]</sup>。国内外关于土地利用混合程度的研究侧重于特定城市, Levinson David 通过案例, 揭示土地混和使用对城市交通和空间组织的影响<sup>[2]</sup>。Mark & Alan 提出居住就业均衡性增强能减少出行量和出行距离, 并降低机动车出行的比例<sup>[3]</sup>; 钱林波通过土地利用的混合度与居民出行空间分布的关系, 提出了土地利用混合程度概念与计算模式<sup>[4]</sup>。陆化普通过研究得出职住均衡较好的城市居民平均出行距离较短<sup>[5]</sup>。另外有学者在混合住区、居住与就业空间特征及其组织方面做了研究<sup>[6-9]</sup>。土地利用混合度值与研究的范围关系较大, 不同的研究范围, 得出的土地利用混合度的值有较大差别, 根据以往的静态研究尺度对土地利用混合度进行研究有一定的局限性。本论文借助元分维理论, 利用动态的研究尺度, 建构不同空间尺度下的土地利用混合度模型, 并将土地利用混合度模型应用于规划方案的定量研究和方案调整中<sup>[10]</sup>。

## 1 基于元分维理论的土地利用混合度研究

元分维分析方法在地貌特征方面的研究较多<sup>[11-12]</sup>, 而在城市土地利用与交通出行中应用较少。本论文将元分维分析的方法引入土地利用混合度的研究中。将研究范围划分为边长为  $r$  的方格网, 研究目标中心网格的土地利用混合度时, 将其相邻的网格也纳入研究范围, 同时不断滑动网格, 得出总体的混合度值。并根据得到的值判定方案的合理性, 对方案修改提出意见。

### 1.1 元分维理论应用与土地利用混合度中的意义

元分维模型的基本出发点是对于分形对象的每一个空间单元来说, 在相邻区域内其它单元距离越近, 则空间性质越相似。土地利用混合度是指在一定的研究范围内的土地利用布局中的就业岗位数与居住人口数的比值, 反映了研究区域的职住均衡程度。交通出行选择不仅仅局限于选定的研究范围内, 在城市空间中, 距离研究区域越近, 其出行的选择相关性越大。为了能够动态研究土地利用混合度, 将研究目标的局部差异与整体连续相结合, 利用格网的表达方式, 将研究范围内的土地利用投影面积沿  $x, y$  轴分划分为边长为  $r$  的方格网。在计算目标网格的土地利用混合度时, 研究对象不仅仅局限于目标网格本身, 而是将目标周围相邻地块也纳入研究范围之中。将元分维理论应用于土地利用混合度中, 通过不断的“滑动网格”, 能够动态反应土地利用混合度, 并可以根据计算结果调整规划方案, 提高规划的科学性。

### 1.2 基于元分维理论的研究网格与土地利用混合度表达

将范围划分为边长为  $r$  的方格网, 定义网格为  $T_{i,j}$ , 将方格网作为局部范围的研究对象(网格), 用周围与其相邻的网格的特征来表示该研究对象的特征值。定义目标网格  $T_{i,j}$  内的土地利用混合度为  $t_{i,j}$ , 对每个网

格的土地利用混合程度与其周围相邻的网格有关,利用目标网格与其周围所有相邻的网格的土地利用特征来表述用地混合度.则目标网格的土地利用混合度为 $t_{m,n}$ ,当 $i=m, j=n$ 时,有土地利用混合度 $t_{m,n}$ ,则

$$t_{m,n} = \frac{\sum_{i=m-1,n-1}^{m+1,n+1} Z_{ij}}{\sum_{i=m-1,n-1}^{m+1,n+1} P_{i,j}} = \frac{Z_{m-1,n-1} + Z_{m-1,n} + Z_{m-1,n+1} + Z_{m,n-1} + Z_{m,n} + Z_{m,n+1} + Z_{m+1,n-1} + Z_{m+1,n} + Z_{m+1,n+1}}{P_{m-1,n-1} + P_{m-1,n} + P_{m-1,n+1} + P_{m,n-1} + P_{m,n} + P_{m,n+1} + P_{m+1,n-1} + P_{m+1,n} + P_{m+1,n+1}} \quad (1)$$

由此可以计算出与目标网格 $m,n$ 最相关的土地利用混合度值,同时相下一个窗口滑动,计算下一网格混合度,当计算边界处的窗口,构造一个虚网格,将虚网格内的就业岗位数和人口数定义为0.由此可以计算所有规划范围内的土地利用混合度.

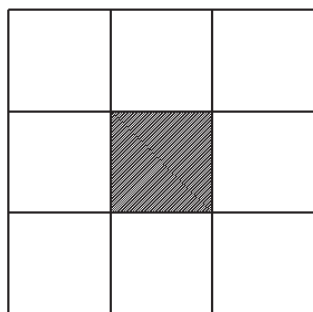


图1 目标网格与其研究范围

Fig.1 Targeting grid and study range

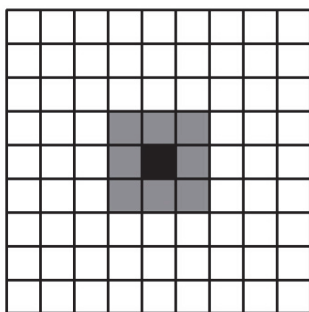


图2 中心区的网格计算范围

Fig.2 Calculation range of grid in central area

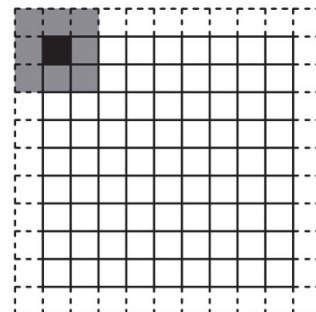


图3 边缘区的网格计算范围

Fig.3 Calculation range of grid in fringe area

对每一个网格计算其土地利用的混合程度,网格的土地利用混合程度为 $t_{m,n}$ ,由此可以得到关于土地利用混合度矩阵,即 $f(yd) = \begin{bmatrix} t_{1,1} & \cdots & t_{m,1} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ t_{1,n} & \cdots & t_{m,n} \end{bmatrix}$ ,由此矩阵表达整体范围内的土地利用混合度,其中 $f(yd)$ 为规划范围内的土地利用混合度.

## 2 基于交通出行效率的研究范围及网格划分确定

### 2.1 土地利用混合度与交通出行效率的关系

在选取的研究范围内,土地利用混合度高,区内出行量大,区外出行量小,区内交通出行结构、出行距离决定了交通出行效率高低.当研究的范围太小,土地利用混合度以单一用地为主,混合度较低,交通出行以区外出行为主.随着研究范围逐渐增大,区内出行适宜慢行交通出行时,土地利用混合度越高,慢行出行比例越高,出行时耗较小,出行距离较短,交通出行对环境产生的影响较小.当研究尺度太大时,区内出行距离增大,出行结构特征模糊.土地利用混合度随着研究范围的不断增大,其混合度呈现越来越高的现象.而交通出行效率出现先小,慢慢增大,随后又变小的现象.

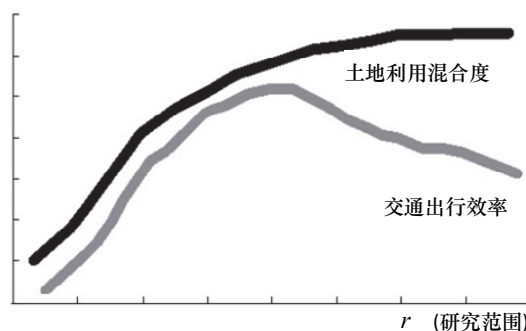


图4 土地利用混合度与交通出行效率相关性

Fig.4 Correlation of land utilization mixedness degree vs traffic travel efficiency

因此当选取合适的研究范围时,土地利用混合度与交通出行效率的相关性最大.土地利用混合度的高低决定了出行的距离和出行结构,而提高土地利用混合度的根本目的,是优化出行结构,必须对选取范进行研究.而方格网边长 $r$ 是建立邻域的关键参数,因此必须对 $r$ 值进行研究.

### 2.2 基于交通出行效率的网格边长 $r$ 值的选取

在不同规模的城市和不同交通导向模式中, $r$ 值的选取值也不同,论文选取出行距离、出行时耗小,出行结构以低碳出行为主的模式为研究对象.

### 2.3 出行方式与适宜出行距离研究

通过对多个城市的出行方式与出行距离进行研究,可以得出,步行的平均出行距离为0.8 km,自行车的平均出行距离为4.2 km,出租车的平均出行距离为8.6 km,公共交通的平均出行距离为9.6 km,小汽车的评价出行距离为14 km.从出行时耗上看,在工作出行中以步行和自行车为出行方式的时耗一般在20 min以下,以公交为出行方式的时耗在25~40 min<sup>[13]</sup>,由此可以推算出步行、自行车、公交车这几种低碳环保出行方式

的服务半径(图5)。

从上图可以看出,适宜步行出行的空间距离为2 km以内,适宜自行车出行的空间距离为4.2 km以内,适宜公共交通出行的距离为9.6 km以内,因此,如果实现短出行距离,如果在2 km内能够实现居住与生活服务的混合配置,在5 km的范围内实现居住与就业岗位的混合配置,理想状态下可将大多数的通勤交通出行控制在短距离出行中。

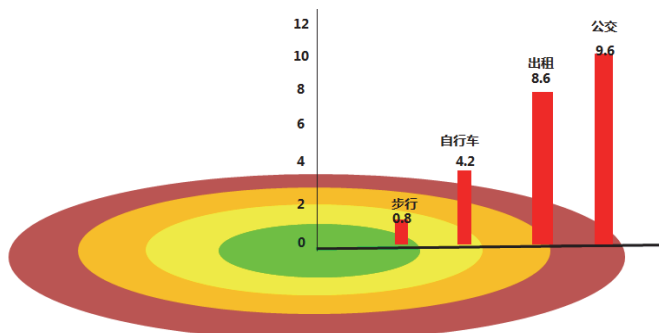


图5 各种交通方式出行半径及平均出行距离

Fig.5 Travel radius and average travel distance of various modes

### 3 网格边长 $r$ 值的选取

因此选择适宜步行、自行车、公交三种不同出行方式的出行距离围和目标网格的研究范围<sup>[14]</sup>,推算出适宜的  $r$  值,并将  $r$  值取整数。

从以上分析可看出,当  $r \leq 0.5$  时,由于网格研究规模较小,在区内实现职居均衡的意义不大,当  $r \geq 1.5$  时,网格研究范围太大,选择步行和自行车出行方式受限制,当  $r$  值在  $0.5 \sim 1.5$  之间时,土地利用混合度与交通出行效率相关性最大。

表1 空间尺度选择与出行相关关系表

Tab.1 Correlation table of space scale selection with travel

$r$ 值 /km	网格规模 /km <sup>2</sup>	目标研究 范围/km <sup>2</sup>	平均出行 距离/km	适宜的出行模式
0.5	0.25	2.25	0.5~2	步行
0.75	0.56	5.06	1~3	步行、自行车
1	1	9	1~4	步行、自行车、公交
1.5	2.25	20.25	3~6	自行车、公交车
2	4	36	4~8	公交车、出租车

#### 3.1 利用元分维思想计算土地利用混合度值的应用范围

利用元分维思想计算土地利用混合度值应用广泛,在不同的规划层面和不同的规划范围内,根据规划目标和主导的出行方式选择合适的网格大小,应用元分维理论的计算方法对土地利用混合度值进行定量分析,对方案调整提供一项依据。

在总体规划层面,由于规划范围较大,出行距离较长,元分维理论的应用从城市出行结构以低碳环保的公交出行为主进行网格划分。而在控制性规划层面,应根据规划范围进行出行选择,当规划范围过小时,根据表1的计算值,当规划范围小于  $20 \text{ km}^2$  时,由于规划范围较小,以低碳出行为指导,应该选择以步行、自行车为主导的出行方式对网格进行划分,当规划范围大于  $20 \text{ km}^2$  时,应选择以公交和自行车为主导的出行方式对网格进行划分。为了提高调整的准确性,也可以同时选择多个出行方式对网格划分、计算和比较。

## 4 基于元分维理论的土地利用混合度模型计算

### 4.1 土地利用混合度计算模型

目前对土地利用的描述数据为土地地块的面积  $A$ 、开发强度  $\alpha$ 、土地利用性质  $f$  三个方面,其中土地利用的性质决定了交通出行的源头和目标,土地利用的面积和开发强度决定了交通出行的量,土地利用的不同空间分布决定了出行的方向和距离。定义网格  $T_{ij}$  内的  $e$  类土地利用性质的用地面积为  $A_{ij}^e$ ,开发强度为  $\alpha_{ij}^e$ ,该区域  $e$  类土地利用性质可提供的就业岗位率为  $\delta^e$ ,该区域  $e$  类土地利用性质可提供的居住人口系数为  $\beta^e$ ,则就业岗位数的计算值为  $Z_{ij} = \sum_{e=1}^f A_{ij}^e \times \alpha_{ij}^e \times \delta^e$ ;  $f$  表示该网格内有  $f$  类土地利用性质。居住人口数为  $P_{ij} = \sum_{e=1}^f A_{ij}^e \times \alpha_{ij}^e \times \beta^e$ ;

令  $\theta$  为该区域的工作人口占居住人口的比例,则目标网格  $T_{i,j}$  的土地利用混合度  $t_{i,j}$

$$t_{i,j} = \frac{Z_{i-1,j-1} + Z_{i-1,j} + Z_{i-1,j+1} + Z_{i,j-1} + Z_{i,j} + Z_{i,j+1} + Z_{i+1,j-1} + Z_{i+1,j} + Z_{i+1,j+1}}{\theta(P_{i-1,j-1} + P_{i-1,j} + P_{i-1,j+1} + P_{i,j-1} + P_{i,j} + P_{i,j+1} + P_{i+1,j-1} + P_{i+1,j} + P_{i+1,j+1})} = \frac{\sum_{m=i-1,n=j-1}^{m=i+1,n=j+1} \sum_{e=1}^f A_{m,n}^e \times \alpha_{m,n}^e \times \delta^e}{\theta \sum_{m=i-1,n=j-1}^{m=i+1,n=j+1} \sum_{e=1}^f A_{m,n}^e \times \alpha_{m,n}^e \times \beta^e} \quad (2)$$

### 4.2 土地利用混合度计算实例

选取榆林空港生态区东南片区的控制性详细规划作为研究实例,对土地利用混合度进行实例研究。榆林空港生态区是未来榆林市北部中心,规划建设用地面积  $19.64 \text{ km}^2$ 。定位为榆林市宜居宜游魅力区和城乡统筹示范区,以建设生态新区为目标,始终贯彻产城一体的理念。以生态规划为理念,选取步行、自行车为区内主要出行方式,周围有轨道交通线路,公共交通为区外出行的主要方式之一,因此  $r$  值选取时应该

兼顾步行、自行车和公交车的出行距离,选取  $r=1$  为空间尺度对规划范围进行土地利用混合度计算,其值  $T$  为  $6 \times 5$  的矩阵。

首先,根据总体规划确定方案,确定规划区内的主要用地性质为二类居住、商务、商业、产业用地为主。针对榆林市单位建筑面积容纳的居住人口数和就业岗位数进行调查,并根据榆林空港生态区的定位进行调整,得出不同用地的单位居住人口率  $\beta^e$  和就业岗位率  $\delta^e$ 。

其次,利用 GIS 计算网格内的不同类型的用地面积、容积率与单位建筑面积的居住人口数和就业岗位数,计算出每个网格内部的就业岗位数  $Z_{ij}$  和居住人口数  $P_{ij}$ 。

然后,利用混合度计算公式 (4),选取榆林市劳动人口占总人口的比率为 0.65,针对每个网格及其周围网格的就业岗位数和居住人口数,计算出每个网格的土地利用混合度的值,得出土地利用混合度的矩阵值。

$$f(yd) = \begin{bmatrix} 3.50 & 0.97 & 0.71 & 0.68 & 0.40 & 0.09 \\ 2.51 & 0.92 & 0.83 & 0.96 & 0.83 & 0.36 \\ 3.06 & 0.39 & 0.59 & 0.80 & 0.86 & 0.38 \\ 0.72 & 0.73 & 1.27 & 0.54 & 0.43 & 0.51 \\ 0.62 & 1.37 & 1.51 & 0.33 & 0.30 & 0.29 \end{bmatrix}$$



图6 初步规划用地方案图

Fig.6 Land use figure of preliminary plan

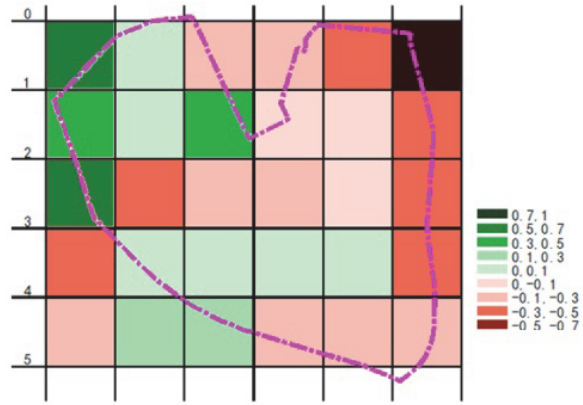


图7 初步方案标准混合度值阈图

Fig.7 Standard mixedness degree threshold figure of preliminary plan

## 5 基于元分维模型的土地利用混合度标准化及结果分析

在选定的空间尺度  $r$  下,利用 GIS 数据读取和空间分析技术对数据进行处理,利用 GIS 计算不同网格内的土地利用的面积,利用叠加分析技术对开发强度和就业岗位率或居住人口系数进行叠加,得出职住均衡比率的矩阵值及其网格的强度图。

### 5.1 土地利用混合度标准化模型

在适宜的  $r$  下,对土地利用混合度模型进行标准化处理,标准化后的目标网格  $T_{i,j}$  的交通出行效率为  $f(t_{ij})$ ,根据土地利用混合度的模型与交通出行效率的关系,由式 1 和式 4 定义出行效率的标准化公式为:

$$f(t_{ij}) = \frac{\sum_{m=1, n=1}^{m+1, n+1} Z_{ij} - \theta \sum_{m=1, n=1}^{m+1, n+1} P_{i,j}}{\sum_{m=1, n=1}^{m+1, n+1} Z_{ij} + \theta \sum_{m=1, n=1}^{m+1, n+1} P_{i,j}} = \frac{\sum_{m=i-1, n=j-1}^{m=i+1, n=j+1} \sum_{e=1}^{e=f} A_{m,n}^e \times \alpha_{m,n}^e \times \delta^e - \theta \sum_{m=i-1, n=j-1}^{m=i+1, n=j+1} \sum_{e=1}^{e=f} A_{m,n}^e \times \alpha_{m,n}^e \times \beta^e}{\sum_{m=i-1, n=j-1}^{m=i+1, n=j+1} \sum_{e=1}^{e=f} A_{m,n}^e \times \alpha_{m,n}^e \times \beta^e - \theta \sum_{m=i-1, n=j-1}^{m=i+1, n=j+1} \sum_{e=1}^{e=f} A_{m,n}^e \times \alpha_{m,n}^e \times \beta^e} \quad (3)$$

### 5.2 榆林空港生态区土地利用混合度标准化计算结果

利用式 5 对榆林空港生态区东南片区的土地利用混合度进行标准化计算,得出如下结果:

$$f(t) = \begin{bmatrix} 0.56 & 0.01 & -0.11 & -0.19 & -0.42 & -0.84 \\ 0.43 & 0.08 & -0.31 & -0.02 & -0.09 & -0.47 \\ 0.51 & -0.35 & -0.25 & -0.11 & -0.08 & -0.44 \\ -0.44 & 0.02 & 0.12 & 0.12 & 0.01 & -0.32 \\ -0.16 & 0.16 & 0.20 & -0.12 & -0.17 & -0.19 \end{bmatrix}$$

### 5.3 结果分析

标准化后的交通出行效率  $f(t)$  是关于  $f(t_{ij})$  的矩阵,其中  $-1 \leq f(t_{ij}) \leq 1$ ,当  $f(t_{ij}) = 0$  时,交通出行效率最高,  $-0.3 \leq f(t_{ij}) < 0.3$  时,就业岗位数与寻找就业机会的差别不大,一半以上的交通出行以短距



离出行为主,出行结构可以控制在以慢行为主的模式中,交通出行效率较高。 $f(t_{ij}) < -0.3$ 时,就业岗位数大大超出居住人口数, $f(t_{ij}) > 0.3$ 时,居住人口数大大高于就业岗位数,交通出行效率较低,可以通过调整土地利用性质或开发强度调整该区域的职住均衡比例。

从标准混合度值中可以看出, $t_{15}$ 、 $t_{16}$ 、 $t_{31}$ 研究范围内就业岗位数超出其就业人口数较多, $t_{15}$ 、 $t_{16}$ 、 $t_{36}$ 、 $t_{46}$ 、 $t_{41}$ 、 $t_{32}$ 中居住人口数大于就业岗位数的一半以上。因此区域周围的用地混合度较低,需要通过调整用地性质或者容积率来调整就业岗位数。

## 6 规划调整与结论

### 6.1 规划调整目标与方法

在选定的空间尺度下,如果控制在 $0.3 \leq f(t_{ij}) < 0.3$ 的范围内,用地混合度较高,交通出行效率也较高。规划调整的目的就是要提高用地的混合度,将规划的混合度标准化值控制在合理的范围之内。

当规划结果有一定偏差时,需要对规划的结果进行调整,规划方案的调整需要结合具体方案,对用地性质或者容积率进行权衡判定,再进行方案调整。并通过反复调整和计算,得出理想的规划方案。

### 6.2 规划方案调整

在上述混合度标准化的结果中可以看出,整个方案的西北片区的就业岗位较高,东北片区的居住人口数较多,如果实际中能够将两个片区的局部用地相互调整,可以在不改变大的用地布局的条件下得出较为理想的结果,将西北片区增加产业用地,在东北片区减少居住用地。并不断计算得出最终结果。经过多次计算,得出理想的规划方案图和计算结果。

调整后的土地利用混合度值为:

$$f(yd) = \begin{bmatrix} 1.38 & 1.02 & 0.81 & 0.68 & 0.40 & 0.19 \\ 0.92 & 1.16 & 1.75 & 0.96 & 0.83 & 0.58 \\ 0.55 & 0.68 & 0.59 & 0.80 & 0.86 & 0.48 \\ 0.39 & 1.04 & 1.27 & 0.54 & 0.43 & 0.51 \\ 0.62 & 1.37 & 1.51 & 0.33 & 0.30 & 0.29 \end{bmatrix}$$

调整后的土地利用混合度标准化值为:

$$f(t) = \begin{bmatrix} 0.16 & 0.01 & -0.11 & -0.19 & -0.32 & -0.64 \\ -0.04 & 0.08 & 0.27 & -0.02 & -0.09 & -0.27 \\ -0.29 & -0.24 & -0.25 & -0.11 & -0.08 & -0.29 \\ -0.24 & 0.02 & 0.12 & 0.12 & 0.01 & -0.28 \\ -0.16 & 0.16 & 0.20 & -0.12 & -0.17 & -0.19 \end{bmatrix}$$

调整后大部分网格的土地利用混合度都在 $-0.3 \sim 0.3$ 之间,局部( $t_{16}$ )网格的居住人口数超出就业岗位数,主要由于用地位于边缘地带,选取的虚网格数较多,调整后的用地类型、容积率及标准混合度阈值图见图8~9。



图8 调整后用地及容积率图

Fig.8 The adjusted land use and plot ratio

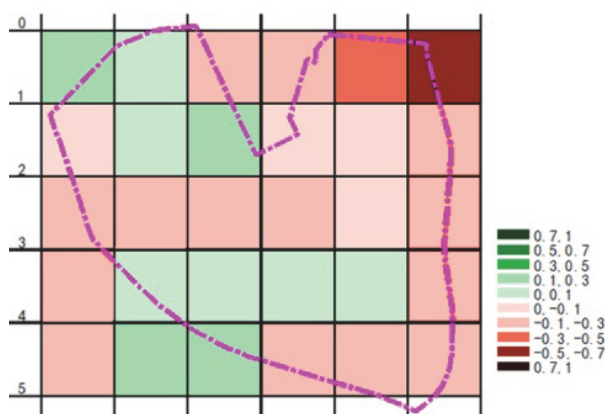


图9 调整后标准混合度值阈值图

Fig.9 The adjusted standard mixedness degree threshold figure

## 7 结论

本论文将元分维思想应用于交通出行效率与土地利用混合度的研究中,突破了以往静态研究范围的限制,利用动态的研究范围,建构了土地利用混合度的元分维模型,并利用土地利用混合度标准化计算公式对结果进行判断和多次调整,使得调整后方案大部分网格的土地利用混合度都在 $-0.3 \sim 0.3$ 之间,为土地利

用混合度的定量研究提供了一种思路,但是,交通出行效率与土地利用混合度的关系相当复杂,不同的规划层面和规划范围,需要具体的方案确定网格的划分尺度,同时,计算就业岗位是一项复杂的内容,涉及到的具体问题需要进行进一步的研究。

## 参考文献 References

- [1] 刘小明. 建立宜居绿色的城市交通模式在“2005 北京·中国交通论坛”上的发言[J]. 交通运输系统工程与信息, 2005(6): 27-30.  
LIU Xiaoming. Building a Livable and Sustainable Urban Transport System, Speaking on “2005 Beijing·Advanced Forum for China Transport”[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2005(6): 27-30.
- [2] LEVINSON David. Accessibility and the journey to work[J]. Journal of Transport Geography, 1992, 6(1): 11-21.
- [3] HORNER Mark W, MURRY Alan T. A multi-objective approach to improving regional job-housing balance[J]. Regional Studies, 2003, 37(2): 135.
- [4] VAN Uyen-Phan, SENOR Martyn. The contribution of mixed land uses to sustainable travel in cities[M]. Achieving Sustainable Urban Form, 2010.
- [5] 钱林波. 城市土地利用混合程度与居民出行空间分布——以南京主城为例[J]. 城市研究, 2000(3): 7-10.  
QIAN Linbo. The Research on the relationship between degree of mixed urban land-use and spatial distribution of trips: in case study of main districts in Nanjing[J]. Urban Research, 2000(3): 7-10.
- [6] 陆化普, 丁宇, 张永波. 中国城市职住均衡实证分析与关键对策[J]. 城市交通, 2013, 11(3): 1-6.  
LU Huapu, DING Yu, ZHANG Yongbo. Urban job-housing balance in China: empirical analysis and countermeasures[J]. Urban Transport of China, 2013, 11(3): 1-6.
- [7] 钟力. 上海城市混合使用型住区规划中的混合度研究——以上海宝山区绿地领海项目为例[C]// 2008 全国博士生学术会议(建筑, 规划)论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.  
ZHONG Li. The Study on the Function Ratio of the Planning in the Urban Mixed-use Residential District in Shanghai-A case Study of the Planning in Shanghai Lvidilinhai Project in Baoshan District[C]//Collected papers of State Doctoral Academic Conference of 2008(Building and Planning). Beijing: China Building Industry Press, 2008.
- [8] 周素红, 闫小培. 城市居住-就业空间特征及组织模式: 以广州市为例[J]. 地理科学, 2005, 25(6): 664-670.  
ZHOU Suhong, YAN Xiaopei. Characteristics of jobs-housing and organization in Guangzhou[J]. Scientia Geographica Sinica, 2005, 25(6): 664-670.
- [9] 孟斌. 北京城市居民职住分离的空间组织特征[J]. 地理学报, 2009, 64(12): 1457-1466.  
MENG Bin. The spatial organization of the separation between jobs and residential locations in Beijing[J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(12): 1457-1466.
- [10] 陈帅. 城市居住-就业平衡与交通系统优化研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2010.  
CHEN Shuai. Urban residence-workplace balance and optimization of transportation system[D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture. 2010.
- [11] 常超凡. 城市居民短距离出行行为研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2007.  
CHANG Chaofan. Study on short-distance travel behavior of urban resident[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2007.
- [12] 龙毅, 毋河海, 周侗, 等. 地图目标局部分形描述的元分维模型的实现[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2006, 31(10): 891-895.  
LONG Yi, WU Hehai, ZHOU Tong, et al. Implementation of meta fractal dimension model on local fractal description of map objects[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2006, 31(10): 891-895.
- [13] 周侗. 元分维模型的构建模型与应用方法研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2007.  
ZHOU Dong. Research on establishing method and application of meta fractal dimension model based on DEM[D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2007.
- [14] 邹志云, 蒋忠海, 胡程, 等. 国内不同城市出行类型分析[J]. 武汉理工大学学报: 交通科学与工程版, 2008, 32(3): 554-557.  
ZOU Zhiyun, JIANG Zhonghai, HU Cheng, et al. Analysis on resident trip characteristics in part of Chinese cities[J]. Journal of Wuhan University of Technology: Transportation Science & Engineering, 2008, 32(3): 554-557.

## Study on travel efficiency and land use mixing degree based on meta fractal dimension theory

FENG Hongxia<sup>1,2</sup>, ZHANG Shengrui<sup>2</sup>

(1. Institute of Urban Planning and Design, XAUAT, Xi'an 710055, China;

2. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** Urban traffic travel efficiency can be optimized from travel structure and travel time budget. Within the scope of reasonable study, the higher land use mixing degree causes the higher travel efficiency. Aimed at the relation between land utilization mixedness and travel efficiency under different study scopes, this paper uses the idea that the adjacent region units have the similar properties in Meta Fractal Dimension Theory to establish the land use mixing degree calculation model of adjacent regions. Aimed at the low-carbon travel time budget and distance with high efficiency, the spatial scale suit to low-carbon travel model is selected to construct the land use mixing degree model and normalization model. The spatial analysis function is used in the data analysis, calculation and output. At last, this paper conducts the example analysis with the Regulatory Plan in Southeast Area of Yulin Airport.

**Key words:** meta fractal dimension; travel efficiency; land use mixing degree; jobs housing balance; travel distance

(本文编辑 桂智刚)