

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра астрономії та космічної інформатики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-  
педагогічної роботи

\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2021 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Методи космічної інформатики**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ магістерський \_\_\_\_\_  
галузь знань \_\_\_\_\_ 04. Природничі науки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
спеціальність \_\_\_\_\_ 104. Фізика та астрономія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
освітня програма \_\_\_\_\_ астрономія та космічна інформатика \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
спеціалізація \_\_\_\_\_ астрономія та космічна інформатика \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
вид дисципліни \_\_\_\_\_ обов’язкова \_\_\_\_\_  
(обов’язкова / за вибором)  
факультет \_\_\_\_\_ фізичний \_\_\_\_\_

2021\_ / 2022\_ навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету (інституту, центру)

“ 31 ” \_\_\_\_\_ серпня \_\_\_\_\_ 2021\_ року, протокол № 7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)  
Станкевич Д. Г., кандидат фіз.-мат наук, доцент кафедри астрономії та космічної інформатики  
Скорик А., кандидат фіз.-мат наук, викладач кафедри астрономії та космічної інформатики

Протокол від “ 5 ” \_\_\_\_\_ липня \_\_\_\_\_ 2021 року № 12

Завідувач кафедри астрономії та космічної інформатики

\_\_\_\_\_ Шкуратов Ю. Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією  
\_\_\_\_\_ фізичного факультету \_\_\_\_\_  
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 31 ” \_\_\_\_\_ серпня \_\_\_\_\_ 2021\_ року № 1

Голова методичної комісії \_\_\_\_\_ фізичного факультету \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Макаровський М. О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “**Методи космічної інформатики**” складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки

\_\_\_\_\_ магістра \_\_\_\_\_  
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напрямку) \_\_\_\_\_ 104 фізика та астрономія \_\_\_\_\_

освітня програма \_\_\_\_\_ астрономія та космічна інформатика \_\_\_\_\_

спеціалізації \_\_\_\_\_ астрономія та космічна інформатика \_\_\_\_\_

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є навчити студентів основам досліджень астрономічних сигналів із застосуванням мови програмування Python. До них відносяться робота з великими масивами даних, статистична обробка сигналів, візуальне представлення результатів тощо.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

- 1) ознайомлення студентів із мовою програмування Python та основним бібліотекам, які використовуються для наукових та, зокрема, астрономічних проблем;
- 2) ознайомлення студентів із основними сучасними задачами астрофізики, які потребують вирішення методами програмування.

#### 1.3. Кількість кредитів: 7

#### 1.4. Загальна кількість годин: 210

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
6-й	-й
Семестр	
1 і 2-й	-й
Лекції	
год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
11 год.	год.
Лабораторні заняття	
81 год.	год.
Самостійна робота	
118 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

### 1.6. Заплановані результати навчання

1. Знати основи мови програмування Python: формат даних, структури даних, робота з файлами тощо;
2. вміти налаштувати середовище програмування Python та необхідні пакети та бібліотеки за допомогою пакету Anaconda;
3. знати такі бібліотеки Python: NumPy, Matplotlib, Pandas, Astropy, Pyplot;
4. ознайомитись з поширеним в астрономічних дослідженнях форматом даних FITS, знати з чого він складається, яким чином зберігаються дані та як з ним працювати;
5. вміти працювати з форматом \*.jds, в якому зберігаються дані спостережень радіотелескопу УТР-2;
6. вміти виконувати модельні розрахунки, що пов'язані із дослідженнями радіопульсарів, до яких відносяться усунення дисперсійної затримки, оцінка точного періоду обертання тощо;
7. вміти виконувати астрометричні розрахунки, які пов'язані з переходом від однієї системи координат в іншу;
8. ознайомитись з інформацією про застосування машинного навчання в астрономічних задачах;
9. вміти шукати, читати та аналізувати наукову літературу, зокрема публікації у фахових журналах, за темою досліджень.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### *Розділ 1. Основи програмування на Python*

**Тема 1.** Мова програмування Python. Перші програми.

**Зміст.** Установка та налаштування Python. Пакет Anaconda. Оболонка Jupyter Notebook. Числові змінні та операції над ними. Строковий формат даних. Структури даних List, Tuple та Dictionary. Принципи векторизації алгоритмів обробки даних.

**Тема 2.** Робота з даними.

**Зміст.** Цикли та ітерації. Логічні операції та маски. Робота з файлами: запис, зчитування та збереження у файли. Сортування даних.

**Тема 3.** Стандартні бібліотеки NumPy, SciPy та Matplotlib.

**Зміст.** Математичні операції над багатовимірними структурами даних за допомогою бібліотек NumPy та SciPy. Графічне представлення даних за допомогою бібліотеки Matplotlib.

**Тема 4.** Модульність у програмі.

**Зміст.** Функції та модулі. Структура програми. Процес налагодження програми.

### *Розділ 2. Основні типи даних в космічній інформатиці*

**Тема 5.** Цифровий формат даних csv (Comma-Separated Values).

**Зміст.** Робота з таблицями. Імпорт документів у csv форматі. Бібліотека Pandas для ефективної роботи з форматом даних csv.

**Тема 6.** Цифровий формат даних FITS (Flexible Image Transport System).

**Зміст.** Структура формату даних FITS. Зображення, таблиці та бази даних в цьому форматі.

**Тема 7.** Формат даних радіотелескопу УТР-2 jds.

**Зміст.** Знайомство із форматом jds. Інформація, що зберігається у хідері. Запис даних у режимах: хвильовому, спектральному та кореляційному виглядах. Обробка даних спостережень пульсарів.

**Розділ 3.** Основи цифрового аналізу сигналів.

**Тема 8.** Аналоговий та цифровий сигнал.

**Зміст.** Різні уявлення сигналу. Дискретизація аналогового сигналу. Теорема Найквіста. Проблема вибірки. Побудова динамічного спектру. Динамічний діапазон.

**Тема 9.** Спектральний аналіз цифрового сигналу.

**Зміст.** Періодичні сигнали. Спектральна композиція сигналів. Дискретне Фур'є перетворення. Теорема Парсеваля.

**Тема 10.** Кореляційний аналіз цифрового сигналу.

**Зміст.** Функція коваріації. Функція кореляцій. Функція згортки. Передатна характеристика. Теорема про згортку. Часова та частотна області уявлення сигналу.

**Тема 11.** Чистка цифрового сигналу від завад.

**Зміст.** Поняття шумів, корисного сигналу та співвідношення сигнал / шум. Білий шум. Фільтрація даних в частотній області. Віконні операції в часовій області.

**Розділ 4.** Статистична обробка сигналів.

**Тема 12.** Робота з великими масивами даних.

**Зміст.** Визначення основних статистичних величин масиву даних. Оцінка часу обробки та необхідної оперативної пам'яті обчислювальної техніки виходячи з об'єму даних. Оцінка складності алгоритму обробки сигналів.

**Тема 13.** Апроксимація даних.

**Зміст.** Лінійна, квадратична та поліноміальна апроксимація даних. Інтерполяція та екстраполяція.

**Тема 14.** Баєсовий підхід до аналізу астрономічних даних.

**Зміст.** Теорема Байєса. Баєсовий підхід до радіоастрономічних спостережень.

**Тема 15.** Машинне навчання в астрономічних задачах.

**Зміст.** Основні методи та алгоритми машинного навчання. Оцінка типу завад в радіоастрономічних спостереженнях. Пошук пульсарів та транзйентних джерел випромінювання. Визначення типу джерела радіовипромінювання методами машинного навчання.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		о	л	п	лаб	інд
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ I. Основи програмування на Python</b>												
Тема 1.	14		1	5		8						
Тема 2.	13			5		8						
Тема 3.	14		1	5		8						
Тема 4.	13			5		8						
Разом за розділом 1	54		2	20		32						
<b>Розділ II. Основні типи даних в космічній інформатиці.</b>												
Тема 5.	13		1	6		6						
Тема 6.	13		1	6		6						
Тема 7.	15		1	8		6						
Разом за розділом II	41		3	20		18						
<b>Розділ III. Основи цифрового аналізу сигналів.</b>												
Тема 8.	12		1	5		6						
Тема 9.	12		1	5		6						
Тема 10.	12		1	5		6						
Тема 11.	12			6		6						
Разом за розділом III	58		3	21		34						
<b>Розділ IV. Статистична обробка сигналів.</b>												
Тема 12.	12		1	5		6						
Тема 13.	12		1	5		6						
Тема 14.	12		1	5		6						
Тема 15.	11			5		6						
Разом за розділом IV	57		3	20		34						
<b>Усього годин</b>	210		11	81		118						

### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступні програми мовою програмування Python: математичні розрахунки, робота зі строками, логічні операції, введення та виведення даних.	5

2	Розрахунок мас галактик по розподіленню швидкості з бібліотекою Astropy	5
3	Конвертація систем координат з бібліотекою Astropy.	5
4	Оцінка точного значення періоду обертання пульсару.	5
5	Зчитування інформації з текстового файлу астрономічного каталогу та її графічне уявлення.	6
6	Побудова зображення даних у FITS форматі.	6
7	Відкриття та запис заголовку файлу у JDS форматі (радіотелескопа УТР-2).	8
8	Побудова динамічних спектрів з даних у хвильовому вигляді, які були зареєстровані на радіотелескопі УТР-2.	5
9	Побудова спектральних характеристик даних радіоастрономічних спостережень. Побудова спектрів пульсарів.	5
10	Оцінка впливу розсіяння у МЗС на імпульсну характеристику сигналу від пульсара.	5
11	Чистка від завад радіоастрономічних сигналів.	6
12	Оцінка спектральних характеристик сигналу з використанням паралельного програмування на багатьох процесорах.	5
13	Апроксимація даних методом статистичних випробувань. Моделювання форми кривої блиску.	5
14	Калібрування радіоастрономічних спостережень з урахуванням Баєсовського підходу.	5
15	Пошук пульсарів та транзйентних джерел випромінювання методами машинного навчання.	5
	разом	81

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
1	Конвертація радіальних швидкостей у стандартну систему спокою з бібліотекою Astropy.	32	звіт
2	Конвертація кольорового зображення у JPG форматі у зображення у FITS форматі.	18	звіт
3	Конвеєрний алгоритм усунення дисперсійної затримки для великого масиву даних.	34	звіт
4	Оцінка спектрального потоку точкового радіоджерела випромінювання в рамках Баєсовського підходу	34	звіт
	разом	118	

### 6. Індивідуальні завдання

Лабораторні завдання з використанням комп'ютерів.

### 7. Методи контролю

Прийняття поточних лабораторних робіт, звітів про виконання самостійної роботи та залікової роботи.

### 8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання		
--	--	--

Розділ 1				Розділ 2			Розділ 3				Розділ 4			Контр. робота		Індив. завдання	Разом	Екзамен (залікова робота)	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	1	2				
2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	10	10	10	60	40	100
																			100

T1, T2 ... – теми розділів.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

## 9. Рекомендована література

### Основна література

1. Kristen Rohlfs. Tools of radio astronomy. Springer-Verlag, 1986. - 319 p.
2. Željko Ivezić, Andrew J. Connolly, Jacob T VanderPlas, Alexander Gray, Statistics, Data Mining, and Machine Learning in Astronomy: A Practical Python Guide for the Analysis of Survey Data, Princeton University Press, 5 jan. 2014 p. - 552 p.
3. Mark Lutz. Learning Python, 5th Edition. O'Reilly Media, June 2013. - 1648 p.
4. Allen Downey, Jerey Elkner, Chris Meyers. How to think like a computer scientist : learning with Python. Green Tea Press, Wellesley, Massachusetts. April 2002. - 262 p.
5. Allen B. Downey. Think DSP: Digital Signal Processing in Python. Green Tea Press, Wellesley, Massachusetts. 2014. - 152 p.

### Допоміжна література

1. Daniel M. Faes. Use of Python programming language in astronomy and science. arXiv:1807.04806v1 [astro-ph.IM] 12 Jul 2018
2. Matthew Pitkin. Psrpy: a python interface for querying the ATNF pulsar catalogue. Journal of Open Source Software, 3(22), 538. arXiv:1806.07809v1 [astro-ph.IM] 5 Jun 2018
3. Arrykrishna Mootoovaloo, BAYESIAN MODEL SELECTION WITH APPLICATIONS TO RADIO ASTRONOMY, University of Cape Tow, February 2017. - 146 p.
4. Mikhail A. Belyaev. PICSar2D: Public Release. arXiv:1707.01598v1 [astro-ph.HE] 5 Jul 2017

**Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне**

1. Documentation for the current Python version (2.6): docs.python.org
2. Documentation and tutorials for SciPy and Numpy at the SciPy website: www.scipy.org/
3. Matplotlib's documentation: [matplotlib.sourceforge.net/contents.html](http://matplotlib.sourceforge.net/contents.html)
4. Documentation for the current Astropy package <http://www.astropy.org/>
5. Python for Astronomers: <http://www.astropython.org/>
6. Python for Physics and Astronomy:  
[http://prancer.physics.louisville.edu/astrowiki/index.php/Python\\_for\\_Physics\\_and\\_Astronomy](http://prancer.physics.louisville.edu/astrowiki/index.php/Python_for_Physics_and_Astronomy)
7. Notes on the Essentials of Astronomy Data:  
<http://home.fnal.gov/~neilsen/notebook/astroImagingDataReduction/astroImagingDataReduction.html>
8. The FITS Support Office: <https://fits.gsfc.nasa.gov>
9. Applications of machine learning in astronomy:  
[http://www.mpia.de/~calj/amla\\_ss2009/introduction.pdf](http://www.mpia.de/~calj/amla_ss2009/introduction.pdf)
10. Coursera online course: Data-driven Astronomy. <https://www.coursera.org/learn/data-driven-astronomy/>