

城市道路网元胞模式分析的网络景观指数分析法

田 晶^{1,2,3} 余梦婷¹ 任 畅⁴ 熊富全¹

1 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079
2 武汉大学地理信息系统教育部重点实验室,湖北 武汉,430079
3 武汉大学数字制图与国土信息应用工程国家测绘地理信息局重点实验室,湖北 武汉,430079
4 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北 武汉,430079

摘 要:道路网元胞的组成及其配置构成了特定的网络景观,受启发于元胞和景观格局中斑块的相似性,借鉴景观格局分析中的景观指数分析法,提出了一种城市道路网元胞模式分析的新方法——网络景观指数分析法。该方法基于道路类型生成不同类别的元胞,计算网络景观指数,并通过相关分析与因子分析挖掘主要因子,进而解释主要因子及代表指数在道路网模式分析中的含义。应用该方法计算了中国 34 个城市街道网络的 24 个指标,发现了 4 个主要因子:元胞的空间分布与多样性、元胞最大尺寸与延展性差异、元胞平均延展性和元胞平均尺寸与形状复杂度。反映到道路网中,描述了道路的集聚与分散特征、道路类型的多样性、道路网的规则程度等特征。

关键词:城市道路网;模式分析;元胞;网络景观

中图分类号:P283 **文献标志码:**A

城市道路网构成了城市的框架,是城市意象的主要组织元素^[1]。道路网在演化的过程中形成了一定的分布模式,蕴涵着特定历史时期的政治、经济和文化特征。道路网的模式主要包括几何模式和拓扑模式,以及诸如旅行时间、网络空间现象的分布等依附于道路网所存在的一些模式^[2-4]。几何模式关注道路网分布的形态特征,分类体系较为成熟,常见的有 Stroke 模式、网格模式、辐射模式、环模式等^[4-5],主要根据模式的形态特征并结合视觉认知原则设计对应的识别算法^[5-6]。在新网络科学的发展下,道路网拓扑分析研究掀起了热潮^[7-10]。拓扑模式关注道路之间的连接关系及其统计特征。在关注的模式方面,无标度网络、小世界网络、混合模式、层次组织等是较为关心的模式^[11-14],相对于无标度和小世界网络,混合模式与层次组织关注的较少。拓扑模式由网络中的某些统计规律定义,识别相对较易。

由道路网构成的元胞在形态、尺寸和邻接关系上具有一定的特点,间接反映了道路网的结构模式。元胞模式分析可以描述由路网划分的城市空间单元的模式,这一模式可以反映这些空间单

元的几何形态和空间分布特点,从而发掘城市路网的相似性和差异性。Buhl 等^[15]就道路网的网眼单元集合提出了网眼指数,这一指标可以衡量道路网格网化的程度,网眼指数越大,道路网越接近网状结构,网眼指数越小,道路网越接近树状结构。Lämmer 等^[2]通过对德国最大的 20 个城市元胞模式的研究发现,元胞的尺寸服从幂律分布,邻接的元胞数(元胞的拓扑度)为 4 的元胞占主导地位且元胞的形状具有多样性。Masucci 等^[16]通过对伦敦道路网的研究发现,圈的周长和面积从城市中心至外围呈现增加的趋势,且圈的面积服从幂律分布。Chan 等^[17]同样以德国最大的 20 个城市为样本,研究了元胞拓扑度的分布、形状的分布规律、形状与元胞度的依赖关系等,发现元胞拓扑度在大于 4 时呈现厚尾现象,度很高的元胞的形状主要是矩形,元胞面积呈现厚尾现象。Jiang 和 Liu^[18]从国家层面出发分析法国、德国和英国的道路网构成的块,发现街区的尺寸符合对数正态分布,并由此提出了一种提取自然城市边界的方法。Louf 和 Barthelemy^[19]利用不同路网块的面积形状特征对路网进行聚类分析,提出了

一种新的路网分类体系。

上述研究存在两方面问题:一是现有研究对于道路网模式分析侧重于运用几何或统计方法提炼道路网中普遍存在的共性规律,忽略了路网个性特征的描述,难以解释路网的形态或结构的差异性;二是对于元胞模式分析主要考虑元胞的形状、尺寸、拓扑度等参量的统计规律及其相关关系,没有考虑元胞的空间配置。

在景观格局分析^[20-24]中,不同类型斑块的组成和配置构成了特定的景观,类似地,道路网中不同类型元胞的组成和配置构成了特定的“网络景观”。考虑到两者的相似性,本文借鉴景观格局分析中的景观指数分析方法,分析由道路网形成的“网络景观”。本文研究中不严格区分元胞、网眼、圈和块,它们均指由道路构成的多边形,统一使用术语元胞。

1 数据及数据预处理

开放街道地图(OpenStreetMap, OSM)是自发地理信息的典型成功案例,运用 OSM 提供的数据进行数据密集型分析是研究的热点,在数据集成与知识发现、城市空间分析等领域应用广泛^[25-26]。本文借鉴文献^[27-29]成果,对初始的道路网数据进行处理。研究数据包括中国省级行政中心城市(首都、直辖市、省会城市、自治区首府、特别行政区)共 34 个路网。由于自发地理信息的空间尺度具有异质性,OSM 数据的具体比例尺是一个尚未解决的开放问题,已有研究给出了针对单个要素的比例尺推断方法^[30],但尚无针对整个 OSM 数据比例尺的研究。本文所使用的是 OSM 数据库中能获取的最详细尺度数据与 Google 地图 15 级瓦片比例尺相近,约为 1 : 10 000。

数据处理的基本步骤如下:①数据一致性检

查,目的为排除重叠的道路;②数据增强,目的为识别道路网中的复杂交叉点、复式双行路、立交桥、道路附属设施等模式;③模式的典型化,对上述模式进行典型化处理,如将双线路转化为单线路,将复杂交叉点降维表示,最终将复杂道路网转换为简单的图结构;④道路网的拓扑检查,包括删除孤立道路和保持路网连通;⑤构面,用道路形成元胞;⑥确定元胞的类型,由道路构成的元胞形成具有特定功能的区域,如居民区、工业区或商业区等。本文借鉴文献^[31]方法,基于道路类型对元胞进行分类,但本文元胞的类型由所有构成元胞的道路的类型共同决定,而非仅仅考虑级别最低的道路。

OSM 数据中道路的属性信息以标签的形式给出,可根据不同地区的实际情况进行变通。参考文献^[32-33],将 OSM 的道路类型进行一定程度的归并。最终将 OSM 道路网 highway 标签值映射为 5 类。

根据构成元胞的道路类型给每个元胞赋予类型,5 类道路中每类道路有或无共有 2^5 种情况。剔除 5 类道路均没有的情况,共有 $2^5 - 1 = 31$ 种有意义的元胞类型。断头路和分支道路没有围成任何封闭区域,因此在元胞构建中不予考虑。图 1 为形成元胞以及网络景观的示意图。

2 网络景观指数分析方法

2.1 指数的选择与定义

在景观生态学文献中存在很多描述景观格局的指数^[20,24-25,34],本文选择其中一部分用于分析“网络景观”。根据数据类型、常用性、客观性和明确意义 4 个原则,选择了 24 个指数,分为面积/边界/密度、形状、纹理和多样性 4 组,具体见表 1。

表 1 总体因子分析
Tab.1 Overall Factor Analysis for the 34 Street Networks Cellular Map

景观指数	组别	主成分方法因子			
		1	2	3	4
特征值		2.449	1.572	1.461	1.200
贡献率/%		27.214	17.466	16.238	12.450
累计贡献率/%		27.214	44.680	60.618	73.367
AREA_MN	面积/边界/密度	0.268	0.141	0.283	0.768
LCI	面积/边界/密度	-0.215	0.856	0.060	0.190
FRAC_MN	形状	0.167	0.087	0.213	-0.735
CIRCLE_MN	形状	0.160	0.032	0.874	0.072
CIRCLE_AM	形状	-0.343	-0.008	0.760	-0.097
CIRCLE_CV	形状	0.077	0.718	-0.006	-0.147
IJI	纹理	0.826	0.235	-0.260	-0.030
RCR	多样性	0.797	-0.335	0.126	0.125
SIEI	多样性	0.653	-0.573	0.034	-0.128

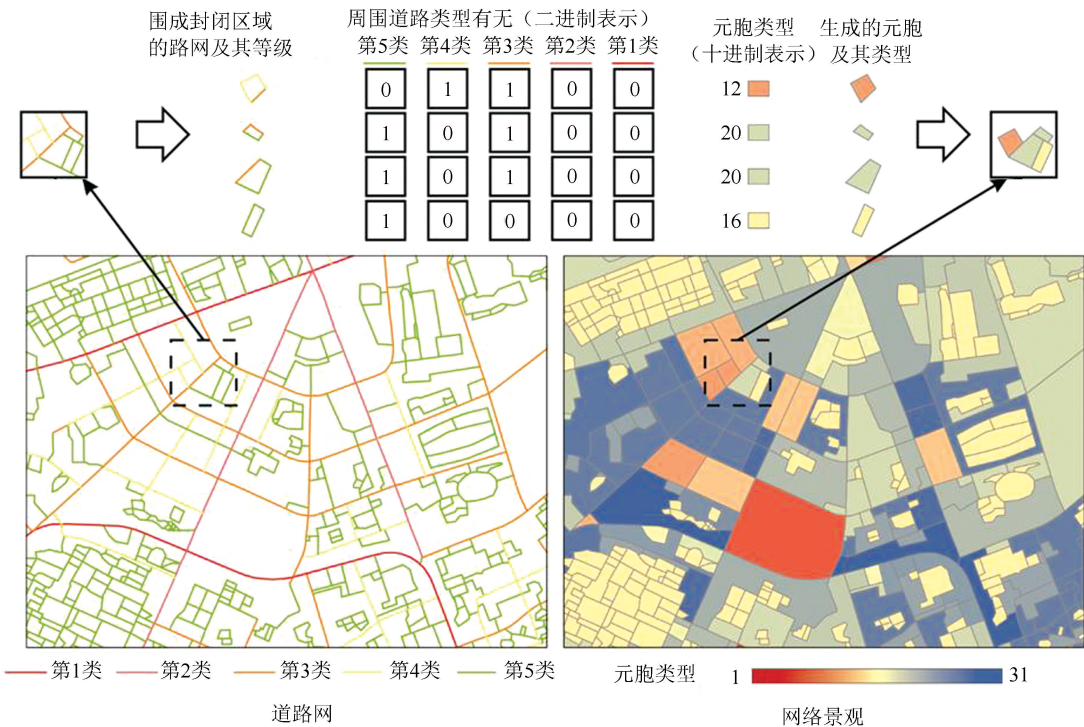


图 1 网络景观的生成

Fig.1 Network-scape Generation

2.2 探索式分析

在每组指数中,首先进行 Spearman 相关分析,如果存在大于 0.9 的指数对,则保留其中的一个指数^[20,24-35]。对于面积/边界/密度指数组,由于道路网规模不同,密度指数优于绝对大小指数。对于多样性指数组,优先选择基于 Simpson 的指数,因为基于 Shannon 的指数在丰富度大于 100 的情况下较为有效^[36],而本文中的丰富度为 31。根据文献^[22]的做法,对剩余的指数,在每组指数中使用因子分析^[37],减少指数数量,保留特征值大于 1 的因子。选择每个因子载荷最高的指数进入总体因子分析,总体分析的过程同上。结果中因子的含义可由载荷较高的指数解释。计算网络景观在总体分析中特征值大于 1 的因子得分,进而基于因子得分选择代表性的元胞模式及其对应路网阐述因子分析的结果。完整分析流程如图 2 所示。

3 结果与讨论

3.1 结果

对 34 个城市道路网的元胞图计算结果进行统计,对每一组指数做相关分析和因子分析,指数总数由 24 降至 9。最终选择 AREA_MN、LCI、FRAC_MN、CIRCLE_MN、CIRCLE_AM、CIR-

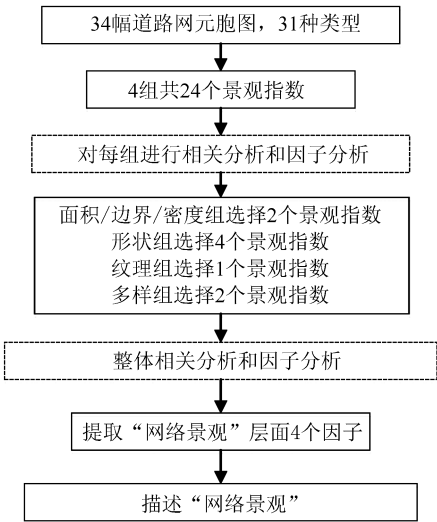


图 2 方法流程(31 种元胞类型)

Fig.2 Flowchart of Methodology (31 Types of Cell)

CLE_CV、IJI、RCR 和 SIEI 进入总体分析。通过相关分析发现无指数冗余,通过因子分析发现了描述道路网元胞模式的 4 个主要因子(见表 1):元胞的空间分布与多样性、元胞最大尺寸与延展性差异、元胞平均延展性和元胞平均尺寸与形状复杂度。

由表 1 可知,第 1 个因子中,指数 IJI、RCR 和 SIEI 有较高载荷,描述了元胞的空间分布与多样性,反映了从元胞类型较少,各类元胞的面积比

例失调,同类型元胞呈聚集分布到元胞类型较多,各类元胞面积均衡且各类型元胞交错分布的对比。该因子得分越高,表明不同类型的元胞分布越均匀。该因子描述道路的集聚与分散特征以及道路类型的多样性。第 2 个因子在指数 LCI 和 CIRCLE_CV 上有较高的载荷,描述元胞最大尺寸与延展性差异,因子得分越高,表明元胞拥有越大面积最值和延展性差异。该因子描述城市道路网中道路的最大间隔及分布规则程度的差异,间隔较大的路网通常由大面积的山或湖分割而成,分布规则程度差异较大表明路网无统一模式。第 3 个因子在指数 CIRCLE_MN 和 CIRCLE_AM 上有较高的正载荷,描述元胞的平均延展性,该因子得分越高,表明道路网中含有越多形状不规则和狭长的元胞。该因子表征了道路网之间的夹角与间隔,反映了道路网的规则程度。第 4 个因子在 AREA_MN 上有较高的正载荷,在 FRAC_MN 上有较高的负载荷,展现从平均尺寸较小、形状复杂到平均尺寸较大、形状简单的变化。该因子衡量城市中道路网的密集程度和道路蜿蜒程度,元胞平均面积较大则对应的道路多为稀疏分布,反之道路网总体密度较大;元胞平均形状简单则道路较为笔直,反之道路较为蜿蜒。

图 3 是 4 个因子得分在两极的 8 个典型城市的元胞模式图,图 4 为图 3 中城市元胞模式对应的道路网。在描述元胞空间分布与多样性的第 1 个因子上得分高的西安(图 3(b)),元胞类型较多,各类型元胞的面积较为均衡,且均匀分布在空间中;其对应的路网(图 4(b))中各类型道路交错分布,道路长度和分布范围较为均衡。而在该因子上取低值的台北(图 3(a)),元胞类型较少,各类型的面积分布不均,且同类型的元胞呈现集聚分布;反映到路网(图 4(a))中,则表现为大量同类型的道路集聚分布。在描述元胞尺寸和延展性差异的第 2 个因子上得分较高的澳门(图 3(d)),其元胞的面积值最高,并且元胞延展性差异较大;反映到实地路网中(图 4(d)),由于存在海或者大范围山地,沿海或沿山高速公路的划分形成了大面积的元胞。而在该因子上得分较低上海(图 3(c))不存在明显面积较大的元胞,且元胞形状均较为规则,差异较小;在实地路网中(图 4(c)),道路间距较平均,形成一定的网格模式。在描述元胞平均延展性的第 3 个因子上取高值的兰州(图 3(f)),其元胞的形状平均而言不规则,由于人类活动集中在狭长的黄河上游河谷地区,因此河谷附近存在许多形状错综复杂的较小元胞,而

远离河谷的南部存在较大面积形状不规则的元胞;在实地路网(图 4(f))中,城市南部存在间距较大的蜿蜒曲折的山地公路,城市北部为人类活动集中的中心城区,包含由大量居民地内部道路构成的复杂路网。反观在该因子上得分较低的石家庄(图 3(e)),其元胞形状平均而言较为规则,多为类似矩形的结构;其对应的路网(图 4(e))呈现较大范围的网格模式。在描述元胞平均尺寸与形状复杂度的第 4 个因子上取得较高值的乌鲁木齐(图 3(h)),元胞平均面积较大,形状较规则,尽管中部存在部分小面积元胞,但其余大面积元胞对总体元胞面积的影响很大;反映到实地路网(图 4(h)),该类型城市由于经济、社会等因素导致中心城区与近郊区面积不均衡,近郊区面积远大于中心城区,其交通运输主要依赖于几条长途公路,路网十分稀疏且相对笔直,形成了决定元胞总体尺寸和形状的大面积且形状简单的元胞。而在该因子上得分较低的香港(图 3(g))不仅存在许多尺寸较小、形状复杂的元胞,且元胞间面积均衡,无面积异常高值元胞;其对应路网(图 4(g))在城市范围内普遍密度较高且蜿蜒曲折,没有明显道路稀疏的地区,原因在于中心城区与近郊区的城市发展比较均衡,密集的路网反映了完善的城市交通建设。

3.2 讨 论

已有道路网模式分析方法侧重于运用统计或几何方法提炼路网中普遍存在的共性规律,忽略了路网个性特征的描述与刻画。本方法得到的 4 个主要因子描述了道路的集聚与分散特征、道路类型的多样性、道路网的规则程度,可进一步用于考察道路网模式的异同。已有元胞模式分析的研究主要关注元胞的组成特征,难以描述元胞模式的空间配置特征。本文基于道路类型定义元胞,应用“网络景观”指数分析法考察城市道路网元胞模式的组成与配置。

以历史文化名城北京、成都和西安为例,这些城市总体面积相对较大,城市分为外城区和内城区,元胞模式差异明显。内城区元胞尺寸、形状明显比外城区规则,各类型元胞排列较整齐。这是由于在各个历史时期,人类主要的政治、经济、社会活动的区域范围大多限于这类城市的内城区,古城墙与护城河将内城围成较为规则的形状,城中道路多对称排列,保留至今形成了规则的元胞模式;而现在的外城区在各个历史时期属于附属县、镇,在城市化进程中不断并入城市辖区范围,道路分布较稀疏、不规则,因而该区域元胞模式无

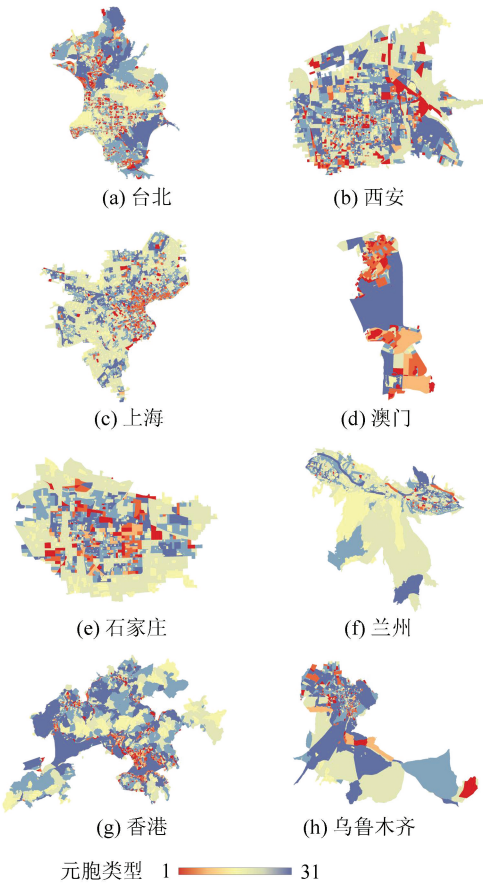


图 3 因子得分具有相对低值和高值的典型路网元胞图
Fig.3 Typical Street Network Cellular Maps Which had Relative Low and High Factor Scores

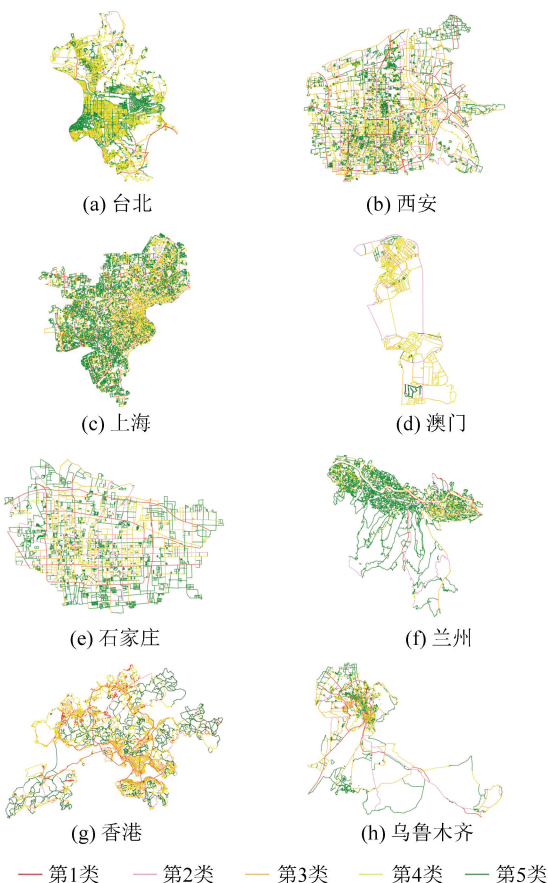


图 4 因子得分具有相对低值和高值的元胞模式对应的路网
Fig.4 Street Networks Corresponding to Cellular Structure Which had Relative Low and High Factor Scores

明显特征规律。

而滨水城市的形态特征则与此有所不同,以香港、兰州和武汉为例,三座城市分别位于南海海滨、黄河、长江主流沿岸,该类城市滨水区域的元胞尺寸、形状较为规则且密度较大,元胞类型丰富,远离河(海)岸地区的元胞具有较大的尺寸与不规则的形状,且类型较少,而非滨水城市则不存在这种差异。这是由于人类主要的经济贸易活动最初依赖于河(海)港便利的航运条件,城市发展进程从河流沿岸向外围扩展,地理条件的优势与人类经济活动影响的差异导致沿河地区道路网更为密集,为满足不同水平的交通要求产生了多种道路等级。

4 结 语

元胞的组成及其配置构成了特定的“网络景观”,本文将景观生态学中的景观指数分析法引入到道路网模式分析中,提出了一种道路网元胞模式分析的新方法——“网络景观”指数分析法。本

文首先基于不同类型的道路生成由不同类型的元胞构成的“网络景观”,将元胞类比于景观生态学的斑块,计算“网络景观”指数,然后进行相关分析与因子分析相结合的探索式分析,以提取元胞模式的主要因子及代表性指数,最后分别解释各因子在元胞模式以及道路网中的含义。以中国 34 个城市的道路网为研究数据,应用上述方法进行道路网元胞模式分析,提取了 4 个主要因子:元胞的空间分布与多样性、元胞最大尺寸与延展性差异、元胞平均延展性和元胞平均尺寸与形状复杂度。反映到道路网中,描述了道路的集聚与分散特征、道路类型的多样性、道路网的规则程度等特征。

下一步的研究主要在以下两个方面展开:一是方法的完善,例如元胞生成方法、探索性分析中指数选择方法的改进,以及数据样本的代表性。本文的数据来源于中国,相对而言较为同质,对于世界范围内的城市,是否展现相似的模式是值得关注的问题。二是基于本方法分析不同城市路网的成因及其影响。

参 考 文 献

- [1] Lynch K. The Image of the City [M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1960
- [2] Lämmer S, Gehlsen B, Helbing D. Scaling Laws in the Spatial Structure of Urban Road Networks [J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2006, 363(1): 89-95
- [3] Okabe A, Okunuki K, Shiode S. SANET: A Toolbox for Spatial Analysis on a Network [J]. *Geographical Analysis*, 2006, 38(1): 57-66
- [4] Marshall S. Streets and Patterns [M]. New York: Spon Press, 2005
- [5] Heinzle F, Anders K H. Characterising Space via Pattern Recognition Techniques: Identifying Patterns in Road Networks [M]. Amsterdam: Elsevier Science BV, 2007
- [6] Yang B, Luan X, Li Q. An Adaptive Method for Identifying the Spatial Patterns in Road Networks [J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2010, 34(1): 40-48
- [7] Jiang B, Liu C. Street-based Topological Representations and Analyses for Predicting Traffic Flow in GIS [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2009, 23(9): 1 119-1 137
- [8] Newman M, Barabasi A, Watts D J. The Structure and Dynamics of Networks [M]. Princeton: Princeton University Press, 2006
- [9] Watts D J, Strogatz S H. Collective Dynamics of 'Small-World' Networks [J]. *Nature*, 1998, 393 (6 684): 440-442
- [10] Barabási A, Albert R. Emergence of Scaling in Random Networks [J]. *Science*, 1999, 286 (5 439): 509-512
- [11] Vázquez A, Vespignani A, Pastor-Satorras R. Dynamical and Correlation Properties of the Internet [J]. *Physical Review Letters*, 2001, 87 (25): 258 701
- [12] Newman M E. Assortative Mixing in Networks [J]. *Physical Review Letters*, 2002, 89(20): 208 701
- [13] Ravasz E, Somera A L, Mongru D A, et al. Hierarchical Organization of Modularity in Metabolic Networks [J]. *Science*, 2002, 297 (5 586): 1 551-1 555
- [14] Maslov S, Sneppen K. Specificity and Stability in Topology of Protein Networks [J]. *Science*, 2002, 296 (5 569): 910-913
- [15] Buhl J, Gautrais J, Reeves N, et al. Topological Patterns in Street Networks of Self-organized Urban Settlements [J]. *The European Physical Journal B - Condensed Matter and Complex Systems*, 2006, 49(4): 513-522
- [16] Masucci A P, Smith D, Crooks A, et al. Random Planar Graphs and the London Street Network [J]. *The European Physical Journal B*, 2009, 71(2): 259-271
- [17] Chan S H Y, Donner R V, Lämmer S. Urban Road Networks-Spatial Networks with Universal Geometric Features [J]. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 2011, 84(4): 563-577
- [18] Jiang Bin, Liu Xintao. Scaling of Geographic Space from the Perspective of City and Field Blocks and Using Volunteered Geographic Information [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2011, 26(2): 215-229
- [19] Louf R, Barthelemy M. A Typology of Street Patterns [J]. *Journal of the Royal Society Interface*, 2014, 11(101), doi: 10.1098/rsif.2 014.0924
- [20] Riitters K H, O'Neill R V, Hunsaker C T, et al. A Factor Analysis of Landscape Pattern and Structure Metrics [J]. *Landscape Ecology*, 1995, 10(1): 23-39
- [21] Bailey D, Herzog F, Augenstein I, et al. Thematic Resolution Matters: Indicators of Landscape Pattern for European Agro-ecosystems [J]. *Ecological Indicators*, 2007, 7(3): 692-709
- [22] Schindler S, Poirazidis K, Wrabka T. Towards a Core Set of Landscape Metrics for Biodiversity Assessments: A Case Study from Dadia National Park, Greece [J]. *Ecological Indicators*, 2008, 8 (5): 502-514
- [23] Cushman S A, McGarigal K, Neel M C. Parsimony in Landscape Metrics: Strength, Universality, and Consistency [J]. *Ecological Indicators*, 2008, 8 (5): 691-703
- [24] Šimová P, Gdulová K. Landscape Indices Behavior: A Review of Scale Effects [J]. *Applied Geography*, 2012, 34: 385-394
- [25] Hagenauer J, Helbich M. Mining Urban Land-use Patterns from Volunteered Geographic Information by Means of Genetic Algorithms and Artificial Neural Networks [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2012, 26(6): 963-982
- [26] Jiang B, Jia T. Zipf's Law for All the Natural Cities in the United States: A Geospatial Perspective [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2011, 25(8): 1 269-1 281
- [27] Savino S, Rumor M, Zanon M, et al. Data Enrichment for Road Generalization Through Analysis of Morphology in the CARGEN Project [C]. 13th ICA

Workshop on Generalisation and Multiple Representation, Zurich, 2010

[28] Touya G. Road Network Selection Process Based on Data Enrichment and Structure Detection [J]. *Transactions in GIS*, 2010, 14(5): 595-614

[29] Yang B S, Luan X C, Li Q. Generating Hierarchical Strokes from Urban Street Networks Based on Spatial Pattern Recognition [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2011, 25(12): 2 025-2 050

[30] Touya G, Reimer A. Inferring the Scale of Open-StreetMap Features[M]. Berlin: Springer International Publishing, 2015

[31] Chen J, Hu Y G, Li Z L, et al. Selective Omission of Road Features Based on Mesh Density for Automatic Map Generalization [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2009, 23(8): 1 013-1 032

[32] Verdy P. Open Street Map Wiki, Highway:International Equivalence, 2012 [OL]. http://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Highway:International_equivalence&oldid=743028, 2014

[33] Biondi E. Wikipedia, Hierarchy of Roads, 2014 [OL]. http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Hierarchy_of_roads&oldid=629419772, 2014

[34] McGarigal K, Cushman S A, Ene E. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps, 2012[OL]. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>, 2014

[35] Griffith J A, Martinko E A, Price K P. Landscape Structure Analysis of Kansas at Three Scales [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 52(1): 45-61

[36] Yue T X, Haber W, Grossmann W D, et al. Towards the Satisfying Models for Biological Diversity [J]. *Ekologia*, 1998, 17(Suppl 1): 129-141

[37] Johnson R A, Wichern D W. Applied Multivariate Statistical Analysis[M]. 6th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2007

Network-Scape Metric Analysis for Cellular Pattern Analysis
in Urban Street Networks

TIAN Jing^{1,2,3} YU Mengting¹ REN Chang⁴ XIONG Fuquan¹

¹ School of Resource and Environment Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

² Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, Wuhan 430079, China

³ Key Laboratory of Digital Mapping and Land Information Application Engineering, National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Wuhan University, Wuhan 430079, China

⁴ State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

Abstract: The networks composition and configuration of the different types of cells in street networks constitute specific network-scapes. Inspired by the similarity between cell in road network and patch in landscape ecology, this paper references landscape metrics in landscape pattern analysis, and proposes a new approach for street networks pattern analysis—network-scape metric analysis. The procedure of the approach is to build cells and assign the types based on types of enclosing roads, and then the metrics of network-scape were computed. An exploratory analysis was performed, in which a correlation analysis and factor analysis are combined. We explained the meanings of main factors and representative metrics in the field of street networks analysis. Through this approach, 24 metrics were computed for 34 Chinese urban street networks, and four main factors were found, which are labeled: spatial distribution and diversity, maximum size and elongation variation, average elongation, and average size and shape complexity. These factors can reflect characteristics of street networks, including clustering and dispersion, type diversity, and shape regularity.

Key words: urban street networks; pattern analysis; cell; network-scape

First author: TIAN Jing, PhD, specializes in automated map generalization and spatial data mining. E-mail: yutaka-2010@163.com

Corresponding author: YU Mengting, postgraduate. E-mail: astoria-mt@whu.edu.cn

Foundation support: The National Natural Science Foundation of China, No. 41701439.