


НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кафедра геодезії та картографії


«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан факультету землевпорядкування
Свсюков Т.О.
_____ 2023 р.

«СХВАЛЕНО»
на засіданні кафедри геодезії та картографії
Протокол № 12 від «10» травня 2023 р.
Завідувач кафедри
 Ковальчук І.П.

«РОЗГЛЯНУТО»
Гарант ОП «Геодезія та землеустрій»
Гарант ОП
 Ковальчук І.П.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

GNSS СПОСТЕРЕЖЕННЯ В ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ ГЕОДЕЗІЇ

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 193 – Геодезія та землеустрій
освітня програма Геодезія та землеустрій
факультет землевпорядкування
Розробники: професор кафедри геодезії та картографії, д.е.н., доц., Опенько І. А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни
GNSS СПОСТЕРЕЖЕННЯ В ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ ГЕОДЕЗІЇ
(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітній ступінь	<i>Бакалавр</i>	
Спеціальність	<i>193-«Геодезія та землеустрій»</i>	
Освітня програма	<i>«Геодезія та землеустрій»</i>	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Нормативна (вибіркова)	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	3	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)	-	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	3	-
Семестр	6	-
Лекційні заняття	30 год.	_____ год.
Практичні, семінарські заняття	30 год.	_____ год.
Лабораторні заняття	_____ год.	_____ год.
Самостійна робота	60 год.	_____ год.
Індивідуальні завдання	_____ год.	_____ год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних	4 год.	

2. Мета і завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є теоретична і практична підготовка студентів з питань супутникової навігації та засвоєння методів побудови зйомочного обґрунтування і застосування глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) при вирішенні геодезичних і землепорядних задач.

Основними завданнями вивчення дисципліни «GNSS спостереження в прикладних задачах геодезії» виступають:

- вивчення основних принципів роботи та побудови існуючих і перспективних супутникових навігаційних систем;
- освоєння методів GNSS-спостереження при вирішенні прикладних задач геодезії;
- набуття практичних навичок при роботі на сучасному устаткуванні, що функціонує в реальному часі в інформаційному просторі, створеному діючою GNSS;
- аналіз впливу різних зовнішніх факторів на процес GNSS-спостережень;

Основні питання, що розглядаються при вивченні дисципліни :

- аналіз сучасних супутникових систем, які утворюють GNSS (NAVSTAR GPS, Glonass, Galileo, BeiDou, QZSS, IRNSS);
- сфери застосування GNSS технологій;
- методи GNSS-вимірювань;
- багатозадачність і точність GPS;
- планування супутникових спостережень;
- будова та функціональні характеристики сучасних GNSS приймачів;
- вивчення структури файлу GPS – сигналу та файлу спостереження у форматі RINEX;
- проектування геодезичної супутникової мережі;

- опрацювання результатів GNSS спостережень в супутникових геодезичних мережах.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен оволодіти компетентностями:

інтегральна компетентність (ІК): здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі геодезії та землеустрою.

загальні компетентності (ЗК):

ЗК01.Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК02.Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК06.Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК07.Здатність працювати автономно.

ЗК08.Здатність працювати в команді.

ЗК10.Здатність здійснювати безпечну діяльність.

спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

СК01. Здатність аналізувати явища природного і техногенного походження, з точки зору фундаментальних знань та використовувати їх у сфері геодезії і землеустрою.

СК02. Здатність застосовувати теорії, принципи, методи та підходи фізико-математичних, природничих, соціально-економічних, інженерних наук, розрахунки при вирішенні завдань геодезії і землеустрою.

СК03. Здатність застосовувати державні стандарти, нормативно-правові акти, довідкові матеріали, технічні умови, інструкції та інші нормативно-розпорядчі документи у професійній діяльності.

СК04. Здатність обирати та використовувати ефективні методи, технології та обладнання для здійснення професійної діяльності у сфері геодезії і землеустрою.

СК05. Здатність застосовувати сучасне інформаційне, технічне та технологічне забезпечення для вирішення складних задач геодезії і землеустрою.

СК06. Здатність здійснювати дистанційні, наземні, польові та камеральні дослідження, а також інженерні розрахунки в геодезії та землеустрою, оформлювати результати досліджень, готувати відповідні звіти

СК07. Здатність збирати, оновлювати, обробляти, критично оцінювати, інтерпретувати, зберігати, оприлюднювати та використовувати геопросторові дані та метадані щодо об'єктів природного та техногенного походження.

СК09. Здатність застосовувати інструменти, прилади, обладнання, устаткування для розв'язання задач геодезії і землеустрою.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПН4. Знати та застосовувати у професійній діяльності нормативно-правові акти, нормативно-технічні документи, довідкові матеріали в сфері геодезії та землеустрою і суміжних галузей.

ПН7. Виконувати обстеження і вишукувальні, топографо-геодезичні, картографічні, проектні та проектно-вишукувальні роботи при виконанні професійних завдань з геодезії та землеустрою.

ПН8. Брати участь у створенні державних геодезичних мереж та спеціальних інженерно-геодезичних мереж, організувати та виконувати топографічні та кадастрові знімання, геодезичні вимірювання, інженерно-геодезичні вишукування для проектування, будівництва та експлуатації об'єктів будівництва.

ПН10. Обирати і застосовувати інструменти, обладнання, устаткування та програмне забезпечення, які необхідні для дистанційних, наземних, польових і камеральних досліджень у сфері геодезії та землеустрою.

ПН11. Організувати та виконувати дистанційні, наземні, польові і камеральні роботи в сфері геодезії та землеустрою, оформляти результати робіт, готувати відповідні звіти.

ПН12. Розробляти документацію із землеустрою, кадастрову документацію і документацію з оцінки земель із застосуванням комп'ютерних технологій, геоінформаційних систем та цифрової фотограмметрії, наповнювати даними державний земельний, містобудівний та інші кадастри.

PH13. Планувати і виконувати геодезичні, топографічні та кадастрові знімання, опрацювати отримані результати у геоінформаційних системах.

PH14. Планувати складну професійну діяльність, розробляти і реалізовувати проекти у сфері геодезії та землеустрою за умов ресурсних та інших обмежень.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1 «GNSS-спостереження, сутність та завдання»												
Тема 1. Вступ до дисципліни «GNSS-спостереження в прикладних задачах геодезії»	8	2	2			4						
Тема 2. Структура роботи GNSS	8	2	2			4						
Тема 3. Основні чинники, що впливають на точність GNSS-спостереження	8	2	2			4						
Тема 4. Джерело похибок при GNSS-спостереженні	8	2	2			4						
Тема 5. Супутникова апаратура при GNSS-спостереженні	8	2	2			4						
Разом за змістовим модулем 1	40	10	10			20						
Змістовий модуль 2 «Основні методи позиціювання та похибки при GNSS-спостереженні в прикладних задачах геодезії»												
Тема 1. Системи часу	16	4	4			8						
Тема 2. Сучасний стан глобальної супутникової системи	8	2	2			4						
Тема 3. Поняття про мережі перманентних станцій та використання їх даних при GNSS – спостереженні	16	4	4			8						
Разом за змістовим модулем 2	40	10	10			20						
Змістовий модуль 3 «Проектування геодезичної супутникової мережі за допомогою GNSS-спостережень»												
Тема 1. Опрацювання даних GNSS – спостереження	8	2	2			4						
Тема 2. Побудова геодезичних мереж супутниковими методами	8	2	2			4						
Тема 3. Проектування і планування робіт при супутникових вимірюваннях	8	2	2			4						
Тема 4. Метрологічна атестація супутникових приймачів	16	4	4			8						
Разом за змістовим модулем 3	40	10	10			20						
Усього годин	120	30	30			60						
Курсовий проект (робота) з _____ _____ (якщо є в робочому		-	-	-		-						

навчальному плані)												
Усього годин	120	30	30			60						

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи GNSS – вимірювань	2
2	Багатозадачність і точність GPS	2
3	Планування супутникових спостережень (GNSS - planning)	2
4	Будова та функціональні характеристики комплекту приймача Elnav i70	2
5	Будова та функціональні характеристики комплекту приймача Elnav M3	2
6	Будова і технічні характеристики комплекту GPS приймачів Sokkia Stratus	2
7	Вивчення структури файлу GPS – сигналу та файлу спостереження у форматі RINEX	2
8	Програмне забезпечення для постопрацювання даних GPS спостереження – «GNSS Solutions»	2
9	Робота з архівом SOPAC міжнародної служби IGS. Опрацювання супутникових даних спостереження.	2
10	Аналіз приватних мереж для забезпечення коригування даних GNSS- спостереження (System Solutions, Компанія «ТНТ ТПІ», ZAKPOS)	2
11	Вивчення інтерфейсу програмного забезпечення LandStar 7	2
12	GNSS – вимірювання в режимі реального часу RT (RTK) приймачами Elnav i70, Elnav M3 (використовуючи річну підписку від System Solutions для навчальних цілей)	2
13	Налаштування GPS-приймачів Sokkia Stratus у режим вимірювання Static. Оновлення альманаху.	2
14	Методика вимірювання GPS приймачами Sokkia Stratus (L1) у режимі Static. Створення базису за допомогою GNSS спостереження (диференційний метод).	2
15	Постопрацювання даних в GNSS Solutions.	2

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Порівняння різних методів GNSS-спостережень	4
2	Оцінка точності GNSS-спостережень	4
3	Порівняння різних методів планування супутникових спостережень для GNSS	4
4	Використання GNSS для здійснення зйомки відкритих міських територій	4
5	Створення порівняльної таблиці характеристик GNSS-приймачів Elnav i70, Elnav M3	4
6	Описати можливі варіанти використання індикаторної панелі, зокрема, її компоненти: звуковий сигналізатор; кнопка живлення; шкали індикаторів GPS приймачів Sokkia Stratus.	8
7	Способи корекції результатів GNSS-спостережень	4
8	Використання додаткових сигналів GNSS для підвищення точності вимірювань	8
9	Створення стилю зйомки (завантаження та вибір системи координат) для роботи по NTRIP в мережі SystemNet	4
10	Оцінка точності вимірювань GNSS-приймачем Elnav i70, Elnav M3	4
11	Оцінка впливу розташування супутників на точність GNSS-вимірювань	4
12	Дослідження впливу атмосферних умов на точність GNSS-спостережень	8

8. Зразки контрольних питань, тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ			
ОС Бакалавр Спеціальність – 193 <u>«Геодезія та землеустрій»</u>	Кафедра <u>геодезії та картографії</u> 2023 р.	ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1 з дисципліни <u>«GNSS-спостереження в прикладних задачах геодезії»</u>	“Затверджую” Зав. кафедри <hr/> І.П. Ковальчук 2023 р.
Екзаменаційні запитання (максимальна оцінка 10 балів за відповідь на кожне запитання)			
1. Охарактеризуйте загальну структуру роботи GNSS.			
2. Навігаційне повідомлення. Альманах.			
Тестові завдання різних типів (максимальна оцінка 10 балів за відповіді на тестові завдання)			

1. Що розуміють під визначенням місцеположення (координат у просторі) наземного пункту, нерухомого або об'єкта, що рухається, за допомогою супутникових навігаційно-геодезичних систем (СНГС)?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь однією фразою)

2. Як називається відстань між супутником і приймачем, обчислена за часом поширення сигналу без поправки за розбіжність годинників на супутнику і приймачі?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь однією фразою)

3. Яка мінімальна кількість супутників повинна бути при GNSS спостереженні для отримання точних планово-висотних координат пункту спостереження?	№ відповіді
4	A
3	B
2	C
5	D

4. Яка з перелічених систем координат відноситься до загальноземної?	№ відповіді
GRS1980	1
ITRS	2
ETRS89	3
WGS-84	4

5. Яке призначення несучих сигналів?	
для передачі споживачам навігаційного повідомлення	1
носії фази несучих сигналів (фазові псевдодальності)	2

носії інформації про відстань до супутника	3
носії віддалемірних кодів (кодові псевдодальності)	4
носії інформації про синхронізацію часу "супутник-приймач"	5

6. Визначте відповідність між шкалами часу та їх формулами:	
A. IAT =	1. UTC – 19с+1с*n
B. GPST =	2. UTC+03 год 00 хв 00 с
B. ГЛОНАСС =	3. UTC+1с*n

7. Згрупуйте регіональні Підсистеми функціонального доповнення GNSS супутникового базування (SBAS) відповідно країн розробників?	
A. СКНОУ	1. ЄС
B. EGNOS	2. Україна
B. MSAS	3. США
Г. СДКМ	4. Індія
Д. WAAS	5. Росія
E. GAGAN	6. Японія

8. На які основні групи розподіляються чинники, що впливають на точність GNSS спостереження?	№ відповіді
Помилки початкових даних	1
Диференціальні	2
Атономні	3
Статичні	4
Апаратні помилки	5
Помилки, пов'язані з впливом зовнішнього середовища	6

9. По якій причині неможливо створити «строго» рівномірні шкали часу?	№ відповіді
Період добового обертання Землі є різним по відношенню до численної кількості геодезичних меридіанів	1
Вісь обертання Землі здійснює повільні періодичні коливальні рухи	2
Сезонні варіації кутової швидкості обертання Землі	1
Нерівномірність добового обертання і орбітального руху Землі	4
Впливу прецесії та нутації	5

10. З якою метою проводиться синхронізація годин приймача з годинниками навігаційної супутникової системи?	№ відповіді
Для компенсації нестабільності годин приймачів при кожному сеансі вимірювань.	1

Для визначення похибки псевдовідстані.	2
Для визначення похибки часового позиціювання (РТОР).	3
Для визначення відстані між супутником та приймачем.	4

9. Методи навчання

1. За характером подачі (викладення) навчального матеріалу: *словесні, наочні, практичні.*
2. За організаційним характером навчання: *Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності; Методи стимулювання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності; Методи контролю та самоконтролю у навчанні; Бінарні(подвійні) методи навчання.*
3. За логікою сприйняття та засвоєння навчального матеріалу: *індуктивно-дедуктивні, репродуктивні, прагматичні, дослідницькі, проблемні тощо.*

Лекції проводяться із застосуванням мультимедійних презентацій.

На лабораторних заняттях розв'язуються завдання, наближені до реальних виробничих задач. При розв'язанні всіх практичних задач використовуються спеціалізовані програмно-технічні засоби.

Самостійна підготовка студентів під час вивчення дисципліни передбачає виконання зазначених вище завдань самостійної роботи методом опрацювання основної та допоміжної навчальної і навчально-методичної літератури та періодичних видань.

Для досягнення мети вивчення дисципліни студентам надаються індивідуальні консультації.

10. Форми контролю

Номер змістового модуля	Розділ дисципліни	Тема лекції	Тема практичного заняття	Форма контролю знань
1	GNSS-спостереження, сутність та завдання	1. Вступ до дисципліни «GNSS спостереження в прикладних задачах геодезії»	1. Методи GNSS – вимірювань	1. Захист практичного завдання.
		2. Структура функціонування GNSS	2. Багатозадачність і точність GPS	2. Захист практичного завдання.
		3. Основні чинники, що впливають на точність GNSS-спостереження	3. Планування супутникових спостережень (GNSS – planning)	3. Захист практичного завдання.
		4. Джерело похибок при GNSS-спостереженні	4. Будова та функціональні характеристики комплексу приймача E1Nav i70	4. Захист практичного завдання.
		5. Супутникова апаратура при GNSS-спостереженні	5. Будова та функціональні характеристики комплексу приймача E1Nav M3	5. Виконання контрольної роботи.
2	Основні методи позиціювання та похибки при GNSS-спостереженні в прикладних задачах геодезії	6-7. Системи часу	6. Будова і технічні характеристики комплексу GPS приймачів Sokkia Stratus	1. Захист практичного завдання.
			7. Вивчення структури файлу GPS-сигналу та файлу спостереження у форматі RINEX	2. Захист практичного завдання.
		8. Сучасний стан глобальної супутникової системи	8. Програмне забезпечення для постобробки даних GPS-спостереження – «GNSS Solutions»	3. Захист практичного завдання.
		9-10. Поняття про мережі перманентних станцій та використання їх даних при GNSS – спостереженні	9. Робота з архівом SOPAC міжнародної служби IGS. Опрацювання супутникових даних спостереження.	4. Захист практичного завдання.
			10. Аналіз приватних мереж щодо забезпечення коригування даних GNSS-спостереження (System Solutions, Компанія «ТНТ ТПІ», ZAKPOS)	5. Виконання контрольної роботи.

3	Проектування геодезичної супутникової мережі за допомогою GNSS спостережень	11. Опрацювання даних GNSS–спостереження	11. Вивчення інтерфейсу програмного забезпечення LandStar 7	1. захист практичного завдання.
		12. Побудова геодезичних мереж супутниковими методами	12. GNSS-вимірювання в режимі реального часу RT (RTK) приймачами EInav i70, EInav M3 (<i>використовуючи річну підписку від System Solutions для навчальних цілей</i>)	2. захист практичного завдання.
		13. Проектування і планування робіт при супутникових вимірюваннях	13. Налаштування GPS приймачів Sokkia Stratus у режим вимірювання Static. Оновлення альманаху.	3. захист практичного завдання.
		14-15. Метрологічна атестація супутникових приймачів	14. Методика вимірювання GPS-приймачами Sokkia Stratus (L1) у режимі Static. Створення базису за допомогою GNSS-спостереження (диференційний метод).	4. захист практичного завдання.
			15. Постопрацювання даних в GNSS Solutions.	5. Виконання контрольної роботи..

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України» (від 26.04.2023 р., протокол № 10).

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{АТ}}$.

12. Методичне забезпечення

1. Опенько І.А. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт з дисципліни "GNSS спостереження в прикладних задачах геодезії": Опенько І.А., Жук О.П. – 2019. С. 160. (Рішення вченої ради факультету землевпорядкування протокол № 2 від 12 вересня 2019 р.)

2. Опенько І.А. Конспект лекцій з дисципліни "GNSS спостереження в прикладних задачах геодезії": Опенько І.А., Жук О.П. – 2019. С. 102. (Рішення вченої ради факультету землевпорядкування протокол № 2 від 12 вересня 2019 р.)

3. Пилип'юк Р.Г. Супутникова геодезія: лабораторний практикум. Івано-Франківськ: Факел, 2009. 67 с.

4. Расюн В.Л. Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Основи GNSS-вимірювань» / навчально – методичне видання. Луцьк, Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2022. – 53 с (https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/21085/1/GNSS_metod.pdf).

5. Застосування ГНСС-технології у землеустрої: навч.-метод. посіб. / Р.І. Безпалько, Т.В. Гуцул. Чернівці: Чернівецький університет ім. Ю. Федьковича, 2022. 140 с. (<https://archer.chnu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/5714/%D0%93%D0%9D%D0%A1%D0%A1%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97%20%D1%83%20%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%97.pdf?sequence=1&isAllowed=y>).

6. Калинич І.В., Ничвид М.Р. Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з дисципліни «ГНСС – спостереження» студентами географічного факультету. ДВНЗ «УжНУ». 2021. 34 с.

13. Рекомендовані джерела інформації

Основна

1. Супутникова геодезія та сферична астрономія: навчальний посібник / В.С. Старовсеров, Р.А. Дем'яненко, О.І. Єгоров, І.А. Опенько, О.М. Цвях, М.В. Ковальов (за загальною редакцією В.С. Старовсєрова) – Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2022. – 320 с.

2. Grewal, M.S. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration [Text] / M. S. Grewal, L. R. Weill, A. P. Andrews. – New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto: John Willey & Sons, Inc. – 2001. – 392 p. – Англ.

3. Заблоцький Ф. ГНСС-метеорологія : навч. посібник. Львів. Видавництво Львівської політехніки, 2013. 96 с

4. Andrii Martyn, Ivan Openko, Taras Ievsiukov, Oleksandr Shevchenko, Artem Ripenko (2019). Accuracy of geodetic surveys in cadastral registration of real estate: value of land as determining factor. 18th International Scientific Conference. Engineering for Rural Development. 22-24.05.2019 Jelgava, LATVIA. P. 1818-1825. Режим доступа: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2019/Papers/N236.pdf>
5. Araszkievicz, A., Nykiel, G. and Bałdysz, Z. (2015). Impact of higher order ionospheric corrections on the rate of baseline length changes in GPS differential positioning. In 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2015, Bulgaria. DOI: 10.5593/SGEM2015/B22/S9.038.
6. Bałdysz, Z., Nykiel, G., Araszkievicz, A., Figurski, M. and Szafranek, K. (2016). Comparison of GPS tropospheric delays derived from two consecutive EPN reprocessing campaigns from the point of view of climate monitoring. *Atmos. Meas. Tech.*, 9, 4861–4877. DOI: 10.5194/amt-9-4861-2016.
7. Bałdysz, Z., Nykiel, G., Figurski, M. and Araszkievicz, A. (2018). Assessment of the Impact of GNSS Processing Strategies on the Long-Term Parameters of 20 Years IWV Time Series. *Remote Sens.*, 10(4), 496. DOI: 10.3390/rs10040496.
8. Bałdysz, Z., Nykiel, G., Figurski, M., Szafranek, K. and Kroszczynski, K. (2015). Investigation of the 16-year and 18-year ZTD Time Series Derived from GPS Data Processing. *Acta Geophys.*, 63(4), 1103–1125. DOI: 10.1515/acgeo-2015-0033.
9. Banville, S., Sieradzki, R., Hoque, M., Węzka, K. and Hadas, T. (2017). On the estimation of higher-order ionospheric effects in precise point positioning. *GPS Solut.*, 21(4), 1817–1828. DOI: 10.1007/s10291-017-0655-0.
10. Borio, D., Gioia, C. and Mitchison, N. (2016). Identifying a low-frequency oscillation in Galileo IOV pseudorange rates. *GPS Solut.*, 20(3), 363–372. DOI: 10.1007/s10291-015-0443-7.
11. Cai, C. and Gao, Y. (2013). Modeling and assessment of combined GPS/GLONASS precise point positioning. *GPS Solut.*, 17(2), 223–236. DOI: 10.1007/s10291-012-0273-9.
12. Cellmer, S., Nowel, K. and Kwasniak, D. (2017). Optimization of a grid of candidates in the search procedure of the MAFA method. In Environmental Engineering 10th International Conference, 2017 Vilnius, Lithuania. DOI: 10.3846/enviro.2017.179.
13. Cellmer, S., Nowel, K. and Kwasniak, D. (2018). The New Search Method in Precise GNSS Positioning. *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, 54(1), 404–415. DOI: 10.1109/TAES.2017.2670578.
14. Cherniak, I., Krankowski, A. and Zakharenkova, I. (2018). ROTI Maps: a new IGS ionospheric product characterizing the ionospheric irregularities occurrence. *GPS Solut.*, 22:69. DOI: 10.1007/s10291-018-0730-1.
15. Dawidowicz, K. (2018). Differences in GPS coordinate time series caused by changing type-mean to individual antenna phase center calibration model. *Stud. Geophys. Geod.*, 62, 38–56. DOI: 10.1007/s11200-016-0630-1.
16. Dawidowicz, K. and Krzan, G. (2016). Analysis of PCC model dependent periodic signals in GLONASS position time series using Lomb-Scargle periodogram. *Acta Geodyn. Geomater.*, 13(3), 299–314. DOI: 10.13168/AGG.2016.0012.
17. Dawidowicz, K. and Krzan, G. (2017). Periodic signals in a pseudo-kinematic GPS coordinate time series depending on the antenna phase center model – TRM55971.00 TZGD antenna case study. *Surv. Rev.*, 49(355), 268–276. DOI: 10.1080/00396265.2016.1166688.
18. Douša, J., Dick, G., Kacmarík, M., Brožková, R., Zus, F., Brenot, H., Stoycheva, A., Möller, G. and Kaplon, J. (2017). Benchmark campaign and case study episode in central Europe for development and assessment of advanced GNSS tropospheric models and products. *Atmos. Meas. Tech.*, 9, 2989–3008. DOI: 10.5194/amt-9-2989-2016.
19. Drewes, H., Kuglitsch, F., Adám, J. et al. (2016). The Geodesist's Handbook 2016. *J. Geod.*, 90(10), 907–1205. DOI: 10.1007/s00190-016-0948-z.
20. Dymarska, N., Rohm, W., Sierny, J., Kaplon, J., Kubik, T., Kryza, M., Jutarski, J., Gierczak, J. and Kosierb, R. (2017). An assessment of the quality of near-real time GNSS observations

as a potential data source for meteorology. *Meteorology Hydrology and Water Management*, 5(1), 3–13. DOI: 10.26491/mhwm/65146.

21. Figurski, M. and Nykiel, G. (2017). Investigation of the impact of ITRF2014/IGS14 on the positions of the reference stations in Europe. *Acta Geodyn. Geomater.*, 14(4), 401–410. DOI: 10.13168/AGG.2017.0021.

22. Hadas, T. and Bosy, J. (2015). IGS RTS precise orbits and clocks verification and quality degradation over time. *GPS Solut.*, 19 (1), 93–105. DOI: 10.1007/s10291-014-0369-5.

23. Hadas, T., Krypiak-Gregorczyk, A., Hernández-Pajares, M., Kapłon, J., Paziewski, J., Wielgosz, P., Garcia-Rigo, A., Kazmierski, K., Sosnica, K., Kwasniak, D., Sierny, J., Bosy, J., Pucilowski M., Szyszko, R., Portasiak, K., Olivares-Pulido, G., Gulyaeva, T. and Orus-Perez, R. (2017). Impact and implementation of higher-order ionospheric effects on precise GNSS applications. *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 122, 9420–6436. DOI: 10.1002/2017JB014750.

24. Hadas, T., Teferle, F.N., Ka'zmierski, K., Hordyniec, P. and Bosy J. (2017). Optimum stochastic modeling for GNSS tropospheric delay estimation in real-time. *GPS Solut.*, 21(3), 1069–1081. DOI: 10.1007/s10291-016-0595-0.

25. Hernández-Pajares, M., Roma-Dollase, D., Krankowski, A., García-Rigo, A. and Orús-Pérez, R. (2017). Methodology and consistency of slant and vertical assessments for ionospheric electron content models. *J. Geod.*, 91, 1405–1414. DOI: 10.1007/s00190-017-1032-z.

26. Hofmann-Wellenhof, B. *GNSS - Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo and more* [Text] / B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, E. Wasle – Wien, New-York: Springer. – 2008. – 516 p. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-211-73017-1>

27. Hordyniec, P., Huang, C.-Y., Liu, C.-Y., Rohm, W. and Chen, S.-Y. (2018). GNSS radio occultation profiles in the neutral atmosphere from inversion of excess phase data. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.* DOI: 10.3319/TAO.2018.10.12.01.

28. Ka'zmierski, K., Hadas, T. and Sosnica, K. (2018). Weighting of Multi-GNSS Observations in Real-Time Precise Point Positioning. *Remote Sens.*, 10 (1), 84. DOI: 10.3390/rs10010084

29. Ka'zmierski, K., Santos, M. and Bosy, J. (2017). Tropospheric delay modelling for the EGNOS augmentation system. *Surv. Rev.*, 49 (357), 399–407. DOI: 10.1080/00396265.2016.1180798.

30. Ka'zmierski, K., Sosnica, K. and Hadas, T. (2018). Quality assessment of multi-GNSS orbits and clocks for real-time Precise Point Positioning. *GPS Solut.*, 22:11. DOI: 10.1007/s10291-017-0678-6.

31. Krypiak-Gregorczyk, A., Wielgosz, P. and Borkowski, A. (2017). Ionosphere Model for European Region Based on Multi-GNSS Data and TPS Interpolation. *Remote Sens.*, 9(12), 1221. DOI: 10.3390/rs9121221.

32. Próchniewicz, D., Szpunar, R. and Walo, J. (2017). A new study of describing the reliability of GNSS Network RTK positioning with the use of quality indicators. *Meas. Sci. Technol.*, 28(1), 015012. DOI: 10.1088/1361-6501/28/1/015012.

**Лектор,
д.с.н., доц., професор кафедри
геодезії та картографії**

Іван ОПЕНЬКО