

Брежицька О. А. [1; ORCID ID: 0009-0005-1543-1158],

к.с.-г.н., доцент,

Шеремет Н. В. [1; ORCID ID: 0009-0009-4866-597X],

здобувач третього рівня вищої освіти

¹Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТРАНСФОРМОВАНИХ МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ

У статті наведено результати аналізу літературних джерел щодо сучасних методологічних підходів та методів оцінки стану трансформованих міських екосистем та їх прилеглих територій. Значну увагу приділено стану вивчення досліджуваної тематики науковою спільнотою за кордоном. Встановлено актуальність вивчення екологічного стану урбанізованих територій, забезпеченості природними ресурсами населення, дослідження впливу функціонування міських систем на прилеглі території. Аналіз літературних джерел показав доцільність системного підходу до проведення таких досліджень з урахуванням сучасних методів, зокрема використання ГІС-технологій різних рівнів, дослідження супутникових знімків дистанційного зондування Землі тощо. На сьогодні відбувається інтенсивний розвиток операційних програм та систем, які дозволяють опрацьовувати велику кількість показників, візуалізувати результати дослідження та прогнозувати розвиток систем при зміні хоча б одного показника. Встановлено, що у світі набуває популярності модель географічного детектора на основі платформи GEE, визначається RSEI (екологічний індекс на основі даних дистанційного зондування) застосовуючи PCA-аналіз (аналіз основних компонент). Але разом з тим, активно використовуються Android-ГІС, програмні продукти компанії ArcGIS тощо. Також є важливим дослідити взаємозв'язки між складовими елементами навколишнього середовища міських систем та встановлення меж впливу на прилеглі території. У статті проаналізовано ключові проблеми урбанізації та існуючі ГІС-технології для проведення їх оцінки з метою розробки природоохоронних заходів та управлінських рішень для досягнення сталого розвитку громад.

Ключові слова: трансформовані міські екосистеми; урбосистеми; прилеглі території; ГІС-технології; модель дослідження; знімки ДЗЗ.

Вступ. Сучасний стан населених пунктів різних адміністративних рівнів залежить від багатьох факторів впливу на їх функціонування, зокрема, особливостей місцезонаштування, чисельності населення, виробничо-господарського спрямування, наявності природних ресурсів тощо. Темпи розвитку процесів урбанізації сьогодні сприяють все більшій трансформації територій та формуванню міських систем. Однак їх вплив зосереджується не лише в межах урбосистем, а й на певні відстані прилеглих територій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На даний момент відзначається, що до 75% території, вільної від льоду поверхні суші Землі, зазнало перетворень у наслідок діяльності людини. Такі зміни досить часто впливають на формування і розвиток, навіть у найменш трансформованих екосистемах, нових біоценозів та екосистемних взаємозв'язків, які значно відрізняються від їхнього попереднього історичного стану.

Відомо, що на тепер у містах проживає близько 69% всього населення України. Запорукою існування такої кількості людей є природно-ресурсний потенціал території [1], який в свою чергу залежить від асиміляційного потенціалу. Тому, міське поселення може розглядатися дослідниками як: адміністративно-територіальна одиниця та соціально-економічна система або територіальна одиниця та екосистема [1]. Аналіз наукових праць показав, що більшість досліджень сьогодення присвячені питанням екологізації економіки міста, раціональному природокористуванню та оцінці екологічного потенціалу як складової економічного розвитку [2–4].

Разом з тим, відзначаємо доцільність оцінки міст з метою розробки природоохоронних заходів та управлінських рішень для досягнення сталого розвитку громад. І в даному контексті дослідження потребують моніторингу низки показників-індикаторів не лише екологічного, а й економічного та соціального розвитку [5]. Саме тому, актуальним питанням сьогодення постає підбір, опрацювання, аналіз та візуалізація системи показників розвитку міських екосистем.

Мета, завдання та методики проведення досліджень. Важливим аспектом в оцінюванні екологічного стану урбосистем є усвідомлення того, що урбанізація стосується не лише власне міських територій, але й приміських зон. Метою наших досліджень є огляд сучасних методів оцінки екологічного стану трансформованих міських систем та прилеглих територій. Тому нами було проведено підбір літературних джерел, проведено їх аналіз на основі таких методів як

порівняння, узагальнення, синтезу та критичної оцінки. Такі опрацювання вже існуючих наукових результатів дозволить також встановити сучасні методологічні підходи для проведення подальших досліджень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нещодавнім часом розширення урбанізації в Європейських містах здійснюється швидше чим збільшення кількості населення в цілому. Даний тренд спостерігається, наприклад, в таких містах як: Порту та Лісабон у Португалії; Барселона, Мадрид, Валенсія та Севілья в Іспанії; Марсель та долина Рони у Франції; Мілан, Болонья, Рим, Неаполь та регіон Венето в Італії; а також Афіни та Салоніки в Греції. Причиною цього є демографічне старіння та від'ємний природний приріст населення, міжнародна імміграція та міграція із сільської в міську місцевість для пошуку кращих економічних можливостей та суб-урбанізація місцевого населення з метою пошуку більшого, зручнішого житла за межами міського середовища [6].

Однією з найбільш негативних сторін урбанізації в цілому та приміських територій є деградація земель [6], наслідком чого в першу чергу страждає рослинний світ. Через зростаючий людський тиск, покриття рослинністю деградує, зменшується щільність та різноманітність рослинності, змінюється видовий склад, обмежуючи здатність природи підтримувати важливі екосистемні властивості, такі як: фільтрація повітря, модифікація температури, зменшення вітру та зниження шуму, секвестрація вуглецю, зберігання води та дренаж. Дистанційні ефекти, такі як змінений хімічний склад повітря, ґрунту та води і порушення рослинних угруповань через витоптування, прискорену ерозію, викидання побутового та будівельного сміття, садових відходів прирівнюються до антропогенних вилучень організмів чи компонентів екосистем. У результаті досліджень було здійснено класифікацію екологічних синдромів, на основі їхніх характеристик впливу та просторових і часових масштабів, яка може бути особливо корисною для проектування цільових стратегій планування в диференційованих територіальних контекстах [6].

Протягом останніх десятиліть багато міст Південної Європи дотримувалися підходу розосередженого просторового планування, сприяючи розвитку субцентрів, зміцненню метрополійних полюсів, стимулюванню економічної діяльності в окраїнних зонах та

перенесенню міських функцій. Для підтримки таких заходів майбутні дослідження та оцінки деградації земель у Південній Європі мають розширити свій просторовий фокус, щоб охопити приміські зони.

Під час екологічної оцінки важливо правильно визначити точки відштовхування від «природних еталонів екосистем», для того щоб коректно визначити ступінь зміни екосистеми внаслідок антропогенної діяльності. Зростаюче визнання ролі людини у спільному творенні міських екосистем може спровокувати суттєвий перегляд цінностей та нормативних принципів, якими керуються під час прийняття рішень, включаючи спільні уявлення про те, що саме становить природу в місті. При цьому не можна обійтись лише сухим технічним розрахунком, адже він не буде здатним правильно відповісти на соціальні та екологічні зміни [7].

Для того, щоб врахувати роль людини у створенні умов для біологічних компонентів міських екосистем, а також щоб ефективно проаналізувати потреби та можливості міст і дослідити складні соціо-екологічні взаємодії, які керують урбаністичними та іншими антропогенними екосистемами пропонується застосовувати різні моделі факторів стану.

Локальні культурні варіації та потенційно дивергентні реакції міських екосистем слід розглядати як осередок культурних інновацій та екологічної стійкості. На думку вчених, моделі факторів стану повинні функціонувати одночасно як експериментальна база та як конструктивний інструмент. Як експериментальна база, вона має слугувати підґрунтям для порівняння міст між собою. У межах міста це має стимулювати експериментальну модифікацію факторів стану. Як посібник із проектування, зміна факторів стану може підказувати варіації на певну тему, допомагаючи у створенні нових, сконструйованих екосистем. Як конструктивний інструмент – модель факторів стану може стимулювати творчу, прагматичну та відповідальну взаємодію з природою в містах [7].

Дослідження китайського міста Ухань показує, що значне погіршення якості навколишнього середовища відбувається через низку причин, такі як: швидка індустріалізація, прискорена урбанізація, зростання чисельності населення та інтенсивна людська діяльність. Дослідження аналізувало якість навколишнього середовища Уханю, використовуючи модель географічного детектора на основі платформи GEE. Здатність платформи GEE обробляти багаточасові та багатоджерельні дані є особливо вигідною для оцінки міської екологічної якості, яка часто включає аналіз змін з часом та

інтеграцію різних екологічних та соціально-економічних факторів, що може стати основою для стратегій сталого міського планування та управління [8].

Дослідження проводилось на основі знімків ДЗЗ: знімки сенсора Landsat 8 OLI, що були обрані з 2001-го по 2021-й роки через кожні 5 років, та інших даних. При цьому був побудований RSEI (екологічний індекс на основі даних дистанційного зондування), застосовуючи PCA-аналіз (аналіз основних компонент). Аналіз RSEI показав, що на початку спостережень була велика кількість екологічно-збіднених територій – 43,25% із відносно низьким середнім значенням EQ (екологічної якості). Однак, уряд, прагнучи покращити EQ, впровадив заходи у вигляді природоохоронної законодавчої бази, що дозволили значно підвищити якість навколишнього середовища. Відповідно площа територій, що почали відчувати покращення між 2016 та 2021 роками досягла 43,33%. Серед чинників які сприяли поліпшенню екологічної ситуації можна виділити: підвищені урядові зусилля в екологічному управлінні, трансформація міських моделей розвитку, індустріальна реструктуризація, підвищена обізнаність громадян щодо захисту навколишнього середовища [8].

Аналіз факторів впливу на EQ Уханю, використовуючи модель географічного детектора, виявляє, що покриття рослинністю (NDVI), забудована територія (NDBI), температура земної поверхні (LST) та вологість (WET) є домінантними драйверами EQ в трансформованій міській системі. Разом з тим, встановлений значний вплив на соціально-економічні фактори, такі як щільність населення та ВВП, що підкреслює складну взаємодію між міським розвитком, людською діяльністю та екологічною якістю [8].

Отже можна зробити висновок, що використання платформи GEE для створення RSEI на основі аналізу основних компонент є новою та перспективною технологією, що дозволяє в короткі терміни виконати ряд комплексних екологічних досліджень, що можуть відобразити EQ в часовій динаміці. Також потрібно відзначити, що для комплексного покращення якості навколишнього середовища необхідний комплексний підхід взаємодії урядових реформ та підвищення обізнаності населення стосовно негативної тенденції екологічної ситуації. На противагу більш точним прямим вимірюванням показників забруднень середовища, потрібно звернути увагу на

застосування обробки та аналізу знімків дистанційного зондування Землі. Процес використання знімків ДЗЗ для оцінки екологічного стану є набагато швидшим на відміну від безпосередніх вимірювань на місцевості, а також забезпечує отримання вихідних даних безкоштовно у вільнодоступному форматі.

На противагу застосування індексу RSEI у наукових публікаціях також обґрунтовується використання індексу GEI (геопросторовий екологічний індекс). Авторами зазначається: «RSEI дає змогу проводити швидку, візуальну, кількісну та об'єктивну оцінку регіонального екологічного стану і, отже, широко використовується для оцінки екологічної якості в містах, вразливих зонах та заповідних територіях. RSEI використовує першу головну компоненту (PC1) для трансформації чотирьох складових (озеленення, вологість, сухість і тепло) з метою формування індексу. Однак, коли внесок PC1 у весь набір даних є низьким, RSEI може не повною мірою відображати регіональну екологічну якість» [9]. Відповідно, було запропоновано GEI, де передбачається, що індекс, сконструйований у межах цього підходу, має сильний зв'язок з екологічним станом і може ефективно відображати регіональну екологічну якість. GEI був розроблений із використанням чотиривимірної системи координат за принципом просторової геометрії. Чотири осі координат цієї системи представлені чотирма індикаторами: перпендикулярний вегетаційний індекс (PVI) для відображення озеленення, модифікований перпендикулярний індекс посухи (MDPI) для відображення вологості, нормалізований різницевий індекс забудови та ґрунту (NDSI) для відображення сухості поверхні суходолу та температура поверхні суходолу (LST) для відображення поверхневого тепла.

GEI використовує технології ДЗЗ для швидкого, об'єктивного та всебічного отримання регіональної екологічної інформації, уникаючи затримок у часі та неповноти, характерних для традиційних статистичних даних. Він комплексно враховує чотири фактори, що впливають на екологічне середовище, тим самим повною мірою відображаючи регіональний екологічний стан та тенденції його змін. Завдяки застосуванню методів стандартизованої обробки та просторового геометричного моделювання була створена чотиривимірна система координат. Це дає змогу порівнювати екологічні умови різних регіонів у межах єдиного виміру, підвищуючи таким чином інтерпретацію та порівняння даних без жодної втрати інформації.

Застосування GEI у двох репрезентативних регіонах провінції

Фуцзянь продемонструвало ефективність індексу. GEI здатен виявляти просторові екологічні відмінності, які тісно пов'язані зі змінами наземного покриття (розширення міст, розвідка та розробка родовищ тощо) [9]. Для даних досліджень також застосовувалися дані ДЗЗ, а саме зображення супутникових місій Landsat 8 OLI/TIRS та Landsat 5 TM.

Європейський досвід використання супутникових знімків для оцінки екологічного стану міських екосистем базується на використанні вегетаційних індексів, таких як Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), також використовуються Atmospherically Resistance Vegetation Index (ARVI) та Moisture Stress Index (MSI). Для оцінки впливу пожеж на зелених територіях зокрема у природоохоронних об'єктах, застосовуються Normalized Burn Ratio Index (NBR), NBR2 та Enhanced Vegetation Index (EVI).

Серед ГІС-технологій, які активно використовуються для досліджень в Україні є універсальні ГІС-пакети ArcGIS (США) [10]. Вони дозволяють виконувати повний спектр дій від формування та збереження баз даних, опрацювання та візуалізація результатів, картографування, моделювання процесів розвитку змін тощо. Крім того, поширеність продуктів ArcGIS відкриває можливості для інтеграції та обміну досвідом в сучасному науковому світі.

Разом з тим, для потреб науковців-дослідників, або підприємців, які працюють автономно, все більше запроваджуються Android-додатки, точність яких не поступається технічним показникам сучасних геодезичних приладів, а саме: Geodezist, Fields Area Measure, Star Walk 2, Compass – надають повний масив даних координат проблемних об'єктів [10–11].

Висновки. Отже, результати наших досліджень показали наявність широкого вибору сучасних методів опрацювання інформації з використанням ГІС-технологій, індексів стану екологічних складових як природних екосистем так і трансформованих міських систем з обов'язковим дослідженням прилеглих територій.

Сучасні екологічні дослідження фокусуються на моніторингу зміни клімату, втраті біорізноманіття та антропогенному впливі, використовуючи дрони та супутникові знімки для аналізу стану довкілля. Для більшості сучасних досліджень у світі, застосовуються

дані ДЗЗ, а саме зображення супутникових місій Landsat 8 OLI/TIRS та Landsat 5 TM.

Для досягнення сталого розвитку урбосистем необхідно знайти баланс між економічним зростанням, соціальним добробутом та захистом довкілля. Це потребує багатогранного системного підходу, який включає не лише технічні рішення, такі як екологічне відновлення та зелена інфраструктура, а й політичні та інституційні реформи. Тому, використання ГІС-технологій різних рівнів та спрямувань дозволить пришвидшити процес дослідження, пошуку взаємозв'язків між компонентами урбосистем та прилеглих територій, що в свою чергу дозволить вчасно актуалізувати управлінські рішення для максимального збереження природного середовища трансформованих міських систем.

1. Бардась А. В., Дуднік А. В. До питання оцінки природно-ресурсного потенціалу та якості довкілля міських поселень. *Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2016. № 1. С. 148–155. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000880898>. (дата звернення: 01.04.2026).
2. Коробчук Л. І. Розвиток урбанізації та виклики екології людини: шляхи забезпечення сталого розвитку екоуправління українських міст повоєнного періоду. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2025. № 4(61). С. 237–241. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.4-61.37>.
3. Сергієнко Л. В. Екологічні наслідки урбанізації в системі загроз безпеці урбанізованим територіям. *Вісник Державний університет «Житомирська політехніка»*. 2021. № 4. С. 147–158. DOI: <https://doi.org/10.32840/pdu.2021.4.21>.
4. Негода Н., Жукова О., Кордуба І. Екологічні аспекти оцінки стану урбоєкосистем та здоров'я населення. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2024. Вип. № 3(146). С. 66–72. DOI: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.3.9>.
5. Клименко М. О., Прищепя А. М., Брежицька О. А. Оцінювання стану територій міста за показниками сталого розвитку: монографія. Рівне: НУВГП, 2018. 253 с.
6. Samaneh Seifollahi-Aghmiuni, Zahra Kalantari, Gianluca Egidi, Luisa Gaburova, Luca Salvati. Urbanisation-driven land degradation and socioeconomic challenges in peri-urban areas. *Insights from Southern Europe*. 2022. С. 1446–1458. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01701-7>.
7. Jason Smith, Richard Hallett and Peter M Groffman. The state factor model and urban forest restoration. *Journal of Urban Ecology*. 2020. № 1. С. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1093/jue%2Fjuaa018>.
8. Zhang W., Zhang W., Ji J., Chen C. Urban Ecological Quality Assessment Based on Google Earth Engine and Driving Factors Analysis: A Case Study of Wuhan City, China. *Sustainability*. 2024. № 16(9). С. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16093598>.
9. Mengjing Lin, Yang Zhao, Longyu Shi & Xiaoqin Wang. A novel ecological evaluation index based on geospatial principles and remote sensing techniques. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 2024. № 31:7. С. 809–826. URL: <https://doi.org/10.1080/13504509.2024.2336632>.
10. Геоінформаційні системи в екології: електронний навч. посіб. / за ред. Є. М. Крижановського. Вінниця: ВНТУ, 2014. 192 с. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2025/Mokin_2014_192.pdf (дата звернення: 01.04.2026).
11. Шевченко Р. Ю. Геоінформаційні системи в екології: електронний

пiдручник. Київ, 2022. 224 с. URL:
<https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi71/0051679.pdf> (дата
01.04.2026). звернення:

REFERENCES:

1. Bardas A. V., Dudnik A. V. Do pytannia otsinky pryrodno-resursnoho potentsialu ta yakosti dovkillia miskykh poselen. *Ekonomichnyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2016. № 1. S. 148–155. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000880898>. (data zvernennia: 01.04.2026).
2. Korobchuk L. I. Rozvytok urbanizatsii ta vyklyky ekolohii liudyny: shliakhy zabezpechennia staloho rozvytku ekoupravlinnia ukrainskykh mist povoiennoho periodu. *Ekolohichni nauky : naukovo-praktychnyi zhurnal*. 2025. № 4(61). S. 237–241. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.4-61.37>.
3. Serhienko L. V. Ekolohichni naslidky urbanizatsii v systemi zahroz bezpetsi urbanizovanykh terytoriiam. *Visnyk Derzhavnyi universytet «Zhytomyrska politekhnika»*. 2021. № 4. S. 147–158. DOI: <https://doi.org/10.32840/pdu.2021.4.21>.
4. Nehoda N., Zhukova O., Korduba I. Ekolohichni aspekty otsinky stanu urboekosystem ta zdorovia naselennia. *Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. 2024. Vyp. № 3(146). S. 66–72. DOI: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.3.9>.
5. Klymenko M. O., Pryshchepa A. M., Brezhytska O. A. Otsiniuvannia stanu terytorii mista za pokaznykamy staloho rozvytku : monohrafiia. Rivne : NUVHP, 2018. 253 s.
6. Samaneh Seifollahi-Aghmiuni, Zahra Kalantari, Gianluca Egidi, Luisa Gaburova, Luca Salvati. Urbanisation-driven land degradation and socioeconomic challenges in peri-urban areas. *Insights from Southern Europe*. 2022. S. 1446–1458. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01701-7>.
7. Jason Smith, Richard Hallett and Peter M Groffman. The state factor model and urban forest restoration. *Journal of Urban Ecology*. 2020. № 1. S. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1093/jue%2Fjuaa018>.
8. Zhang W., Zhang W., Ji J., Chen C. Urban Ecological Quality Assessment Based on Google Earth Engine and Driving Factors Analysis: A Case Study of Wuhan City, China. *Sustainability*. 2024. № 16(9). S. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16093598>.
9. Mengjing Lin, Yang Zhao, Longyu Shi & Xiaoqin Wang. A novel ecological evaluation index based on geospatial principles and remote sensing techniques. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 2024. № 31:7. S. 809–826. URL: <https://doi.org/10.1080/13504509.2024.2336632>.
10. Heoinformatsiini systemy v ekolohii : elektronnyi navch. posib. / za red. Ye. M. Kryzhanovskoho. Vinnytsia : VNTU, 2014. 192 s. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2025/Mokin_2014_192.pdf (data zvernennia: 01.04.2026).
11. Shevchenko R. Yu. Heoinformatsiini systemy v ekolohii : elektronnyi pidruchnyk. Kyiv, 2022. 224 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi71/0051679.pdf> (data zvernennia: 01.04.2026).

Brezhytska O. A. [1; ORCID ID: 0009-0005-1543-1158],
Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor
Sheremet N. V. [1; ORCID ID: 0009-0009-4866-597X]
Post-graduate Student

¹*National University of Water and Environmental Engineering, Rivne*

ESTABLISHMENT OF MODERN METHODS FOR ASSESSING THE ECOLOGICAL STATE OF TRANSFORMED URBAN ECOSYSTEMS

The article presents the results of the analysis of literary sources on modern methodological approaches and methods for assessing the state of transformed urban ecosystems and their adjacent territories. Considerable attention is paid to the state of study of the research topic by the scientific community abroad. The relevance of studying the ecological state of urbanized territories, the provision of natural resources to the population, and the study of the impact of the functioning of urban systems on adjacent territories is established. The analysis of literary sources showed the feasibility of a systematic approach to conducting such studies, taking into account modern methods, in particular the use of GIS technologies of various levels, the study of satellite images of remote sensing of the Earth, etc. Today, there is intensive development of operational programs and systems that allow processing a large number of indicators, visualizing the results of the study and predicting the development of systems when changing at least one indicator. It was established that the model of the geographic detector based on the GEE platform is gaining popularity in the world, the RSEI (ecological index based on remote sensing data) is determined using PCA analysis (principal component analysis). But at the same time, Android-GIS, ArcGIS software products, etc. are actively used. It is also important to study the relationships between the components of the environment of urban systems and establish the limits of influence on adjacent territories. The article analyzes the key problems of urbanization and existing GIS technologies for their assessment in order to develop environmental protection measures and management solutions to achieve sustainable development of communities.

Keywords: transformed urban ecosystems; urban systems; adjacent territories; GIS technologies; research model; remote sensing images.

Отримано / Received: 11.04.2026

Прийнято до друку / Accepted: 12.05.2026

Опубліковано / Published: 29.05.2026



© 2026 [Brezhytska O. A., Sheremet N. V.]. Licensee {NUWEE}. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license (creativecommons.org)