



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
Теплоенергетичний факультет
Кафедра АПЕПС



Моделювання акустичного забруднення аеропорту з використанням ГІС-платформи

Магістрант групи ТІ-61м

Сідько Олександр Станіславович

Науковий керівник к.е.н., доцент

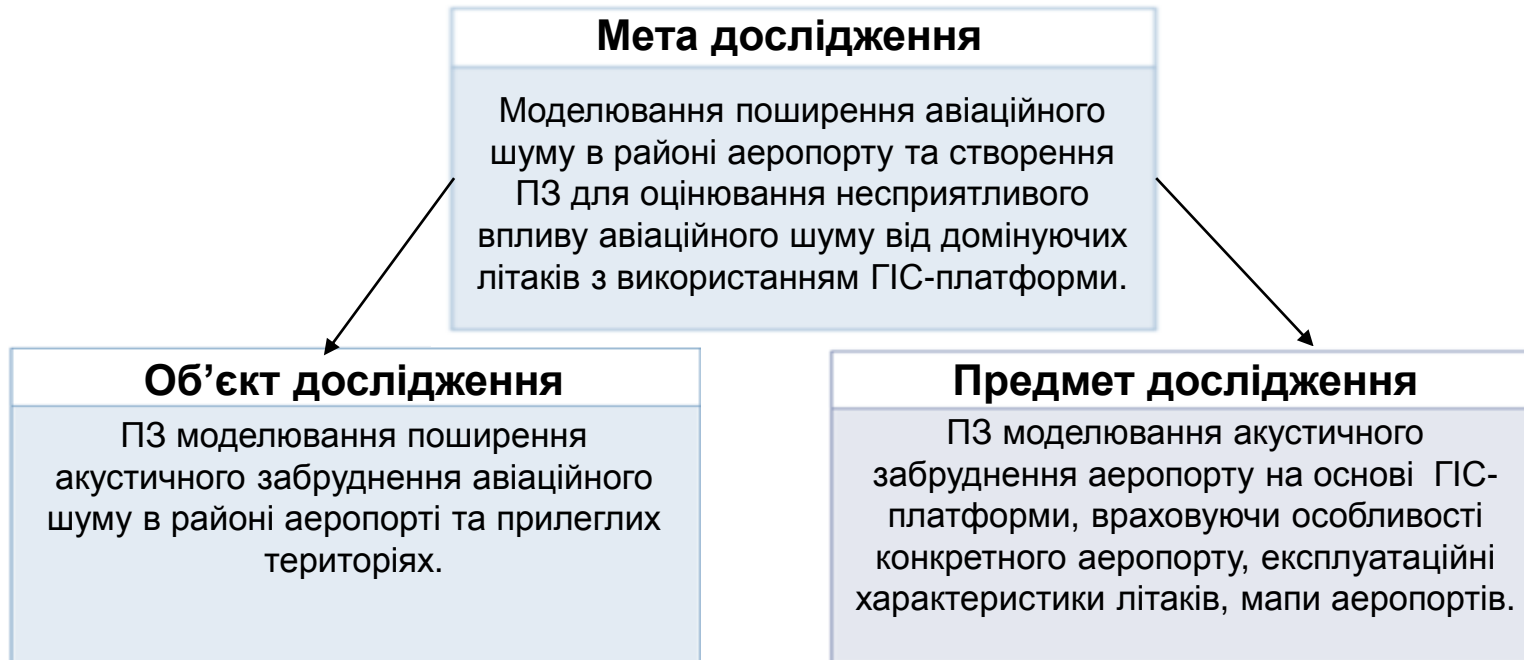
Левченко Лариса Олексіївна

Актуальність

Авіаційний шум є значним негативним чинником великих і малих аеропортів.

Проблема зниження впливу авіаційного шуму є складовою екологічної безпеки і посідає друге місце після безпеки польотів у цивільній авіації.

Структурно-логічна схема



Завдання дослідження

- проаналізувати міжнародний та національний досвід щодо моделювання рівнів авіаційного шуму враховуючи нормативно-правові акти щодо авіаційного шуму;
- удосконалити структуру базу даних з урахуванням акустичних, льотно-технічних характеристик повітряних суден та експлуатаційних даних аеропорту;
- створити програмне забезпечення для моделювання процесу поширення авіаційного шуму повітряних суден для прямолінійної ділянки злету, злету з поворотом, посадкою та автоматизувати процес побудови контурів авіаційного шуму на основі ГІС-платформи;
- розширити набір критеріїв оцінювання авіаційного шуму.

Методи дослідження

- методу сегментації для побудови моделі поширення контурів авіаційного шуму;
- метод розрахунку рівня звуку при одиночному прольоті літака для оцінювання рівня шуму;
- метод інтерполяції для визначення набору ділянок для зльоту з поворотом або приземлення з поворотом;
- метод повороту контурів шуму на відповідний кут при нанесенні на мапу аеропорту.

Наукова новизна

- удосконалено спосіб оцінювання шумового навантаження на навколишнє природне середовище від турбореактивних та турбовентиляторних літаків за рахунок розробки моделі розрахунку рівня звуку при одиночному прольоті літака при прямолінійному зльоті, зльоті з поворотом та посадці, що призвело до забезпечення постійного моніторингу рівнів авіаційного шуму та виявлення несприятливих умов щодо перевищення гігієнічних нормативів допустимих рівнів шуму;
- набуло подальшого розвитку застосування автоматизації побудови контурів авіаційного шуму для експлуатації повітряних суден на основі ГІС-платформи, що забезпечує їх відображення на мапі аеропорту.

Критерії оцінки рівнів шуму

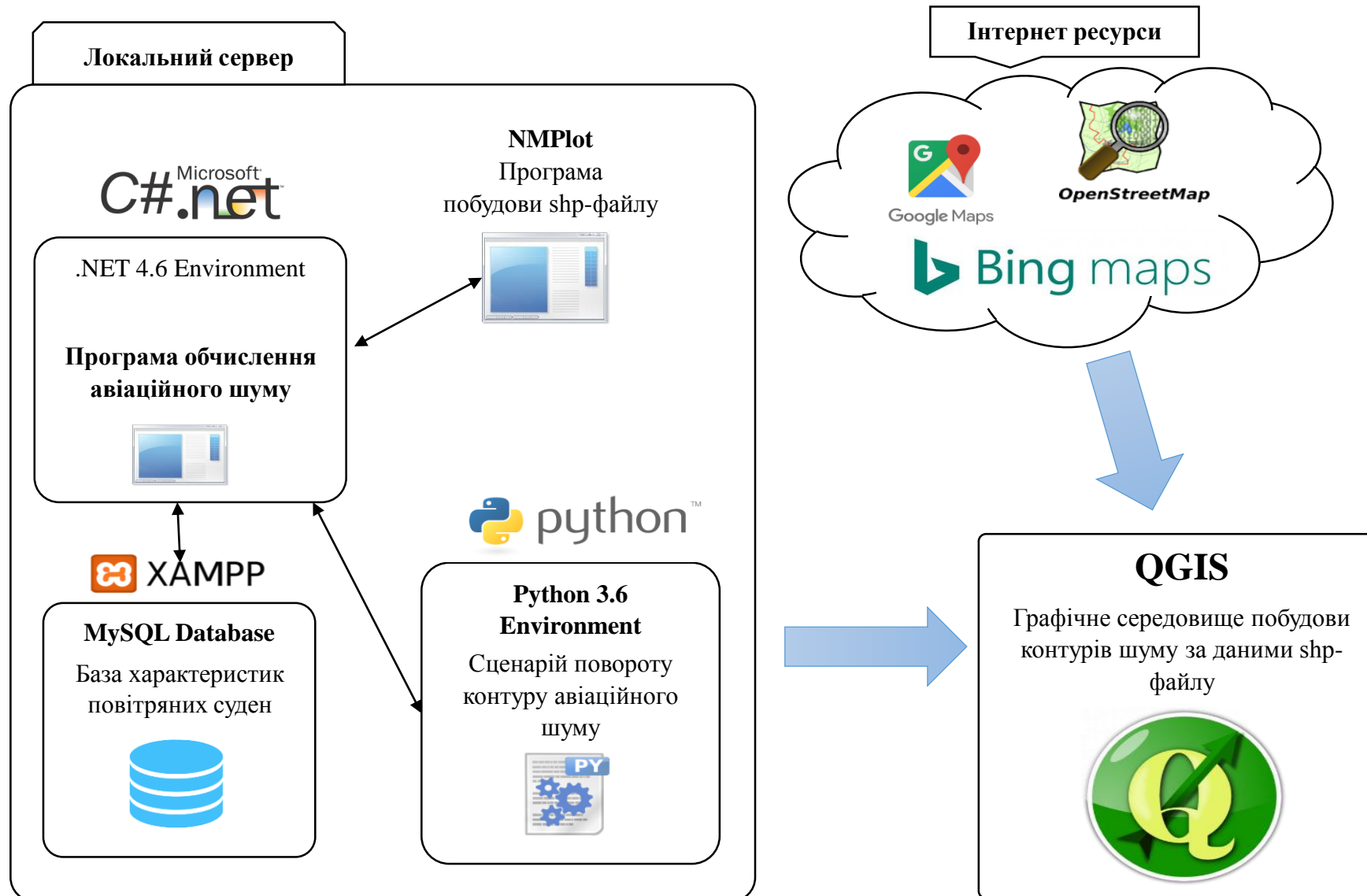
Національні критерії:

- - L_{Amax} – максимальний рівень шуму з коригованою частотною смугою відповідно до шкали «А» стандартного вимірювача шуму;
- - L_{Aeq} – еквівалентний рівень шуму.

Додаткові міжнародні критерії:

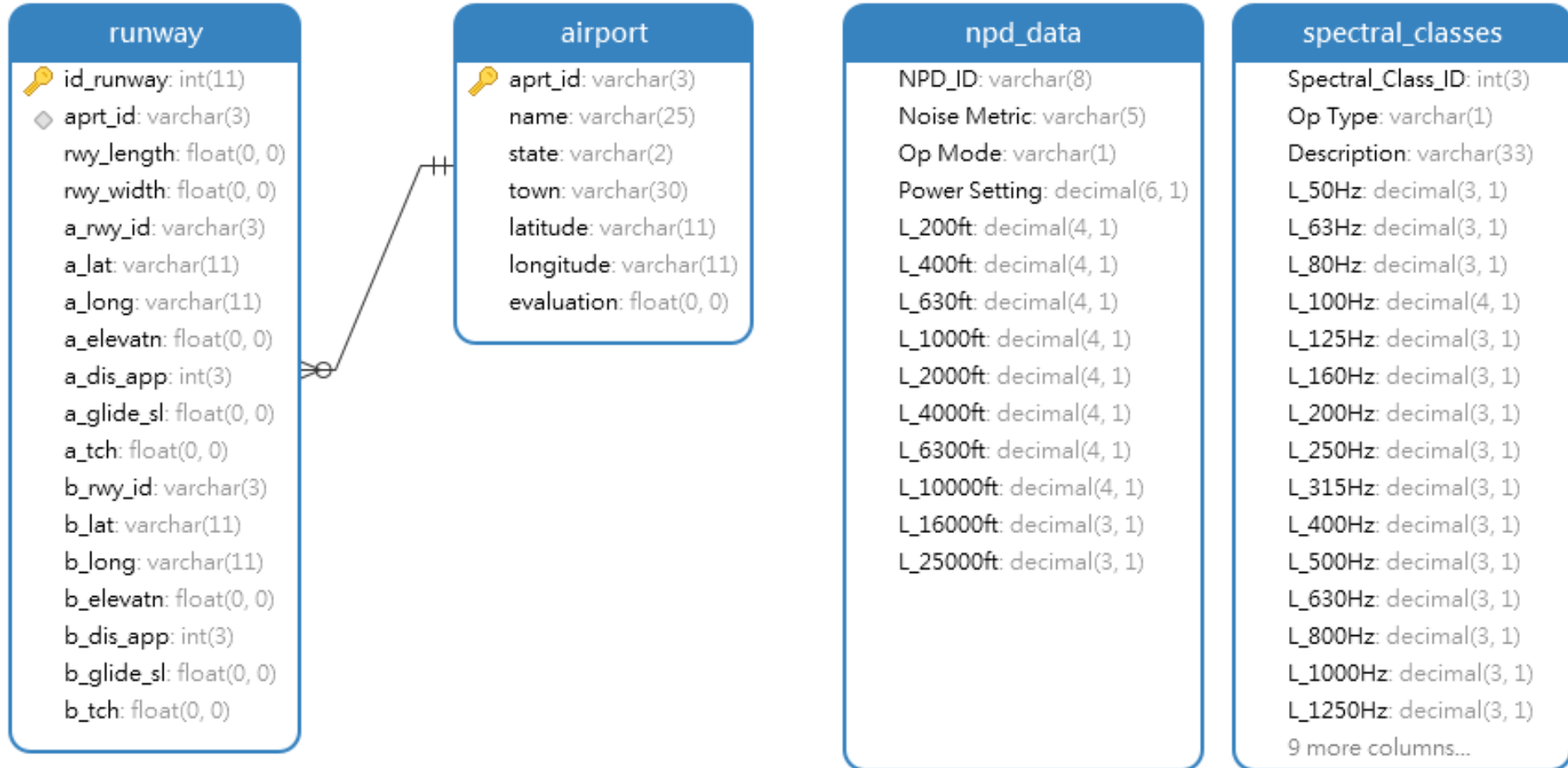
- L_{AeqN} – еквівалентний рівень шуму вночі;
- L_{AeqD} – еквівалентний рівень шуму вдень;
- $L_{Aден}$ – добовий еквівалентний рівень звуку;
- SEL – рівень звукової експозиції або ефективний рівень шуму LAE, EPNL

Архітектура програмної системи



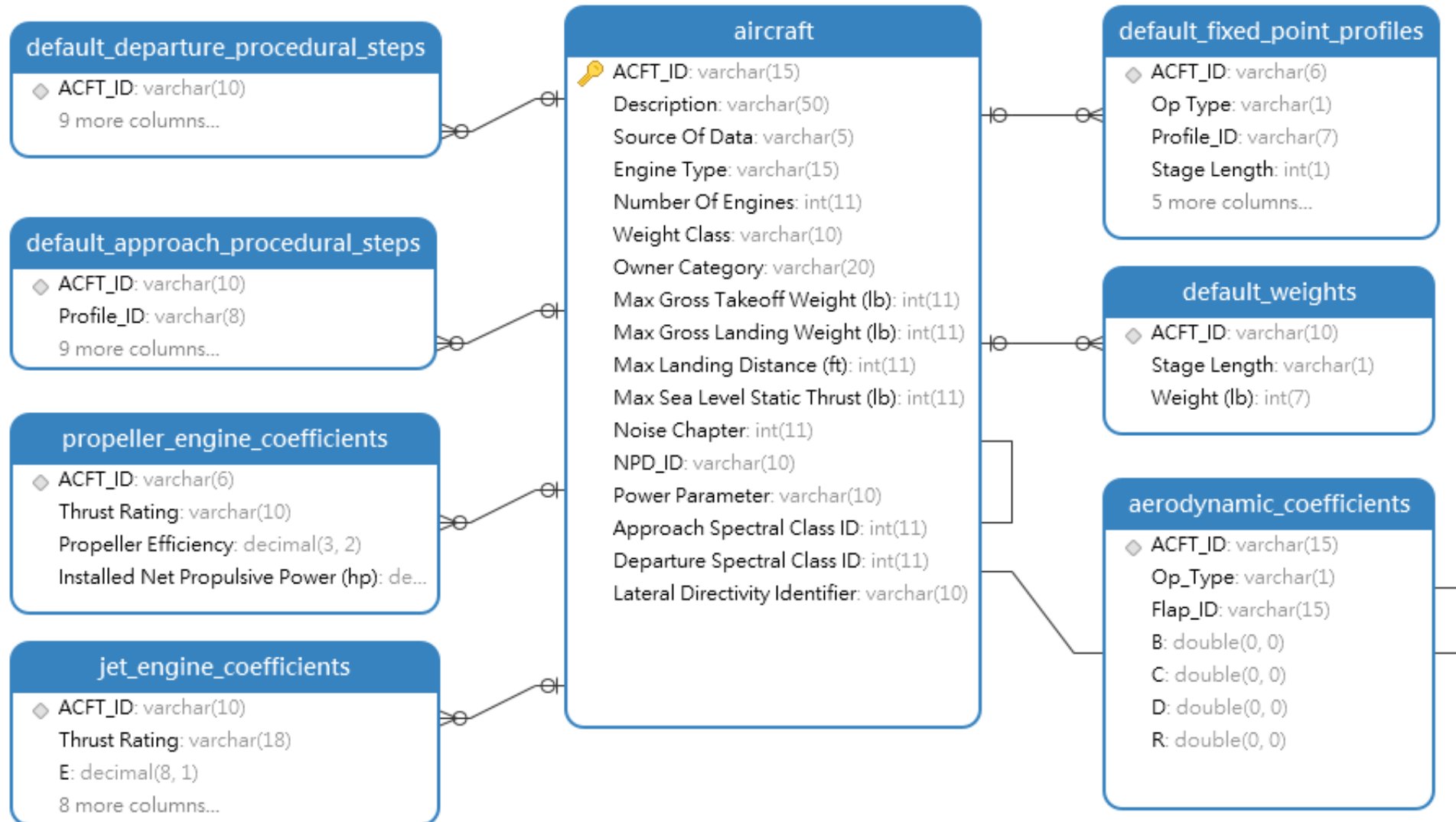
Структура БД

Аеропорти, злітні смуги, шумові характеристики

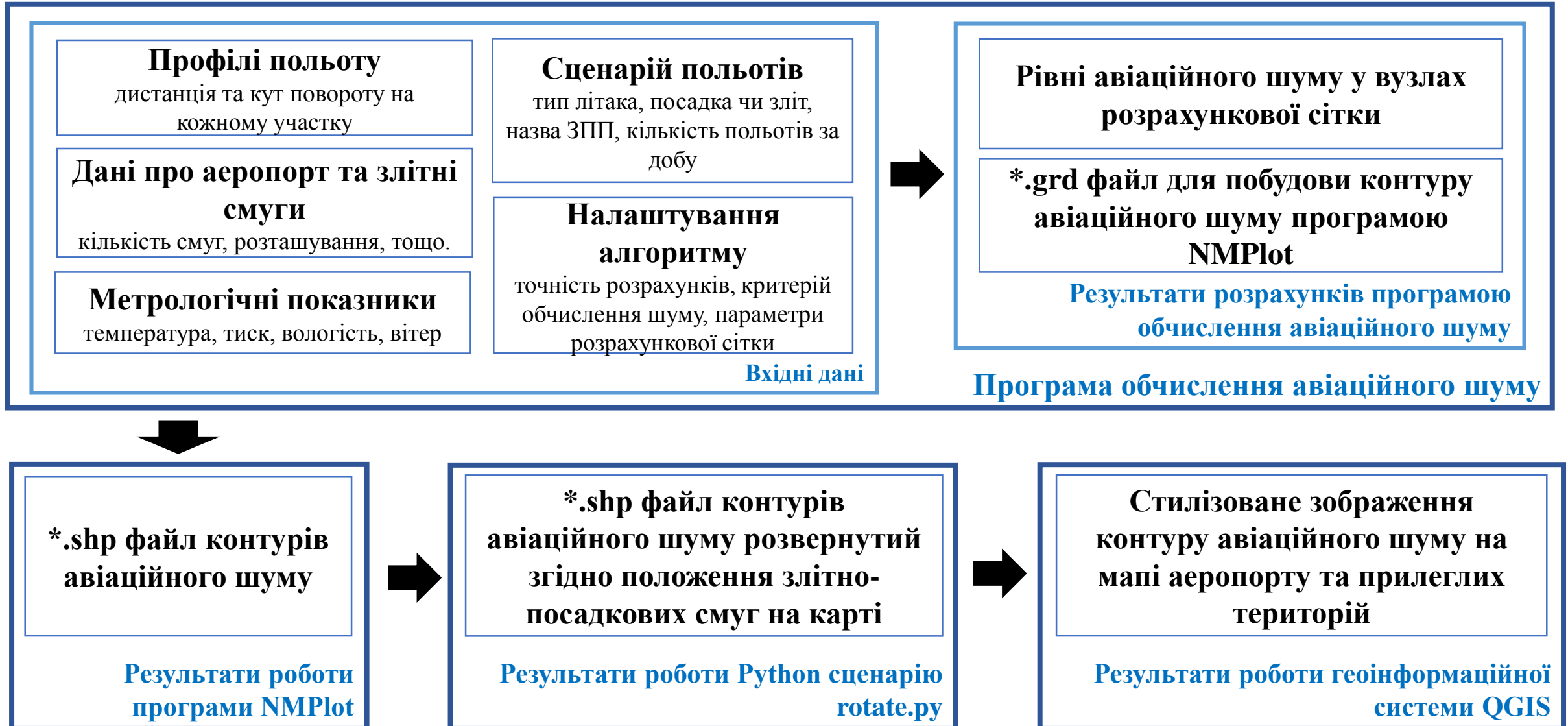


Структура БД

Характеристики повітряних суден



Алгоритм обчислення шуму



Обчислення

Для розгляду етапів набору висоти і зниження літака перед посадкою використовується система з чотирьох диференціальних рівнянь:

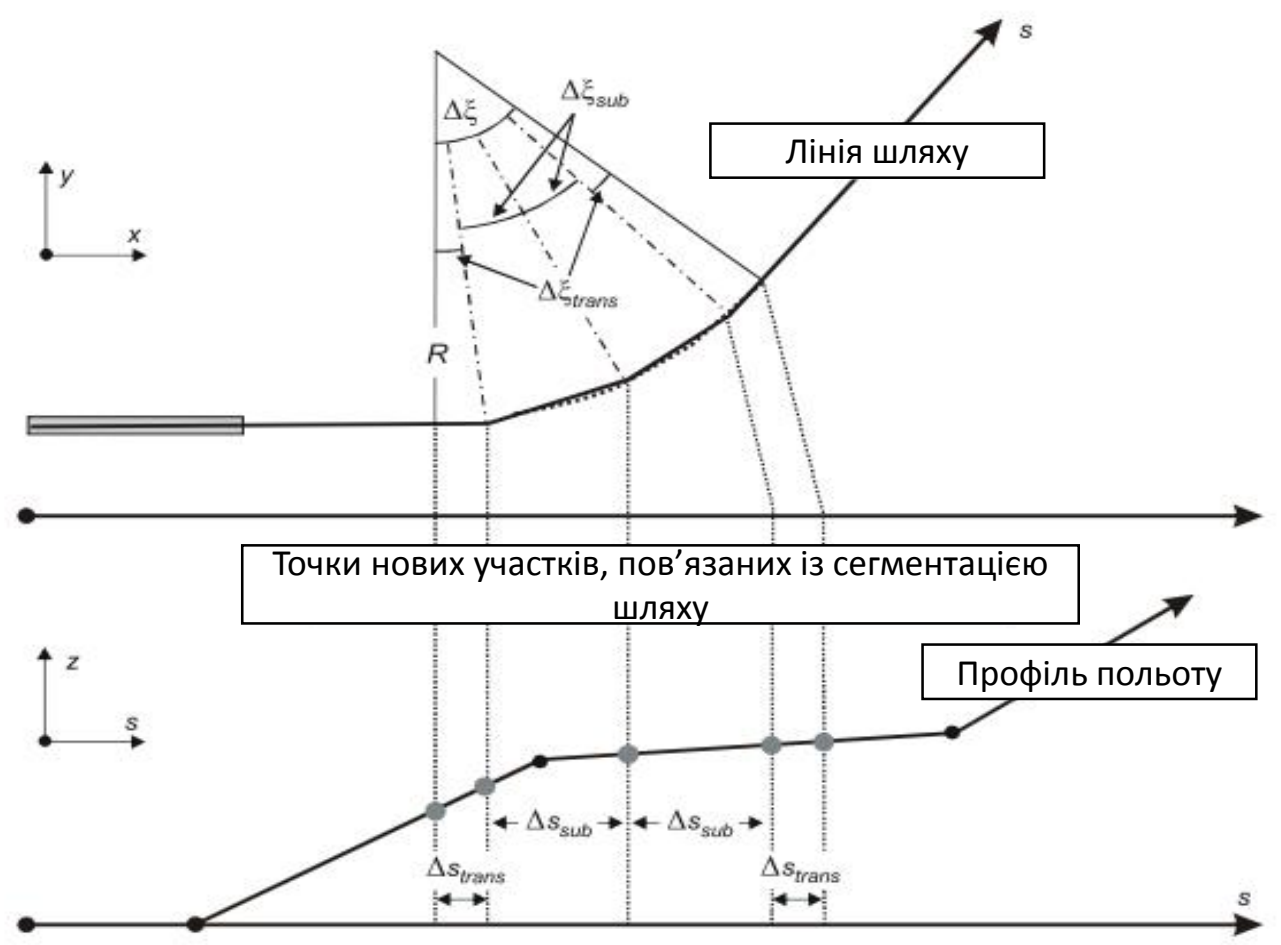
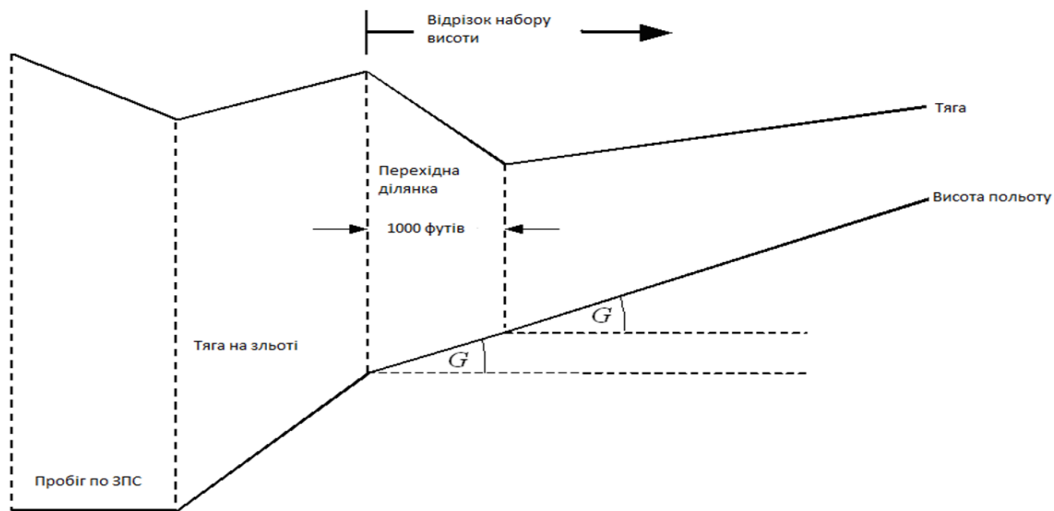
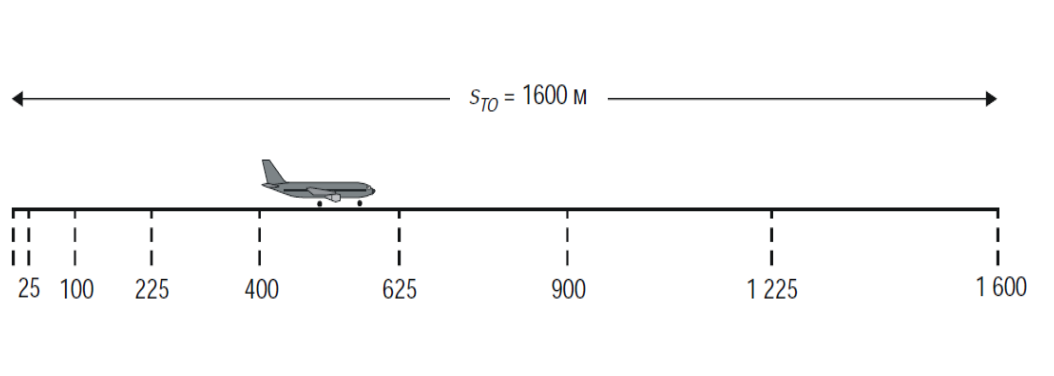
- 1) Розбіг літака на злітно-посадковій смузі.
- 2) Етап розбігу.
- 3) Висота польоту
- 4) Поточна дальність польоту

$$\begin{cases} \frac{dv}{dt} = \frac{P}{m} \cos(v - \Theta - \varphi) - C_{xa} \frac{\rho v^2 S}{2m} - g \sin \Theta; \\ \frac{d\Theta}{dt} = \frac{P}{mv} \sin(v - \Theta - \varphi) + C_{ya} \frac{\rho v^2 S}{2m} - \frac{g}{v} \cos \Theta; \\ \frac{dx}{dt} = v \cos \Theta; \\ \frac{dy}{dt} = v \sin \Theta. \end{cases}$$

У наведеній системі диференціальних рівнянь використовуються наступні фазові траєкторні змінні: швидкість польоту v , кут нахилу траєкторії Θ , поздовжня координата x , вертикальна координата y ; і параметри управління рухом літака: тяга двигунів P , кут відхилення крил δ і кут тангажу $v = (\alpha + \Theta - \varphi)$, де α - кут атаки, φ - кут установки двигунів, C_{xa} - коефіцієнт сили лобового опору, C_{ya} - коефіцієнт аеродинамічної підйомної сили, m - маса літака, ρ - щільність повітря, g - прискорення вільного падіння, S - площа крила літака.

Дана система диференціальних рівнянь розв'язується явним методом Рунге-Кутта 4 порядку з адаптивним кроком.

Сегментація ділянки розбігу та профіль польоту



Інтерфейс користувача

Опис аеропорту, злітно-посадкових смуг, метео параметри

Modeling aircraft noise

Catalogs Program

Airport Input Output Log

Airport

Town : Kiev

Name : Zhulhany

Show on map

Number of runways : 1

Latitude : 50.2406

Longitude : 30.2658

Meteo

Temperature : 15 degrees C

Pressure : 101325 Pa

Humidity : 70 %

Wind : 0 m/s

Runways

Runway name : 08

lat= 50.244 lon= 30.2612

XL : 0.00 ZL : 0.00

XR : 3500.00 ZR : 0.00

RTL : 90.000 RTR : 270.000

Runway name : 26

lat= 50.248 lon= 30.2759

XL : 580.00 ZL : 1330.00

XR : 4080.00 ZR : 1330.00

RTL : 90.000 RTR : 270.000

Tracks

Name of track : FR_26_A_01

Angle : 270.00 Segment : 3

Name : DSTR X : 0.00 Z : 8600.00

Name : DARR X : 90.00 Z : 2500.00

Name : DSTR X : 0.00 Z : 5000.00

Name of track : FR_08_D_01

Angle : 90.00 Segment : 3

Name : DSTR X : 0.00 Z : 5400.00

Name : DARR X : -90.00 Z : 2500.00

Name : DSTR X : 0.00 Z : 15000.00

Інтерфейс користувача

Сценарій польоту, тип ПС, точність розрахунку, критерій розрахунку, розрахункова сітка

Modeling aircraft noise

Catalogs Program

Airport Input Output Log

Events

zhul_An.bt [Load](#) [Save](#)

```
DHC8 D DEFAULT 1 08 DERBO 1 d
DHC830 D DEFAULT 1 08 DERBO 4 d
717200 A DEFAULT 1 26 ARSAB 4 d
DHC8 D DEFAULT 1 08 DERBO 5 d
DHC830 A DEFAULT 1 26 ARSAB 5 d
717200 A DEFAULT 1 26 ARSAB 4 d
A319-131 A DEFAULT 1 26 ARSAB 5 d
A319-131 D DEFAULT 3 08 DERBO 1 d
```

Number of type of events : 8 [+](#) [-](#) [Clear](#) [Reset](#)

Selected airport: Zhulhany

Aircraft : Boeing 747-400/PW4056 [Check in tables](#)

ID of aircraft : 747400 ID of runway : 08

Type of operation : Takeoff Trajectory : ABRUT

Type of procedure : DEFAULT NOFE : 1

Stage length : 9 Daytime : day

Grid

Accuracy : 8

x1 : -5000.0 xDist : 55000.0

z1 : -4000.0 zDist : 8000.0

number of runways : 1

number of tracks : 2

max number of segments : 3

noise criteria : EPNL

Units

mile = 1852.0 m

knot = 0.514444 m/s

pound = 0.453592 kg

foot = 0.304800 m

inch = 2.540000 cm

Points

number of points : 5

	xp	zp
▶ 1	6500	0
2	0	200
3	-500	0
4	-500	500
5	3000	500

xp : [+](#) [-](#)

zp : [Clear](#)

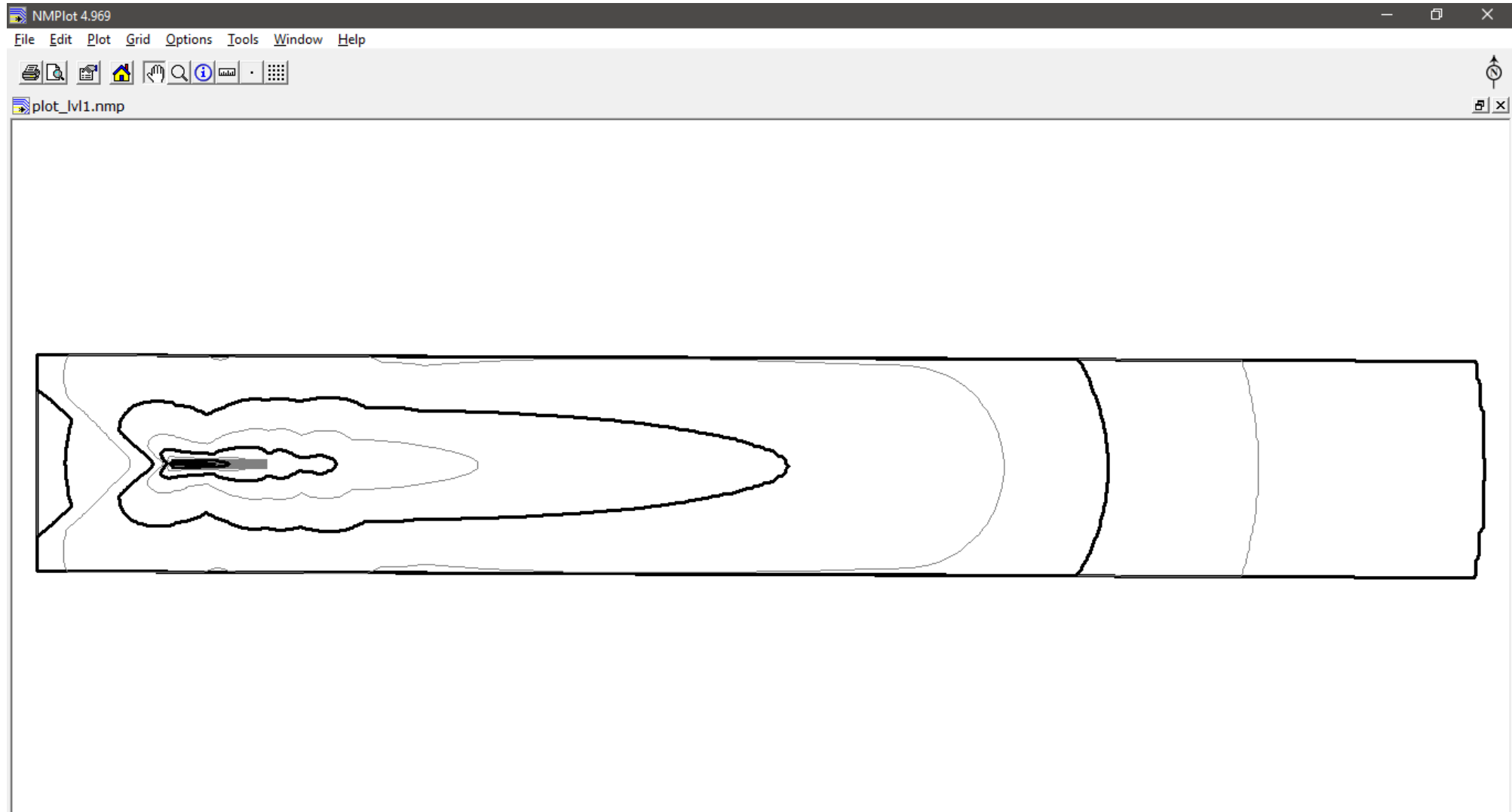
[Run Scenario](#)

[Build Contour in NMPlot](#) [Create Shapefile](#)

[Open project folder](#)

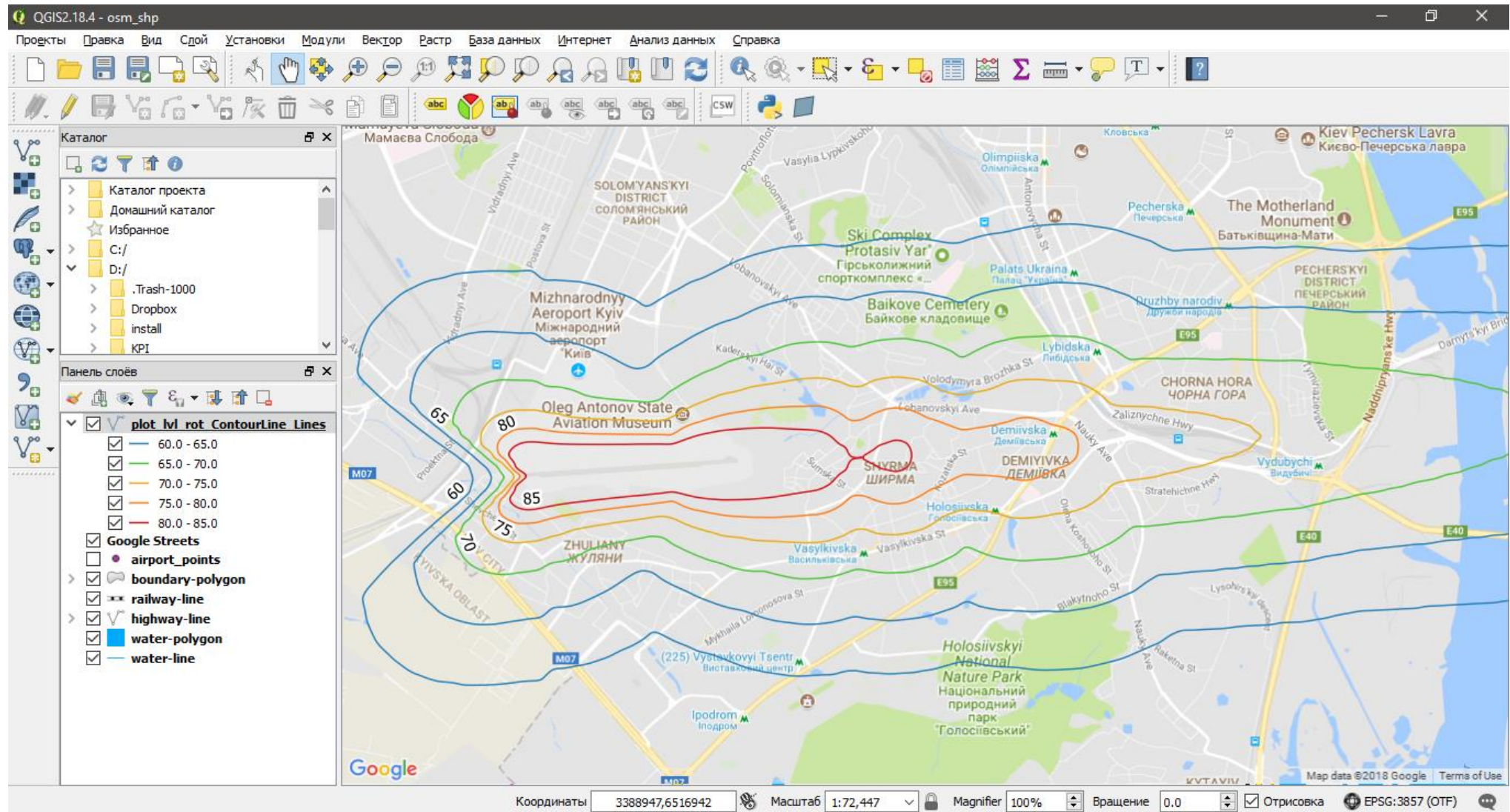
Контури шуму

В програмі NMPlot



Контури шуму

Аеропорт «Київ ім. І. Сікорського» (Жуляни) в QGIS



Висновки

- Проаналізовано міжнародний та національний досвід щодо моделювання рівнів авіаційного шуму з урахуванням нормативно-правових актів щодо авіаційного шуму.
- Удосконалено структуру бази даних з урахуванням акустичних та льотно-технічних характеристик повітряних суден та експлуатаційних даних аеропорту.
- Створено програмне забезпечення для моделювання процесу поширення авіаційного шуму повітряних суден для прямолінійної ділянки злету, злету з поворотом, посадкою та автоматизовано процес побудови контурів авіаційного шуму на основі ГІС-платформи.
- Розширено набір критеріїв оцінювання авіаційного шуму.

Дисертаційна робота виконувалась в рамках ініціативної теми на кафедрі АПЕПС (№ ДР 0117U006085).

Основні положення роботи доповідались на 5 міжнародних конференціях.

Наукові положення дисертації опубліковано у статті журналу «Системи управління, навігації та зв'язку», який входить до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus.

Отримано свідоцтво про авторське право та акт впровадження в Національному авіаційному університеті на кафедрі промислової та цивільної безпеки.