



МОНГОЛ УЛСЫН ИХ СУРГУУЛЬ  
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ СУРГУУЛЬ  
ГАЗАРЗҮЙН ТЭНХИМ

Газарзүйн асуудлууд

---

*Geographical Issues*

*Volume 22 (2)*

*ISSN: 2312-8534*

*2022*

*Улаанбаатар хот 2022*

# Монгол орны хотуудын хөгжлийн түвшинг “DMSP/OLS” болон “NPP/VIIRS” хиймэл дагуулын шөнийн гэрлийн өгөгдөлд хийсэн чанарын шинжилгээ

## Applicability Analysis of Nighttime Lights Data in the Development Research using DMSP/OLS and NPP/VIIRS satellite Imagery: An Example in Mongolia

©Ли Яүнзэн<sup>1\*</sup>, Г.Бямбахүү<sup>1</sup>, В.Батцэнгэл<sup>1</sup>, Б.Сайнбуян<sup>1</sup>, Э.Алтанболд<sup>1</sup>  
Li Yongzhen<sup>1\*</sup>, Vyambakhuu Gantumur<sup>1</sup>, Battsengel Vandansambuu<sup>1</sup>, Sainbuyan Bayarsaikhan<sup>1</sup>,  
Altanbold Enkhbold<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Газарзүйн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол Улс  
<sup>1</sup>Department of Geography, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Mongolia

\*Харилцагч зохиогч: [liyongzhen@imnu.edu.cn](mailto:liyongzhen@imnu.edu.cn)

\*Corresponding author: [liyongzhen@imnu.edu.cn](mailto:liyongzhen@imnu.edu.cn)

Хүлээн авсан: 2022.11.05

Засварласан: 2022.12.25

Зөвшөөрөгдсөн: 2022.12.28

### Хураангуй

Сансрын зурагт шөнийн гэрлийн өгөгдөл (NTL) нь хотжилт, бүс нутгийн хөгжлийг хянах чухал хэрэгсэл юм. Гэвч түүний хэрэгцээт чанар нь зарим талаар тодорхойгүй байдаг. Энэхүү судалгаанд газарзүйн мэдээллийн систем, зайнаас тандан судлалд суурилан DMSP/OLS болон NPP/VIIRS хиймэл дагуулын шөнийн гэрлийн зураглалыг боловсруулан 1992-2018 оны NTL-ийг тооцоолж Монгол орны нутаг дэвсгэрт шинжилгээ хийв. Судалгааны үр дүнд нээдүгээр NTL-ээр нийслэл орчмын төвлөрлийг орон зайн хувьд тооцвол хотын хойд хэсэгтэй илүү нягтарч, төмөр замын тэнхлэгийн дагуу NTL өсөлт ихтэй байв. 2010 оноос хойш NTL-ийн нягтралын хэмжээ өсөх хандалгатай байгаа нь цахилгаан хангамж тогтвортой, хангамжтай байгааг харуулж байна. Хоёрдугаарт орон зайн тэлэлтээс хамаарч NTL-ийн нягтралын чанар дээшлэх бөгөөд нийгэм, эдийн засгийн хөгжлийн үйл явц, хурдцыг харуулах нарийвчлал улам сайжрах болно. Аймгуудын хувьд орон зайн хотжилтын түвшин 30%-иас өндөр, хүн амын өсөлтийн түвшин бага үед NTL хүн амын тоотой эерэг хамааралтай, эсвэл хамаарал ажиглагдахгүй байх боломжтой. Гуравдугаарт NPP/VIIRS-ийн шинжилгээгээр тодорхойлсон суурьшлын бүсийн хамрах хүрээ DMSP/OLS-ээс илүү тогтвортой цахилгаан хангамжаар хянагдах суурьшлын хамрах хүрээ чухал нөлөөлөх хүчин зүйлс болох юм.

**Түлхүүр үгс:** DMSP/OLS, NPP/VIIRS, Монгол улс, Нийгэм-эдийн засаг, Хот, Шөнийн гэрлийн өгөгдөл

### Abstract

Nighttime light data provides an important method for monitoring urbanization and regional development, but its specific applicability needs to be further explored. Nighttime light data provide a new way to obtain urbanization information. Based on GIS and RS technology, this paper obtains Mongolian nighttime light data from 1992 to 2018 by correcting DMSP/OLS and NPP/VIIRS data, aiming to analyze the applicability of nighttime light data to less developed countries. The research results show that the agglomeration effect of nighttime lights in the capital city cluster of Mongolia is obvious, presenting a spatial pattern of “concentration in the north central regions, and rapid growth along the railway line”; The total value of nighttime light showed a significant growth trend after 2010, which indicates that the power supply has achieved rapid and stable growth firstly; in second, when the spatial scale is larger, the more applicable the nighttime light data is, and the higher the accuracy of reflecting social and economic activities. At the same provincial scale, only when the urbanization rate is greater than 30% and the population cannot be lost in large quantities, the nighttime light data has a positive correlation with the number of people, otherwise it is negatively correlated or irrelevant; in third, NPP/VIIRS has detected more settlements than DMSP/OLS, and stable power supply is key to whether settlements are detected.

**Keywords:** DMSP/OLS, NPP/VIIRS, Mongolia, Socio-economic, Urban, Nighttime light data

### Оршил

Өмнөх судалгаануудаас үзэхэд шөнийн гэрлийн өгөгдлийн эрчимжилт нь нийгэм эдийн засгийн гол үзүүлэлт буюу Дотоодын Нийт Бүтээгдэхүүн (ДНБ)-ий өсөлт (Chen, Nordhaus, 2011; Li et al., 2013; Wu et al., 2013; Chen, Nordhaus, 2015; Qi et al., 2017), хүн амын тоо, өсөлт, нягтшил (Yu et al., 2019; Yu et al., 2018), хотжилтын түвшин (Small et al., 2005; Zhao et al., 2018), цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээ (Shi et al., 2019; Townsend & Bruce, 2010; Xie & Weng, 2016), гэрлийн бохирдол, нүүрстөрөгчийн давхар ислийн ялгарал, хүний үйл ажиллагааны нөлөөлөл зэрэг хүчин зүйлүүдтэй нягт холбоотой болохыг тогтоожээ. Шөнийн гэрлийн статистик мэдээ дутмаг хөгжиж буй орнуудад шөнийн гэрлийн эрчимжилтийг нь орлох индексээр тодорхойлж болдог (Andersson

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: **Ли.Яүнзэн:** Судалгааны онолын үндэслэл, үндсэн бичвэр, сансрын зургийн боловсруулалт; **Г.Бямбахүү:** Судалгааны онолын үндэслэл, үндсэн бичвэр, үр дүнгийн хяналт; **В.Батцэнгэл:** Аргагүй боловсруулалт, үр дүнгийн хяналт, **Б.Сайнбуян:** Өгөгдөл боловсруулалт, үр дүнгийн хяналт, **Э.Алтанболд:** Бичвэрийн засвар, үр дүнгийн хяналт

et al., 2019; Huang et al., 2021). Сансрын зурагт дүрслэгдэх шөнийн гэрлийн эрчимжилт нь тухайн улсын хөгжлийн түвшинг илэрхийлдэг онцлогтой (Chen, Nordhaus, 2015; Qi et al., 2017).

Судалгаанд харьцангуй түгээмэл хэрэглэгддэг шөнийн гэрлийн хиймэл дагуулын өгөгдөл нь DMSP/OLS болон NPP/VIIRS гэсэн хоёр төрөл байдаг. DMSP/OLS хиймэл дагуулын хүлээн авагч дээр засвар тохируулгагүй, өгөгдлийн хүрээ 0~63, орон зайн нарийвчлал нь 30 секунд байдаг. Эдгээр шинж чанараас хамааран DMSP/OLS-ийн анхны өгөгдөл нь жилийн хугацаанд хэлбэлзэх ба зарим тохиолдолд хөгжиж буй орнуудын шөний гэрлийн эрчимжилтийг зарим хугацаанд хянагдахгүй байх тохиолдлууд гардаг байна. NPP/VIIRS-ийн пикселийн радиаци хэмжээний нэгж нь  $nW/(cm^2 \cdot sr)$  бөгөөд орон зайн нарийвчлал нь 15 секунд байдаг. Хугацааны анхны өгөгдөл нь суурь өнгөний илэрхийлэмж, түр зуурын гэрлийн утгыг агуулдаг онцлогтой.

Дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагасын дундад болон өндөр өргөргийн бүсэд өвлийн улиралд цасны нөлөөгөөр гэрэлтүүлгийн түвшин багатай газруудад богино хугацаанд гэрлийн өөрчлөлт нь харьцангуй сул ялгардаг (Li, Gong, 2019; Yu et al., 2021; Zhang et al., 2021). Тиймээс DMSP/OLS болон NPP/VIIRS өгөгдлүүд нь шөнийн гэрэлтүүлгийн өгөгдлийг цуглуулах гол хэрэгслүүд юм. NPP/VIIRS хиймэл дагуул нь DMSP/OLS хиймэл дагуулаас илүү бага хэмжээтэй шөнийн гэрэлтүүлгийн эх үүсвэрийг хянаж, ялгаж тооцоолдог (Elvidge et al., 2013; Miller et al., 2012).

Шөнийн гэрлийн өгөгдөл нь ихэвчлэн хот, суурин газрын хүн амын төвлөрөл ихтэй, суурьшлын бүсийн шөнийн гэрэлтүүлгийн хэмжээнд тулгуурладаг. Шөнийн гэрлийн өгөгдлийн хэмжээнээс хамаарч хот, хөдөөгийн ялгаа илүү тод ялгардаг байна. Андерсон (2019) нарын судалгаанд шөнийн гэрлийн өгөгдөлд тулгуурлан Буркина Фасо улсын хот, суурьшлийн бүсэд шөнийн гэрлийн орон зайн тархац, нягтшилын шинжилгээ хийхэд 57% нь DMSP/OLS хиймэл дагуулд илрээгүй бол NPP/VIIRS хиймэл дагуулын түвшин 5%-иар илүү нягтаршилтай тооцоолж байгааг тогтоосон байна (Andersson et al., 2019). Кеола (2015) нарын судалгаанд хөдөө аж ахуйн ДНБ-д эзлэх хувь 20%-иас бага орнуудын хувьд ДНБ ба шөнийн гэрлийн өгөгдөл хоорондоо эерэг хамааралтай, харин 20%-иас дээш тохиолдолд сөрөг хамааралтай байгааг тогтоожээ (Keola et al., 2015). Эндээс DMSP/OLS болон NPP/VIIRS хиймэл дагуулуудын аль нь ч бага гэрлийн хэмжээ, нягтралтай хөдөө орон нутгийн эдийн засгийн түвшинг тооцоолж чадахааргүй байна (Gibson et al., 2021). Харин хотжилтын түвшин харьцангуй өндөр бүс нутгуудад шөнийн гэрлийн өгөгдөл илүү чанартай, хүртээмжтэй, найдвартай тооцоолол хийх боломжийг олгодог.

Монгол орны нутаг дэвсгэрийн хөгжлийн түвшинг шөнийн гэрлийн өгөгдөлд тулгуурласан сансрын зургийн шинжилгээ хийгдээгүй байдаг. Энд дэд бүтэц, хүн амын тоо, нягтшил, ДНБ-ий хэмжээ, тээврийн сүлжээ зэрэг бүс нутгийн хөгжлийн ялгаатай байдлыг бүс нутгийн түвшинд ялгах боломжийг олгож буйгаараа онцлог ач холбогдолтой юм.

Монгол улсын хотжилтын түвшин 68.5% бөгөөд энэ нь Ази тивийн дунджаас өндөр үзүүлэлт юм. Монгол улсын нутаг дэвсгэрийн 0.3% эзлэх Улаанбаатар нийслэл хотод бүх хүн амын 46%, үйлдвэрлэл, аж ахуйн салбарын 70%, ДНБ-ний ойролцоогоор 60% түүнээс их хэмжээтэй төвлөрдөг. Монгол улсын хотжилтын гол цөм нь Улаанбаатар хот юм. Энэ нэг цөмт төвлөрлөөс үүнээс үүдэн бусад орон нутгийн хотуудын хөгжлийн түвшин эрс ялгарч, хөгжлийн тэнцвэр алдагдаж байна. Үүнтэй холбоотойгоор хот, хөдөөгийн ялгаа сүүлийн 30 орчим жилд улам ихсэх хандлагатай болжээ. Монгол улсын шөнийн гэрлийн өгөгдлийн дүн шинжилгээ нь хөгжлийн түвшин, хотжилтын түвшин, хэрэгцээт байдлыг үнэлэхэд чухал ач холбогдолтой юм.

Энэ судалгаанд шөнийн гэрлийн өгөгдлийн боловсруулалт хийж Монгол улсын бүс нутгийн хөгжлийн түвшин адил бүс орон зайн түвшинд шөнийн гэрлийн өгөгдөл хүн ам, ДНБ-ийг тооцоолох чадварын шинжилгээ хийсэн. Судалгаанд нутаг дэвсгэрийн цахилгаан хангамжийн горим, хот суурин газрын хэмжээнд шөнийн гэрлийн зургийн суурин газрыг илрүүлэх түвшинг хэрхэн нөлөөлж байгаад дүн шинжилгээ хийсэн.

### Судалгааны материал, аргазүй

Энэ судалгаанд DMSP/OLS болон NPP/VIIRS хоёр шөнийн гэрлийн өгөгдлийг Earth Observation Group\* болон National Centers for Environmental Information† (NOAA)-ээс татаж

\* <http://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>

† [https://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download\\_dnb\\_composites.html](https://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_dnb_composites.html)

ашигласан. Статистикийн өгөгдлүүдийг Үндэсний Статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сан<sup>‡</sup> -аас авч боловсруулсан.

Шөнийн гэрлийн өгөгдөлийг боловсруулах нь үндсэндээ DMSP/OLS тогтвортой шөнийн гэрлийн өгөгдлийн тохируулга (Calibration) хийх, NPP/VIIRS зургийн бүрсгэр байдалд тодруулга хийх зэргээс бүрдэнэ.

Судалгаанд инвариант бүсийн аргаар буюу DMSP/OLS-ийг судлаачдын аргазүйд тулгуурлан (Liu et al., 2012; Ma et al., 2014; Shi et al., 2016; Wu et al., 2013; Zhao et al., 2014) тооцоолсон. Инвариант бүсээр Улаанбаатар хот орчимд цаг хугацааны түүвэр нь F162007, F182011 бөгөөд хоёр түүврийг сонгосон. Үндсэн шалтгаан нь 2010 оноос эхлэн шөнийн гэрлийн өгөгдлийн хэмжээ нэмэгдсэнтэй холбоотой. Энэ үзүүлэлт нь Монгол улсын эдийн засгийн хөгжлийн хандлагатай ерөнхийдөө тохирдог.

VIIRS/DNB-ийн өнгөний бүрсгэр байдлыг бууруулах, Ma (2014) нарын судалгааны аргыг ашиглан бүх оронд  $0.48 \text{ nW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr})$ -ийг суурь өнгөний бүрсгэр байдлыг бууруулах шалгуурт утга болгож, Улаанбаатар хотын шөнийн гэрлийн сарын хамгийн дээд хэмжээ  $338.26 \text{ nW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr})$ -аар хэвийн бус хүчтэй гэрлийг арилгах шалгуур болгон сонгосон.

Урт хугацааны шөнийн гэрлийн өгөгдлийн багцыг олохын тулд нэн тэрүүнд NPP/VIIRS-ийг дахин загварчилж DMSP/OLS-тэй ижил орон зайн нарийвчлалтай болгосон. Язгуурт функц болон Гауссын (Gaussian low-pass filtering) бага нэвтрүүлэлтийн шүүлтүүр (Li et al., 2017; Wu, Wang, 2019)-ээр DMSP/OLS, NPP/VIIRS хоёрыг нэгтгэв. Дээрх тооцоонд үндэслэж Монгол улсын шөнийн гэрлийн 1992-2018 оны хоорондох өөрчлөлтийн зураглалыг гаргав.

### Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

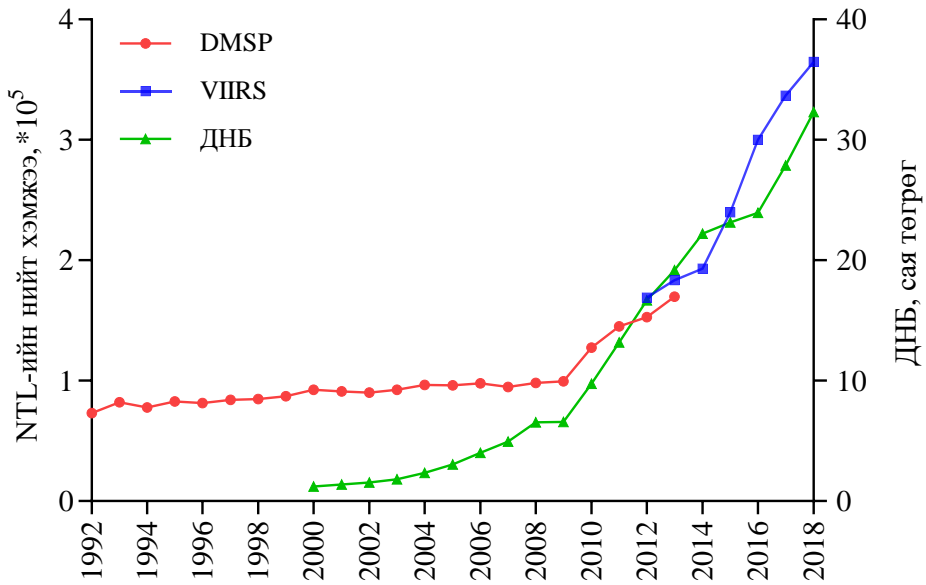
DMSP/OLS болон NPP/VIIRS нэгтгэсэн үр дүн: Загварчилсан DMSP/OLS зураг, анхны DMSP/OLS зургийн хоорондын хамаарлын хэмжээг харьцуулахаар хоёр өгөгдлийн нэгтгэсэн үр дүнг үнэллээ. NPP/VIIRS-ээс загварчилсан DMSP/OLS нь олон хэсэг жижиг гэрлүүдийг устгаж, барилга байгууламжуудын хоорондох гэрлийн өөрчлөлтийг сулруулж (Dong et al., 2020), анхны DMSP/OLS-тай ижил төстэй дүрсний онцлогтой орон зайн тархалтыг ижилсүүлдэг. DMSP/OLS зураг ба анхны DMSP/OLS зургийн хоорондын хамаарал нь анхны NPP/VIIRS зураг, анхны DMSP/OLS зургийнхаас мэдэгдэхүйц сайжирч, стандарт хазайл буурсан. Хамаарал 2012 болон 2013 онуудад  $R^2=0.608$  ба  $0.615$  утгатай байсан бол  $0.937$ ,  $0.935$  болж өссөн. 2012 оны зураг дээр суурилуулсан язгуурт функцийг загварыг 2013-2018 оны хоорондох NPP/VIIRS зурагт ашиглан DMSP/OLS-ийг загварчлан гаргасан (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. 2012 болон 2013 хоёр оны NPP/VIIRS, DMSP/OLS NTL хоорондын хамаарал

R/RMSE	Анхны DMSP/OLS	
	2012	2013
Анхны NPP/VIIRS	2012	0.608/10.021
	2013	- / 0.615/10.260
Загварчилсан DMSP/OLS	2012	0.937/9.817
	2013	- / 0.935/10.141

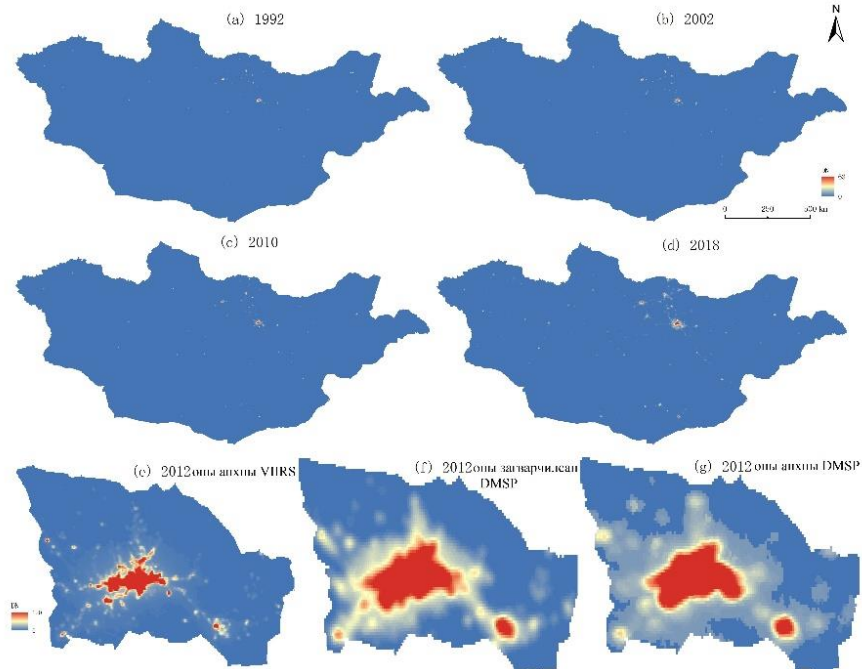
Судалгаанд 1992-2009 оны хооронд Монгол улсын шөнийн гэрлийн нийт хэмжээ харьцангуй тогтвортой, 2010 оноос мэдэгдэхүйц нэмэгдэж эхэлсэн. Энэ тооцоог хийхэд ашигласан засварласан өгөгдөл нь тасралтгүй, тогтворжилт сайтай байв. 2012-2013 хоёр онд DMSP/OLS, NPP/VIIRS-ийн нэгтгэсэн үр дүн сайн байгаа бөгөөд засварласан DMSP/OLS-ийн гэрлийн нийт хэмжээ нь DMSP/OLS-ийнхтэй ойролцоо байна. Шөнийн гэрлийн өгөгдөл нь Монгол улсын ДНБ-ий өсөлтийн хандлагатай нийцэж байв (Зураг 1).

<sup>‡</sup> Үндэсний статистикийн хороо, [www.1212.mn](http://www.1212.mn)

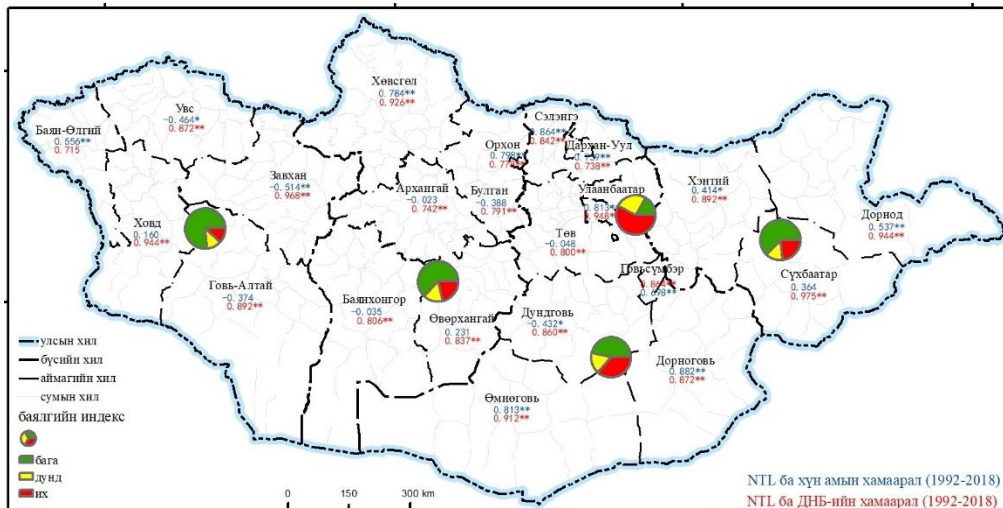


Зураг 1. Шөнийн гэрлийн өгөгдөл ба ДНБ-ийн өсөлтийн хамаарал (1992-2018)

Монгол орны шөнийн гэрлийн зургуудыг 2012 оны Улаанбаатар хотын NPP/VIIRS-ийн боловсруулахаас өмнөх ба дараагийн зургийг харьцуулан үзүүлэв (Зураг 2a-g). Анхны NPP/VIIRS зурагтай (Зураг 2e) харьцуулахад загварчилсан DMSP/OLS зураг (Зураг 2f) нь DMSP/OLS-д нэн ойртсон байна (Зураг 2g). 2010 он хүртэл гэрлийн өгөгдөл өөрчлөлт илрээгүй бөгөөд ихэнх хэсэг нь гэрэлгүй, Улаанбаатар орчимд төвийн хойд хэсэгт гэрэлтүүлгийн түвшин өндөр байв. Харин 2018 оноос төмөр замын тэнхлэгийн дагуу зурвас гэрлийн бүс бий болжээ (Зураг 2d).



Зураг 2. Монгол орны шөнийн гэрлийн засварлалтын өмнөх ба дараах үеийн орон зайн тархалт



Зураг 3. Шөнийн гэрлийн DMSP/OLS болон ДНБ-ий өсөлт, хүн амын тоон үзүүлэлт хоорондын хамаарал

**Засварласан зургийн бодит байдлын үнэлгээ:** Өмнөх судалгаанд сансрын зургийн шөнийн гэрлийн өгөгдөл нь нийгэм эдийн засгийн өсөлттэй эерэг хамааралтай байгааг тогтоосон (Doll et al., 2006; Elvidge et al., 1997; Henderson et al., 2012; Sutton, Costanza, 2002). Тиймээс энэ судалгаанд 1992-2018 он хүртэлх Монгол улсын ДНБ, хүн амын мэдээллийг улсын, бүс нутгийн, аймгийн гэсэн гурван хэмжээнд авч шөнийн гэрлийн хамаарлыг тооцоолсон (Зураг 3). Түүнчлэн засварласан сансрын зургийн бодит байдлыг Зу (2022) нарын аргазүйгээр үнэлсэн (Zhu et al., 2020).

Монгол улсын шөнийн гэрэл болон ДНБ-ийн өсөлт нь улсын хэмжээнд  $R^2=0.944$  байсан. Харин бүс нутгийн хэмжээнд авч үзвэл эдийн засгийн зүүн бүсэд  $R^2=0.976$ , баруун бүсэд  $R^2=0.957$  бол Төв, Хангайн бүсийн хамаарал буурсан үзүүлэлттэй байна. Аймгуудийн хэмжээнд авч үзвэл хамаарлууд буурсан үзүүлэлттэй боловч  $R^2=0.7$ -оос дээш хамааралтай байна.

Шөнийн гэрлийн талбай ихсэх тусам ДНБ, хүн ам гэх мэт нийгэм, эдийн засгийн үзүүлэлтүүдэд тохирох нарийвчлал өндөр байдаг (Chen et al., 2020). Шөнийн гэрэл ба хүн амын тоон үзүүлэлт нь улсын хэмжээнд  $R^2=0.881$ , бүс нутгийн хэмжээнд баруун бүсэд хамаарал ажиглагдаагүй, зүүн бүсэд  $R^2=0.503$ , Төв, Хангайн бүсэд илүү өндөр хамааралтай байна. Тодруулбал, Булган аймаг болон бусад 8 аймгийн хүн амын тоонд хамааралгүй, Увс, Завхан, Дундговь аймагт сөрөг хамааралтай байв. Тухайлбал, Говьсүмбэр, Дорноговь аймгийн хамаарал хамгийн өндөр байна. Энэ нь төмөр замын босоо тэнхлэгийн чиглэлтэй холбоотой юм.

Хүн амын өсөлтөөс хамаарч харьцангуй хамаарал багатай аймгууд нь хүн амын шилжилт хөдөлгөөн ихтэй, эсвэл хүн амын өсөлт багатай нөхцлүүд гол хүчин зүйл болж байв. Харин хүн амын тоо харьцангуй тогтвортой өсч буй, шилжих хөдөлгөөнөөр суурьших иргэд ихтэй буюу механик өсөлт ихтэй аймгуудын хамаарал өндөр үзүүлэлттэй байна. Аймгуудыг хот суурины хүн амын олон жилийн тоон мэдээлэлтэй уялдуулан үзвэл шөнийн гэрлийн өгөгдөл хотжилтын түвшин 30%-иас дээш, хүн амын тоо тогтвортой буюу ерөнхийдөө өсөлттэй газруудад хамаарал өндөр байна.

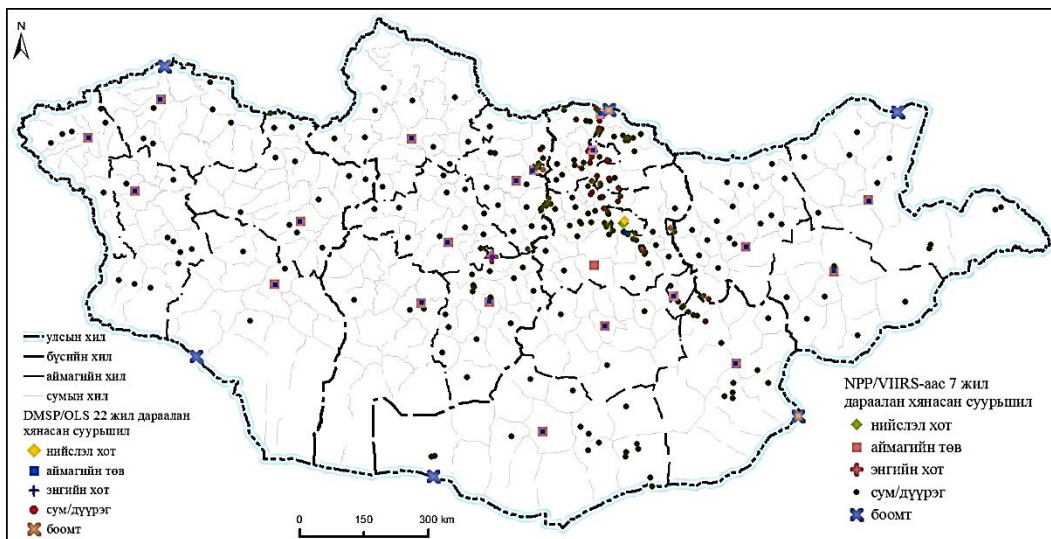
Монголын баялгийн индексийн түвшин мэдээллийн үзүүлэлтүүдэд оршин суугчдын гэр ахуйн цахилгаан хэрэгсэл багтдаг бөгөөд шөнийн гэрэлтүүлгийн өгөгдөлтэй шууд хамааралтай байдаг. Энд баялгийн индексийн түвшнүүдийг бага, дунд, их гэсэн гурван ангилалд хуваасан. Дөрвөн бүс, нэг хотын 2018 оны баялгийн индексийг Зураг 3-т харуулав. Баялгийн индексийн түвшнээр Улаанбаатарын болон төвийн бүс өндөр үзүүлэлттэй, Хангайн болон зүүн бүс дундаж хэмжээтэй. Харин баруун бүс хамгийн бага үзүүлэлттэй байв. Энэ үзүүлэлт нь шөнийн гэрлийн өгөгдлийн тархалттай нийцэж байгаа бөгөөд шөнийн гэрлийн мэдээллийн найдвартай байдлыг баталгаажуулсан.

**Суурьшлын мониторинг, нөлөөлөгч хүчин зүйлсийн шинжилгээ:** Энэхүү судалгаанд шөнийн гэрлийн төвлөрлийг цэгэн байдлаар тооцоолж дараа нь “Google Earth” дээр баталгаажуулалт хийсэн. Тооцоонд хоёр шөнийн гэрлийн хоорондын зай 4 км ба түүнээс бага үед нэг суурин гэж авч үзсэн.

DMSP/OLS хиймэл дагуулын 22 жилийн хугацаанд аймгийн төвүүд болон бусад 43 сум, 49 суурин газруудад шөнийн гэрлийн өгөгдөлд тулгуурлан мониторинг хийсэн (Зураг 4). Харин Монгол улсын хэмжээнд 174 сум суурин газрууд шөнийн гэрлийн өгөгдөл илрээгүй ба эдгээр сумууд нь Монгол орны баруун өмнөд, өмнөд бүсэд орон зайн тархалттай байв.

1992-2009 оны хооронд шөнийн гэрлийн өгөгдлөөр 66-100 сумын нутаг дэвсгэрт мониторинг хийхэд орчимд нийт 87-130 шөнийн гэрлийн өгөгдөл бүхий суурин газрыг илрүүлжээ. Нутаг дэвсгэрийн хэмжээн нийт сумд, суурин газрын 77.4% нь илрээгүй, 17.4% нь шөнийн гэрлийн өгөгдөлд илэрсэн нь ихэвчлэн аймгийн төвүүд, хотууд, томоохон сумын төвүүд байв (Хүснэгт 2). 2010-2013 оны хооронд шөнийн гэрлийн өгөгдлөөр 141-193 сумдын нутаг дэвсгэрт мониторинг хийхэд нийт 192-256 суурин газрыг илрүүлсэн нь хяналтын түвшин мэдэгдэхүйц нэмэгдсэн байна. Эдгээр шөнийн гэрэлтүүлгийн өгөгдөл нь нийслэл хот орчимд өндөр нягтшил бүхий тархалттай, Төв, Сэлэнгэ, Дархан-Уул гэсэн гурван аймагт харьцангуй сайн илэрч байв. Нутаг дэвсгэрийн хувьд шөнийн гэрлийн өгөгдлөөр суурин газрын тоо нийт улсын хэмжээний 39.4%-ийг эзэлж байна.

2012-2018 хугацаанд NPP/VIIRS хиймэл дагуулын өгөгдөлд мониторинг хийхэд 286 суурин газрыг илрүүлсэн (Зураг 4). Харин зарим сумд шөнийн гэрлийн өгөгдлөөр илрээгүй Завхан аймгийн Яруу сум, Баян-Өлгий аймгийн Бугат сумд зэрэг суурин газар шөнийн гэрлийн өгөгдөлд илрээгүй болно. NPP/VIIRS хиймэл дагуулаас авсан өгөгдөлд 7 жилийн хугацаанд 321-324 сумдын засаг захиргааны хилийн доторх 640-950 суурин газруудыг илрүүлсэн. Мөн нэг засаг захиргааны нэгжид хоёроос дээш тооны суурин газрын нээлэх хувь харьцангуй нэмэгдсэн үзүүлэлттэй байв (Хүснэгт 2). Хэдийгээр NPP/VIIRS хиймэл дагуулын өгөгдөлд илэрч буй суурин газрын тоо DMSP/OLS хиймэл дагуулаас илүү олон боловч илрүүлэлтийн тоо нь жил жилийн хооронд тогтворгүй байна. Үүний шалтгаан нь хэдхэн сарын өгөгдөл байдаг тул жилийн нэгтгэсэн зургийн бодит байдал буурсантай холбоотой байж болох юм.



Зураг 4. DMSP/OLS (1992-2013) болон NPP/VIIRS (2012-2018) хиймэл дагуулын өгөгдөлд илэрсэн суурин газруудын орон зайн тархалт

DMSP/OLS-ийн хяналтанд хамрагдсан хот, суурингийн тоо 2012 онд 230, 2013 онд 256 байсан бол NPP/VIIRS 2012 онд 564, 2013 онд 615 байна. 2012 оны статистик мэдээгээр Монгол улсын 1405 сум, суурин багт хүн ам суурьшсан. Иймээс хэдийгээр NPP/VIIRS нь DMSP/OLS-ээс илүү

хянаж байсан ч суурин газрын бараг 1/3-г хянаж тооцоолсон. Хоёр төрлийн шөнийн гэрлийн өгөгдөл болон нийгэм, эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарлаас (Хүснэгт 3) үзвэл NPP/VIIRS хиймэл дагуул нь DMSP/OLS хиймэл дагуулаас илүү өндөр үзүүлэлттэй байв.

Хүснэгт 2. 1992-2018 оны хооронд сумын нутагт шөнийн гэрлийн өгөгдөл илэрсэн суурин газрын эзлэх хэмжээ

Суурингийн тоо, хувиар	1992-2009 (DMSP/OLS)	2010-2013 (DMSP/OLS)	2012-2018 (NPP/VIIRS)
0	77.37%	48.94%	11.90%
1	17.38%	38.98%	51.50%
2	4.02%	9.88%	16.46%
3	0.95%	1.29%	8.21%
4	0.20%	0.61%	4.52%
5	0.07%	0.08%	2.30%
6	0.02%	0.08%	1.74%
7		0.15%	1.13%
8			0.43%
>=9			1.82%

Хүснэгт 3. Шөнийн гэрлийн өгөгдөл болон нийгэм, эдийн засгийн үзүүлэлт хоорондын хамаарал

Он	NTL	ДНБ	Хүн амын нягшил	Хүн ам	Сургуулийн тоо	Хүн амын хөгжлийн индекс
2012	DMSP/OLS	.915**	.871**	.908**	.896**	.736**
	NPP/VIIRS	.981**	.937**	.969**	.947**	.758**
2013	DMSP/OLS	.904**	.859**	.899**	.889**	.709**
	NPP/VIIRS	.976**	.935**	.963**	.939**	.760**

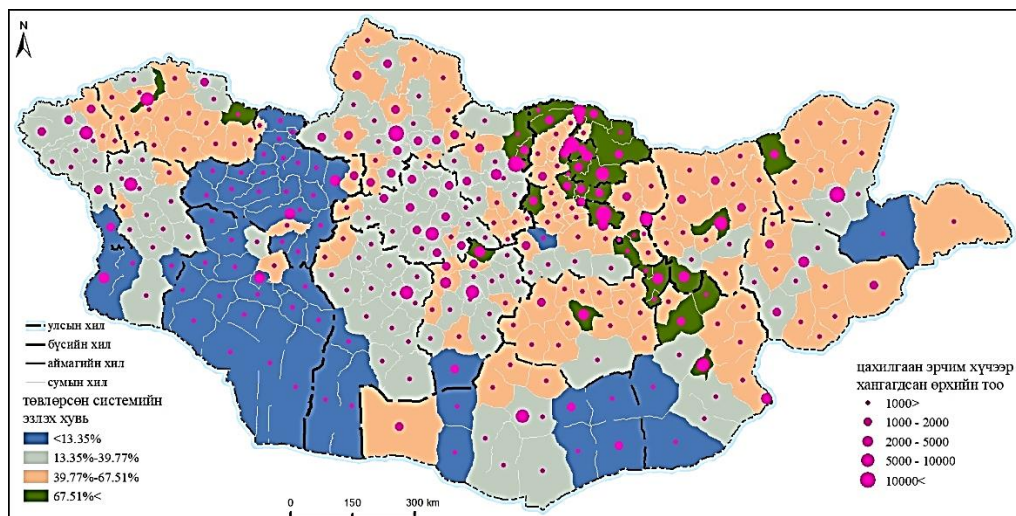
2010 оны өгөгдлийг ашиглан цахилгаан хангамжийн баланс нь суурьшлын газрын мониторинг түвшнийг хэрхэн нөлөөлж байгааг шинжилсэн. 2010 оны МУ-ын цахилгаан эрчим хүчний хангалт 96.16%-д хүрч, төвлөрсөн систем болон сэргээгдэх эрчим хүч хоёр хэлбэрээр цахилгаан ашиглаж байгаа өрхүүд нь тус тус 76.85%, 15.44% -ийг эзэлнэ. Энд гэрэлтэй 143 сумдыг түүвэр болгон (Улаанбаатар хотоос бусад) сонгож, гэрлийн зураглалын өгөгдөл болон цахилгаан хангамжийн хэв маягын хоорондох шугаман регрессийн тооцоололд (Хүснэгт 4) гэрэлтүүлгийн түвшинд цахилгаан хангамжийн горимын хамаарал 0.662 байгаа нь төвлөрсөн эрчим хүчний хангамжид голчлон хамааралтай байв.

Хүснэгт 4. Шөнийн гэрлийн өгөгдөл болон цахилгаан эх үүсвэрүүдийн хоорондох шугаман регрессийн хамаарал

Цахилгаан хангамжийн горим	B	Sig
Төвлөрсөн систем	0.762**	0.000
Сэргээгдэх эрчим хүч	-0.117*	0.016
Бусад	0.119*	0.015

2010 онд шөнийн гэрлийн зургаар илрүүлсэн суурин газрууд эрчим хүчний төвлөрсөн системд холбосон хувь өндөр бүс нутагт голчлон тархсан байна. Төвлөрсөн системд холбогдсон нэг сууринд өрхийн тоо 343-аас их байхад суурин газрын мониторинг хяналт 77.8% (үүний 55.1% нь 1000-аас дээш өрхтэй), өрхийн тоо 343-аас бага бол суурьшлын мониторинг хяналт 28.9% болж буурна. 2010 онд нийт 188 сумд суурин газар илрээгүй, үүнээс 168 сумын өрхийн тоо 1000 хүрэхгүй ба төвлөрсөн системд холбогдсон хувь 40%-иас бага байна (Зураг 5).





Зураг 5. 2010 оны эрчим хүчний хангамжийн орон зайн тархалт

Монгол улсын зүүн, баруун бүсийн шөнийн гэрэл нилээд сийрэг байгаа нь бүс нутгуудын хоорондын хөгжлийн ялгаа их, тэнцвэргүй байгааг харуулж байна. Байгалийн гамшгийн мал аж ахуйд үзүүлэх сөрөг нөлөө, төрөлтийг дэмжих бодлого, томоохон хотуудын хүн амын тоо нэмэгдэх зэргээс болж аймгийн төв хотуудийн эрүүл мэнд, боловсролын үйлчилгээг багтаасан нийгмийн суурь үйлчилгээний түвшинг дээшлүүлэх, ажлын байрыг нэмэгдүүлэх, жижиг хотуудын төвлөрлийн функцийг бүрэн нэмэгдүүлэх нь чухал юм (Liu et al., 2001). Түүнчлэн зохистой хотын систем бий болгож, тогтвортой хөгжлийн түвшнийг ахиулах нь чухал юм.

Шөнийн гэрлийн мэдээлэл болон нийгэм, эдийн засгийн зарим үзүүлэлтүүдийн хоорондох хамаарал нь адил бус орон зайд, аймгуудын хооронд ялгаа ихтэй байна. Орон зайн ялгааг дагалдан гэрлийн өгөгдлийн хэрэгцээт чанар улам сайжирч нийгэм, эдийн засгийн хөгжлийн түвшинг илүү нарийвчлалтай тодорхойлох боломж ихтэй байна. Гэрлийн мэдээлэл нь улсын хэмжээнд хүн ам, ДНБ-тэй өндөр хамааралтай, бүс нутгийн хэмжээнд ДНБ-тэй бас өндөр хамааралтай хэвээр байгаа боловч баруун бүсийн хүн амын тоотой хамааралгүй, аймгийн хэмжээнд ДНБ-тай хамаарал буурч, 8 аймаг хүн амын тоотой хамааралгүй, 3 аймаг сөрөг хамааралтай, бусад аймгуудад хамаарал мөн буурсан байна. Ижил орон зайн түвшинд ийм ялгаа байгаа нь нийслэл болон төвийн бүс нутгийг эс тооцвол баялгийн индексийн түвшин харьцангуй бага байгаатай холбоотой. Өнгөрсөн 30 жилийн хугацаанд хэд хэдэн аймагт хүн амын шилжин явагсад ихтэй гарсан. Зөвхөн хотжилтын түвшин 30%-иас дээш, хүн ам тогтвортой буюу өсөлттэй аймгуудын хүн амын тоо нь шөнийн гэрлийн өгөгдөлтэй хамааралтай байна. Хүн амын бараг нэг цөмт төвлөрсөн Монгол улсын хувьд хөгжлийн ялгаа ихтэй байгаа нь сансрын зургийн шөнийн гэрлийн өгөгдөлд нэлээд тодорхой ялгарсан нь энэ судалгааны гол ач холбогдол юм.

## Дүгнэлт

Монгол улсын шөнийн гэрлийн өгөгдөлд суурилсан шинжилгээгээр төвийн хойд хэсэгт төвлөрч, төмөр замын тэнхлэгийн дагуу өсөлт бүхий орон зайн онцлог илэрч байна. Энэ нь нийслэл орчим үйлдвэржилт, дэд бүтэц, хөдөө аж ахуй, нийгэм эдийн засгийн хүртээмж харьцангуй боломжтой байгаатай хамааралтай байна.

Судалгаанд 2018 оны байдлаар Монгол улсын гурван томоохон хотын хүн ам, эдийн засгийн өсөлт, ДНБ-ий хэмжээ нь шөнийн гэрлийн хэмжээтэй хамааралтай байв. Дээрх үзүүлэлтүүдээр улсын хэмжээнд Дархан 43.3%, Эрдэнэт 52.6%, Улаанбаатар 73.4%-ийг тус тус эзэлж байв.

Түүнчлэн Монгол-Хятадийн эдийн засгийн хамтын ажиллагаа гүнзгийрсэн нь төмөр замын босоо тэнхлэгийн дагуух хотуудын хөгжлийн түвшнээс шалтгаалт сансрын зурагт шөнийн гэрэл нэмэгдсэн байна. Тодруулбал, Замын-Үүд нь нийт зорчигчийн 40%, суудлын тээврийн хэрэгслийн 76% нэвтэрдэг импортын хамгийн том боомтын хувьд өнгөрсөн 30 жилийн хугацаанд байнгын оршин суугчдын тоо 1300-аас 19000 орчим болж нэмэгдсэн нь шөнийн гэрлийн өсөлтөөр батлагдаж байна.

NPP/VIIRS болон DMSP/OLS зэрэг хоёр төрлийн гэрлийн хиймэл дагуулын өгөгдлийг харьцуулж үзвэл NPP/VIIRS нь илүү өндөр үзүүлэлттэй байна. Энэ нь нийгэм, эдийн засгийн өсөлт, хөгжлийн хоорондын хамаарлаар батлагдаж байв.

Шөнийн гэрлийн сансрын зургийг ашиглан хот, суурин газрын гэрэлтэх мониторингийн үр дүнгээс үзэхэд NPP/VIIRS нь хот, суурин газруудын гэрлийг илүү илрүүлэх чадамжтай байв. Энэ нь NPP/VIIRS-ийн илэрсэн суурин газрын тоо DMSP/OLS-аас их боловч илрүүлэлтийн түвшин 50%-иас бага байв.

Суурин газрын шөнийн гэрэл илрэх боломжтой эсэх нь эрчим хүчний хангамжийн горим, суурин газрын орон зайн хэмжээ зэргээс шалтгаалж байна. Тогтвортой цахилгаан хангамжтай, эрчим хүчний нөөц нь шөнийн гэрлийн илрүүлэлтийн түвшинг нэмэгдүүлэхэд чухал нөлөөтэй байна.

Энэ судалгаа нь цаашид шөнийн гэрлийн зургийг ашиглан орон зайн тэлэлт, хөгжлийн үйл явцын судалгаа хийхэд өгөгдлийн бодит байдлаар үнэлэхэд загвар болох боломжтой.

## Номзүй

1. Andersson, M., Hall, O., & Archila, M. F. (2019). How data-poor countries remain data poor: Underestimation of human settlements in Burkina Faso as observed from nighttime light data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(11), 498. <https://doi.org/10.3390/ijgi8110498>
2. Chen, S., Chen, H., & Li, X. (2020). The Ability of Nighttime Imagery in Monitoring Economic Activity in Different Scales. *SCIENTIA GEOGRAPHICA SINICA*, 40(9), 1476-1483. <https://doi.org/10.13249/j.cnki.sgs.2020.09.009>
3. Chen, X., & Nordhaus, W. (2015). A test of the new VIIRS lights data set: Population and economic output in Africa. *Remote Sensing*, 7(4), 4937-4947. <https://doi.org/10.3390/rs70404937>
4. Chen, X., & Nordhaus, W. D. (2011). Using luminosity data as a proxy for economic statistics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(21), 8589-8594. <https://doi.org/10.1073/pnas.1017031108>
5. Doll, C. N., Muller, J.-P., & Morley, J. G. (2006). Mapping regional economic activity from nighttime light satellite imagery. *Ecological Economics*, 57(1), 75-92. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.007>
6. Dong, H., Li, R., Li, J., & Li, S. (2020). Study on Urban Spatiotemporal Expansion Pattern of Three First-class Urban Agglomerations in China Derived from Integrated DMSP-OLS and NPP-VIIRS Nighttime Light Data. *Journal of Geo-information Science*, 5, 1161-1174. <https://doi.org/10.12082/dqxkx.2020.190711>
7. Elvidge, C. D., Baugh, K. E., Kihn, E. A., Kroehl, H. W., Davis, E. R., & 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(6), 1373-1379. <https://doi.org/10.1080/014311697218485>
8. Elvidge, C. D., Baugh, K. E., Zhizhin, M., & Hsu, F.-C. (2013). Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping nighttime lights. *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 35(0), 62. <https://doi.org/10.7125/APAN.35.7>
9. Gibson, J., Olivia, S., Boe-Gibson, G., & Li, C. (2021). Which night lights data should we use in economics, and where? *Journal of Development Economics*, 149, 102602. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2020.102602>
10. Henderson, J. V., Storeygard, A., & Weil, D. N. (2012). Measuring economic growth from outer space. *American economic review*, 102(2), 994-1028. <https://doi.org/10.1257/aer.102.2.994>
11. Huang, Z., Wang, X., & Zhang, W. (2021). Human Development Assessment and Evolution Analysis on the Qinghai-Tibet Plateau. *SCIENTIA GEOGRAPHICA SINICA*, 41(6), 1088-1095. <https://doi.org/10.13249/j.cnki.sgs.2021.06.018>
12. Keola, S., Andersson, M., & Hall, O. (2015). Monitoring economic development from space: using nighttime light and land cover data to measure economic growth. *World Development*, 66, 322-334. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.08.017>
13. LI, X., & GONG, L. (2019). Correction and fitting of night light images of DMSP/OLS and VIIRS/DNB. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 7, 138-146. <https://doi.org/10.13474/j.cnki.11-2246.2019.0236>

14. Li, X., Li, D., Xu, H., & Wu, C. (2017). Intercalibration between DMSP/OLS and VIIRS night-time light images to evaluate city light dynamics of Syria's major human settlement during Syrian Civil War. *International Journal of Remote Sensing*, 38(21), 5934-5951. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1331476>
15. Li, X., Xu, H., Chen, X., & Li, C. (2013). Potential of NPP-VIIRS nighttime light imagery for modeling the regional economy of China. *Remote Sensing*, 5(6), 3057-3081. <https://doi.org/10.3390/rs5063057>
16. Liu, X., Shi, P., & Li, X. (2001). Township Construction and Sustainable Development of Economic society. *Journal of Beijing Normal University (Social Science)*, 1, 117-122. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-0209.2001.01.016>
17. Liu, Z., He, C., Zhang, Q., Huang, Q., & Yang, Y. (2012). Extracting the dynamics of urban expansion in China using DMSP-OLS nighttime light data from 1992 to 2008. *Landscape and Urban Planning*, 106(1), 62-72. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.02.013>
18. Ma, T., Zhou, C., Pei, T., Haynie, S., & Fan, J. (2014). Responses of Suomi-NPP VIIRS-derived nighttime lights to socioeconomic activity in China's cities. *Remote Sensing Letters*, 5(2), 165-174. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2014.890758>
19. Miller, S. D., Mills, S. P., Elvidge, C. D., Lindsey, D. T., Lee, T. F., & Hawkins, J. D. (2012). Suomi satellite brings to light a unique frontier of nighttime environmental sensing capabilities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(39), 15706-15711. <https://doi.org/10.1073/pnas.1207034109>
20. Qi, K., Hu, Y. n., Cheng, C., & Chen, B. (2017). Transferability of economy estimation based on DMSP/OLS night-time light. *Remote Sensing*, 9(8), 786. <https://doi.org/10.3390/rs9080786>
21. Shi, K., Chen, Y., Yu, B., Xu, T., Yang, C., Li, L., Huang, C., Chen, Z., Liu, R., & Wu, J. (2016). Detecting spatiotemporal dynamics of global electric power consumption using DMSP-OLS nighttime stable light data. *Applied energy*, 184, 450-463. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.10.032>
22. Shi, K., Yang, Q., Fang, G., Yu, B., Chen, Z., Yang, C., & Wu, J. (2019). Evaluating spatiotemporal patterns of urban electricity consumption within different spatial boundaries: A case study of Chongqing, China. *Energy*, 167, 641-653. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.022>
23. Small, C., Pozzi, F., & Elvidge, C. D. (2005). Spatial analysis of global urban extent from DMSP-OLS night lights. *Remote Sensing of Environment*, 96(3-4), 277-291. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.02.002>
24. Sutton, P. C., & Costanza, R. (2002). Global estimates of market and non-market values derived from nighttime satellite imagery, land cover, and ecosystem service valuation. *Ecological Economics*, 41(3), 509-527. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00097-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00097-6)
25. Townsend, A. C., & Bruce, D. A. (2010). The use of night-time lights satellite imagery as a measure of Australia's regional electricity consumption and population distribution. *International Journal of Remote Sensing*, 31(16), 4459-4480. <https://doi.org/10.1080/01431160903261005>
26. Wu, J., He, S., Peng, J., Li, W., & Zhong, X. (2013). Intercalibration of DMSP-OLS night-time light data by the invariant region method. *International Journal of Remote Sensing*, 34(20), 7356-7368. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.820365>
27. Wu, K., & Wang, X. (2019). Aligning pixel values of DMSP and VIIRS nighttime light images to evaluate urban dynamics. *Remote Sensing*, 11(12), 1463. <https://doi.org/10.3390/rs11121463>
28. Xie, Y., & Weng, Q. (2016). Detecting urban-scale dynamics of electricity consumption at Chinese cities using time-series DMSP-OLS (Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan System) nighttime light imageries. *Energy*, 100, 177-189. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.01.058>
29. Yu, B., Lian, T., Huang, Y., Yao, S., Ye, X., Chen, Z., Yang, C., & Wu, J. (2019). Integration of nighttime light remote sensing images and taxi GPS tracking data for population surface enhancement. *International Journal of Geographical Information Science*, 33(4), 687-706. <https://doi.org/10.1080/13658816.2018.1555642>
30. Yu, B., Wang, C., Gong, W., Chen, Z., Shi, K., Wu, B., Hong, Y., Li, Q., & Wu, J. (2021). Nighttime light remote sensing and urban studies: Data, methods, applications, and prospects. *National Remote Sensing Bulletin*, 25(1), 342-364. <https://doi.org/10.11834/jrs.20211018>

31. Yu, S., Zhang, Z., & Liu, F. (2018). Monitoring population evolution in China using time-series DMSP/OLS nightlight imagery. *Remote Sensing*, 10(2), 194. <https://doi.org/10.3390/rs10020194>
32. Zhang, B., Li, J., Wang, M., & Duan, P. (2021). Mutual Correction of DMSP/OLS and NPP/VIIRS in Mainland China. *Remote Sensing Information*, 36(03), 99-107. <http://www.remotesensing.org.cn/WKA/WebPublication/paperDigest.aspx?paperID=d120b372-4f48-47ed-8f22-f0add13e8f7c#>
33. Zhao, M., Cheng, W., Zhou, C., Li, M., Huang, K., & Wang, N. (2018). Assessing spatiotemporal characteristics of urbanization dynamics in Southeast Asia using time series of DMSP/OLS nighttime light data. *Remote Sensing*, 10(1), 47. <https://doi.org/10.3390/rs10010047>
34. Zhao, N., Zhou, Y., & Samson, E. L. (2014). Correcting incompatible DN values and geometric errors in nighttime lights time-series images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 53(4), 2039-2049. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2014.2352598>
35. Zhu, J., Ding, N., Li, D., Sun, W., Xie, Y., & Wang, X. (2020). Spatiotemporal analysis of the nonlinear negative relationship between urbanization and habitat quality in metropolitan areas. *Sustainability*, 12(2), 669. <https://doi.org/10.3390/su12020669>