

乔雪伟,高敏华,孜比布拉·司马义. 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的新疆城市变化驱动力分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(24):308-313.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.24.068

# 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的新疆城市变化驱动力分析

乔雪伟<sup>1,2</sup>, 高敏华<sup>1,2</sup>, 孜比布拉·司马义<sup>1,2,3</sup>

(1. 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室,新疆乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学资源与环境科学学院,新疆乌鲁木齐 830046;  
3. 新疆大学智慧城市与环境建模普通高校重点实验室,新疆乌鲁木齐 830046)

**摘要:**使用 2001 年、2005 年、2009 年、2013 年的 DMSP/OLS 夜间灯光数据,以新疆 10 个主要城市作为研究对象,分析其夜间灯光强度分布特征,构建能够反映城市发展程度的夜间灯光指数 CNLI(compounded night light index),并借助统计数据建立能预测灯光指数的回归模型。结果表明:(1)近年来,新疆夜间灯光数据呈现出以主要城市为中心不断向四周扩张的动态发展趋势。城市之间联系越来越紧密,主要城市在自身发展的同时带动了沿线城市的发展。(2)在时间序列上新疆主要城市的夜间灯光指数呈不断上升趋势,增幅较高的有石河子市、伊宁市与喀什市,说明在新疆小面积城市发展速度较快。(3)经相关性分析发现,交通运输用地和城镇村及工矿用地对夜间灯光指数的影响较大,且均与夜间灯光指数呈正相关关系。(4)运用逐步回归法构建的回归模型具有较高的可信度和预测能力,利用城镇村及工矿用地占地区总面积的比例能准确预测地区灯光指数。

**关键词:**新疆城市;夜间灯光数据;灯光指数;回归分析;城市发展程度

**中图分类号:** F293.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)24-0308-06

城市扩展已是当今社会研究的热点,受到广大学者的关注。新疆自改革开放以来发生了翻天覆地的变化,取得了令人瞩目的成就。新疆深居欧亚大陆,是典型的内陆干旱区<sup>[1]</sup>,由于其地理环境的特殊性,城市扩张具有明显的空间差异性<sup>[2]</sup>。“大分散、小集聚”是新疆城市分布的一大特点<sup>[3]</sup>。美国国防卫星计划(DMSP)为这种大尺度空间范围的研究提供了一种有效的探测手段。目前使用的 DMSP 卫星系统均搭载了线性扫描业务系统(OLS)传感器,其获取的夜间灯光数据具有很多优点,且获取途径不受光线、阴影影响<sup>[4]</sup>,

同时 Landsat 影像能反映地区交通道路、居民地等信息,从而能够解读人口、城市等因子的分布状况;它以城镇为目标,为城镇研究提供了准确、直接、省时的方法<sup>[5]</sup>。因此 DMSP/OLS 夜间灯光数据可以作为监测人类活动的良好数据源。近年来 DMSP/OLS 夜间灯光数据被普遍应用于城市空间扩展<sup>[6-9]</sup>、城市化<sup>[10]</sup>研究。除此之外,夜间灯光数据被广泛应用于各类社会经济指标研究,主要包括国内生产总值(GDP)空间化分析<sup>[11-12]</sup>、能源消费量模拟<sup>[13]</sup>、人口密度模拟<sup>[14-15]</sup>和植被初级生产力的估算<sup>[16]</sup>等。在我国,利用夜间灯光数据对城市化进行研究的成果较多,但目前对于我国城市群空间发展模式和研究还比较薄弱<sup>[10]</sup>,在未来的研究中值得深入探讨。另外,夜间灯光数据的运用在一些方面仍存在难点,如在提取城市建成区时,阈值的确定存在地区间差异性较大的问题,有待进一步研究。陈晋等在 2003 年构建了一个在省级尺度上能够反映城市化水平的线性加权灯光指数<sup>[17]</sup>,随后卓莉

收稿日期:2018-10-15

基金项目:国家自然科学基金(编号:4166010244)。

作者简介:乔雪伟(1995—),女,河南商丘人,硕士,主要从事资源利用和土地规划方面的研究。E-mail:2238287963@qq.com。

通信作者:高敏华,副教授,主要从事土地资源评价及土地利用规划等研究。E-mail:mh\_gao@163.com。

[4] 邹仁林,陈友璋. 广东沿岸浅水柳珊瑚的研究[C]//中国科学院南海海洋研究所. 南海海洋科学集刊第 5 集. 北京:科学出版社,1984:67-76.

[5] 王丽荣,陈锐球,赵焕庭. 琼州海峡岸礁潮间带生物[J]. 台湾海峡,2003,22(3):286-294.

[6] 卢伙胜,何秀玲,陈春亮,等. 广东徐闻西部沿岸海区“珊瑚类”的物种及其分布[J]. 台湾海峡,2003,22(4):445-448.

[7] 黄晖,李秀保,何建国,等. 湛江徐闻西海岸柳珊瑚的物种多样性和分布研究[J]. 热带海洋学报,2007,26(1):60-67.

[8] 王丽荣,赵焕庭,宋朝景. 人类活动对徐闻灯楼角珊瑚礁生态系统的影响[J]. 海洋开发与管理,2006,23(1):81-85.

[9] 赵焕庭,王丽荣,宋朝景,等. 广东徐闻县西部沿岸海域的珊瑚虫纲物种[J]. 台湾海峡,2009,28(3):405-409.

[10] 广东省海洋与渔业局. 2015 年广东省海洋环境状况公报[EB/OL]. (2016-06-28)[2018-11-01]. [http://zwgk.gd.gov.cn/006941338/201606/t20160630\\_661089.html](http://zwgk.gd.gov.cn/006941338/201606/t20160630_661089.html).

[11] 刘苗苗,沈建伟,王月,等. 雷州半岛徐闻西岸珊瑚岸礁造礁珊瑚群落结构及其演变[J]. 海洋地质与第四纪地质,2011,31(6):37-45.

[12] 赵焕庭,王丽荣,宋朝景,等. 雷州半岛灯楼角珊瑚岸礁的特征[J]. 海洋地质与第四纪地质,2002,22(2):35-40.

[13] 邢帅,谭烨辉,周林滨,等. 水体浑浊度对不同造礁石珊瑚种类共生虫黄藻的影响[J]. 科学通报,2012,57(5):348-354.

[14] Stimson J, Sakai K, Sembali H. Interspecific comparison of the symbiotic relationship in corals with high and low rates of bleaching-induced mortality[J]. Coral Reefs,2002,21(4):409-421.

等在陈晋的基础上构建了一个无需加权的相对简单的灯光指数——CNLI(compounded night light index),结果表明,CNLI与基于统计数据的城市化水平复合指数显著相关,能够很好地反映区域城市化综合水平<sup>[18]</sup>,该研究实现了灯光指数像元化,证明 CNLI 是研究城市化水平的可靠依据。

新疆地大物博,城市分布较为分散。目前,结合统计数据和夜间灯光数据对于这种大尺度、分散型省(市)的研究较少,且关于新疆城市夜间灯光数据变化特征和变化机制的研究较少,本研究从这 2 个方面对新疆城市变化进行时间序列研究,引用卓莉等构建的灯光指数概念,选取 10 个新疆主要绿洲城市为研究对象,借助 2001 年、2005 年、2009 年、2013 年的各项统计数据对新疆城市夜间灯光数据变化原因进行研究,按照“分析灯光数据分布格局—构建灯光指数—探讨灯

光指数变化机制”的技术路线,对新疆城市的时空格局变化进行分析,以期对未来城市的发展研究提供参考依据。

## 1 研究区与数据

### 1.1 研究区

新疆位于我国西北边陲,是我国陆地面积最大的省级行政区,其地理位置极其重要。在本研究中,小型城市的夜间灯光数据表征不明显,因此选取 10 个新疆灯光数据特征表现较为明显的城市作为研究对象,分别为乌鲁木齐市、昌吉市、哈密市伊州区(以下简称哈密市)、克拉玛依市、石河子市、奎屯市、伊宁市、库尔勒市、阿克苏市北部(以下简称阿克苏市)及喀什市。这 10 个城市的地理位置如图 1 所示。

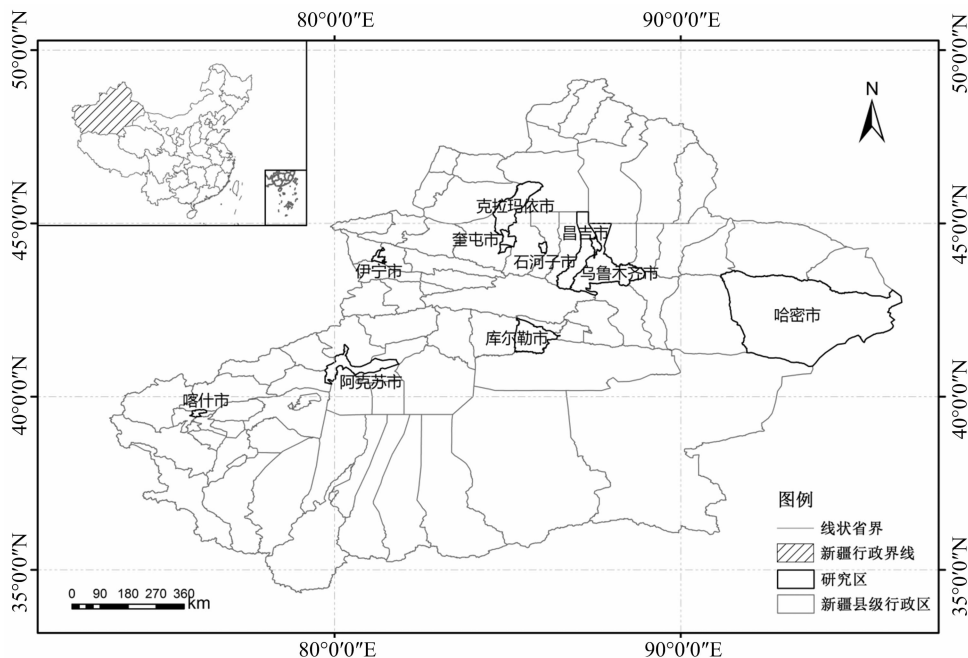


图1 研究区地理位置

## 2 研究方法

### 2.1 数据源

本研究使用的数据主要有夜间灯光数据、社会经济数据、土地利用现状数据及新疆县级行政区矢量数据,其中 2001 年、2005 年、2009 年、2013 年的夜间灯光数据来源于美国国防部的极轨卫星计划,由中国科学院资源环境科学数据中心提供,其空间分辨率为 1 km,灰度值范围为 0~63。社会经济数据来自于各地区统计年鉴,土地利用现状数据主要来源于新疆维吾尔自治区国土资源规划研究院。

### 2.2 数据预处理

夜间灯光数据的灰度值是表征城市发展状况的重要指标之一。灰度值越大,表示灯光数据越明显,城市发展越好。利用 ArcGIS 软件,借助新疆县级行政区矢量数据,分别对 10 个城市 2001 年、2005 年、2009 年、2013 年的夜间灯光数据进行裁剪,得到各个城市 4 个年份的夜间灯光数据,统计各年份的灯光数据。

### 2.3 灯光指数的构建

2.3.1 夜间灯光指数 通过城市夜间灯光数据分布的 2 个属性(城市相对夜间灯光强度和城市灯光面积率)来构建夜间灯光指数,即用二者乘积来表示城市的夜间灯光指数。其公式为

$$CNLI = R \times L. \quad (1)$$

式中:CNLI 为城市灯光指数;R 为城市相对夜间灯光强度;L 为城市灯光面积率。

2.3.2 城市相对夜间灯光强度 城市相对夜间灯光强度计算公式为

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{63} (DN_i \times N_i)}{\sum_{i=1}^{63} N_i \times DN_m}. \quad (2)$$

式中:DN<sub>i</sub> 为某城市区域内第 i 个灰度等级的灰度值(63 ≥ i ≥ 1);N<sub>i</sub> 为某区域内第 i 个灰度等级的像元数;DN<sub>m</sub> 为某城市夜间灯光像元最大灰度值。

2.3.3 城市灯光面积率 城市灯光面积率计算公式为

$$L = \frac{S_a}{S} \times 100\% \quad (3)$$

式中:  $S_a$  为某城市中所有灯光像元的总面积;  $S$  为某城市的总像元面积。

#### 2.4 数理统计

由于城市夜间灯光数据的变化与城市的人口、产业结构等息息相关<sup>[17]</sup>, 因此可以借助各项统计数据来进一步探讨城市夜间灯光的变化机制。回归分析是指在大量原始数据的基础上, 建立能够反映各要素之间具体数量关系的数学模型, 即回归模型, 用来预测未来事物的发展趋势<sup>[19]</sup>。为方便去除量纲差异的影响, 本研究所采用的指标均为百分数, 所选取的统计数据包括以下 7 项: 第一产业产值占地区生产总值的比重( $X_1$ )、第二产业产值占地区生产总值的比重( $X_2$ )、第三产业产值占地区生产总值的比重( $X_3$ )、城市非农业人口占地区总

人口的比重( $X_4$ )、交通运输用地占地区总面积的比例( $X_5$ )、水域及水利设施用地占地区总面积的比例( $X_6$ )和城镇村及工矿用地占地区总面积的比例( $X_7$ )。

### 3 结果与分析

#### 3.1 新疆城市灯光影像表征

从图 2 可以看出, 2001—2013 年新疆城市发展速度较快是显而易见的。2001 年全疆灯光数据分布零散, 灯光数据面积较小。2005 年、2009 年、2013 年, 城市灯光数据高值区面积在 2001 年的基础上明显增加, 且更趋于规则分布, 呈现出以主要城市为中心不断向四周扩张的动态发展趋势。北疆城市灯光面积增加量高于南疆。位于阿克苏市和库尔勒市连线之间的库车县和轮台县夜间灯光数据分布在 2001 年较为集中, 2005 年趋于分散, 2009 年明显减少, 2013 年又明显增加。

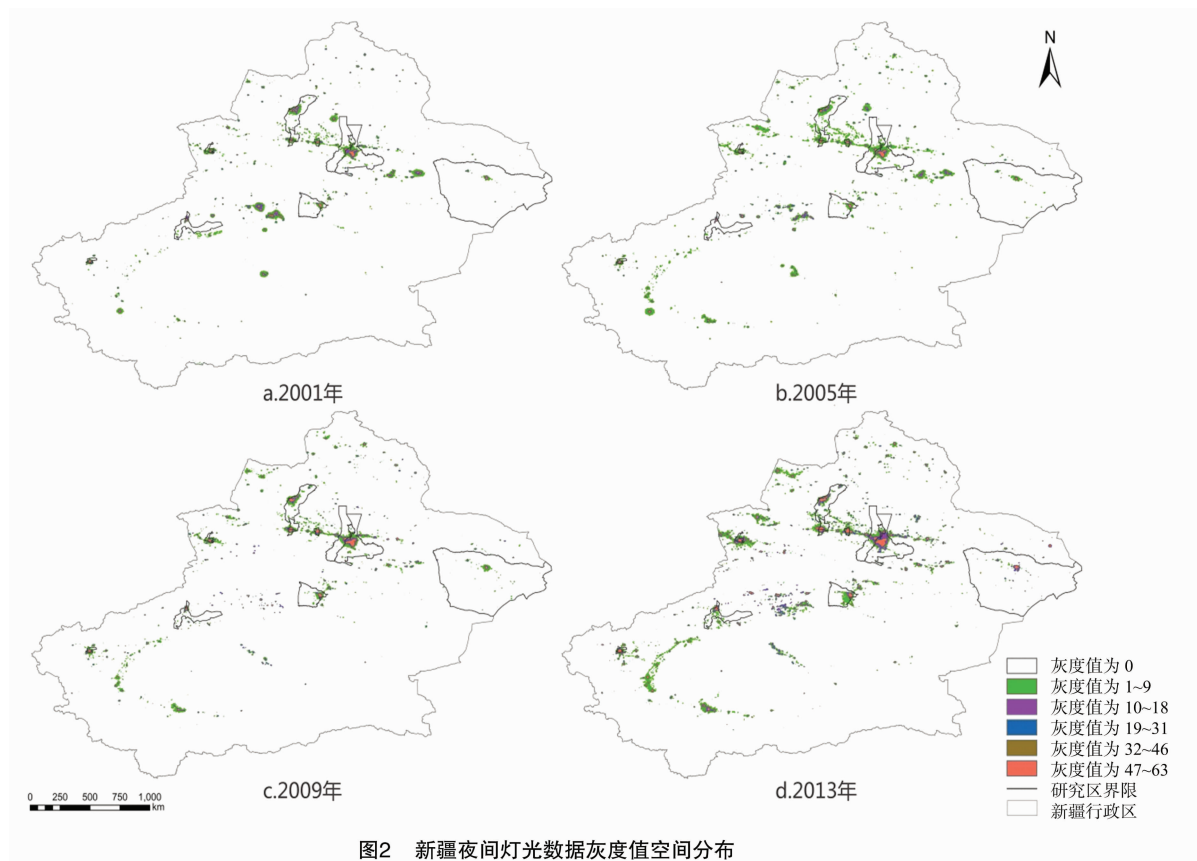


图2 新疆夜间灯光数据灰度值空间分布

此外, 塔克拉玛干沙漠周边县(市)的灯光数据也在明显增加, 且呈带状发展趋势, 发展较快的是和田绿洲一带。

#### 3.2 灯光指数的计算

根据“2.3”节中的公式, 计算所得结果见表 1。

从表 1 可以看出, 2001 年和 2005 年夜间灯光指数大于 0.05 的有石河子市、伊宁市、奎屯市和喀什市; 2009 年夜间灯光指数大于 0.05 的除上述 4 个城市外, 乌鲁木齐市从 2005 年的 0.047 4 增加为 0.065 4; 2013 年夜间灯光指数大于 0.05 的城市增加为 7 个, 分别为乌鲁木齐市、克拉玛依市、石河子市、伊宁市、奎屯市、库尔勒市和喀什市。哈密市、昌吉市和阿克苏市各年的灯光指数均小于 0.05。

#### 3.3 逐步回归建模

首先, 对各因子进行相关性分析, 通过相关性分析, 可以检验各因子与灯光指数之间是否存在相关性, 以便于分析灯光指数变化机制。

由表 2 可知,  $X_5$ 、 $X_7$  与  $CNLI$  的相关系数均大于 0.8, 且  $X_5$  与  $X_7$  的相关系数也大于 0.8, 表明这三者间两两相关。  $X_6$  与  $CNLI$  的相关系数为 0.527。其余 4 项因子对  $CNLI$  的影响较小。此外,  $X_2$  与  $X_3$  之间呈显著负相关。

其次, 借助 SPSS 软件, 运用逐步回归分析决策来确定对夜间灯光指数具有解释力的因子以及各因子与夜间灯光指数之间的具体数量关系。该方法自动选取上述 7 个因子中对夜

表 1 各年城市  $R$ 、 $L$ 、 $CNLI$

城市	2001 年			2005 年			2009 年			2013 年		
	$R$	$L$	$CNLI$	$R$	$L$	$CNLI$	$R$	$L$	$CNLI$	$R$	$L$	$CNLI$
乌鲁木齐市	0.266 0	0.172 9	0.046 0	0.235 3	0.201 5	0.047 4	0.321 1	0.203 7	0.065 4	0.380 9	0.251 1	0.095 6
克拉玛依市	0.226 2	0.112 3	0.025 4	0.172 0	0.154 7	0.026 6	0.256 9	0.136 3	0.035 0	0.287 7	0.185 4	0.053 3
石河子市	0.285 8	0.803 8	0.229 7	0.259 6	0.919 4	0.238 7	0.410 7	0.904 6	0.371 5	0.512 3	0.954 3	0.488 9
哈密市	0.191 9	0.010 2	0.002 0	0.132 2	0.016 2	0.002 1	0.156 7	0.017 4	0.002 7	0.247 5	0.020 8	0.005 1
昌吉市	0.171 6	0.103 9	0.017 8	0.143 4	0.142 7	0.020 5	0.139 0	0.142 3	0.019 8	0.143 0	0.195 2	0.027 9
伊宁市	0.211 9	0.633 8	0.134 3	0.209 3	0.657 5	0.137 6	0.280 4	0.653 3	0.183 2	0.369 1	0.817 8	0.301 8
奎屯市	0.262 4	0.255 5	0.067 0	0.197 5	0.395 7	0.078 2	0.280 6	0.309 5	0.086 8	0.326 4	0.480 7	0.156 9
库尔勒市	0.208 9	0.108 7	0.022 7	0.185 0	0.119 7	0.022 2	0.226 5	0.141 0	0.031 9	0.203 5	0.277 7	0.056 5
阿克苏市	0.222 4	0.071 9	0.016 0	0.227 0	0.061 1	0.013 9	0.235 3	0.076 0	0.017 9	0.252 8	0.168 7	0.042 6
喀什市	0.337 5	0.548 4	0.185 1	0.289 6	0.667 1	0.193 2	0.327 9	0.618 8	0.202 9	0.477 4	0.714 3	0.341 0

表 2 各变量间的相关性

变量	均值	标准偏差	相关系数							
			$CNLI$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$
$CNLI$	0.119	0.129	1.000							
$X_1$	0.075	0.057	<b>-0.303</b>	1.000						
$X_2$	0.496	0.199	<b>-0.151</b>	-0.515	1.000					
$X_3$	0.431	0.178	<b>0.261</b>	<b>0.245</b>	-0.956	1.000				
$X_4$	0.731	0.146	<b>0.217</b>	-0.553	0.551	-0.436	1.000			
$X_5$	0.012	0.011	0.839	-0.364	<b>-0.084</b>	<b>0.201</b>	<b>0.119</b>	1.000		
$X_6$	0.035	0.025	0.527	<b>0.097</b>	<b>-0.211</b>	<b>0.200</b>	<b>-0.059</b>	0.652	1.000	
$X_7$	0.070	0.068	0.913	-0.407	<b>-0.070</b>	<b>0.204</b>	<b>0.239</b>	0.843	0.490	1.000

注:相关系数加粗者,表示未达 0.05 显著水平。

间灯光指数最具有解释力的因子进入模型,淘汰相关度较低的因子,最后得到一个通过最少因子解释夜间灯光指数变化的最佳模型组合,利用该模型可预测未来城市灯光指数的变化情况。符合本研究判断条件的概率值必须小于 0.05,当概率值大于等于 0.1 时将会被剔除。各因子中与  $CNLI$  相关度最高的为  $X_7$ ,因此首先被选入回归方程。由表 3 可知,除  $X_7$  外 6 个因子的偏相关系数均未达到 0.05 显著性水平,因此这 6 个因子均被舍去。

表 3 已排除变量

预测变量	$\beta$	$t$ 值	$P$ 值	偏相关系数
$X_1$	0.083	0.946	0.353	0.186
$X_2$	-0.087	-1.091	0.286	-0.213
$X_3$	0.078	0.957	0.348	0.188
$X_4$	-0.002	-0.022	0.982	-0.004
$X_5$	0.238	1.656	0.110	0.314
$X_6$	0.104	1.146	0.263	0.223

注: $\beta$  为标准化回归系数。下表同。

如表 4 所示,模型 1 的  $r^2$  为 0.834,  $X_7$  的  $P$  值远小于 0.05,表明以  $X_7$  预测夜间灯光指数有 83.4% 的解释力,说明城镇村及工矿用地占地区总面积的比例能够解释足够多的灯光指数变化现象;另外,该模型  $\beta$  值高达 0.913,表明其具有很强的预测能力,则模型 1 的表达式为

$$Y=1.719X_7-0.013。$$
 (4)

式中: $Y$  表示夜间灯光指数的预测值。

表 4 模型 1 系数表

$r^2$	$B$	$\beta$	标准误差	$t$ 值	$P$ 值
0.834	1.719	0.913	0.150	11.442	0.000

注: $B$  为非标准化系数。

3.4 模型验证

模型验证是衡量模型应用效果的重要步骤<sup>[20]</sup>,通过比较统计值和模拟值,对模型的准确性进行直观评价<sup>[21]</sup>。为了验证模型 1 的预测能力,以 10 个城市 2012 年的城镇村及工矿用地面积数据作为验证样本,计算 2012 年 10 个城市夜间灯光指数的预测值与真实值,结果如表 5 所示。

4 讨论

4.1 全疆夜间灯光数据分析

2001 年全疆社会经济发展水平较低,提供照明的公共设施不完善,交通工具较少,因此 2001 年全疆的夜间灯光数据不明显。进入 21 世纪后,全疆在党和国家的关怀下快速发展,取得了令世人瞩目的成就。2013 年全疆灯光数据明显增加。除了 10 个主要城市发展速度较快外,位于这些城市连线上的地区灯光数据也在增加,表明城市之间的社会经济联系越来越多,主要城市的发展也带动了沿线城市的发展。其中轮台县和库车县在 2001—2013 年期间灯光数据经历了先增加后减少再增加的过程,在 2009 年这 2 个城市的灯光数据明显减少,说明这 2 个城市在 2009 年经济发展低迷,之后随着政府投入的加大,受旅游业和石油开发建设的影响,库车县和

表 5 2012 年各城市 CNLI 估算结果

城市	城镇村及工矿用地面积 (km <sup>2</sup> )	地区总面积 (km <sup>2</sup> )	$X_7$	CNLI 真实值	CNLI 预测值
乌鲁木齐市	801.626 9	13 784.968 7	0.058 2	0.096 9	0.087 1
克拉玛依市	741.643 7	7 733.903 3	0.095 9	0.092 1	0.152 0
石河子市	95.270 9	457.109 9	0.208 4	0.502 4	0.345 4
哈密市	352.639 8	80 790.972 5	0.004 4	0.005 5	-0.005 4
昌吉市	186.776 3	7 971.026 7	0.023 4	0.055 2	0.027 4
伊宁市	126.522 9	6 44.012 6	0.196 5	0.305 4	0.324 8
奎屯市	74.285 5	1 171.198 0	0.063 4	0.153 2	0.096 1
库尔勒市	181.013 4	7 223.496 4	0.025 1	0.061 6	0.030 2
阿克苏市	183.053 5	5 976.603 3	0.030 6	0.041 1	0.039 8
喀什市	121.024 7	550.108 3	0.220 0	0.370 2	0.365 3

轮台县经济迅速发展起来。由于塔克拉玛干沙漠拥有丰富的石油和天然气储量,近年来位于沙漠周边县(市)的联系更加紧密,和田绿洲在未来有望成为一个小的城市群<sup>[22]</sup>。

4.2 夜间灯光指数变化分析

夜间灯光指数越大表示该地区经济发展越好。从图 3 可以看出,受城市发展水平影响,夜间灯光指数的空间差异性较大。总体来说,这 10 个城市的夜间灯光指数随时间呈不同程度的上升趋势,其中最大的是石河子市,自 2005 年来呈直线上升趋势,该城市面积较小,灯光面积率在 2013 年高达 95.43%;其次是喀什市和伊宁市。石河子市、喀什市和伊宁市都是新疆的宜居城市,说明城市生活环境对城市发展起到了至关重要的作用。由此可见,夜间灯光指数较大的城市均为面积较小的城市,在新疆这类城市发展速度较快。在本研究选取的 4 年中,夜间灯光指数变化较慢的城市有 5 个,分别为库尔勒市、克拉玛依市、阿克苏市、昌吉市和哈密市,可以看出,面积较大的城市夜间灯光指数变化较小,说明面积大的城市发展不充分。其中哈密市的夜间灯光指数在所研究的 4 年中均为最低,变化趋势平缓,这 4 年的城市灯光面积率远远小于其他城市。阿克苏市 2013 年灯光指数增幅明显,原因是 2009 年阿克苏市自治区级工业园区的成立带动了当地经济的发展。针对夜间灯光指数较低的城市,政府应充分利用当地优势,努力给当地经济带来新的增长点。近年来,昌吉市新开了许多具有现代畜牧业特色的优势产业,拉动了区域产业链的发展。哈密市地域辽阔,自古就是丝绸之路的咽喉,有着丰富的物产资源,是一块待开发的宝地。2016 年哈密地区撤地设市,为这座城市带来了新的发展机遇。从这些城市的灯光指数变化情况来,国家和政府近年来采取了许多措施来促进地区发展。

4.3 回归模型分析

经逐步回归分析发现,夜间灯光指数主要与城镇村及工矿用地占地区总面积的比例有关,一个地区的总面积基本保持不变,因此城镇村及工矿用地面积对夜间灯光指数起着决定性作用。夜间灯光指数随着城镇村及工矿用地面积的增加而变大。

该模型具有较强的预测能力,从图 4 可以看出,2012 年夜间灯光指数的预测值与真实值之间有较强的一致性,曲线大体相符。夜间灯光指数预测值较大的有石河子市、伊宁市

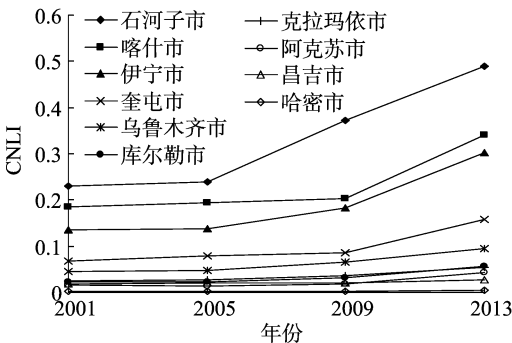


图3 各城市夜间灯光指数变化

和喀什市,最小的为哈密市,与实际情况相符。其中克拉玛依市、石河子市和奎屯市的预测误差较大,其余城市的预测值和真实值都较吻合。克拉玛依市和奎屯市为工业城市,石河子市为旅游城市,这 3 个城市的交通能力较强。表 2 显示,交通运输用地占地区总面积的比例与夜间灯光指数的相关性也较高,因此对这 3 个城市而言,在预测夜间灯光指数时,仅仅考虑城镇村及工矿用地占地区总面积的比例这一项因子是不够的。此外,运用该模型估算夜间灯光指数时也存在不合理现象,例如在估算 2012 年哈密市的夜间灯光指数时出现负值,夜间灯光指数应为一个大于零的数值,出现这种情况是因为城镇村及工矿用地所占地区面积太小,经计算得出,当地区城镇村及工矿用地所占比例小于 0.007 5 时,夜间灯光指数的预测值会出现小于零的情况,此时该模型不适用,需综合考虑各项因子的影响。综上所述,利用城镇村及工矿用地占地区总面积的比例估算城市夜间灯光指数具有一定的可靠性和普适性。本研究是基于新疆城市数据进行夜间灯光指数预测的一个初步尝试,在基于灯光数据的城市建成区提取、城市群产业经济联系和城市化驱动力机制等方面的研究还有待进一步探索。

5 结论

结合统计数据,对新疆城市夜间灯光数据进行分析,得出以下结论:(1)与 2001 年相比,2013 年新疆城市夜间灯光数据呈现出以主要城市为中心不断向四周扩张的动态发展趋势。城市之间的联系越来越紧密,主要城市在自身经济发展的同时也带动了沿线城市的发展。(2)近年来新疆城市发展

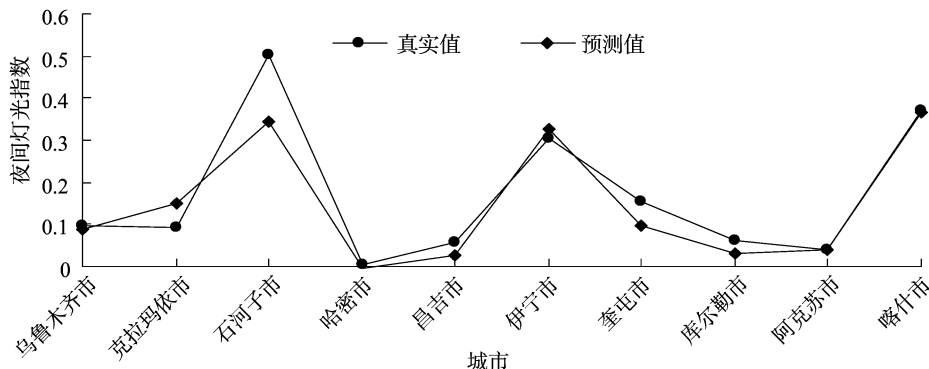


图4 2012 年夜间灯光指数预测值与真实值的比较

较为平稳,在时间序列上新疆城市灯光指数呈上升趋势。小面积城市成为新疆发展的热点,例如石河子市、喀什市和伊宁市发展速度较快;哈密市、昌吉市和阿克苏市地域辽阔,夜间灯光指数增长缓慢,地区发展空间巨大。(3)交通运输用地面积和城镇村及工矿用地面积对夜间灯光指数的影响较大,且均与夜间灯光指数呈正相关关系。(4)逐步回归分析法能够准确分析夜间灯光指数的变化机制,所构建的回归模型具有较高的可信度( $r^2 = 0.834$ )和预测能力( $\beta = 0.913$ ),分析发现,城镇村及工矿用地占地区总面积的比例对夜间灯光指数的影响较大,两者呈显著正相关关系。利用城镇村及工矿用地占地区总面积的比例能准确预测地区夜间灯光指数。

#### 参考文献:

- [1] 陶江,杨德刚,苏小军,等. 新疆干旱区绿洲可持续发展水平及其空间分布特征[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(6):12-16.
- [2] 许雪爽,包安明,常存,等. 新疆重点城市建设用地扩张与土地配置协调性分析[J]. 经济地理,2017,37(10):92-99.
- [3] 李松,张小雷,李寿山,等. 新疆绿洲城市土地利用景观格局时空演化及驱动力研究[J]. 经济地理,2013,33(12):161-168.
- [4] 王鹤饶,郑新奇,袁涛. DMSP/OLS 数据应用研究综述[J]. 地理科学进展,2012,31(1):11-19.
- [5] 杨眉,王世新,周艺,等. DMSP/OLS 夜间灯光数据应用研究综述[J]. 遥感技术与应用,2011,26(1):45-51.
- [6] 卓莉,李强,史培军,等. 基于夜间灯光数据的中国城市用地扩展类型[J]. 地理学报,2006,61(2):169-178.
- [7] 王利伟,冯长春. 转型期京津冀城市群空间扩展格局及其动力机制——基于夜间灯光数据方法[J]. 地理学报,2016,71(12):2155-2169.
- [8] 李俊峰,潘竟虎. 基于夜间灯光的 1992—2012 年甘肃省城市空间扩展研究[J]. 冰川冻土,2016,38(3):829-835.
- [9] 毛卫华,胡德勇,曹冉,等. 利用 MODIS 产品和 DMSP/OLS 夜间灯光数据监测城市扩张[J]. 地理研究,2013,32(7):1325-1335.
- [10] 何春阳,李景刚,陈晋,等. 基于夜间灯光数据的环渤海地区城市化过程[J]. 地理学报,2005,60(3):409-417.
- [11] 杨妮,吴良林,邓树林,等. 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的省域 GDP 统计数据空间化方法——以广西壮族自治区为例[J]. 地理与地理信息科学,2014,30(4):108-111.
- [12] 韩向娣,周艺,王世新,等. 夜间灯光遥感数据的 GDP 空间化处理方法[J]. 地球信息科学学报,2012,14(1):128-136.
- [13] 吴健生,牛妍,彭建,等. 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的 1995—2009 年中国地级市能源消费动态[J]. 地理研究,2014,33(4):625-634.
- [14] 卓莉,陈晋,史培军,等. 基于夜间灯光数据的中国人口密度模拟[J]. 地理学报,2005,60(2):266-276.
- [15] 马钰琪,朱秀芳,刘宪锋,等. 基于夜间灯光数据和多地理因子数据的人口空间化方法——以辽宁省为例[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2015,51(增刊1):57-61.
- [16] 李景刚,何春阳,史培军,等. 基于 DMSP/OLS 灯光数据的快速城市化过程的生态效应评价研究——以环渤海城市群地区为例[J]. 遥感学报,2007,11(1):115-126.
- [17] 陈晋,卓莉,史培军,等. 基于 DMSP/OLS 数据的中国城市化过程研究——反映区域城市化水平的灯光指数的构建[J]. 遥感学报,2003,7(3):168-175.
- [18] 卓莉,史培军,陈晋,等. 20 世纪 90 年代中国城市时空变化特征——基于灯光指数 CNLI 方法的探讨[J]. 地理学报,2003,58(6):893-902.
- [19] 甘蓉蓉,陈娜姿. 人口预测的方法比较——以生态足迹法、灰色模型法及回归分析法为例[J]. 西北人口,2010,31(1):57-60.
- [20] 杨眉,王世新,周艺,等. 基于 DMSP/OLS 影像的城市化水平遥感估算方法[J]. 遥感信息,2011,26(4):100-106.
- [21] Lo C P. Modeling the population of China using DMSP operational linescan system nighttime data[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,2001,67(9):1037-1047.
- [22] 菊春燕,何清,周绪. 新疆和田绿洲夜间灯光数据的时空分布特征及演变趋势[J]. 中国沙漠,2017,37(2):384-391.