

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра геодезії та картографії

ЗАТВЕРДЖЕНО

Факультет землевпорядкування

“15” травня 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СУПУТНИКОВА ГЕОДЕЗІЯ ТА СФЕРИЧНА АСТРОНОМІЯ

Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма Геодезія та землеустрій

Факультет землевпорядкування

Розробники: професор кафедри геодезії та картографії, д.е.н., доц. Іван ОПЕНЬКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Опис навчальної дисципліни. Дисципліна «Супутникова геодезія та сферична астрономія» у формуванні теоретичних знань і практичних вмінь у студентів при вирішенні прикладних задач супутникової геодезії і сферичної астрономії. Навчальна дисципліна складається з двох основних частин: «Сферична астрономія» та «Супутникова геодезія». Задачі розділу «Сферична астрономія» стосуються основних побудов на небесній сфері, що пов'язані із розташуванням небесних тіл та законами їх руху; визначення положення точок небесної сфери у просторі та часі. Супутникова геодезія розглядає задачі геодезії із застосуванням спостережень штучних супутників землі, дослідженням їх руху та створенням просторових геодезичних мереж.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	193 «Геодезія та землеустрій»	
Освітня програма	«Геодезія та землеустрій»	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	120/180	
Кількість кредитів ECTS	4/6	
Кількість змістових модулів	3	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	-	
Форма контролю	Залік	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти		
	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	заочна
Курс (рік підготовки)	3	4
Семестр	6	7,8
Лекційні заняття	30 год.	6 год.
Практичні, семінарські заняття	30 год.	6 год.
Лабораторні заняття		
Самостійна робота	60 год.	168 год
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	4 год.	

1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни полягає у формуванні теоретичних знань і практичних вмінь у студентів при вирішенні прикладних задач супутникової геодезії і сферичної астрономії, методичного забезпечення одержання та належного опрацювання результатів сучасних геодезичних вимірювань у цій сфері з використанням супутникових технологій.

Набуття компетентностей:

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

загальні компетентності (ЗК):

ЗК02 – здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях;

ЗК06 – здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології;

- ЗК07 – здатність працювати автономно;
- ЗК08 – здатність працювати в команді;
- ЗК09 – здатність до міжособистісної взаємодії.
- ЗК10 – здатність здійснювати безпечну діяльність.

спеціальні (фахові) компетентності (СК):

- СК01 – здатність застосовувати фундаментальні знання для аналізу явищ природного і техногенного походження при виконанні професійних завдань у сфері геодезії та землеустрою;
- СК02 – здатність застосовувати теорії, принципи, методи фізико-математичних, природничих, соціально-економічних, інженерних наук при виконанні завдань геодезії та землеустрою;
- СК04 – здатність обирати та використовувати ефективні методи, технології та обладнання для здійснення професійної діяльності у сфері геодезії та землеустрою;
- СК05 – здатність застосовувати сучасне інформаційне, технічне і технологічне забезпечення для вирішення складних питань геодезії та землеустрою;
- СК06 – здатність виконувати дистанційні, наземні, польові та камеральні дослідження, інженерні розрахунки з опрацювання результатів досліджень, оформляти результати досліджень, готувати звіти при вирішенні завдань геодезії та землеустрою;
- СК09 – здатність застосовувати інструменти, прилади, обладнання, устаткування при виконанні завдань геодезії та землеустрою.

Програмні результати навчання (ПРН):

- ПРН3 – доносити до фахівців і нефахівців інформацію, ідеї, проблеми, рішення, власний досвід та аргументацію;
- ПРН4 – знати та застосовувати у професійній діяльності нормативно-правові акти, нормативно-технічні документи, довідкові матеріали в сфері геодезії та землеустрою і суміжних галузей;
- ПРН8 – брати участь у створенні державних геодезичних мереж та спеціальних інженерно-геодезичних мереж, організовувати та виконувати топографічні та кадастрові знімання, геодезичні вимірювання, інженерно-геодезичні вишукування для проектування, будівництва та експлуатації об'єктів будівництва;
- ПРН9 – збирати, оцінювати, інтерпретувати та використовувати геопросторові дані, метадані щодо об'єктів природного і техногенного походження, застосовувати статистичні методи їхнього аналізу для розв'язання спеціалізованих задач у сфері геодезії та землеустрою;
- ПРН10 – обирати і застосовувати інструменти, обладнання, устаткування та програмне забезпечення, які необхідні для дистанційних, наземних, польових і камеральних досліджень у сфері геодезії та землеустрою;
- ПРН11 – організовувати та виконувати дистанційні, наземні, польові і камеральні роботи в сфері геодезії та землеустрою, оформляти результати робіт, готувати відповідні звіти.

2. Програма та структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	тижні	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	14	
Змістовий модуль 1 «Сферична астрономія, її сутність. Системи сферичних координат і системи вимірювання часу»														
1. Вступ до дисципліни. Небесна сфера та її геометрія.	1-2	8	4	4				24					24	
2. Системи сферичних координат і зв'язок між ними.	3-4	8	4	4				4	2	2				
3. Системи вимірювання часу	5	24	2	2			20	24					24	
Разом за змістовим модулем 1		40	10	10			20	52	2	2			48	
Змістовий модуль 2 «Основні задачі супутникової геодезії. Системи координат у супутниковій геодезії, методи спостереження ШСЗ»														
4. Предмет і задачі супутникової геодезії.	6-7	8	4	4				2		2				
5. Системи координат у супутниковій геодезії.	8-9	6	4	2				2		2				
6. Методи й апаратура для спостереження штучних супутників Землі (ШСЗ).	10	4	2	2				30					30	
7. Незбурений рух супутників.	11	24	2	2			20	30					30	
Разом за змістовим модулем 2		42	12	10			20	64		4			60	
Змістовий модуль 3 «Глобальна навігаційна супутникова система»														
8. Загальні поняття про Глобальну навігаційну супутникову систему	12	4	2	2				2	2					
9. Опрацювання даних супутникових спостережень	13	6	2	4				30					30	
10. Методи визначення координат при супутникових спостереженнях	14	4	2	2				2	2					
11. Планування супутникових спостережень з використанням ГНСС приймачів.	15	24	2	2			20	30					30	
Разом за змістовим модулем 3		38	8	10			20	64	4				60	
Усього годин		120	30	30			60	180	6	6			168	
Курсовий проект (робота) з _____ (якщо є в робочому навчальному плані)														
Усього годин		150	30	30			90	180	6	6			168	

3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ до дисципліни. Небесна сфера та її геометрія.	4
2	Системи сферичних координат і зв'язок між ними.	4
3	Системи вимірювання часу	2
4	Предмет і задачі супутникової геодезії.	4
5	Системи координат у супутниковій геодезії.	4
6	Методи й апаратура для спостереження штучних супутників Землі (ШСЗ).	2
7	Незбурений рух супутників.	2
8	Загальні поняття про Глобальну навігаційну супутникову систему	2
9	Опрацювання даних супутникових спостережень	4
10	Методи визначення координат при супутникових спостереженнях	2
11	Планування супутникових спостережень з використанням ГНСС приймачів.	2

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення елементів сферичного трикутника (частина 1)	2
2	Визначення елементів сферичного трикутника (частина 2)	2
3	Перетворення координат небесного світила	2
4	Визначення положення зірки на небосхилі за допомогою горизонтних координат	2
5	Системи вимірювання часу	2
6	Перехід від сонячного часу до зоряного часу	2
7	Обчислення прямокутних координат пункту в інерціальній системі координат	2
8	Обчислення геоцентричних координат ШСЗ за його топоцентричними координатами	2
9	Обчислення елементів незбуреної орбіти ШСЗ	2
10	Визначення орбітальних параметрів ШСЗ	2
11	Програмне забезпечення для опрацювання супутникових геодезичних вимірювань «КРЕДО ГНСС»	2
12	Постоопрацювання даних спостереження, отриманих в режимі «Статика» за допомогою КРЕДО ГНСС	2
13	Постоопрацювання даних спостереження, отриманих в режимі «Кінематика» за допомогою КРЕДО ГНСС	2
14	Замикання полігонів за допомогою КРЕДО ГНСС	2
15	Розрахунок параметрів проекції за допомогою КРЕДО ГНСС	2

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вплив основних факторів на опрацювання результатів астрономічних спостережень	20
2	Визначення сферичних координат штучного супутника Землі (ШСЗ) за фотографічними спостереженнями (спосіб Кісельова)	20
3	Обчислення незбуреної ефемериди ШСЗ	20

6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- усне або письмове опитування;
- модульне тестування;
- захист практичних робіт;
- захист розрахункових робіт.

7. Методи навчання (вибрати необхідне чи доповнити):

- словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо);
- практичний метод (практичні заняття);
- наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
- робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату);
- відеометод (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо);
- самостійна робота (виконання завдань);

8. Оцінювання результатів навчання.

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

8.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 1. «Сферична астрономія, її сутність. Системи сферичних координат і системи вимірювання часу»		
Тема 1. Визначення елементів сферичного трикутника (частина 1)		
Практична робота 1.	ПРН 3, 9. Розуміти методику побудови сферичного трикутника та залежності між елементами сферичного трикутника	10
Тема 2. Визначення елементів сферичного трикутника (частина 2)		
Практична робота 2.	ПРН 3, 9. Використовуючи формули для обчислення п'яти основних елементів оволодіти методами розрахунку кутів та сторін сферичного трикутника.	10
Тема 3 Перетворення координат небесного світила		
Практична робота 3.	ПРН 8, 9. Оволодіти навичками перетворення координат небесного світила з екваторіальної системи до горизонтної.	10
Тема 4 Визначення положення зірки на небосхилі за допомогою горизонтних координат		
Практична робота 4.	ПРН 8, 9. Вміти розрахувати екваторіальні координати зірки на небосхилі за її горизонтними	10
Тема 5 Системи вимірювання часу		
Практична робота 5.	ПРН 8, 9. Вміти визначити екваторіальні координати Сонця на заданий момент часу в пункті спостереження.	10
Самостійна робота 1.	ПРН 8, 9. Розуміти причини, що викликають зміни координат світил на небесній сфері; обчислення редуцій у результати астрономічних спостережень за	20

	аберацію, прецесію та нутацію	
Модульна контрольна робота 1.		30
Всього за модулем 1		100
Модуль 2. «Основні задачі супутникової геодезії. Системи координат у супутниковій геодезії, методи спостереження ШСЗ»		
Тема 6. Перехід від сонячного часу до зоряного часу		
Практична робота 6.	ПРН 4, 8, 9. Вміти визначати момент місцевого зоряного часу в пункті спостереження	10
Тема 7. Обчислення прямокутних координат пункту в інерціальній системі координат		
Практична робота 7.	ПРН 3, 8, 9. Оволодіння методикою обчислення прямокутних координат пункту в інерціальній системі координат	10
Тема 8. Обчислення геоцентричних координат ШСЗ за його топоцентричними координатами		
Практична робота 8.	ПРН 3, 8, 9. Оволодіння методикою обчислення геоцентричних координат ШСЗ за його топоцентричними координатами	10
Тема 9. Обчислення елементів незбуреної орбіти ШСЗ		
Практична робота 9.	ПРН 3, 8, 9. Вміти обчислювати елементи незбуреного руху супутника: довготу висхідного кута та нахил орбіти	10
Тема 10. Визначення орбітальних параметрів ШСЗ		
Практична робота 10.	ПРН 3, 8, 9. Вміти обчислювати орбітальні параметри ШСЗ: аргумент широти, фокальний параметр, істинну аномалію, ексцентриситет, велику піввісь, середній рух, аргумент перицентра, ексцентричну аномалію, момент проходження ШСЗ через перицентр	10
Самостійна робота 2.	ПРН 3, 8, 9. Оволодіти способом проф. Кісельова для математичного опрацювання результатів фотографічних спостережень за ШСЗ	20
Модульна контрольна робота 2.		30
Всього за модулем 2		100
Модуль 3. «Глобальна навігаційна супутникова система»		
Тема 11. Програмне забезпечення для опрацювання супутникових геодезичних вимірювань «КРЕДО ГНСС»		
Практична робота 11.	ПРН 9, 10, 11. Розуміти інтерфейс програмного забезпечення «КРЕДО ГНСС»	10
Тема 12. Постопацювання даних спостереження, отриманих в режимі «Статика» за допомогою КРЕДО ГНСС		
Практична робота 12.	ПРН 9, 10, 11. Освоїти методику постопацювання даних спостереження отриманих в режимі «Статика» за допомогою КРЕДО ГНСС	10
Тема 13. Постопацювання даних спостереження, отриманих в режимі «Кінематика» за допомогою КРЕДО ГНСС		
Практична робота 13.	ПРН 9, 10, 11. Освоїти методику постопацювання даних спостереження	10

	отриманих в режимі «Кінематика» за допомогою КРЕДО ГНСС	
Тема 14. Замикання полігонів за допомогою КРЕДО ГНСС		
Практична робота 14.	ПРН 9, 10, 11. Вміти здійснювати перевірку якості розрахунку базових ліній геодезичної мережі створеної супутниковими методами спостереження	10
Тема 15. Розрахунок параметрів проекції за допомогою КРЕДО ГНСС		
Практична робота 15.	ПРН 9, 10, 11. Оволодіти навичками перерахунку координат в місцеву систему координат	10
Самостійна робота 3.	ПРН 9, 10, 11. Вміти визначати положення супутника на орбіті для будь-якого моменту часу спостережень	20
Модульна контрольна робота 3.		30
Всього за модулем 3		100
Навчальна робота	$(M1 + M2 + M3)/3 \cdot 0,7 \leq 70$	
Залік		30
Всього за курс	$(\text{Навчальна робота} + \text{екзамен}) \leq 100$	

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамени/заліки)
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

8.3. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання	роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
Політика щодо академічної доброчесності	списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Курсові роботи, реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
Політика щодо відвідування	відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету)

9. Навчально-методичне забезпечення:

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=2581>);
- навчальний посібник;
- конспект лекцій з дисципліни «Супутникова геодезія та сферична астрономія». 173 с. (Рекомендовано вченою радою факультету землепорядкування (протокол № 1 від 20 березня 2025 р.).

10. Рекомендовані джерела інформації (не рекомендувати до використання застарілі інформаційні джерела та інформаційні джерела країни-агресора)

1. Супутникова геодезія та сферична астрономія: навчальний посібник / В.С. Староверов, Р.А. Дем'яненко, О.І. Єгоров, І.А. Опенько, О.М. Цвях, М.В. Ковальов (за загальною редакцією В.С. Староверова) – Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2022. – 320 с.
2. Андрієвський С.М., Климишин І.А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. – Одеса: Астропринт, 2007. – 480 с.
3. Астрономія: навчальний посібник / М. В. Головка, І. П. Крячко. – К.: ТОВ «КОНВІ ПРІНТ», 2018. – 272 с.
4. Єгоров О.І. Основи супутникової геодезії. Геометричні методи. – К.: КНУБіА, 2011. – 192 с.
5. Єгоров О.І., Староверов В.С., Ковальов М.В. Супутникова геодезія: конспект лекцій. – К.: НУБіП України, 2010. – 74 с.
6. Марков В.І. Основи космічної геодезії: Підручник. Кіровоград: ДЛАУ, 2002. 236 с.
7. Пилип'юк, Р. Г. Супутникова геодезія та сферична астрономія (розділ сферична астрономія) : лабораторний практикум / Р. Г. Пилип'юк, Р. Р. Пилип'юк. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. 69 с. <http://194.44.112.13/chytalna/6327/index.html>
8. Референцні системи в геодезії : підручник / О. М. Марченко, К. Р. Третяк, Н. П. Ярема. – Львів : Львівська політехніка, 2018. – 244 с.
9. Савчук С. Г. Основи формування геодезичної референцної системи України: дисертація доктора технічних наук: 05.24.01 / Національний університет «Львівська політехніка». Л., 2005.
10. Сферична астрономія: навч. посіб. / Ф. Д. Заблоцький, С. Г. Савчук, Ю. О. Лук'янченко та ін. Львів: Львівська політехніка, 2019. 152 с. ISBN 966-941-353-6.
11. Черняга П.Г., Бялик І.М., Янчук Р.М. Супутникова геодезія: навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 221 с.
12. Шумаков Ф.Т. Супутникова геодезія: конспект лекцій. – Харків, ХНАМГ, 2009.
13. Опенько І.А., Староверов В.С., Дем'яненко Р.А., Єгоров О.І., Ковальов М.В. Конспект лекцій з дисципліни "Супутникова геодезія та сферична астрономія". 173 с. (Рекомендовано вченою радою факультету землепорядкування (протокол № 1 від 20 березня 2025 р.).

Додаткова література

1. 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>
2. Araszkiewicz, A., Nykiel, G. and Baldysz, 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.

3. Baldysz, Z., Nykiel, G., Araszkiewicz, 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.
4. Baldysz, Z., Nykiel, G., Figurski, M. and Araszkiewicz, 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.
5. Baldysz, 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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.