

УДК 338.27:311.16

JEL classification: O11

DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.19.2021.240492>**Пишнограсв І. О.**кандидат фізико-математичних наук, доцент  
ORCID ID: 0000-0002-3346-8318**Ткаченко І. О.**

ORCID ID: 0000-0002-2684-0126

**Гапон С. В.**молодший науковий співробітник  
ORCID ID: 0000-0002-8834-5825Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ПРО ЯСКРАВІСТЬ НІЧНИХ ВОГНІВ ДЛЯ КРИТИЧНОГО АНАЛІЗУ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КРАЇН

### POTENTIAL OF NIGHT-TIME LIGHTS DATA TO CRITICAL ANALYSIS OF COUNTRIES' SOCIO-ECONOMIC INDICATORS

У статті висвітлено результати проведеного дослідження щодо можливості використання даних про яскравість нічних вогнів, отриманих із супутникових знімків, для здійснення критичного аналізу соціально-економічних показників розвитку країн по всьому світу. На підставі аналізу наукових здобутків як вітчизняних, так і зарубіжних науковців, доведено, що індекс яскравості нічного освітлення цілком може слугувати проксі-мірою для деяких показників сталого розвитку. З огляду на це дослідження було спрямовано на визначення зв'язків між нічним освітленням територій та показниками соціально-економічного розвитку країн. Для аналізу використано дані 132 країн світу за період 2004–2019 років. За результатами досліджень констатовано, що сумарна світлімість територій у досліджуваній період має зростаючий характер, проте наявні певні коливання, які були спричинені різними економічними та соціальними проблемами у світі. Побудовані карти нічного освітлення світу візуально демонструють зміну якості освітлення територій у 2019 році порівняно із 2005 роком. З метою детального аналізу було обрано найбільш важливі, на наш погляд, соціально-економічні показники, а саме: компонента безпеки життя (Csl), компонента якості життя (Cql), ступінь гармонізації (G), індекс екологічного виміру (Ie), індекс економічного виміру (Iec), індекс соціально-інституціонального виміру (Is), індекс сталого розвитку (Isd) та індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (IDI). Проведений кореляційний аналіз показав, що останній показник має найтісніший зв'язок з нічним освітленням ( $R = 0,733$ ). Зважаючи на різний економічний стан країн світу, було вирішено провести кластеризацію країн за типом економіки на основі офіційної класифікації ООН, що дозволило виявити значущі зв'язки між досліджуваними показниками та нічним освітленням. Отримані наукові результати можуть слугувати підґрунтям для подальшого вивчення зв'язку між нічним освітленням територій та показниками соціально економічного розвитку на основі проведення детального кореляційно-регресійного аналізу.

**Ключові слова:** індекс яскравості нічних вогнів, кореляційні зв'язки, сталий розвиток, соціально-економічні показники, кореляційний аналіз.

The article reviews the results of the study on the potential of using data on the intensity of night-time lights from satellite images to provide a critical analysis of socio-economic indicators of the development of countries around the world. Based on the analysis of scientific achievements of both domestic and foreign scientists, it is concluded that the index of intensity of night lighting can fully serve as a proxy for several indicators of sustainable development. That is why the research was aimed to determine the correlation between night-time lighting and various indicators of socio-economic development of the world's countries. Data from 132 countries of the world for the period 2004–2019 was used for the analysis. According to the research results, it is stated that the total night-time lighting of the territories in the monitored period is growing, but there are certain fluctuations, caused by various economic and social problems in the world. The world's lighting maps visually illustrate the change in the quality of lighting in 2019 compared to 2005. In order to analyze in detail, the most important, in our opinion, socio-economic indicators were selected, including: Security of Life Component (Csl), Quality of Life Component (Cql), Harmonization Degree (G), Index of Environmental Dimension (Ie), Index of Economic Dimension (Iec), Index of Social and Institutional Dimension (Is), Index of sustainable development (Isd) and the ICT Development Index (IDI). Correlation analysis showed that the latter indicator is most closely related to night-time lighting ( $R = 0,733$ ). Considering the varying economic status of the world countries, it was decided to cluster countries by type of economy on the basis of the official UN classification. This allowed us to identify significant correlation between the monitored indicators and night-time lights. The obtained scientific results can serve as a basis for further study of the correlation between night-time lighting of territories and indicators of socio-economic development by means of the detailed correlation and regression analysis.

**Keywords:** index of intensity of night-time lights, correlation links, sustainable development, socio-economic indicators, correlation analysis.

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку економічної та соціальної наук досить часто виникає проблема відсутності надійних даних для вимірювання економічних та соціальних показників або низької якості наявних даних, що гальмує емпіричні дослідження щодо важливих питань економіки та суміжних соціальних наук.

Зростання доступності безкоштовних або відносно недорогих супутникових знімків уможливило використання спостережень за поверхнею Землі з метою моніторингу економічної діяльності в усьому світі. Крім того, використання подібної інформації має низку переваг, зокрема незалежність від часу та місця знаходження дослідника, можливість зауважувати більше просторових деталей, необхідних для вимірювання економічних показників.

Питання наявності зв'язків між нічним освітленням і соціально-економічними показниками та різні зрізи їх використання досліджувалися багатьма вченими по всьому світу. Дані супутникових знімків використовувалися у різних дослідженнях: як кількісний показник антропогенного навантаження на екосистему (А.А. Тронін, В.І. Гірський, С.Г. Кріцук, І.Ш. Латипов) [1], для оцінювання об'єму газу, що спалюється (І.О. Годунов, М.М. Жижин) [2], в системі дистанційного моніторингу лісових пожеж (О.І. Беляєв, Г.Н. Коровін, Є.А. Лупян) [3].

Серед економістів одним із найбільш популярних наборів даних спостережень за Землею у розрізі сучасних досліджень стали дані нічного освітлення, на основі яких вивчався взаємозв'язок між просторовим розподілом нічного освітлення та економічною діяльністю, а саме наявність кореляційних зв'язків між даними нічних вогнів і такими соціально-економічними показниками розвитку територій, як рівень бідності, індекс розвитку інформації та технологій (Тілоттам Гош, Шаролін Дж. Андерсон, Крістофер Д. Елвідж, Пол С. Саттон) [4], кількість і щільність населення (Пол Саттон, Дар Робертс, Кріс Елвідж та Хенк Мейдж, [5]; Хасі Баган, Йосікі Ямагата, [6]), економічне зростання і добробут (Сукнілан Кеола, Магнус Андерссон, Ола Холл) [7], розвиток території України [8].

Проаналізувавши зазначені матеріали, припускаємо, що нічні вогні можуть служити проксі-мірою і для деяких інших соціально-економічних показників, що уможливило б отримання корисного інструментарію для моніторингу показників, особливо там, де відсутні якісні дані через воєнні конфлікти, природні катастрофи або «слабкі» статистичні органи. Разом з тим, існує ймовірність, що дані нічного освітлення не можуть слугувати достовірним показником для внутрішнього моніторингу темпів зростання значень багатьох змінних.

**Постановка завдання.** Аналіз тенденцій даних нічного освітлення різних країн світу, отриманих із супутникових знімків, і вивчення можливості їх використання для оцінювання різних соціально-економічних показників на історичному горизонті за допомогою кореляційно-регресійного аналізу.

**Методологія.** Для досягнення поставленої мети та розв'язання завдань застосовано комплекс методів: аналіз наукової літератури – для визначення стану розробленості досліджуваної проблеми; систематизація та узагальнення проаналізованих джерел – для об'єдну-

вання можливості використання індексу яскравості нічного освітлення в якості проксі-міри для деяких показників сталого розвитку; кореляційно-регресійний аналіз – для визначення зв'язків між нічним освітленням територій та показниками соціально-економічного розвитку країн; кластеризація – для пошуку закономірностей у зв'язках між соціально-економічними показниками та нічним освітленням; графічні (побудова графіків, карт освітленості) – для унаочнення результатів дослідження.

**Результати дослідження.** У широкому розумінні наше дослідження спрямоване на виявлення зв'язків між нічним освітленням і соціально-економічними показниками у глобальному контексті.

Нами було використано дані щодо штучного освітлення поверхні Землі у нічний період з джерел Групи спостережень за Землею гірничої школи штату Колорадо [9]. У середовищі ArcGIS було обраховано Індекс яскравості нічних вогнів для країн світу шляхом приведення сумарної світимості урбанізованої території країни до площі цієї території.

У час стрімкого розвитку науково-технічного прогресу показники освітленості поверхні Землі мають тенденцію до зростання. Проаналізуємо динаміку сумарного значення нічних вогнів для 132 країн світу, визначених у [10] (за винятком Бутану, Кабо-Верде, Фіджі, Мальти та Сейшельських островів).

Як видно з рис. 1 у досліджуваний період 2004–2019 рр. сумарна світимість дійсно має зростаючий характер.

Коливання 2008–2010 рр. можна пов'язати з економічною кризою 2008 року, яка охопила значну кількість країн. Період виходу з кризи для окремих держав продовжувався до 2013 року. У 2014–2015 роках також економіка деяких країн постраждала від низки факторів, наприклад, зменшення ціни на нафту [11], епідемія Еболи в Африці [12].

Для конкретизації представленої тенденції порівнюємо карти нічного освітлення (рис. 2, 3) за 2005 та 2019 рік. Дані зображення створені з метою простеження інтенсивності освітлення кожної країни за допомогою градієнтної шкали (від найменш до найбільш освітлених територій).

Проведений аналіз зображень надає нам змогу стверджувати, що у 2005 році дані нічного освітлення поверхні планети коливалися від 0,4 до 112,1, а

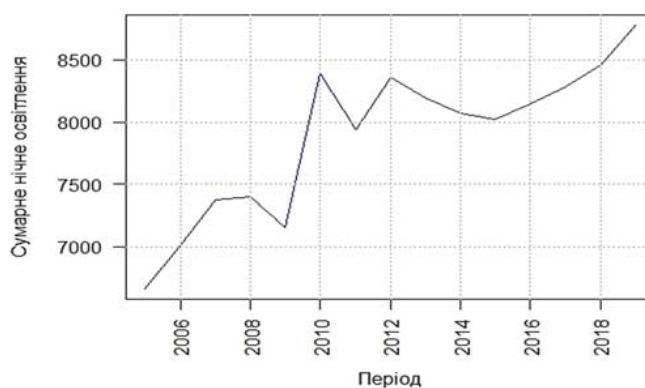


Рисунок 1 – Динаміка сумарної освітленості в період 2005–2019 рр.

Джерело: побудовано авторами

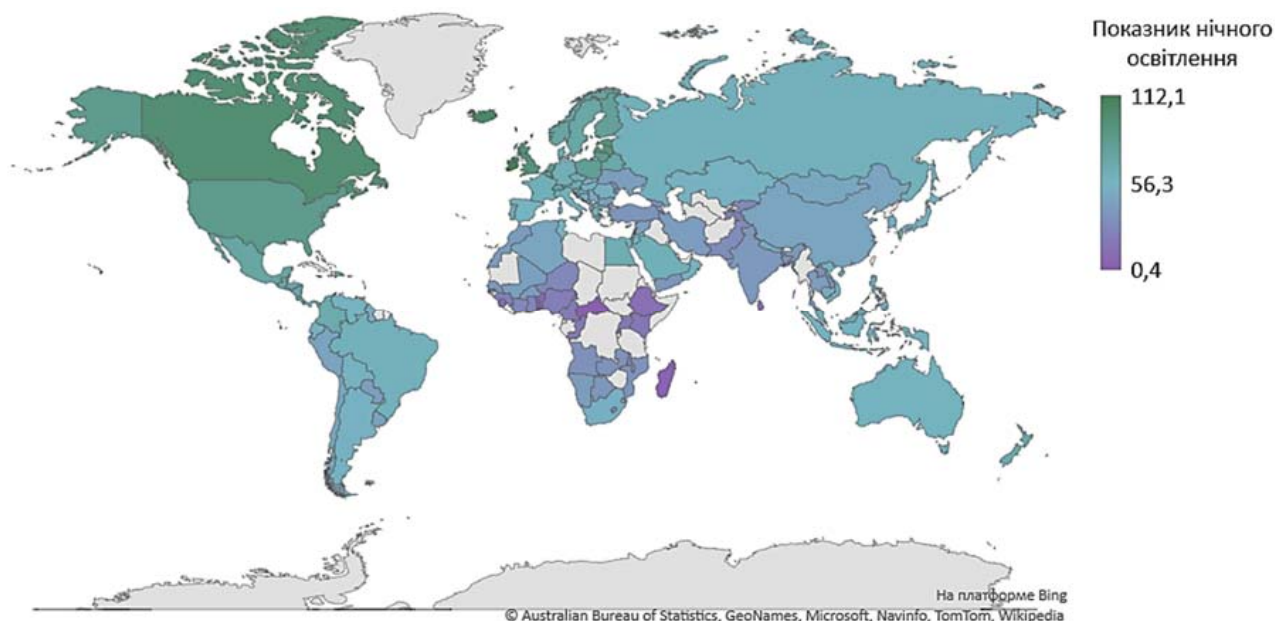


Рисунок 2 – Карта нічного освітлення станом на 2005 рік

Джерело: побудовано авторами на платформі Bing

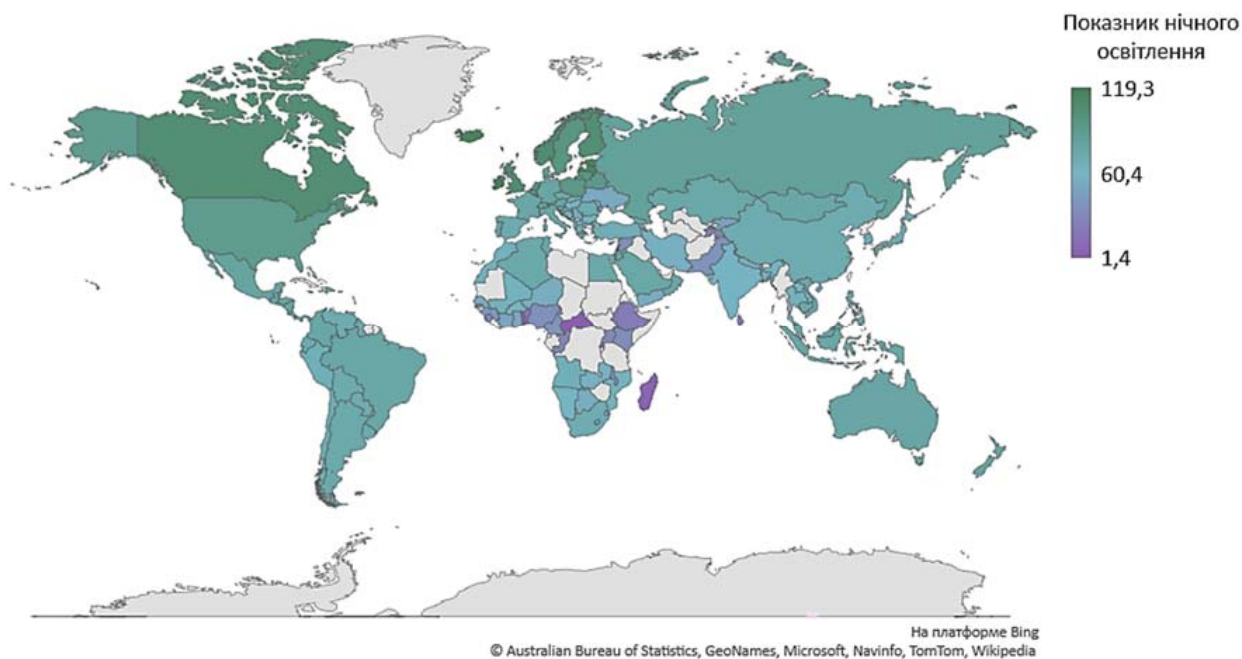


Рисунок 3 – Карта нічного освітлення станом на 2019 рік

Джерело: побудовано авторами на платформі Bing

у 2019 році – від 1,4 до 119,3. Також візуально можна визначити, що у 2019 році більшість країн зображена кольором, який відповідає більш освітленим територіям на рівні 60,4 згідно з представленою шкалою, хоча у 2005 році їх колір відповідав середнім значенням показника освітленості близько 56,3. Ці факти підтверджують тенденцію до зростання визначеного показника, що була представлена на рис. 1.

З огляду на те, що наше дослідження частково спрямоване саме на виявлення зв'язків між нічним

освітленням і соціально-економічними показниками розвитку країн і світу в цілому, проаналізуємо динаміку основних показників сталого розвитку, визначених [13], порівняно з динамікою змін нічного освітлення територій.

Для аналізу нами було обрано такі показники: компонента безпеки життя (Csl), компонента якості життя (Cql), ступінь гармонізації (G), індекс екологічного виміру (Ie), індекс економічного виміру (Iec), індекс соціально-інституціонального виміру (Is), індекс ста-

лого розвитку (Isd). Ці показники дають інтегральну оцінку для різних проявів розвитку територій. Також ми розглядаємо індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (IDI), оскільки проведений нами кореляційний аналіз показав, що цей показник має найтісніший зв'язок з нічним освітленням ( $R = 0,733$ ). Для аналізу було взято сумарні для всіх країн значення нічного освітлення і середні показники зазначених індексів. Результат представлено на рис. 4.

Як зазначалося раніше, нічне освітлення має зростаючу тенденцію. Таку ж тенденцію ми спостерігаємо для всіх досліджуваних показників, крім ступеню гармонізації та індексу сталого розвитку. Враховуючи це, ми можемо припустити, що для більшості показників існує сильний зв'язок із даними нічного освітлення.

Візуальне представлення розподілу країн за індексом розвитку ІКТ і нічним освітленням (рис. 5) надає нам можливість простежити нерівномірне розташування об'єктів на графіку. Це спричинено різним рівнем розвитку інформаційних технологій у різних країнах, що в свою чергу ґрунтується на соціально-економічній основі.

Відповідно до різного рівня соціального, економічного, політичного розвитку, а також особливостей географічного розміщення країн, не доцільно узагальнювати аналіз залежності соціально-економіч-

них показників від нічного освітлення. Таким чином, створивши декілька досліджуваних груп, ми зможемо більш точно з'ясувати наскільки тісним є зв'язок між показниками та в майбутньому будувати адекватні територіальні моделі прогнозу.

Саме тому на цьому етапі дослідження нами було прийнято рішення виділити декілька груп країн на основі класифікації ООН [14] за типом економіки. Дана класифікація виділяє три види економічного розвитку, а саме: країни з розвинутою економікою, країни, що розвиваються та країни з перехідною економікою. Для зручності сприйняття на рис. 6 ми представили карту розподілу країн за обраною класифікацією.

У таблиці 1 наведено результати дослідження кореляційних зв'язків між індексом яскравості нічних вогнів і показниками сталого розвитку. Для розвинених країн ми спостерігаємо низьку кореляцію (від 0,123 до 0,351), у той час як країни, що розвиваються, характеризуються достатніми показниками кореляції (від 0,397 до 0,668). Країни з перехідною економікою мають середні та високі кореляційні зв'язки (від 0,202 до 0,622).

Наразі розглянемо графіки розсіювання країн за освітленням і певними показниками сталого розвитку, враховуючи виокремлені нами групи. На рис. 7

Таблиця 1 – Показник кореляції індексу яскравості нічних вогнів з деякими показниками сталого розвитку

	CQL	CSL	IDI	IE	IS	ISD	IEC
Країни з перехідною економікою	0,376	0,622	0,582	0,372	0,264	0,529	0,202
Країни, що розвиваються	0,533	0,460	0,668	0,524	0,528	0,512	0,397
Розвинені країни	0,310	0,232	0,351	0,126	0,342	0,29	0,318

Джерело: складено авторами

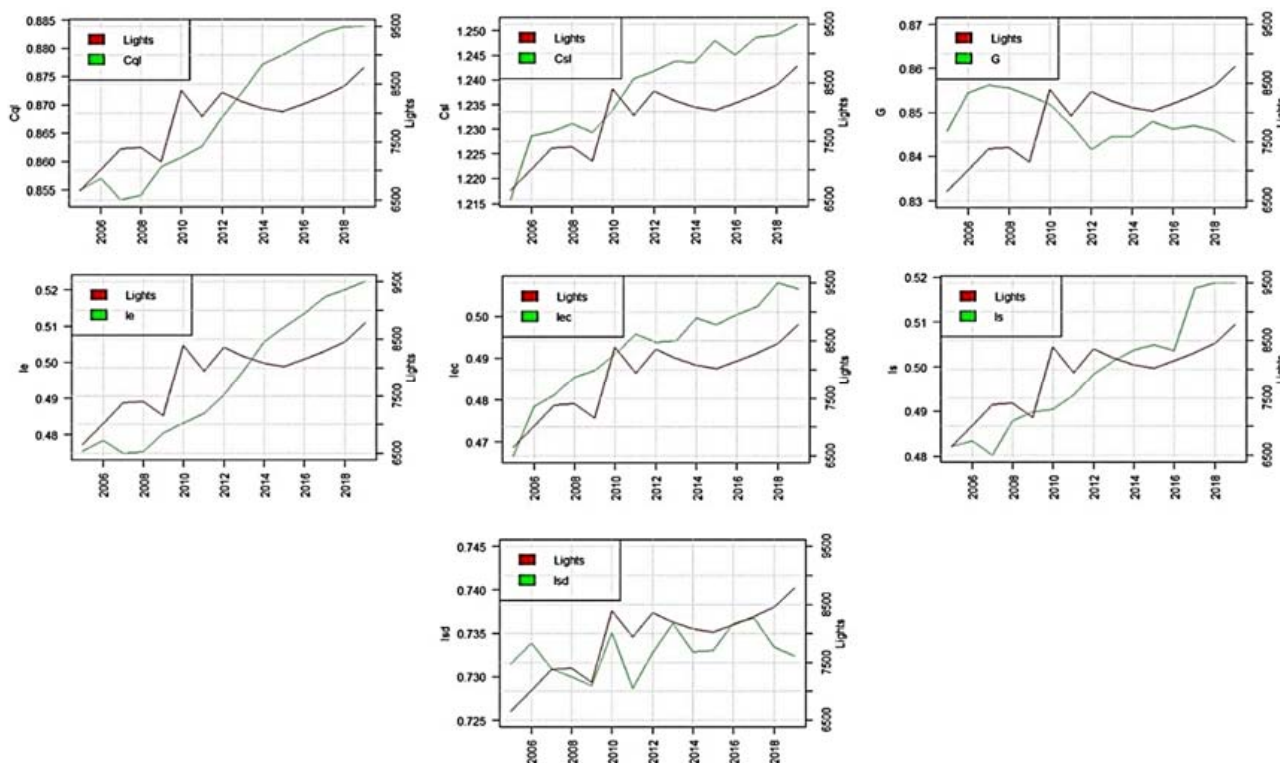
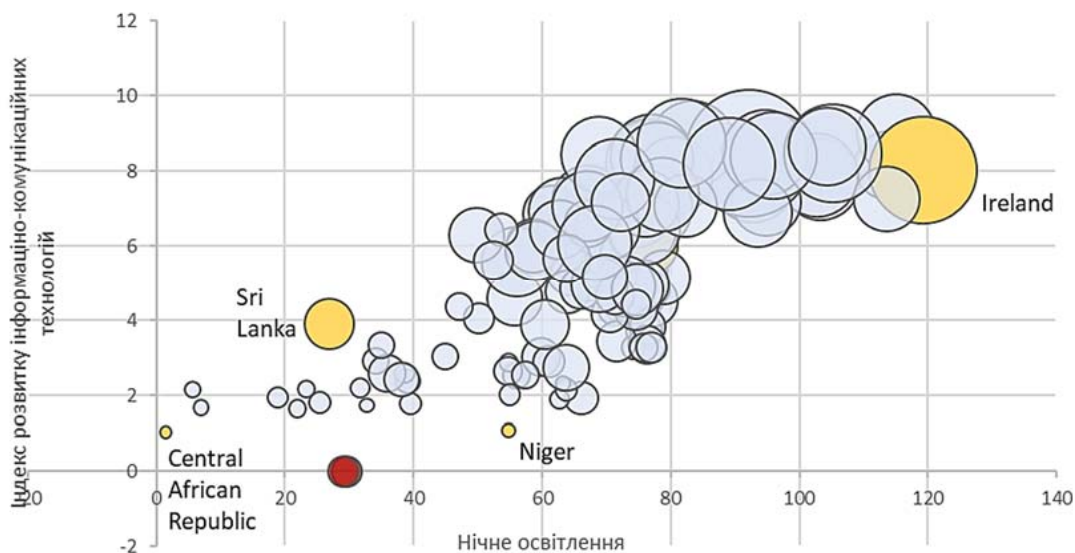


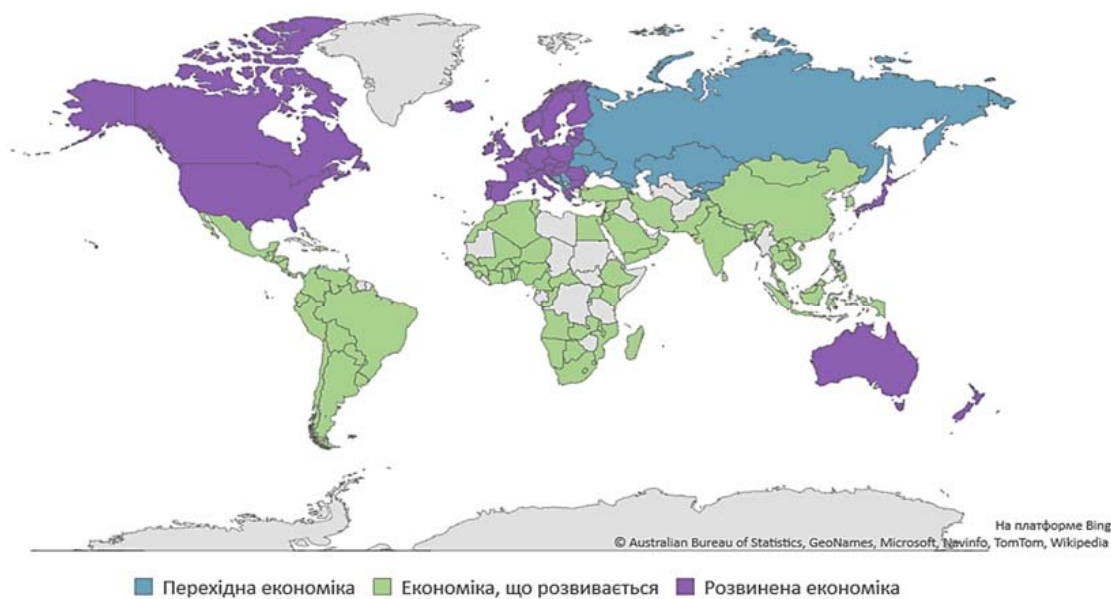
Рисунок 4 – Динаміка сумарного індексу яскравості нічних вогнів і середніх значень показників сталого розвитку у період 2005–2019 рр.

Джерело: побудовано авторами



**Рисунок 5 – Розподіл країн за індексом яскравості нічних вогнів (вісь X) та індексом розвитку ІКТ (вісь Y) у 2019 році, ВВП на душу населення визначає радіус кулі (червоним виділено країни з відсутнім індексом розвитку ІКТ)**

Джерело: побудовано авторами



**Рисунок 6 – Карта розподілу країн за класифікацією ООН**

Джерело: побудовано авторами на платформі Bing

представлено розподіл країн за індексами сталого та соціально-інституціонального розвитку, а також компонентами якості та безпеки життя. Аналіз даних діаграм показує, що запропоновані групи країн мають тенденцію до скупчення. Країни з економікою, що розвивається, знаходяться переважно знизу зліва у системі координат, що характеризується низькими значеннями показника та освітлення (від 0 до 60); країни з перехідною економікою займають середню частину графіка, відповідно для них є характерними середні значення показників (освітлення у межах від 50 до 90); країни з розвинутою економікою знаходяться зверху справа, тобто мають високі показники нічного освітлення (від 75 до 125) та обраного показника розвитку. Зага-

лом, представлені розподіли вказують на наявність кореляції показників.

Проаналізуємо динаміку зміни освітлення і деяких показників соціально-економічного розвитку на території Європи за обраний період дослідження. На рис. 8 простежується досить нестабільна динаміка для сумарного значення освітлення території, причиною чого можна вважати численне використання відновлювальних джерел енергії (сонячних та вітрових електростанцій). Однак, зміна середніх значень обраних індексів характеризується рівномірною тенденцією розвитку в бік збільшення. Дещо відрізняється від загальної тенденція розвитку двох показників. Середнє значення компоненти безпеки життя у період

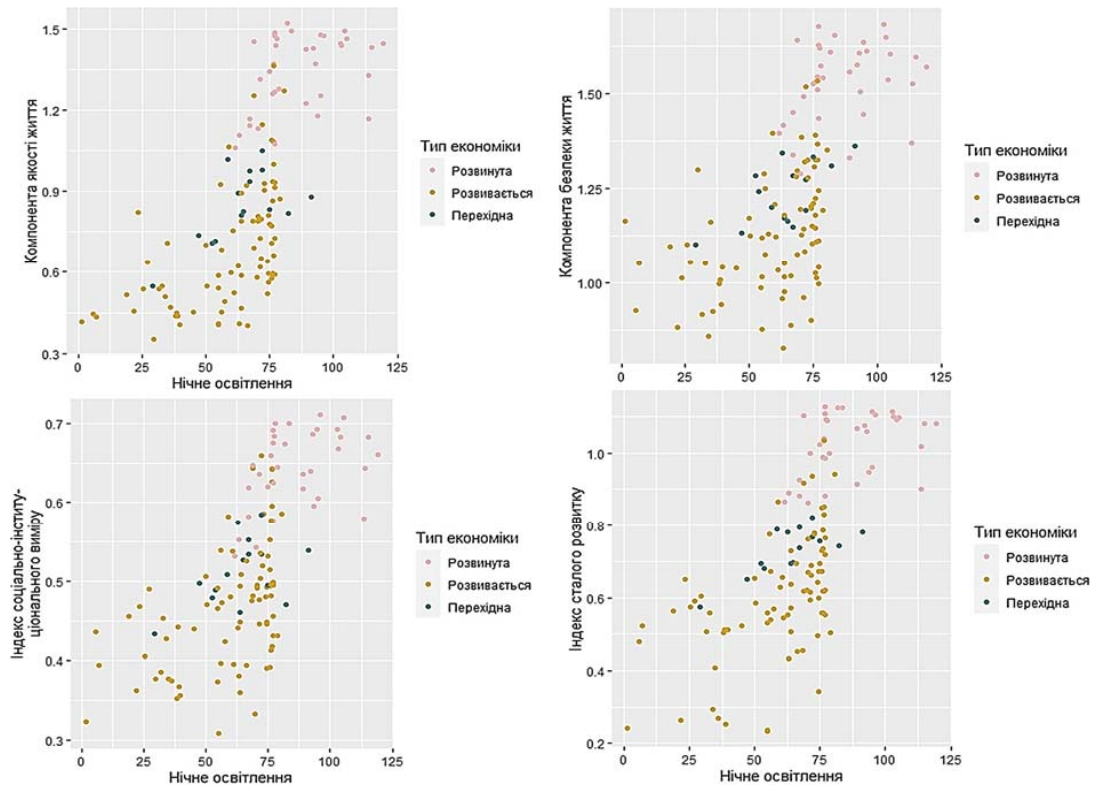


Рисунок 7 – Розподіл країн за індексом яскравості нічних вогнів (вісь X) і показниками сталого розвитку (вісь Y) у 2019 році

Джерело: побудовано авторами

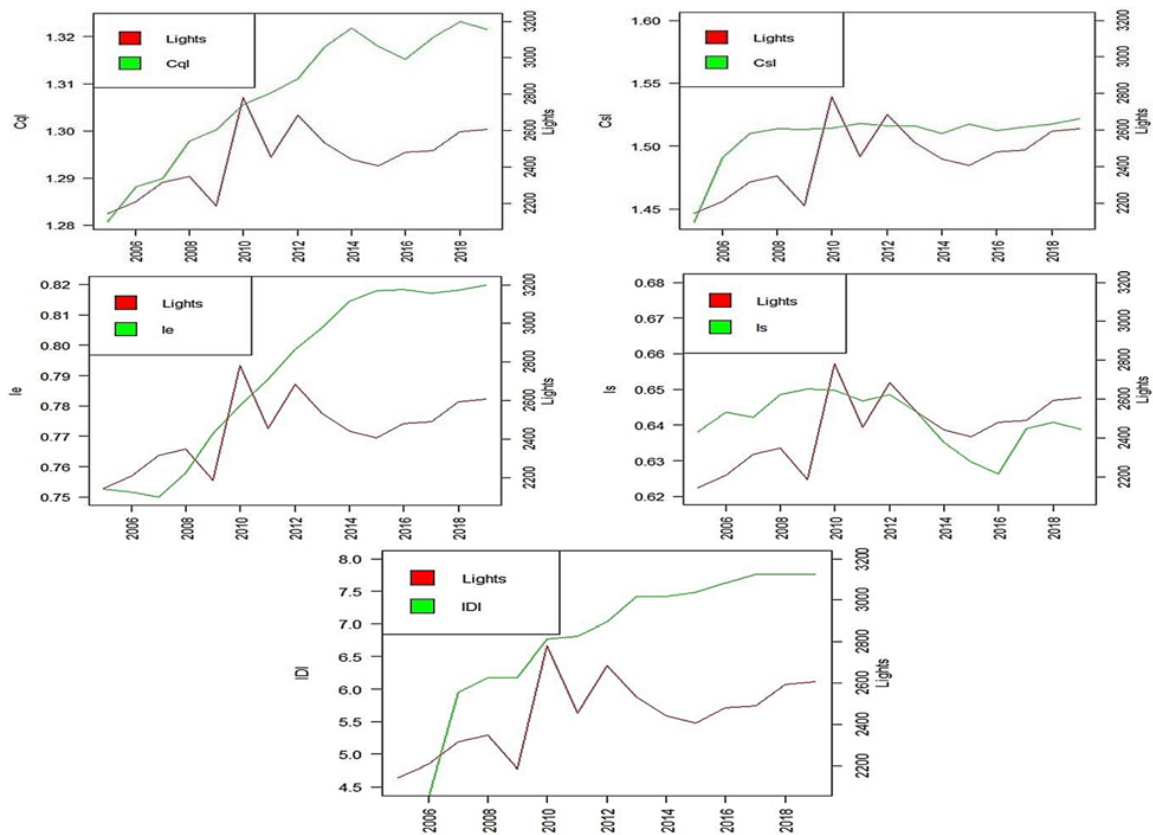


Рисунок 8 – Динаміка сумарного індексу нічних вогнів і середніх значень показників сталого розвитку для країн Європи (2005–2019 рр.)

Джерело: побудовано авторами

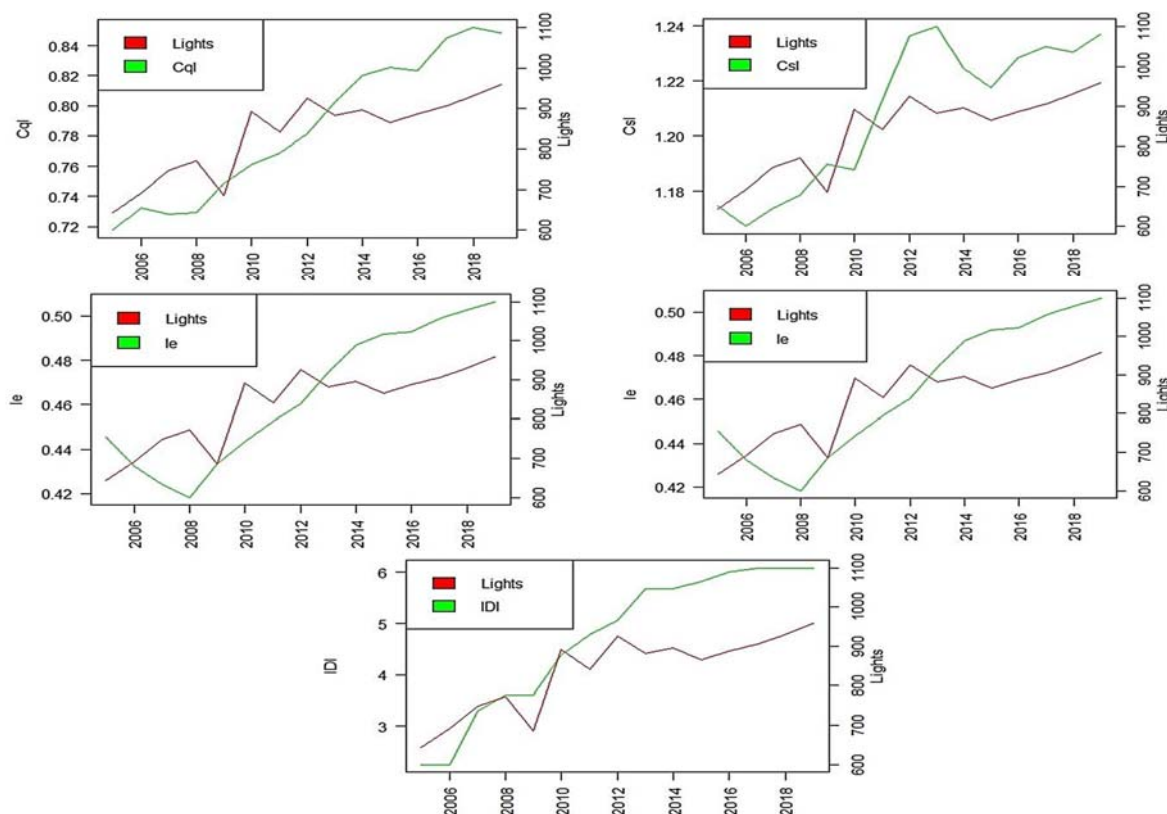


Рисунок 9 – Динаміка сумарного індексу яскравості нічних вогнів і середніх значень показників сталого розвитку для країн з перехідною економікою (2005–2019 рр.)

Джерело: побудовано авторами

2007–2018 рр. знаходиться приблизно на одному рівні, а індекс соціально-інституціонального виміру на території Європи досяг свого мінімального значення у 2016 році після тривалого спаду з 2012 року.

Україна входить до групи країн з перехідною економікою, тому вважаємо доцільним проаналізувати динаміку показників і залежність між ними для цієї групи. Як видно з рис. 9 для обраних територій спостерігається така ж тенденція, що й для всього світу. Показники нічного освітлення і соціально-економічного розвитку, хоча і не стабільно, але зростають у досліджуваній період. Значення сумарного показника нічного освітлення територій у 2019 році зросло приблизно в 1,8 разів порівняно з 2006 роком. Якщо узагальнювати аналізовані графіки, то можна простежити наявність прямого зв'язку.

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження ми дійшли висновку, що дані нічного освітлення територій, отримані із супутникових знімків, слугують інструментом для моніторингу запропонованих соціально-економічних показників розвитку. На основі аналізу динаміки показників сталого розвитку та нічних вогнів на території всього світу ми з'ясували, що залежність між двома об'єктами в більшості випадків існує та може бути визначеною за допомогою регресійної моделі. Сумарний показник нічного освітлення

виріс майже до 9000 у 2019 році порівняно з 6500 у 2005 році. Показники сталого розвитку в середньому зросли в 1,056 рази в досліджуваній період.

Зважаючи на різний соціальний, економічний, політичний розвиток, а також особливості географічного розміщення країн має місце той факт, що не доцільно узагальнювати аналіз залежності соціально-економічних показників від нічного освітлення. Саме тому, ми виділили декілька груп країн за економічним розвитком, що довело розбіжність тенденцій наявних зв'язків. За основу цього розподілу було взято офіційну класифікацію ООН, яка включає в себе три групи країн, а саме: країни з розвинутою економікою, країни, що розвиваються та країни з перехідною економікою. Таким чином, представлені діаграми розсіювання відображають нерівномірний розподіл країн відповідно до залежності певних показників від нічного освітлення: країни з розвинутою економікою характеризуються високими значеннями обох показників, у той час як країни з перехідною економікою, мають нижчі показники.

Підсумовуючи, зазначимо, що ми сформували значне підґрунтя для подальшого дослідження зв'язку між нічним освітленням територій та показниками соціально економічного розвитку на основі проведення детального кореляційно-регресійного аналізу, що дозволяє побудувати прогнозні моделі.

#### Література:

1. А. А. Тронин, В. И. Горный, С. Г. Крицук, И. Ш. Латыпов, «Ночная светимость земной поверхности как количественный показатель антропогенной нагрузки на экосистемы», *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, том 11, № 1, с. 237–244, 2014. URL: [http://d33.infospace.ru/d33\\_conf/sb2014t1/237-244.pdf](http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2014t1/237-244.pdf) (дата звернення: 25.08.2021).

2. А.И. Годунов, М.Н. Жижин, «Метод оценки объемов сжигаемого газа по данным дистанционного зондирования», *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, том 8, № 1, с. 83–89, 2011. URL: [http://d33.infospace.ru/d33\\_conf/2011v8n1/083-089.pdf](http://d33.infospace.ru/d33_conf/2011v8n1/083-089.pdf) (дата звернення: 25.08.2021).
3. А. И. Беляев, Г. Н. Коровин, Е. А. Лулян, «Использование спутниковых данных в системе дистанционного мониторинга лесных пожаров МПР РФ», *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, том 1, № 2, с. 20–29, 2005. URL: <http://jr.rse.cosmos.ru/article.aspx?id=72> (дата звернення: 25.08.2021).
4. T. Ghosh, S. Anderson, CD. Elvidge and PC. Sutton, «Using Nighttime Satellite Imagery as a Proxy Measure of Human Well-Being», *Sustainability*, vol. 5, no. 12, pp. 4988-5019, 2013. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/5/12/4988/htm> (дата звернення: 25.08.2021).
5. P. Sutton, D. Roberts, C. Elvidge and H. Melj, «A Comparison of Nighttime Satellite Imagery and Population Density for the Continental United States», *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 63, no. 11, pp. 1303–1313, 1997. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Christopher-Elvidge/publication/265406587\\_A\\_Comparison\\_of\\_Nighttime\\_Satellite\\_Imagery\\_and\\_Population\\_Density\\_for\\_the\\_Continental\\_United\\_States/links/551d84280cf2a2d9e13aebb6/A-Comparison-of-Nighttime-Satellite-Imagery-and-Population-Density-for-the-Continental-United-States.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Christopher-Elvidge/publication/265406587_A_Comparison_of_Nighttime_Satellite_Imagery_and_Population_Density_for_the_Continental_United_States/links/551d84280cf2a2d9e13aebb6/A-Comparison-of-Nighttime-Satellite-Imagery-and-Population-Density-for-the-Continental-United-States.pdf) (Last accessed: 25.08.2021).
6. H. Bagan, Y. Yamagata, «Analysis of urban growth and estimating population density using satellite images of nighttime lights and land-use and population data», *GIScience & Remote Sensing*, vol. 52, no. 6, pp. 765–780, 2015. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15481603.2015.1072400> (Last accessed: 25.08.2021).
7. S. Keola, M. Andersson, «Monitoring Economic Development from Space: Using Nighttime Light and Land Cover Data to Measure Economic Growth», *World Development*, vol. 66, pp. 322–334, 2015. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X14002551> (Last accessed: 25.08.2021).
8. Michael Zgurovsky, Viktor Putrenko, Iryna Dzhygyrey, Andrey Boldak, Yefremov, Kostiantyn Pashynska Nataliia, Ivan Pyshnograiev and Sergiy Nazarenko, «Parameterization of Sustainable Development Components Using Nightlight Indicators in Ukraine», In Proc. IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing, 2018, pp. 1–5. DOI: <http://doi.org/10.1109/SAIC.2018.8516726> (Last accessed: 25.08.2021).
9. X. Li, Y. Zhou, M. Zhao and X. Zhao, «A harmonized global nighttime light dataset 1992–2018», *Scientific Data*, vol. 7, 2020. URL: <https://www.nature.com/articles/s41597-020-0510-y> (дата звернення: 25.08.2021).
10. World Data Center for Geoinformatics and Sustainable Development, «Sustainable Development Modeling 2020», June, 2021. URL: <http://sdi.wdc.org.ua/global/> (Last accessed: 25.08.2021).
11. Минфин, «Цена нефти Brent», жовтень, 2021. URL: <https://index.minfin.com.ua/markets/oil/brent/> (дата звернення: 25.08.2021).
12. BBC News Україна, «Ебола: як спалах виглядає на мапі», вересень, 2014. URL: [https://www.bbc.com/ukrainian/health/2014/09/140926 Ebola\\_vj\\_mapping\\_outbreak\\_it](https://www.bbc.com/ukrainian/health/2014/09/140926 Ebola_vj_mapping_outbreak_it) (дата звернення: 25.08.2021).
13. М. З. Згуровський та ін., *Аналіз сталого розвитку – глобальний і регіональний контексти. Ч. 1. Глобальний аналіз якості і безпеки життя (2019)*. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. URL: <http://wdc.org.ua/sites/default/files/SD2019-P1-FULL-UA.pdf> (дата звернення: 25.08.2021).
14. United Nations, «World Economic Situation and Prospects: statistical annex», January, 2020. URL: <https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/world-economic-situation-and-prospects-2020/> (Last accessed: 25.08.2021).

### References:

1. A.A. Tronyn, V.Y. Hornyi, S.H. Krytsuk, Y.Sh. Latypov, «Nochnaia svetymost zemnoi poverkhnosti kak kolychestvennyi pokazatel antropohennoi nahruzky na ehkossystemy», *Sovremennye problemy dystantsyonnoho zondirovaniya Zemly yz kosmosa*, том 11, № 1, с. 237–244, 2014. URL: [http://d33.infospace.ru/d33\\_conf/sb2014t1/237-244.pdf](http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2014t1/237-244.pdf) [Accessed Aug. 25, 2021]/ (in Rus.)
2. A.Y. Hodunov, M.N. Zhyzhyn, «Metod otsenky obemov szhyaemoho haza po dannym dystantsyonnoho zondirovaniya», *Sovremennye problemy dystantsyonnoho zondirovaniya Zemly yz kosmosa*, том 8, № 1, с. 83–89, 2011. URL: [http://d33.infospace.ru/d33\\_conf/2011v8n1/083-089.pdf](http://d33.infospace.ru/d33_conf/2011v8n1/083-089.pdf) [Accessed Aug. 25, 2021]/ (in Rus.)
3. А. Y. Beliaev, H. N. Korovyn, E. A. Lupian, «Yspolzovanye sputnykovykh dannykh v systeme dystantsyonnoho monytorynha lesnykh pozharov MPR RF», *Sovremennye problemy dystantsyonnoho zondirovaniya Zemly yz kosmosa*, том 1, № 2, с. 20–29, 2005. URL: <http://jr.rse.cosmos.ru/article.aspx?id=72> [Accessed Aug. 25, 2021] (in Rus.)
4. T. Ghosh, S. Anderson, CD. Elvidge and PC. Sutton, «Using Nighttime Satellite Imagery as a Proxy Measure of Human Well-Being», *Sustainability*, vol. 5, no. 12, pp. 4988-5019, 2013. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/5/12/4988/htm>.
5. P. Sutton, D. Roberts, C. Elvidge and H. Melj, «A Comparison of Nighttime Satellite Imagery and Population Density for the Continental United States», *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 63, no. 11, pp. 1303–1313, 1997. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Christopher-Elvidge/publication/265406587\\_A\\_Comparison\\_of\\_Nighttime\\_Satellite\\_Imagery\\_and\\_Population\\_Density\\_for\\_the\\_Continental\\_United\\_States/links/551d84280cf2a2d9e13aebb6/A-Comparison-of-Nighttime-Satellite-Imagery-and-Population-Density-for-the-Continental-United-States.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Christopher-Elvidge/publication/265406587_A_Comparison_of_Nighttime_Satellite_Imagery_and_Population_Density_for_the_Continental_United_States/links/551d84280cf2a2d9e13aebb6/A-Comparison-of-Nighttime-Satellite-Imagery-and-Population-Density-for-the-Continental-United-States.pdf) [Accessed Aug. 25, 2021].
6. H. Bagan, Y. Yamagata, «Analysis of urban growth and estimating population density using satellite images of nighttime lights and land-use and population data», *GIScience & Remote Sensing*, vol. 52, no. 6, pp. 765–780, 2015. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15481603.2015.1072400> [Accessed Aug. 25, 2021].
7. S. Keola, M. Andersson, «Monitoring Economic Development from Space: Using Nighttime Light and Land Cover Data to Measure Economic Growth», *World Development*, vol. 66, pp. 322–334, 2015. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X14002551> [Accessed Aug. 25, 2021].
8. Michael Zgurovsky, Viktor Putrenko, Iryna Dzhygyrey, Andrey Boldak, Yefremov, Kostiantyn Pashynska Nataliia, Ivan Pyshnograiev and Sergiy Nazarenko, «Parameterization of Sustainable Development Components Using Nightlight Indicators in Ukraine», In Proc. IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing, 2018, pp. 1–5. DOI: <http://doi.org/10.1109/SAIC.2018.8516726> [Accessed Aug. 25, 2021]
9. X. Li, Y. Zhou, M. Zhao and X. Zhao, «A harmonized global nighttime light dataset 1992–2018», *Scientific Data*, vol. 7, 2020. URL: <https://www.nature.com/articles/s41597-020-0510-y> [Accessed Aug. 25, 2021].
10. World Data Center for Geoinformatics and Sustainable Development, «Sustainable Development Modeling 2020», June, 2021. URL: <http://sdi.wdc.org.ua/global/> [Accessed Aug. 25, 2021].



11. Мунфун, «Tsena nefty Brent,» zhovten, 2021. URL: <https://index.minfin.com.ua/markets/oil/brent/> [Accessed Aug. 25, 2021]
12. BBC News Ukraina, «Ebola: iak spalakh vyhliadaie na mapi,» veresen, 2014. URL: [https://www.bbc.com/ukrainian/health/2014/09/140926 Ebola\\_vj\\_mapping\\_outbreak\\_it](https://www.bbc.com/ukrainian/health/2014/09/140926 Ebola_vj_mapping_outbreak_it) [Accessed Aug. 25, 2021]/ (in Ukr.)
13. M. Z. Zgurovsky ta in., Analiz staloho rozvytku – hlobalnyi i rehionalnyi konteksty. Ch. 1. Hlobalnyi analiz yakosti i bezpeky zhyttia (2019). Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2019. URL: <http://wdc.org.ua/sites/default/files/SD2019-P1-FULL-UA.pdf> [Accessed Aug. 25, 2021]/ (in Ukr.)
14. United Nations, «World Economic Situation and Prospects: statistical annex,» January, 2020. URL: <https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/world-economic-situation-and-prospects-2020/> [Accessed Aug. 25, 2021]/