

# The Correlation Investigation between the Nighttime Light Data and Socio-Economic Data in China

Qing Wang

State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing,  
Wuhan University, Wuhan Hubei  
Email: rswangqing@foxmail.com

Received: May 30<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jun. 19<sup>th</sup>, 2017; published: Jun. 21<sup>st</sup>, 2017

---

## Abstract

Timely and reliable nighttime light data (NTL) derived by remote sensing satellite is closely related to social-economic life, and thus the study about the correlation information between NTL and socio-economic (e.g., population and gross domestic product (GDP)) is very crucial for predicting and revising the hysteretic and incorrect census data of socio-economy. However, at present, the related research in China is extremely rare. In view of this, in this paper, the DMSP-OLS Nighttime Lights (DMSP/OLS NTL) data of China between 1992 and 2012 were implemented to reveal the correlation information between NTL and socio-economic data from multiple perspectives (including space and time). Moreover, a systematic correction methods was developed to improve DMSP/OLS NTL data, which can remove the influence of water and gas flare, diminish blooming phenomenon, and make DMSP-OLS NTL data without onboard calibration become more continuous and comparable. The experiment in this paper revealed that the strong correlation between the socio-economic data (including GDP and population) and NTL. Furthermore, the detailed correlation and linear model was presented, which showed great potential for revising and predicting the census data of China.

## Keywords

DMSP/OLS, Nighttime Light Data, GDP, Population, Correlation Investigation

---

# 夜间灯光数据与中国社会经济指标的关联研究

王青

武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉  
Email: rswangqing@foxmail.com

收稿日期: 2017年5月30日; 录用日期: 2017年6月19日; 发布日期: 2017年6月21日

## 摘要

及时、客观的遥感卫星夜间灯光数据已被证明与人类的社会经济生活有着很强的相关性，获取夜间灯光数据与社会经济指数的相关性信息，对预测修正具有时间延迟、不准确问题的社会经济指数具有重大的意义。然而目前国内的这一方面的研究还处于极度缺乏的状态。因此本文以一线城市为例，研究了中国1994~2012年的DMSP/OLS稳定夜间灯光数据与国内生产总值GDP(Gross Domestic Product)和人口数的时间尺度和空间尺度上的相关性。此外，本文提出了系统化的DMSP/OLS夜间灯光数据的纠正方法，使得未经过星上检校的多时相夜间灯光数据具有了可比性和一致性。本文发现GDP和人口都与夜间灯光数据具有很强的相关性，且文中公布了夜灯与人口，GDP的相关性参数，为预测修正这些城市的社会经济数据提供帮助。

## 关键词

DMSP/OLS，夜间灯光数据，GDP，人口，关联研究

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

一直以来，社会经济指数都是综合、定量地衡量社会经济发展状况的绝佳选择，它使得不同国家、不同区域、不同时间的社会经济发展状况具有了可比性，为宏观经济发展提供了重要参考。然而，社会经济指数的获得却有着偏差、时间延迟、不准确等不可避免的问题。

随着卫星技术的发展，遥感夜间灯光数据逐渐走向成熟，它有着及时、客观、系统的特点。从1992年开始，DMSP/OLS夜间灯光影像被数字化且可以免费从美国国家地球物理数据中心网站下载。夜间灯光数据有着相同的分辨率，多时相、以系统地方式覆盖着全球。这些特点使得关于它的研究社会经济方面有着特别的优势。

目前，国内外已经有很多学者将夜间灯光数据与社会经济指数之间进行关联研究[1] [2] [3]，也有很多学者实现了在关联研究的基础上对社会经济指数进行预测[4] [5]。但中国国内各大城市的夜间灯光数据与社会经济指数的关联研究还较缺乏，之前的研究主要集中在国家或者区域这个尺度上，由于夜间灯光数据与社会经济指数关系和地区有关，不同的城市它们之间的关系并不相同，所以国家和区域层面的研究还远远不够，急需要系统、全面地进行夜间灯光数据与中国典型城市的关联研究。

本文以中国的一线城市为例，使用1994~2012年的DMSP/OLS年度稳定灯光数据，从时间尺度和空间尺度两个方面进行夜间灯光数据国内生产总值GDP和人口的关联研究，建立它们之间的相关模型，提供模型的相关系数，并对模型的相关性和斜率进行了分析。为今后的中国的社会经济状况的评估与分析奠定了基础。

## 2. 研究区域和数据

### 2.1. 研究区域

自1978年改革开放以来，中国发生了翻天覆地的变化，社会财富急剧增加，人民生活水平也不断提

高, 国内生产总值从 1978 年的 3624 亿元增加到 2014 年的 636,463 亿元, 增加了 175.6 倍, 居民年平均消费水平从 1991 年的 932 元增加到 2013 年的 15632.1 元, 增加了 89 倍。城镇人口从 1991 年的 31,230 人增加到 2014 年的 74,916 人, 增加了 2.4 倍(数据来自中经网数据库)。同时, 经济的快速发展也使得中国产生了大量的特大城市, 从最初 4 座一线城市到 2013 年底增加到 19 个一线城市(北京、上海、广州、深圳、成都、杭州、南京、武汉、天津、西安、重庆、青岛、沈阳、长沙、大连、厦门、无锡、福州、济南)。这些一线城市拥有雄厚的经济基础、深厚的文化积淀以及发达的交通。他们已经成为中国经济的领头军。

## 2.2. 数据

### 2.2.1. 社会经济数据

选取全国及一线城市的年度 GDP 与人口统计数据, 包括: 全国和一线城市 1994~2012 年的内生产总值; 1994~2012 年一线城市市辖区人口数, 数据均来自中经网统计数据库(<http://db.cei.gov.cn/page/Default.aspx>)。

### 2.2.2. DMSP/OLS 夜间灯光数据

在 20 世纪 70 年代, 美国发射了军事气象卫星 DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) 携带着 OLS (Operational Linescan System) 传感器, 该传感器拥有两个波段: 可见光、近红外波段(VIS)和热红外波段(TIR), VIS 经过光电倍增管进行信号增强, 使得它可以探测到微弱的可见光与近红外光, 包括: 月光下的云层、城镇的灯光、工业基地的光、天然气燃烧的光以及一些短暂的灯光[6]。

美国国家地球物理数据中心(NGDC)为 DMSP 卫星数据建立了长期的存档, 并发展了一系列流程处理得到 DMSP 年稳定灯光产品[6]。该 DMSP/OLS 无云数据的制作利用了全年 DMSP/OLS 可获得的所有数据, 该数据产品目前已经横跨了 21 年(1992~2012), 由 6 颗卫星获得, 拥有 33 幅影像地面分辨率为 0.008333 度, 在赤道处分辨率接近 1km。每幅影像几乎覆盖全球: 经度-180 至 180 度, 纬度-65 至 75 度。该高质量数据经过了很好的几何纠正, 去除了噪声、云层、极光、太阳光以及月光的影响[6]。目前, 该数据可在美国国家地球物理数据中心(<http://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>)免费下载, 下载的数据为 Geotiff 格式, 共有三种影像类型: 无云数据、平均灯光数据、稳定灯光数据[6]。

本文使用的是稳定灯光数据: 数据灰度值范围为 0~63, 其中 0 为背景和噪声, 1~63 为灯光。该数据保留了来自城镇以及天然气燃烧等持久的光, 将一些短暂的灯光去除。使得该数据非常有利于进行经济、城镇化等等与人类生活息息相关的研究。为了给夜间灯光数据做预处理, 另有三种辅助数据被使用: 1) 行政边界线(<http://www.gadm.org/>), 用来裁剪获取一线城市的夜灯影像; 2) MODIS MOD44W 水层模板, 该数据为 Geotiff 格式, 分辨率为 250 米, 数据中以灰度值 0 表示陆地, 以灰度值 1 表示水体(<http://glcf.umd.edu/data/watermask/>); 3) 天然气燃烧区掩膜, 天然气燃烧区是因为石油开采区域没有足够的基础设施使得天然气未充分利用而产生的, 文中使用的天然气燃烧区域数据可从美国国家地球物理数据中心下载([http://ngdc.noaa.gov/eog/interest/gas\\_flares\\_countries\\_shapefiles.html](http://ngdc.noaa.gov/eog/interest/gas_flares_countries_shapefiles.html))。

## 3. 方法

### 3.1. 数据预处理

#### 3.1.1. 去除水体和天然气燃烧区

DMSP/OLS 夜光数据利用 MOD44W 水层掩膜去除水体, 可以减少沿海城市 50% 的灯光溢出现象, 对内陆城市也有一定的减少灯光溢出造成的数据误差的作用[7]。天然气燃烧区域在 DMSP/OLS 夜间灯光

影像上灰度值非常接近城区，会造成小城区的过度评估，我们的目标是研究与人类活动息息相关的城镇区域，所以天然气燃烧区域的灯光被去除用于提高夜间灯光数据的可靠性[7]。

### 3.1.2. 多时相夜间灯光影像校正

本文使用的夜间灯光影像横跨了 19 年，数据来源于 6 颗卫星，由于 OLS 传感器并未做星上校正，不同的卫星配着不同的传感器设置，使得它们的影像存在系统误差，导致不同年的影像不具有可比性。

本文采用了 Elvidge 的文章[8]的方法去减少不同夜光影像灯光灰度值的差异性。Elvidge 文中的多时相校正方法主要有三步构成：

- 1) 选出样本区，参考样本区需满足：多年来基本没发展即灰度值变化小且灰度值分布范围要广，文章[8]发现意大利西西里岛完全符合这个要求，可作为参考样本区。
- 2) 统计样本区每幅影像的灯光积累值，选取该值最高的影像为参考影像。
- 3) 将参考影像与其他影像比较得到校正系数，建立二元一次回归方程对其他影像进行校正：

$$DN_{\text{adjusted}} = C_0 + C_1 \times DN + C_2 \times DN^2 \quad (1)$$

其中 DN (digital number)为需校正影像纠正前灰度值， $DN_{\text{adjusted}}$  为纠正后需校正影像的 DN 值。 $C_0$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 为校正系数。

### 3.1.3. 年内互检校

经过多时相检校后，数据的一致性提高了很多，但是很多年里仍有两幅影像，对于进行与 GDP 和人口数的关联研究很不方便，所以我们需要合理的将某些年的两幅影像合成一幅影像，本文采取文[9]中的方法，首先将同年里两幅影像的不稳定灯光(即在两幅影像里不同时为灯光像素)移除，再将两幅影像同一像素上的灰度值求平均值作为新的影像该像素上的灰度值，这样便得到了一幅具有同年两幅影像信息的稳定夜间灯光数据。

## 3.2. 关联研究

对预处理完的影像进行行政边界切割，切割出 19 个一线典型城市影像(如图 1)。收集各城市社会经济参数，选择灯光像素值总数(SOL)与社会经济参数(包括 GDP 和人口)进行一线城市的关联研究，此研究分为两部分：时间尺度上的关联研究(单个城市不同时间的夜间灯光值总数与社会经济参数的关系)、空间尺度上的关联研究(同一时间不同城市的夜间灯光值总数与社会经济参数的关系)。

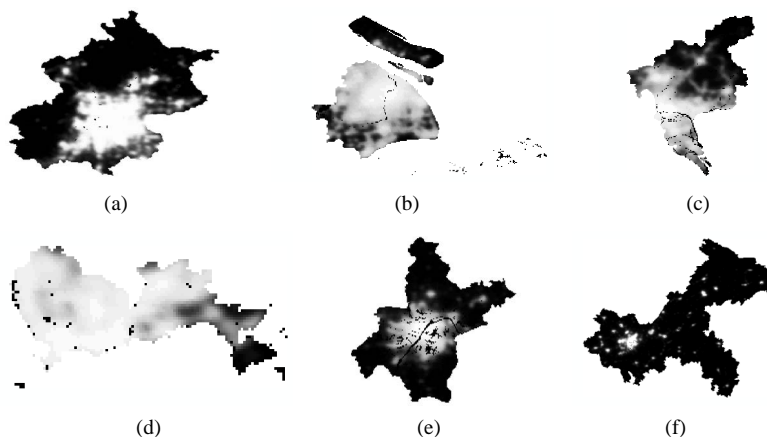


Figure 1. The nighttime light images of the typical cities in 2010

图 1. 2012 年部分城市夜间灯光影像

## 4. 结果与分析

### 4.1. 夜灯与 GDP 关联研究

#### 4.1.1. 时间尺度上的关联研究

收集中经网数据库所提供 1994~2012 年的各城市内的 GDP 值。针对各城市 GDP 和 SOL 随时间变化的散点图进行了线性拟合, 表 1 为各城市拟合线相关性模型的具体参数, 可以看出大部分城市的 GDP 与 SOL 直线相关, 且具有较强的正相关性, SOL 越高所对应的 GDP 越高。

#### 4.1.2. 空间尺度上的关联研究

将 1994~2012 年每隔 5 年制作了一幅 19 个城市所对应的 GDP 与 SOL 的散点图, 并拟合了直线(如图 2)。年份分别为: 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年。表 2 为具体的相关模型参数。

**Table 1.** The correlation and coefficients of the fitting line between GDP and SOL at the temporal scale

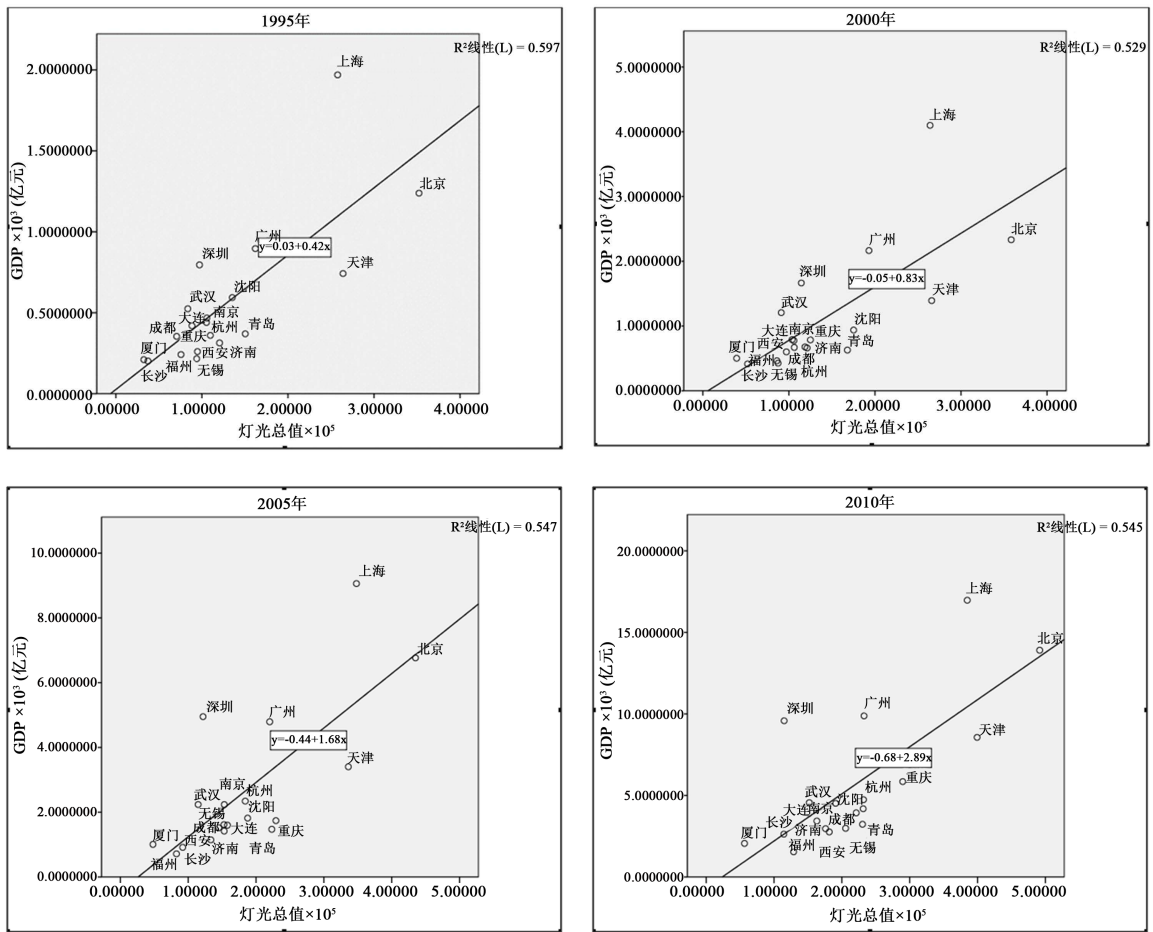
**表 1.** 时间尺度上一线城市 GDP 与 SOL 拟合线系数及相关性表

城市	拟合线常数项	拟合线斜率	R <sup>2</sup>
北京	-32.43	0.1	0.773
上海	-24.01	0.1	0.798
广州	-18.6	0.11	0.812
深圳	-26.4	0.27	0.356
成都	-1.9	0.03	0.784
杭州	-3.18	0.03	0.872
南京	-4.65	0.05	0.843
武汉	-2.91	0.06	0.818
天津	-15.99	0.06	0.813
西安	-2.47	0.03	0.887
重庆	-2.49	0.03	0.739
青岛	-3.34	0.03	0.600
沈阳	-4.26	0.04	0.878
长沙	-1.1	0.03	0.694
大连	-2.87	0.03	0.755
厦门	-1.91	0.06	0.892
无锡	-1.92	0.03	0.892
福州	-1.38	0.02	0.895
济南	-4.28	0.04	0.875

**Table 2.** The correlation and coefficients of the fitting line between GDP and SOL at the spatial scale

**表 2.** 空间尺度上 GDP 与 SOL 拟合线系数及相关性表

年份	拟合线常数项	拟合线斜率	R <sup>2</sup>
1995	-0.03	0.42	0.597
2000	-0.05	0.83	0.529
2005	-0.44	1.68	0.547
2010	-0.68	2.89	0.545



**Figure 2.** The scatter plots of the first-tier cities between GDP and SOL at the spatial scale  
**图 2.** 空间尺度上的各城市 GDP 与 SOL 散点图

总体而言，GDP 和 SOL 在空间尺度上也具有很强的相关性。从 1995 年到 2010 年各城市在图 2 中的位置分布基本没有变化，处于散点图中最上面位置的城市为北京、上海、广州、深圳，这四个城市为老一线城市，其他的城市分布较为集中，为 2013 年加入的新一线城市。图 2 四个子图中散点图的相关性  $R^2$  值在 0.5 左右(见表 2)，而时间尺度上分析的 GDP 与夜间灯光总值 SOL 的相关性  $R^2$  为 0.8 左右(见表 1)，这说明空间尺度上的相关性远低于时间尺度上的，多时相的 SOL 与 GDP 的相关性分析在时间尺度上更为可靠。

另外图 2 中可以发现从 1995 年到 2010 年，上面四幅图直线斜率不断递增，从 0.42 一直上升到了 2.89。说明单位灯光的增加所对应的 GDP 增长在不断增多。文中将单位灯光的增加对应的 GDP 增加的能力看成城市的灯光效率。可以看出图中大部分城市较为集中，他们灯光效率较为一致，图中最为突出的为上海，它单位灯光所对应的 GDP 的增长的能力最强，即它的灯光效率最强远超过其他城市，同时对比图 2 中的 4 幅子图可以看出，北京从低于拟合线到逐渐高于拟合线(拟合线可以看成一线城市的普遍灯光效率)，说明北京的灯光效率在相对随时间不断上升。

#### 4.1.3. 总体分析

因为空间尺度上分析得到的 SOL 与 GDP 的相关性远没有时间尺度上分析的相关性高，所以这里的总体分析只考虑时间尺度上得到的结果。

上面的分析中，我们得到了各城市时间尺度上 SOL 与 GDP 的线性关系以及它们的相关性  $R^2$ 。可以看出深圳的 GDP 与 SOL 的相关性极低，只有 0.3 左右，其他城市相关性都在 0.8 上下波动。图 3 可发现深圳的灯光均值也远大于其他城市，且深圳市夜间灯光影像存在严重的过饱和现象(即灰度值大于 63 的像素统一置为 63)，导致它的灯光像素总值(SOL)不可信，进而造成它的 SOL 与 GDP 的相关性极低。所以下面 SOL 与 GDP 线性关系的斜率讨论不考虑深圳。

图 4 为 18 个一线城市(排除深圳)时间尺度上分析的 SOL 与 GDP 拟合线的斜率分布，该拟合线斜率为该城市单位灯光增加所对应的 GDP 的增加，文中称为灯光的 GDP 效率。可以看出北京、广州、上海的斜率极高，即灯光的 GDP 效率极高。

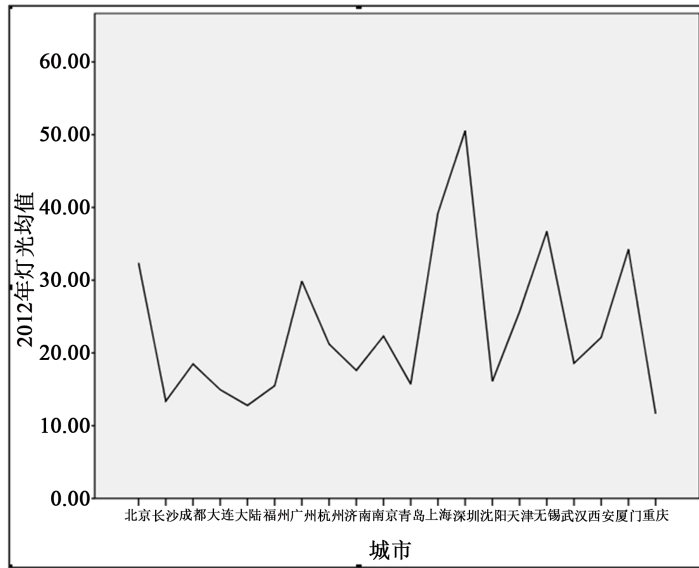


Figure 3. The mean value of NTL for all cities in 2012

图 3. 各城市 2012 年灯光均值图

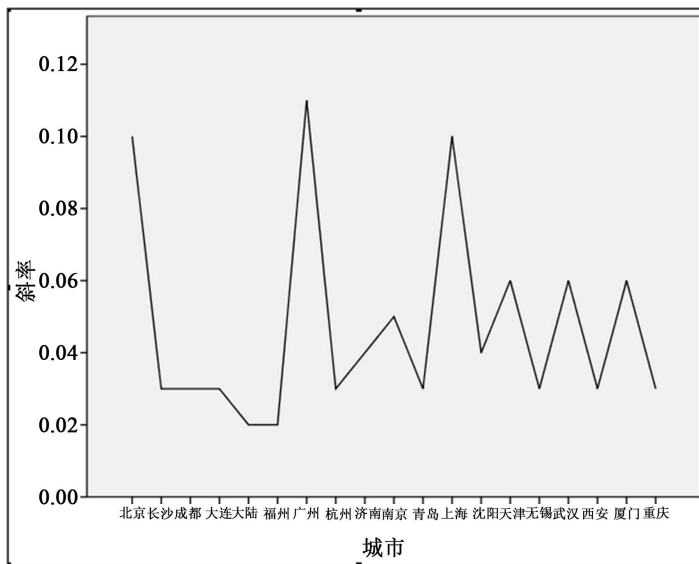


Figure 4. The slope of the fitting line between GDP and SOL

图 4. 各城市 GDP 与 SOL 拟合线斜率图

为了进一步分析灯光的 GDP 效率大小的规律，本文研究了城市发达程度的衡量方式，由于通常情况下可用 GDP 作为发达程度的衡量。文中选用 2005 年各一线城市的 GDP 作为发达程度的衡量。图 5 为斜率(即灯光的 GDP 效率)与 2005 年各城市 GDP(即各城市发达程度)的散点图。可看出  $R^2$  为 0.733，说明单位灯光的增加对应的 GDP 的增加即灯光的 GDP 效率与城市的发达程度有着较强的正相关关系，城市越发达，灯光的 GDP 效率就越大。

### 4.2. 夜灯与人口关联研究

由中经网上提供的各城市的人口数只有 1994 年到 2012 年的市辖区人口，由于市辖区人口基本全为城镇人口，又因为可得到的数据的局限性，所以本文将市辖区人口看成城镇人口。因为市辖区的定义会随着时间而发生变化和其他原因，导致市辖区人口数会在某一年大幅上升或下降，本文将邻近年人口数变化大于 50 万人定义为异常，则发生异常的城市及年份统计如表 3。

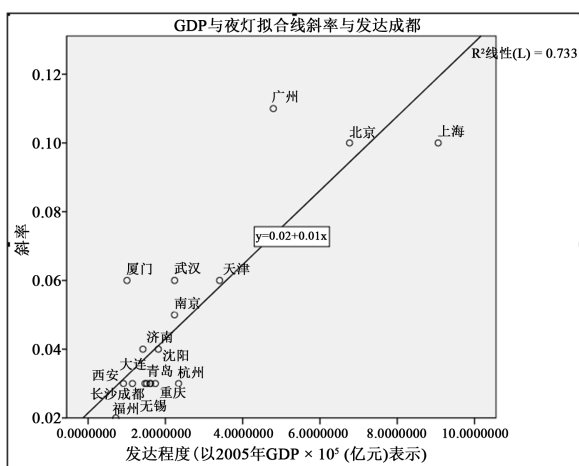


Figure 5. The scatter plots between the slope of the fitting line (between the GDP and SOL) and development level at the temporal scale

图 5. 时间尺度上各城市 GDP 与 SOL 的拟合线斜率与各城市发达程度散点图

Table 3. The abnormal situation of population change of municipal district

表 3. 市辖区人口数变化异常情况表

城市	时间	变化情况
北京	1996~1997	增约 180 万
成都	2001~2002	增约 100 万
广州	1999~2000	增约 160 万
杭州	2000~2001	增约 200 万
济南	2000~2001	增约 60 万
南京	2001~2002	增约 110 万
青岛	2011~2012	增约 90 万
厦门	1996~1997	增约 60 万
上海	2000~2001	增约 130 万
天津	2000~2001	增约 60 万
无锡	2000~2001	增约 100 万
武汉	1994~2012	经常性大幅度上下跳动
重庆	1994~2012	经常性突发性增加



为了让各城市人口数据与夜间灯光数据的相关性更加可靠,综合考虑表 3 中的变化后,这部分相关性研究只研究 2002~2012 年的 16 个一线城市(排除青岛、武汉、重庆)的市辖区人口与夜间灯光数据的相关性。

#### 4.2.1. 时间尺度上的关联研究

表 4 提供了 16 个一线城市(排除重庆、青岛、武汉)2002~2012 年夜间灯光数据 SOL 值与市辖区人口的散点图的拟合线系数及相关性。可以从中看出,大部分城市的 SOL 与市辖区人口数也具有较强的正相关性,总体呈现出 SOL 越大,市辖区人口越多。

#### 4.2.2. 空间尺度上的关联研究

为了表现出同年不同城市 2002~2012 年的市辖区人口数与夜间灯光数据 SOL 的关系,本文每隔 5 年制作了散点图(如图 6),分别为:2002、2007、2012。对比表 2 和表 5,可以看出在空间尺度上的关联研究中,人口与 SOL 的相关性普遍大于 GDP 与 SOL 的相关性,表明单时相研究人口与 SOL 关系的可靠性比 GDP 与 SOL 关系的可靠性要大。与 GDP 与 SOL 的空间尺度上研究相比,人口与 SOL 空间上研究整体而言,城市人口与灯光关系相对关系基本没有太大变化,即各城市跟拟合线的相对关系变化不大。从 2002~2012 年图像可看出整体斜率基本不变,即空间尺度上研究的一线城市整体灯光与人口数的关系随时间的变化不大。

**Table 4.** The correlation and coefficients of the fitting line between population and SOL at the temporal scale

**表 4.** 时间上一线城市人口数与 SOL 拟合线系数及相关性表

城市	拟合线常数项	斜率	R <sup>2</sup>
北京	3.53	1.79	0.719
上海	10.38	0.79	0.507
广州	2.58	1.62	0.683
深圳	5.54	-2.82	0.034
成都	3.00	1.17	0.878
杭州	3.11	0.54	0.763
南京	3.61	1.01	0.730
天津	5.59	0.64	0.923
西安	3.97	1.00	0.866
沈阳	4.31	0.36	0.922
长沙	0.60	1.73	0.711
大连	2.32	0.37	0.487
厦门	0.58	2.01	0.900
无锡	1.87	0.27	0.774
福州	1.39	0.38	0.481
济南	2.78	0.43	0.662

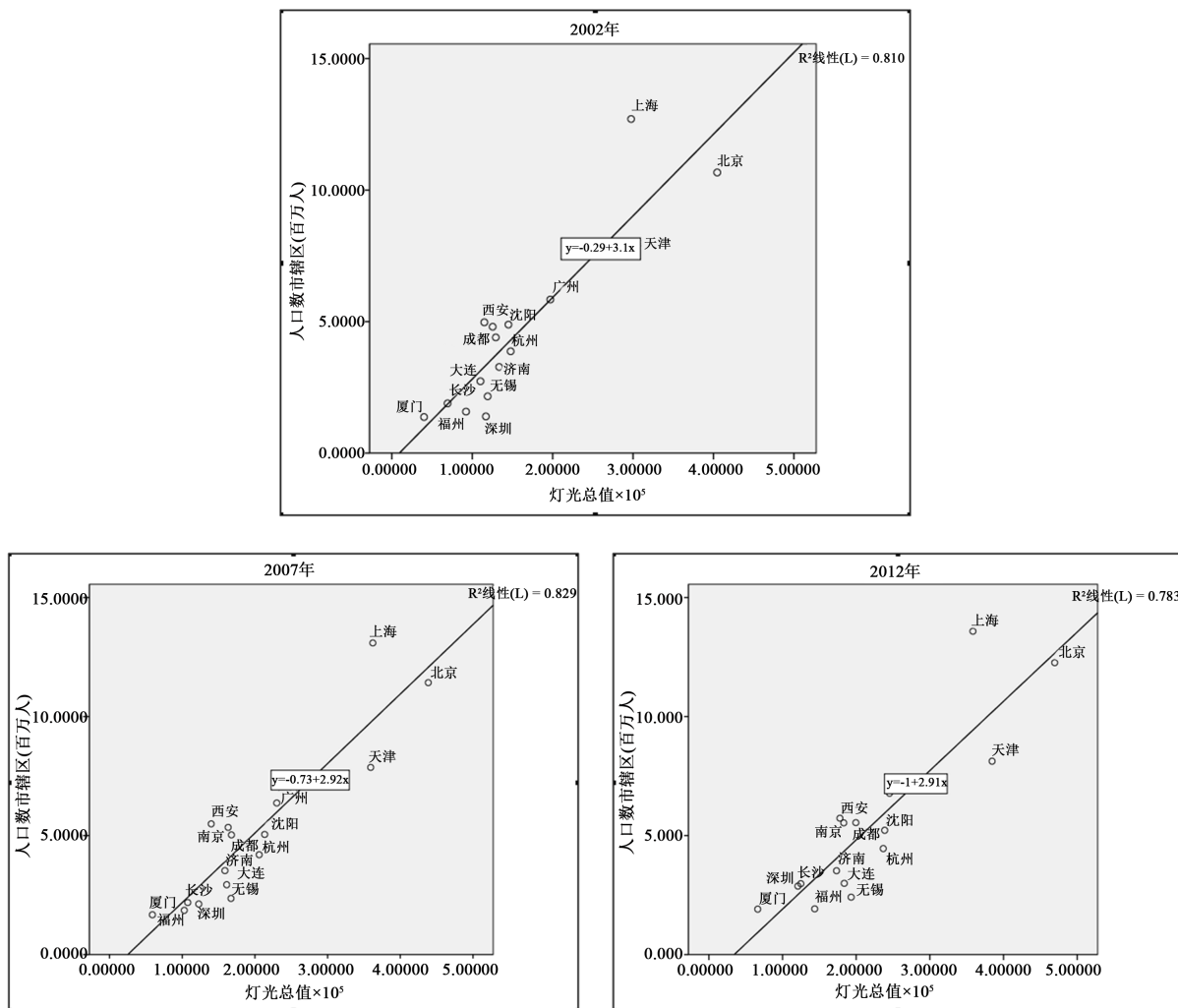


Figure 6. The scatter plots of the first-tier cities between population and SOL at the spatial scale  
 图 6. 空间尺度上的各城市人口与 SOL 散点图

Table 5. The correlation and coefficients of the fitting line between population and SOL at the spatial scale  
 表 5. 空间尺度上人口数与 SOL 拟合线系数及相关性表

年份	拟合线常数项	拟合线斜率	R <sup>2</sup>
2002	-0.29	3.10	0.810
2007	-0.73	2.92	0.829
2012	-1.00	2.91	0.783

#### 4.2.3. 总体分析

图 7 为 16 个城市时间上分析中得到的相关性 R<sup>2</sup> 分布。从图中可以看出深圳由于过饱和现象过于严重，导致它人口与 SOL 的相关性也非常的低。由于深圳的相关性不可靠，所以以下分析排除深圳，图 8 为时间上分析中各城市拟合线斜率的分布。该斜率表示单位灯光的增加所对应的人口的增加，图 8 中北京、广州、厦门斜率较高，而上海却不是很高。图 9 为斜率与发达程度的相关性，发现与灯光的 GDP 效率不同，单位灯光增加对应人口的增加与发达程度基本没有关系。

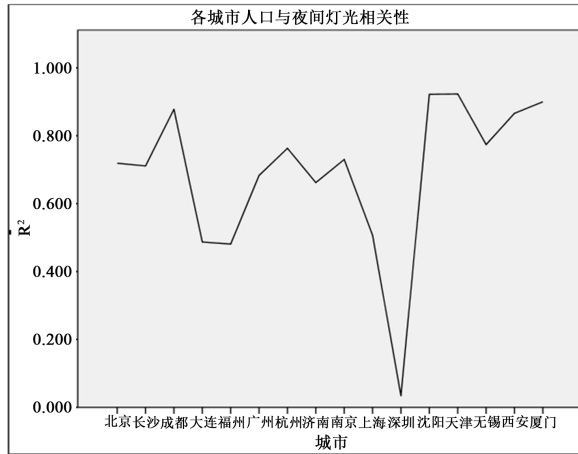


Figure 7. The correlation between population and SOL  
图 7. 各城市人口与 SOL 线性关系相关性图

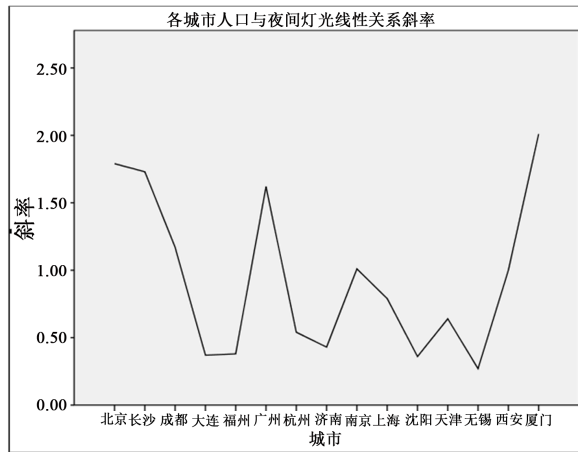


Figure 8. The slope of the fitting line between population and SOL  
图 8. 各城市人口与 SOL 拟合线斜率图

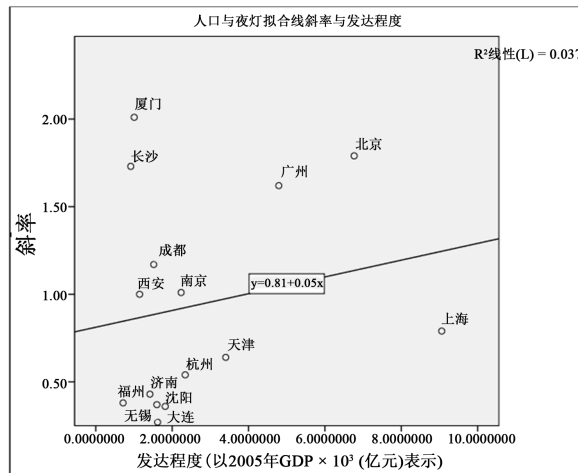


Figure 9. The scatter plots between the slope of the fitting line (between the population and SOL) and development level at the temporal scale  
图 9. 时间上各城市人口与 SOL 拟合线斜率与各城市发达程度散点图

## 5. 结论

本文采用了与人类社会经济活动高度相关的 DMSP/OLS 多时间序列的稳定夜间灯光数据, 使用 matlab 完成了一系列的数据纠正工作, 充分考虑了多时相夜间灯光数据存在的各种问题, 使得纠正后的数据更加合理可靠。在进行关联性研究时, 结合常用的单时相空间上的相关性研究的同时, 考虑到各个城市的差异, 加入了单个城市多时相的研究, 使研究结果更全面。研究发现人口和 GDP 与夜间灯光值总数有着很强的相关性, 并提供了一线城市各自的拟合线及相关性, 发现 GDP 与灯光拟合线的斜率(单位灯光的增加所对应的 GDP 增加)与发达程度呈现较强的正相关, 而人口与灯光拟合线的斜率(单位灯光的增加所对应的人口增加)与发达程度却没有关系, 文章还发现夜间灯光值总数由多种因素综合决定, 但不同城市的偏重点不同, 如: 北京、广州、南京、上海、无锡等城市与 GDP 更加相关, 而长沙、成都等城市却与人口更加相关。这些研究填补了中国在一块的空白, 且对今后的进一步研究有着很重要的意义。

目前 DMSP/OLS 多时相夜间灯光影像与社会经济指数进行关联研究时存在几大问题: 水体和天然气燃烧区域的影响; 灯光溢出问题(夜间灯光影像有很多微弱的灯光区域实际并没有灯光, 而是因为灯光散射等问题造成); 灯光过饱和现象(灯光灰度值大于 63 的强制为 63); DMSP/OLS 影像未做星上校正, 多时相影像之间存在系统误差; 部分年有两幅卫星影像, 不利于与社会经济指数进行关联。

本文已全面考虑了这些问题和目前这些问题的解决方法, 但仍有部分问题还有待进一步研究, 灯光溢出问题使用去除水体的方式降低了一部分, 但是并不能完全解决, 目前也并没有方法能完全解决这一问题。灯光的过饱和问题在深圳的研究中非常明显, 深圳平均灯光灰度值在 50 左右, 过饱和现象非常严重, 所以在进行与人口、GDP 的关联研究时, 它的相关性非常差。想提高深圳区域的相关性需要很好的解决过饱和问题, 不过现有的研究中这一问题的处理方式也并非特别理想。其他问题带来的误差本文已经较合理地剔除。

本文提供了时间尺度、空间尺度上关联研究的所有拟合线及相关性, 今后可以进一步使用夜间灯光数据对社会经济指数进行评估。对有着时间延迟以及各种人工误差的统计数据是一个很好的补充。也可以进行多元回归分析, 将夜间灯光指数与更多的其他经济指数进行关联研究。

## 致 谢

感谢美国国家地球物理数据中心提供 DMSP/OLS 多时相夜间灯光数据及天然气燃烧区掩膜。感谢中经网数据库提供的社会经济统计数据。

## 参考文献 (References)

- [1] Elvidge, C.D., Baugh, K.E., Kihn, E.A., Kroehl, H.W., Davis, E.R. and Davis, C.W. (1997) Relation between Satellite Observed Visible-Near Infrared Emissions, Population, Economic Activity and Electric Power Consumption. *International Journal of Remote Sensing*, **18**, 1373-1379. <https://doi.org/10.1080/014311697218485>
- [2] Sutton, P. (1997) Modeling Population Density with Night-Time Satellite Imagery and GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*, **21**, 227-244. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(97\)01005-3](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(97)01005-3)
- [3] Propastin, P. and Kappas, M. (2012) Assessing Satellite-Observed Nighttime Lights for Monitoring Socioeconomic Parameters in the Republic of Kazakhstan. *GIScience & Remote Sensing*, **49**, 538-557. <https://doi.org/10.2747/1548-1603.49.4.538>
- [4] Doll, C.N.H., Muller, J.P. and Elvidge, C.D. (2000) Night-Time Imagery as a Tool for Global Mapping of Socioeconomic Parameters and Greenhouse Gas Emissions. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, **29**, 157-162.
- [5] Zhou, L., Ichinose, T., Zheng, J., Chen, J., Shi, P.J. and Li, X. (2009) Modelling the Population Density of China at the Pixel Level Based on DMSP/OLS Non-Radiance-Calibrated Night-Time Light Images. *International Journal of Remote Sensing*, **30**, 1003-1018. <https://doi.org/10.1080/01431160802430693>
- [6] 王晓慧. 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的中国近 30 年城镇扩展研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京大学, 2010.

- 
- [7] Yuyu. Z., Smith, S.C., Elvidge, K., Zhao, A. Thomson, A. and Imhoff, M. (2014) A Cluster-Based Method to Map Urban Area from DMSP/OLS Nightlights. *Remote Sensing of Environment*, **147**, 173-185.  
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.03.004>
- [8] Elvidge, C.D., Ziskin, D., Baugh, K.E., Tuttle, B.T., Ghosh, T., Pack, D.W., Erwin, E.H. and Zhizhin, M. (2009) A Fifteen Year Record of Global Natural Gas Flaring Derived from Satellite Data. *Energies*, **3**, 595-622.  
<https://doi.org/10.3390/en20300595>
- [9] Liu, Z., He, C., Zhang, Q., Huang, Q. and Yang, Y. (2012) Extracting the Dynamics of Urban Expansion in China Using DMSP-OLS Nighttime Light Data from 1992 to 2008. *Landscape Urban Plan*, **106**, 62-72.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.02.013>

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [gst@hanspub.org](mailto:gst@hanspub.org)