

**Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
Факультет геоінформаційних систем та управління територіями  
Кафедра геоінформатики і фотограмметрії**

# **Звіт аспіранта**

**2-ого року навчання Коля Данила Олексійовича**

**Київ 2022 р.**

# Затвердження теми і керівника

- **Протоколом** з засідання кафедри геоінформатики і фотограмметрії (далі - ГІФ) Київського національного університету будівництва і архітектури (далі – КНУБА) **від 28 жовтня 2020 року № 2** затверджено Індивідуальний навчальний план аспіранта та Індивідуальний план наукової роботи аспіранта.
- **Протоколом № 4 від 24 січня 2021 року** з засідання кафедри геоінформатики і фотограмметрії (ГІФ) Київського національного університету будівництва і архітектури затверджено тему дисертаційної роботи **«Дослідження геодезичних і картометричних методів у геоінформаційному середовищі»**, а також затверджено протоколом № 6 від 26 березня 2021 року з засідання Вченої ради факультету Геоінформаційних систем і управління територіями КНУБА - тему дисертаційної роботи і наукового керівника проф., д-р. техн. наук. Карпінського Юрія Олександровича.
- Протоколом засідання Вченої ради КНУБА № 39 від 29 березня 2021 року було затверджено тему дисертаційної роботи.
- **Протоколом із засідання кафедри геоінформатики і фотограмметрії КНУБА №2 від 26.10.2022** буде перезатверджено тему дисертаційного дослідження та подано на засідання Вченої ради факультету та Вченої ради КНУБА

# Стан виконання дисертаційного дослідження

№	Назва робіт	Стан виконання у відсотках
1	Написання I розділу дисертації «Аналіз сучасного стану та тенденцій застосування геодезичних і картометричних методів у геоінформаційному середовищі»	75%
1.1	Аналіз існуючих сучасних рішень виконання геодезичних і картометричних методів у геоінформаційних системах	100%
1.2	Аналіз нормативно-правової бази за обраним напрямом дисертаційного дослідження	100%
1.3	Аналіз попередніх результатів досліджень за обраним напрямом дисертаційного дослідження, обґрунтування актуальності досліджень та визначення новизни.	100%
1.4	Погодження I розділу дисертації з науковим керівником	0%

# Аналіз сучасного стану та тенденцій застосування геодезичних і картометричних методів у георінформаційному середовищі

Наукові праці кінця ХХ ст. – початку ХХІ ст. в Україні:

Барановський В.Д. (1994, 2004 р.),

Р.М. Літнарівич (1998, 1999),

Ю.О. Карпінський (з 2000 р.),

А.А. Лященко (з 2000 р.)

О.В. Кучер (з 2009 р.)

Наукові праці кінця ХХ ст. – початку ХХІ ст. у світі:

**Греція** – у кооперації із США провели дослідження щодо удосконалення картометричних методів на трьохосному референц-еліпсоїді,

**Індонезія** – послались на попередні роботи аспіранта щодо використання функції визначення площ геопросторових об'єктів строгими математичними методами

**Китай**

**Польща** – праці 2022 року мають характер конкуренції із С. Karney.

**Словенія** – геодезичні і картометричні методи були досліджені для об'єктів адміністративно-територіального устрою Словенії.

**Сполучені Штати Америки** – праці С. Karney не враховують досвід та результати наукових праць у II пол. ХХ ст., хоч і мають гучні заголовки («революція», «загальні алгоритми»).

Наукові праці у II пол. ХХ ст.

**Ф.Н. Красовського** (перевидання 1955 р.)

М.М. Волков (1950 р.),

Б.Н. Рабінович (1951 р.),

**П. С. Закатов** (1976 р.),

Л.П. Пеллінен (1978 р.),

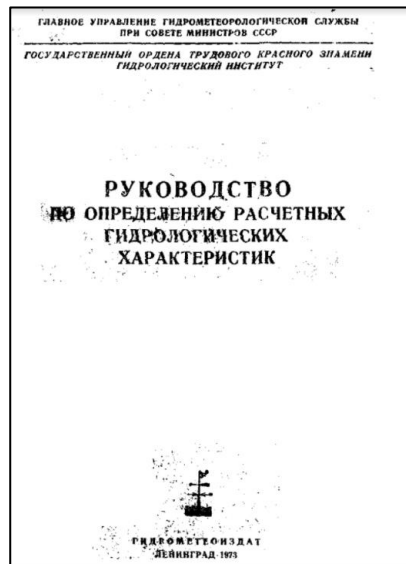
Д. М. Кудрицький (1978 р.),

**В.П. Морозов** (1979 р.),

Н.В. Яковлєв (1982 р.),

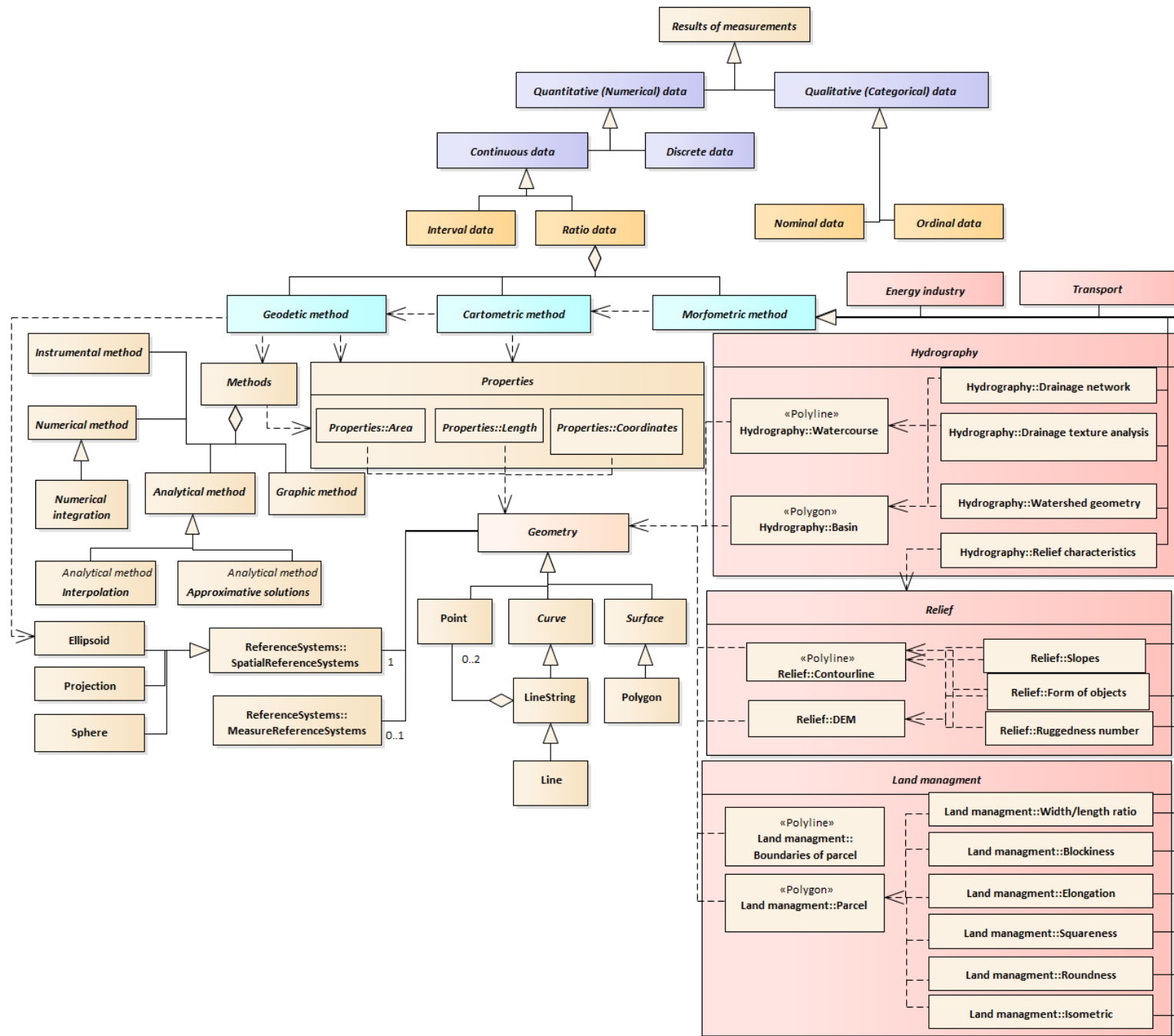
З.С. Хаїмов (1988 р.),

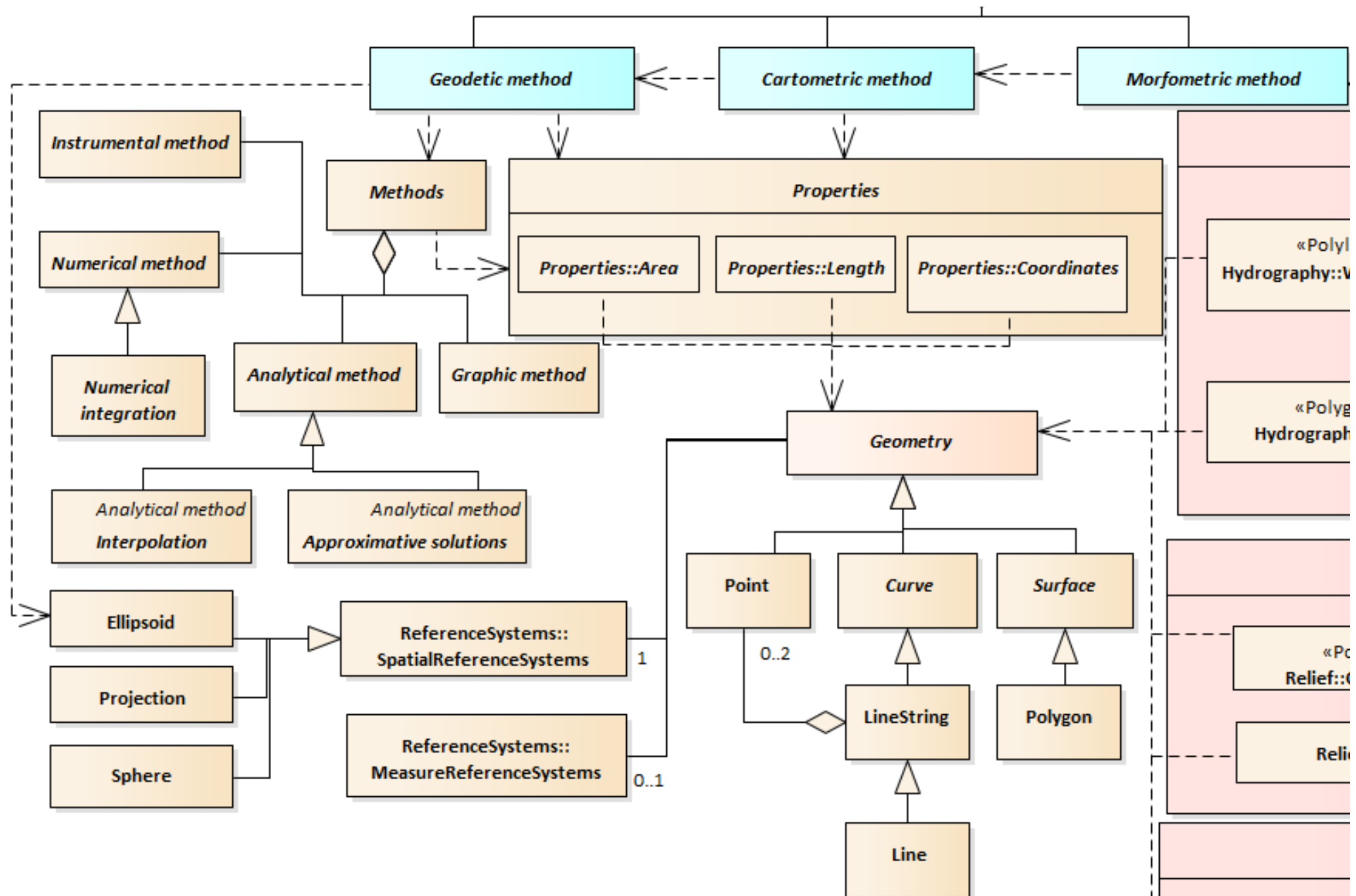
Бугаєвський Л. М. (1998 р.)



# Стан виконання дисертаційного дослідження

№	Назва робіт	Стан виконання у відсотках
2	Написання II розділу дисертації «Дослідження можливостей стандартних засобів ГІС для виконання геодезичних і картометричних методів»	80%
2.1	Формування каталогу та класифікація геодезичних і картометричних методів, що будуть дослідженні у роботі. (перелік методів визначено)	75%
2.2	Математичне обґрунтування геодезичних і картометричних методів	100%
2.3	Вирішення емпіричного завдання визначення можливостей стандартних засобів ГІС для виконання геодезичних і картометричних методів	100%
2.4	Реалізація геодезичних і картометричних методів у середовищі MATLAB	75%
2.5	Погодження II розділу дисертації з науковим керівником	0%





# Формування каталогу та класифікація геодезичних і картометричних методів, що будуть дослідженні у роботі

Table B.11 — Requirements for a coordinate operation

Coordinate operation			
Attribute name	Obligation/Condition	Maximum occurrences	Attribute description
<b>Coordinate Operation Description:</b> A coordinate operation that is either a conversion, where the output coordinates are referenced to the same datum as are the input coordinates, or a transformation, where the output coordinates are referenced to a second datum/CRS. The parameter values describing coordinate conversions are defined rather than empirically derived. Coordinate transformations are empirically derived, requiring a quality attribute.			
Coordinate operation name	M	1	This is the primary name for the coordinate operation. Aliases and other identifiers may be given through the attributes alias and identifier.
Coordinate operation identifier	M	1	An identifier by which this coordinate operation is referenced.
Coordinate operation alias	O	N	An alias by which this coordinate operation is known.
Coordinate operation scope	M	1	Description of usage, or limitations of usage, for which this coordinate operation is valid. If unknown, enter "not known".
Coordinate operation remarks	O	1	Comments on or information about this coordinate operation, including data source information.
Source CRS name	C	1	This is <a href="#">Table B.12</a>
Source CRS identifier	C	1	An identifier
Target CRS name	C	1	This is <a href="#">Table B.12</a>
Target CRS identifier	C	1	An identifier
<b>Condition:</b> These attributes are mandatory in a coordinate operation. These attributes are not used in a coordinate conversion (i.e. <a href="#">Table B.12</a> )			
Coordinate operation extent	M	1	Geographic extent <a href="#">Table B.12</a>

Структура каталогу геодезичних і картометричних методів, які буде досліджено, повинна відповідати вимогам міжнародного стандарту **ISO 19127:2019 (E) Geographic information – Geodetic register.**

Table B.12 — Requirements for a coordinate operation method

Coordinate operation method			
Attribute name	Obligation/Condition	Maximum occurrences	Attribute description
<b>Coordinate Operation Method Description:</b> The method (algorithm or procedure) used to perform the coordinate operation.			
Coordinate operation method name	M	1	This is the primary name for the coordinate operation method. Aliases and other identifiers may be given through the attributes alias and identifier.
Coordinate operation method identifier	M	1	An identifier by which this coordinate operation method is referenced.
Coordinate operation method alias	O	N	An alias by which this coordinate operation method is known.
Coordinate operation method remarks	O	1	Comments on or information about this coordinate operation method, including data source information.
Coordinate operation method source citation	M	N	Source citation information – ISO 19115-1:2014, B.3.2.1 (refer to <a href="#">Table B.16</a> ).
Coordinate operation method source citation identifier	M	N	An identifier which references elsewhere the coordinate operation method source citation's defining information (refer to <a href="#">Table B.16</a> ).
Coordinate operation parameter name	M	1	Repeat for the number of parameters referred to in the formula (refer to <a href="#">Table B.13</a> ).



# Математичне обґрунтування геодезичних і картометричних методів

Визначено два випадки: масштабний коефіцієнт  $m_0 = 1$  або  $m_0 \neq 1$ . Для проекції Гаусса-Крюгера  $m_0 = 1$ , тому:

$$\frac{dx}{dq} = m_0 r = N \cos B \quad (1)$$

$$\frac{d^2x}{dq^2} = -m_0 r \sin B = -N \cos B \sin B \quad (2)$$

За теоремою Менґе (властивості кривини на поверхні):

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \quad r = \frac{N \cos B \sin B}{\sin B} = N \cos B = \frac{a \cos B}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \quad (3)$$

З формул (1) – (3) слідує, що абсциса і ордината визначаються за формулами (4) і (5):

$$x = X - \frac{l^2}{2!} \left( \frac{a \cos B}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \right)'' + \frac{l^4}{4!} \left( \frac{a \cos B}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \right)^{(4)} + \dots + r^{(n+2)} \frac{l^{(n+2)}}{(n+2)!} \quad (4)$$

$$y = r \cdot l - \frac{l^3}{3!} \left( \frac{a \cos B}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \right)''' + \frac{l^5}{5!} \left( \frac{a \cos B}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \right)^{(5)} + \dots + r^{(n)} \frac{l^n}{n!} \quad (5)$$

За науковими працями:

**Ф.Н. Красовського** (перевидання 1955 р.),

**П. С. Закатов** (1976 р.),

**В.П. Морозов** (1979 р.)

Ряд Тейлора:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} (x - x_0)^k =$$

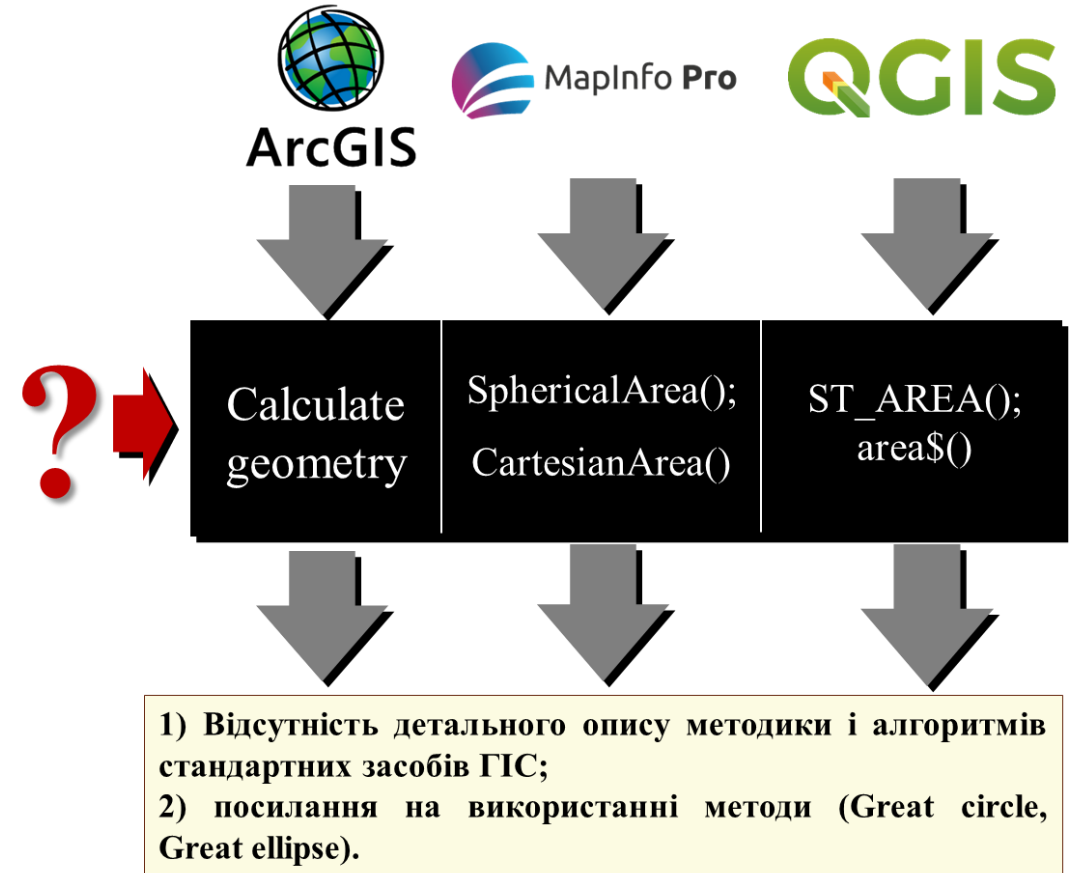
$$= f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!} (x - x_0)^2 + \dots + \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} (x - x_0)^k + \dots$$

де  $N$  – радіус кривини першого вертикала;  $r$  – радіус кривини паралелі референц-еліпсоїду;  $a$  – велика піввісь референц-еліпсоїда;  $e$  – перший ексцентриситет еліпсоїда;  $x, y$  – плоскі прямокутні координати точки в проекції Гаусса-Крюгера, м;  $l$  – відстань від точки, яка визначається, до осьового меридіана зони;  $B$  – геодезична широта точки геопросторового об'єкта;  $n$  – порядковий номер члена ряду Тейлора;  $m_0$  – масштабний коефіцієнт.

# Вирішення емпіричного завдання визначення можливостей стандартних засобів ГІС для виконання геодезичних і картометричних методів

Спростовано і підтверджено чотири гіпотез щодо визначення застосування певної математичної моделі Землі для картометричних операцій у ГІС-продуктах:

- гіпотеза № 1 підтверджена (від 0 до 6 м<sup>2</sup>): геодезичні і картометричні операції виконуються у Декартовій системі координат;
- гіпотеза № 2 спростована (від -3444,24 м<sup>2</sup> до -0,01 м<sup>2</sup>): геодезичні і картометричні операції не виконуються в проекції Гаусса-Крюгера;
- гіпотеза № 3 спростована: геодезичні і картометричні операції не виконуються на сфері;
- гіпотеза № 4 спростована (від 3531,79 м<sup>2</sup> до 3384,52 м<sup>2</sup>): геодезичні і картометричні операції не виконуються на еліпсоїді, **окрім ПЗ QGIS** (від 7,02 м<sup>2</sup> до 14,45 м<sup>2</sup>).



# Реалізація геодезичних і картометричних методів у середовищі MATLAB

```
Editor - D:\KNUCA dissertation\Practics_result\BL_to_xy_parametr.m*
BL_to_xy_parametr.m* x simpsons.m x simpson_NOT_corrected.m x Exp_2_BL_to_xy.m x diff.m x sym.m x geodarea.m x
1 - a=6378245 ; % велика піівісь еліпсоїда, м
2 - e=sqrt(0.0066934216); % перший ексцентриситет еліпсоїда
3 - p=57.29577951308; % градусів в 1 радіані
4 - % Інтегрування довжини дуги меридіана методом Сімпсона, Матлаб
5 - F=@(B) (1-0.0066934216.*(sin(B).^2)).^(-3/2);
6 - I=simpsons(@(B) (1-0.0066934216.*(sin(B).^2)).^(-3/2),0,B/57.29577951308,1000);
7 - X=a*(1-e^2).*I;
8 - i=diff(X);
9 - F1=@(B2) a*(1-e^2).*(1-0.0066934216.*(sin(B2).^2)).^(-3/2);
10 - F5=@(B2) (1-0.0066934216.*(sin(B2).^2)).^(-3/2);
11 - %cos(x)/((1-(e^2)*(sin(x)^2)).^(1/2));
12
13 - h=numel(q);
14 - fact=factorial(q);
15 - n=6;
16 - l=(30 - (3 + 6*(n - 1)))/57.29577951;
17 - syms x;
18 - df= cos(x)/((1-(e^2).*(sin(x).^2)).^(1/2));
19 - h=numel(q);
20
21 - for k=1:h
22 -     dif_b(k) = diff(df,k)
23 -     j(k)=1.^k;
24 -     v(k)=dif_b(k).*j(k)/fact(k);
25 - end
26 - result=v
```

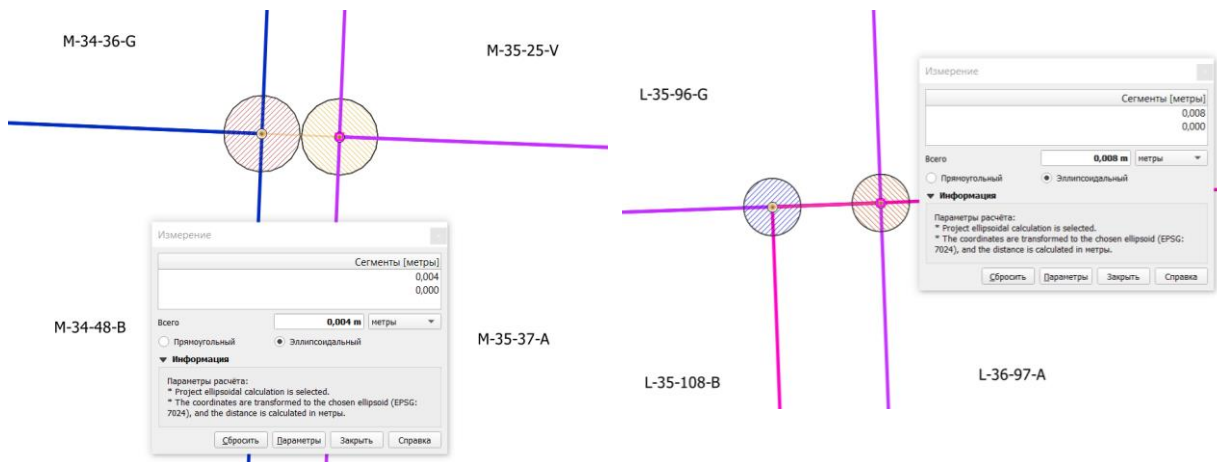
## Вихідні дані для експериментів у MATLAB:

1. Математичні моделі, які описані в обґрунтуванні (умова конформного зображення еліпсоїда на поверхні, теорема Меньє, ряд Тейлора тощо);
2. Тестова модель масиву координат у геодезичних і прямокутних систем координат;
3. Масив координат, запропонований науковцями (Ю.О. Карпінським, С. Karney та ін.);
4. Методи реалізовані С. Karney та ін. у MATLAB.

Фрагмент інтерфейсу MATLAB та коду функції визначення геодезичних координат за прямокутними у проекції Гаусса-Крюгера

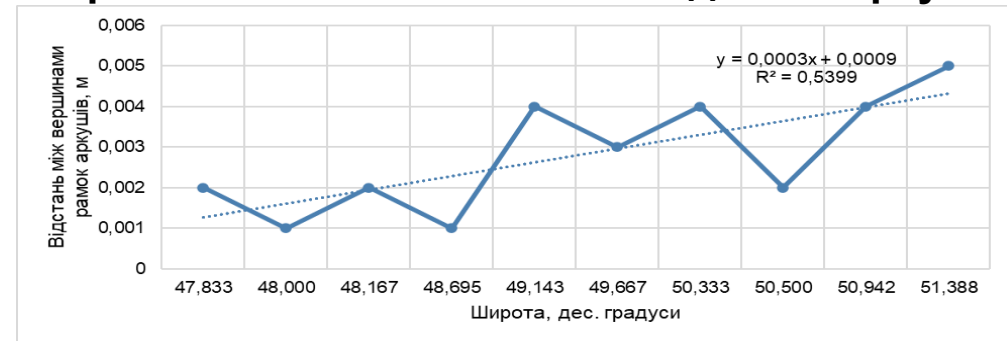
# Апробація дисертаційного дослідження

Мета цієї роботи – дослідження топологічної неузгодженості під час зшивання та зведення рамок суміжних аркушів цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 із застосуванням строгих аналітичних геодезичних методів на референц-еліпсоїді у геоінформаційному середовищі. **Практична значущість досліджень полягає у використанні строгих аналітичних геодезичних методів, які значно мінімізують величини розривів і накладань, оскільки встановлення допусків для цих величин не дозволяє автоматизувати процес коректного зшивання та зведення аркушів топографічних карт.**

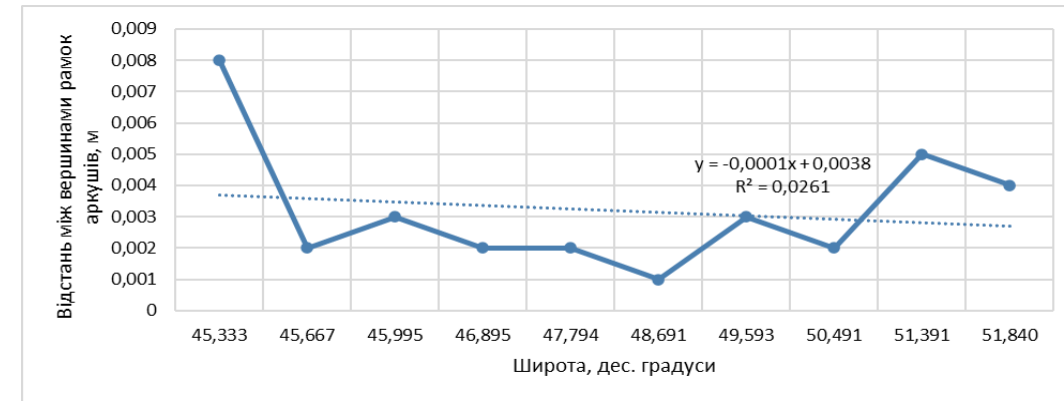


*Відстань між вершинами номенклатурних рамок аркушів масштабу 1:50 000 4-ої та 5-ої зон проекції Гаусса-Крюгера (приклад розривів)*

*Відстань між вершинами номенклатурних рамок аркушів масштабу 1:50 000 5-ої та 6-ої зон проекції Гаусса-Крюгера (приклад накладання)*



*Зміна відстаней між вершинами номенклатурних рамок аркушів масштабу 1:50 000 4-ої та 5-ої зон проекції Гаусса-Крюгера*



*Зміна відстаней між вершинами номенклатурних рамок аркушів масштабу 1:50 000 5-ої та 6-ої зон проекції Гаусса-Крюгера*

Kin D. & Karpinskyi Yu. (2022). The phenomenon of topological inconsistencies of frames of map sheets during the creation of the Main state topographic map. ITCGCap. Volume 95. p. 103 – 112. DOI: <http://dx.doi.org/10.23939/istcgcap2022.95.103>

<https://www.researchgate.net/publication/362114003> The phenomenon of topological inconsistencies of frames of map sheets during the creation of the Main state topographic map

# Наукова робота за обраним напрямом дисертаційного дослідження

▪ Оpubліковано статтю у журналі «МНТЗ «Геодезія, картографія і аерофотознімання»», що індексується у наукометричній базі Index Copernicus та є фаховим журналом категорії «Б»»:

1. Kin D. & Karpinskyi Yu. (2022). The phenomenon of topological inconsistencies of frames of map sheets during the creation of the Main state topographic map. ISTCGCAP. Volume 95. p. 103 – 112. DOI: <http://dx.doi.org/10.23939/istcgcap2022.95.103>

▪ Взято участь у 8 міжнародних науково-практичних конференціях

1. XXVI Міжнародна науково-технічна конференція “Геофорум-2021”, 9-11 квітня 2021- Львів;
2. **6th FIG Young Surveyors Conference 2021, the FIG YSN e-Conference 2021, Netherlands, 2021;**
3. **International Cartographic Association, The 30th International Cartographic Conference, Florence, Italy, 14–18 December 2021;**
4. 9th International Scientific Conference on Sustainability in Energy and Environmental Science, June 22-24 2022, Ivano-Frankivsk, Ukraine;
5. **2022 International Geoinformatics Summer School (Online), August 21-27, 2022, Wuhan University, China;**
6. **The FIG Congress 2022, the FIG YSN e-Conference 2022, September 11-15, 2022, Warsaw, Poland;**
7. Міжнародна науково-практична конференція «Новітні технології та досягнення земельного адміністрування та територіального планування», жовтень 2022, Харків, Україна;
8. The International conference of young professionals GeoTerrace-2022, October 2022, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine.