

<https://doi.org/10.15407/knit2022.03.086>  
УДК 528.946

А. Р. СОГОР, канд. техн. наук, доцент, доцент  
П. М. ЗАЗУЛЯК, д-р фіз.-мат. наук, проф., проф.  
Національний університет «Львівська Політехніка»  
вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, 79013

## КАРТОГРАФУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ МІСТА ЛЬВІВ

Сьогодні стан повітря у великих містах України, зокрема у місті Львів, перебуває на незадовільному рівні. Основними проблемами у цій сфері є прогресуючий характер негативного впливу на екологічний стан довкілля та здоров'я людей. Оскільки на даний час немає жодного інтерактивного картографічного матеріалу, який може візуалізувати проблему екологічного забруднення, головною метою цієї роботи було створення інтерактивної карти забруднення повітря м. Львів. Для досягнення цієї мети нами було зібрано та систематизовано геопросторові статистичні картографічні матеріали щодо екологічного стану повітря м. Львів. Визначено необхідне програмне забезпечення для розробки інтерактивної карти забруднення повітря та вивчено його можливості. Розроблено алгоритм завантаження геопросторових даних у створюваний вебресурс. Підібрано шаблон аплікацій для створення карт забруднення повітря м. Львів за показниками 2020 р., які вимірювалися на 30 перехрестях міста. Таким чином, було розроблено дві інтерактивні карти забруднення повітря м. Львів у середовищі «Google My Maps» та «ArcGIS Online».

**Ключові слова:** картографування, геопросторові дані, екологічне картографування, забруднення повітря, інтерактивна карта, ArcGIS Online, Google My Maps, Microsoft Office Excel, Shapefile.

### ВСТУП

Прогресуюче забруднення навколишнього природного середовища висуває нові вимоги до системи пріоритетів економічного зростання, змушує світову спільноту замислитися про майбутнє людської цивілізації та її місце у навколишньому середовищі. Загалом під якістю навколишнього природного середовища необхідно розуміти його здатність виконувати у довгостроковій перспективі функції середовища проживання і життєдіяльності людини, а також джерела збереження генофонду і біологічного різноманіття. Пере-

думовою збереження та гармонізації природного середовища є ефективна екологічна політика, без чого неможливе покращення якості життя населення [1].

Повітря — один з основних життєво важливих елементів навколишнього природного середовища, який є необхідною фізичною і біологічною умовою існування людини та джерелом життя на Землі. Від його якості залежить здоров'я людини. Повітря також має важливе економічне значення. Воно використовується як сировина для хімічної промисловості, енергетичний ресурс, середовище зв'язку і руху літальних апаратів, для скидання відходів виробництва тощо.

Цитування: Согор А. Р., Зазуляк П. М. Картографування екологічного забруднення повітря міста Львів. *Космічна наука і технологія*. 2022. 28, № 3 (136). С. 86—91. <https://doi.org/10.15407/knit2022.03.086>

Водночас на стан та склад повітря впливають два головні фактори: внесення в атмосферу забруднювальних речовин через різноманітні джерела і шкідливий фізичний вплив на нього. До останнього належать випромінювання, звукові коливання, шум тощо. Ці та інші фактори порушують оптимальний стан повітря, що негативно впливає на здоров'я людей, на стан і розвиток тварин і рослин.

Основними джерелами забруднювальних речовин у повітрі міста Львів є: пилу — автотранспорт, деревообробна промисловість і промисловість будматеріалів; діоксиду сірки — промислові підприємства, оксиду вуглецю — автотранспорт, підприємства теплоенергетики; діоксиду азоту — підприємства теплоенергетики; формальдегіду — автотранспорт, деревообробна промисловість.

На сьогодні викиди від пересувних джерел є найбільшими забруднювачами повітря у місті. Хімічний склад викидів від пересувних джерел забруднення характеризується перевагою вмісту оксиду вуглецю (до 74 %), сполук азоту та вуглеводнів (відповідно 12 % та 11 %) [5, 6].

Аналіз сучасних наукових публікацій показав, що проблема екологічного забруднення потребує значної уваги та детального вивчення, оскільки негативні зміни у природі впливають на навколишнє середовище та на умови існування усього людства. Саме інтерактивним картографуванням або вебкартографуванням можна наочно відобразити екологічну якість навколишнього середовища та зробити певні висновки. Створення екологічних карт Львівщини показано у працях [2—4, 7—10].

На даний час стан повітря у великих містах України, зокрема у місті Львів, перебуває на незадовільному рівні. Основними проблемами у цій сфері є прогресуючий характер негативного впливу на екологічний стан довкілля та здоров'я людей.

**Головною метою** цієї роботи є створення інтерактивної карти екологічного забруднення повітря міста Львів.

#### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Сумарний викид забруднювальних речовин від стаціонарних і пересувних джерел міста Львів

становить 46.7 тис. т (61.42 кг на одного мешканця, в області — 99.6 кг), при цьому 96 % від нього припадає на пересувні джерела забруднення (автомобільний, авіаційний та залізничний транспорт). Серед стаціонарних джерел забруднення міста найвищий відсоток припадає на підприємства теплоенергетичного комплексу міста (близько 40 %), що є загальнодержавною тенденцією [5].

Викиди від стаціонарних джерел забруднення на 90 % зумовлені діяльністю понад 600 різногалузевих промислових підприємств. Підприємства енергетики є найбільшими стаціонарними джерелами забруднення атмосферного повітря у Львові. Це спеціалізовані комунальні теплопостачальні підприємства: ТЕЦ-1, ТЕЦ-2, а також ЛМКП «Львівтеплоенерго» і ЛКП «Залізничне-теплоенерго», які виробляють понад 90 відсотків всієї теплової енергії у місті. На балансі цих підприємств перебуває 129 котелень, ТЕЦ ЛМКП «Львівтеплоенерго», ТЦ «Північна» та ТЦ «Південна», 150 ЦТП і 563.15 км теплових мереж. У розрізі районів міста на балансі означених вище теплокомунальних підприємств найбільшу кількість котелень локалізовано у Галицькому районі — 63, найменшу — у Сихівському районі — 5 (вони обслуговують практично однакову кількість будинків — близько 500, але для останнього характерною є багатоповерхова забудова). Паливом для виробництва теплової енергії є природний газ, об'єми використання якого у 2010 році становили 636.7 млн. куб. м (населення — 38 %, комунальні потреби — 50 %, підприємства — 12 %). Використання зрідженого газу і надалі є незначним та становить 566 т/рік [6].

Одним з основних факторів, який впливає на рівень забруднення повітря пересувними джерелами, є якість пального. Пріоритетними питаннями залишаються: зменшення навантаження автотранспорту на центральну частину міста через реалізацію нової транспортної стратегії; контроль за станом хімічного забруднення атмосфери не лише у точках перетину магістральних вулиць, але і у межах селітебних територій, особливо дитячих майданчиків, садочків та шкіл; подальша модернізація теплоенергетичного господарства міста; завершення розробки

проекту «Реконструкція автоматизованої системи керування рухом»; бріо- та ліхеноіндикаційні дослідження стану забруднення повітря у місті тощо [5].

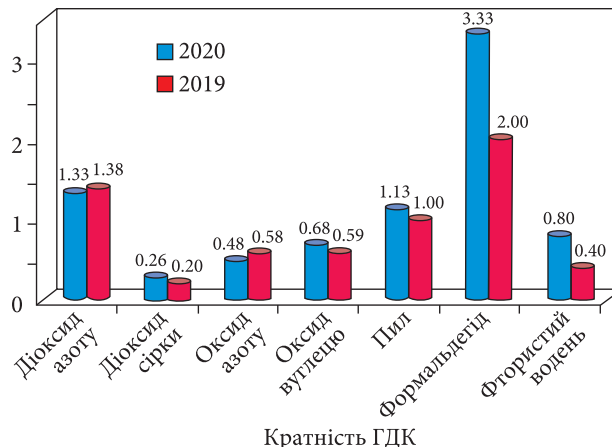
Екологічний моніторинг стану та забруднювачів повітря у Львівській області у I та II кварталі 2020 р. здійснював Львівський регіональний центр з гідрометеорології. Інформацію про результати досліджень показників стану забруднення повітря м. Львів надано КП «Адміністративно-технічне управління» Львівської міської ради.

Оцінювання стану атмосферного повітря у місті Львів у I та II кварталі 2020 року здійснювалось шляхом порівняння середніх концентрацій забруднювальних речовин з відповідними середньодобовими гранично допустимими концентраціями (далі — ГДК) та порівняння максимально разових концентрацій пріоритетних забруднювальних речовин з їхніми відповідними максимальними разовими гранично допустимими концентраціями (далі — ГДК м.р.). Пріоритетними забруднювальними речовинами (ЗР) вважались ті речовини, які вносили найбільший внесок в забруднення атмосферного повітря міста і контролювались на більшості стаціонарних постів спостережень за забрудненням повітря [5, 6].

Перелік пріоритетних забруднювальних речовин наведено у таблиці згідно з ГДК та класом небезпеки, де значення класу небезпеки забруднювальної речовини зменшується відповідно до підвищення її небезпечності.

**Значення ГДК забруднюючих речовин атмосферного повітря**

Забруднювальна речовина	ГДК середньодобова, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
Пил (завислі речовини)	0.15	3
Діоксид сірки	0.05	3
Оксид вуглецю	3.0	4
Діоксид азоту	0.04	2
Оксид азоту	0.06	3
Формальдегід	0.003	2



**Рис. 1.** Середньомісячні концентрації ЗР у квітні 2020 та 2019 роках

У I та II кварталі 2020 року систематичні спостереження за вмістом шкідливих речовин у повітрі міста провадилися лабораторією спостереження за забрудненням повітря (СЗА) Львівського регіонального центру з гідрометеорології на чотирьох стаціонарних постах (ПСЗ) з періодичністю відбору чотири рази на добу шість днів на тиждень. Визначалися сім забруднювальних домішок, з них основні — пил (завислі речовини), діоксид сірки, оксид вуглецю та діоксид азоту. До специфічних домішок належать: оксид азоту, фтористий водень та формальдегід. Аналіз проб по всіх цих речовинах проводився лабораторією СЗА. Також здійснювалось визначення рН опадів. Крім цього, відбиралися проби на визначення у повітрі вмісту бензапірену та важких металів. Аналіз цих проб провадився централізовано по Україні спеціалізованими лабораторіями: на бензапірен — лабораторією Донецького ЦГМ, на важкі метали — лабораторією ЦГО м. Київ. Адреси стаціонарних постів спостереження у м. Львові [5, 6]:

1. Пост 0401 — вул. Юнаківа.
2. Пост 0303 — вул. Городоцька 211.
3. Пост 0704 — вул. Соборна 11.
4. Пост 0808 — вул. Зелена 301.

Наприклад, у квітні 2020 року перевищення максимальних разових ГДК не спостерігалось. По середньомісячних концентраціях при порів-

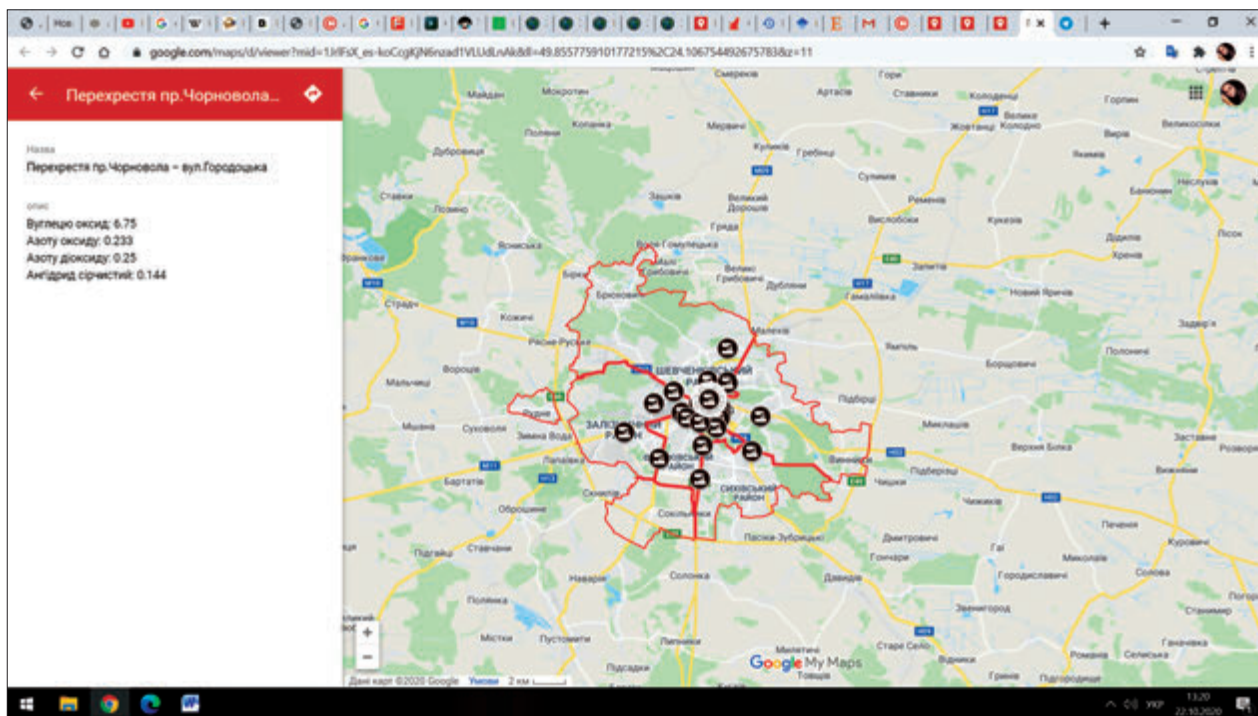


Рис. 2. Карта забруднення атмосферного повітря міста Львів у середовищі «Google My Maps»

нянні із середньодобовими ГДК у цьому місяці межу ГДК перетинає пил, діоксид азоту та формальдегід. Порівняно із квітнем 2019 року спостерігається збільшення середньомісячних концентрацій пилу; зменшення — оксиду вуглецю, діоксиду азоту та оксиду азоту. Концентрація діоксиду сірки, фтористого водню та формальдегіду не змінилася. По максимальних концентраціях відзначаємо зниження вмісту оксиду вуглецю, діоксиду сірки, діоксиду азоту, оксиду азоту, фтористому водню та формальдегіду [6].

Порівнявши середньомісячні концентрації забруднювальних речовин у повітрі м. Львів у квітні 2020 року із квітнем 2019 року пере спостерігаємо їхнє збільшення із часом (рис. 1).

Лабораторія КП «Адміністративно-технічне управління» Львівської міської ради проводила заміри для визначення якості повітря на території м. Львів по таких показниках, як рівні оксиду вуглецю, оксиду азоту, діоксиду азоту, сірчистого ангідриду. Протягом I та II кварталу 2020 року проведено 30 контрольних замірів на 30 перехрестях м. Львова. Спостерігається перевищен-

ня забруднення ГДК по оксиду вуглецю на 12 перехрестях та діоксиду азоту на 10 перехрестях [5, 6].

Для створення інтерактивної карти ми скористалися досить зручною та популярною платформою «Google My Maps». Для того щоб розпочати роботу в обраній платформі, необхідно зібрати і структурувати дані у середовищі «Microsoft Office Excel».

Для нашого випадку було розроблено Excel-таблиці замірів якості повітря м. Львів, які проводила лабораторія КП «Адміністративно-технічне управління» Львівської міської ради. З цією метою було взято до уваги показники I та II кварталу 2020 р., які вимірювалися на 30 перехрестях міста.

Для візуалізації карти міста Львів було використано карту «OpenStreetMap» у платформі «Google My Maps» з межами міста та межами районів міста.

Для нанесення наших даних на карту спочатку за допомогою середовища «Google My Maps» було створено карту із визначеними координатами

кожного перехрестя та значеннями забруднювачів повітря. Для цього ми експортували створену нами таблицю «*Microsoft Office Excel*» у середовище «*Google My Maps*».

Після дій, виконаних вище, ми об'єднуємо карту з межами міста та карту забруднювачів повітря і отримуємо нашу інтерактивну карту (рис. 2).

Для порівняння ми створили карту у середовищі «*ArcGIS Online*», яка підтвердила результати, отримані на рис. 2.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Таким чином, досліджуючи проблему екологічного забруднення повітря м. Львів, можна констатувати таке.

- Найбільша концентрація забруднювальних речовин у повітрі зосереджена у центральній частині м. Львів.
- Спостерігається максимальне перевищення забруднення повітря м. Львів формальдегідом, спричинене автотранспортом.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Лібанова Е. М., Гладун О. М., Лісогор Л. С. та ін. *Вимірювання якості життя в Україні*. Аналітична доповідь. Київ, 2013. 48 с.
2. Согор А. Р., Голубінка Ю. І., Шаповал В. В., Согор М. А. Інтерактивна карта забруднення поверхневих вод Львівщини. *Молодий вчений*. 2020. № 2 (78). С. 193—199.
3. Согор А. Р., Ярема Н. П., Бридун А. М., Лех І. П. Створення інтерактивної карти забруднення атмосферного повітря Львівщини. *Молодий вчений*. 2019. № 2 (66). С. 303—306.
4. Согор А. Р., Ярема Н. П., Геба М. С., Серант О. В. Створення екологічних карт Львівщини за даними моніторингу атмосферного повітря. *Молодий вчений*. 2018. № 6 (58). С. 23—27.
5. Стан довкілля у Львівській області (за результатами моніторингових досліджень). Інформаційно-аналітичний огляд. І квартал 2020 року. Львів: Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації, 2020. 25 с. URL: <https://deplv.gov.ua/potochni-rezultaty/> (дата звернення 07.06.2022).
6. Стан довкілля у Львівській області (за результатами моніторингових досліджень). Інформаційно-аналітичний огляд. ІІ квартал 2020 року. Львів: Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації, 2020. 31 с. URL: <https://deplv.gov.ua/potochni-rezultaty/> (дата звернення 07.06.2022).
7. Ярема Н. П., Марко Т. Б. *Забруднення навколишнього природного середовища твердими побутовими відходами на прикладі Львівської області*. Екогеофорум 2017. Актуальні проблеми та інновації: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (Івано-Франківськ, 22—25 березня 2017 р.). Івано-Франківськ, 2017. С. 369—370.
8. Ярема Н. П., Марко Т. Б., Лозинський В. А. *Картографування забруднення навколишнього природного середовища Львівщини твердими побутовими відходами*. GeoTerrace-2016: матеріали міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених (Львів, 15—17 грудня 2016 р.). Львів, 2016. С. 166—167.
9. Ярема Н. П., Полохович Ю. М., Кубрак О. Д., Серант О. В. *Створення інтерактивної карти сміттєзвалищ Львівської області*. Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні, лісовпорядкуванні та природокористуванні: матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції (Ужгород, 4—6 жовтня 2018 р.). Ужгород, 2018. С. 119—123.
10. Ярема Н. П., Серант О. В., Кубрак О. Д., Терех Т. М. *Веб-картографування сміттєзвалищ Львівської області*. *Молодий вчений*. 2019. № 11 (75). С. 167—171.

## REFERENCES

1. Libanova E. M., Hladun O. M., Lisohor L. S., et al. (2013) *Measuring the quality of life in Ukraine / Analytical report*, Kyiv. (in Ukrainian)
2. Sohor A. R., Holubinka Yu. I., Shapoval V. V., Sohor M. A. (2020) Interactive map of surface water pollution in Lviv region. *Molodyi vchenyi*, № 2 (78), 193—199.
3. Sohor A. R., Yarema N. P., Brydun A. M., Lekh I. P. (2019) Creating an interactive map of air pollution in Lviv region. *Molodyi vchenyi*, № 2 (66), 303—306.
4. Sohor A. R., Yarema N. P., Heba M. S., Serant O. V. (2018) Creation of ecological maps of Lviv region according to atmospheric air monitoring. *Molodyi vchenyi*, № 6 (58), 23—27.
5. *State of the environment in Lviv region (according to the results of monitoring studies). I quarter of 2020*. (2020). Lviv: Department of Ecology and Natural Resources of Lviv Regional State Administration. URL: <https://deplv.gov.ua/potochni-rezultaty/> (Last accessed 07.06.2022) (in Ukrainian)

6. *State of the environment in Lviv region (according to the results of monitoring studies). II quarter of 2020.* (2020). Lviv: Department of Ecology and Natural Resources of Lviv Regional State Administration. URL: <https://deplv.gov.ua/potochni-rezultaty/> (Last accessed 07.06.2022) (in Ukrainian)
7. Yarema N. P., Marko T. B. (2017). *Pollution of the natural environment with solid household waste by the example of Lviv region.* Proc. Ekoheoforum 2017. Aktualni problemy ta innovatsii: Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia (Ukraine, Ivano-Frankivsk, March 22—25, 2017). Ivano-Frankivsk, 369—370.
8. Yarema N. P., Marko T. B., Lozynskyi V. A. (2016). *Mapping of environmental pollution of the Lviv region with solid household waste.* Proc. GeoTerrace-2016: Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia molodykh vchenykh (Ukraine, Lviv, December 15—17, 2016). Lviv, 166—167.
9. Yarema N. P., Poliukhovych Yu. M., Kubrak O. D., Serant O. V. (2018). *Creating an interactive map of landfills in Lviv region.* Proc. Novi tekhnolohii v heodezii, zemlevporiadkuvanni, lisovporiadkuvanni ta pryrodokorystuvanni: Materialy IX Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Ukraine, Uzhhorod, October 4—6, 2018). Uzhhorod, 119—123.
10. Yarema N. P., Serant O. V., Kubrak O. D., Terekh T. M. (2019). Web-mapping of landfills in Lviv region. *Molodyi vchenyi*, № 11 (75), 167—171.

Стаття надійшла до редакції 22.02.2022

Після доопрацювання 07.06.2022

Прийнято до друку 07.06.2022

Received 22.02.2022

Revised 07.06.2022"

Accepted 07.06.2022

A. R. *Sohor*, Ph. D. in Tech, Associate Professor, Associate Professor

P. M. *Zazuliak*, Dr. Sci. in Phys. & Math., Professor, Professor

Lviv Polytechnic National University

12, Bandery Str., Lviv, 79013 Ukraine

#### MAPPING OF ENVIRONMENTAL POLLUTION OF AIR IN LVIV

The condition and composition of air in Lviv are influenced by two main factors: the introduction of pollutants into the atmosphere through various sources and harmful physical effects on it. The latter includes radiation, sound vibrations, noise, and so on. These and other factors disrupt the optimal conditions of the air, which negatively affects human health and the condition and development of animals and plants. The main sources of pollutants in the air of Lviv are as follows: dust — vehicles, woodworking and building materials industry; sulfur dioxide — industrial enterprises, carbon monoxide — vehicles, thermal power plants; nitrogen dioxide — heat power companies; formaldehyde — motor transport, woodworking industry. Today, emissions from mobile sources are the biggest air pollutants in the city. The chemical composition of emissions from mobile sources of pollution is characterized by the predominance of carbon monoxide (up to 74 %), nitrogen compounds, and hydrocarbons (12 % and 11 %, respectively). Today the state of atmospheric air in large cities of Ukraine and, in particular, in the city of Lviv is at an unsatisfactory level. The main problems in this area are the progressive nature of the negative impact on the ecological state of the environment and human health. As there is currently no interactive cartographic material that can visualize the problem of environmental pollution, the main purpose of this work was to create an interactive web map of the quality of life of the population of Lviv in terms of air pollution. To achieve this goal, we collected and systematized geospatial statistical cartographic materials on the ecological conditions of the air in Lviv. The necessary software for the development of an interactive map of air pollution has been selected, and its possibilities have been studied. An algorithm for loading geospatial data into the created web resource has been developed. A template of applications for creating web maps of air pollution in Lviv was selected according to the indicators of 2020, which were measured at 30 crossroads of the city. Thus, two interactive web maps of air pollution in Lviv were developed in the environment «Google My Maps» and «ArcGIS Online».

**Keywords:** mapping, geospatial data, ecological mapping, atmospheric pollution, interactive map, ArcGIS Online, Google My Maps, Microsoft Office Excel, Shapefile.