



# Machine Learning applied to Neuroimaging and Neuroscience

## Educational subject description sheet

### Basic information

<b>Field of study</b> Data Science	<b>Didactic cycle</b> 2022/2023
<b>Speciality</b> All	<b>Subject code</b> IIDSS.IIi2PJO.61e0295db85cc.22
<b>Department</b> Faculty of Computer Science, Electronics and Telecommunications	<b>Lecture languages</b> English
<b>Study level</b> Second-cycle (engineer) programme	<b>Mandatory</b> Elective
<b>Study form</b> Full-time studies	<b>Block</b> Elective Modules in Foreign Language
<b>Education profile</b> General academic	<b>Subject related to scientific research</b> No
<b>Subject coordinator</b>	Maciej Malawski
<b>Lecturer</b>	Maciej Malawski

<b>Period</b> Semester 2	<b>Examination</b> Assessment	<b>Number of ECTS points</b> 3.0
	<b>Activities and hours</b> Lecture: 14 Laboratory classes: 14 Project classes: 16	

### Goals

C1	To get familiar with the domain of machine learning applied to neuroimaging and neuroscience - main topics and scope, societal impact, methods, actual trends
C2	To gain knowledge about methods of acquisition, processing and analysis of data from neuroscience and neuroimaging, with special focus on machine learning methods.

## Subject learning outcomes

Code	Outcomes in terms of	Directional learning outcomes	Examination methods
<b>Knowledge - Student knows and understands:</b>			
W1	Student knows and understands problems related to the domain of Machine Learning applied to Neuroimaging and Neuroscience	INF2DS_W01, INF2DS_W02, INF2DS_W04	Execution of laboratory classes, Project, Completion of laboratory classes
<b>Skills - Student can:</b>			
U1	design and implement algorithms required to solve selected problems from neuroscience and neuroimaging domains	INF2DS_U02_0, INF2DS_U05, INF2DS_U06	Execution of laboratory classes, Project, Completion of laboratory classes
U2	propose, design and implement a solution to a complex problem applying machine learning to neuroscience and neuroimaging domains	INF2DS_U01, INF2DS_U01_0, INF2DS_U02, INF2DS_U04, INF2DS_U05, INF2DS_U06	Project
U3	use available tools and software libraries to solve machine learning problems in neuroscience and neuroimaging.	INF2DS_U02, INF2DS_U04	Execution of laboratory classes, Project, Completion of laboratory classes
<b>Social competences - Student is ready to:</b>			
K1	can effectively collaborate on solving problems and complete tasks in a team	INF2DS_K01, INF2DS_K02	Project

### Programme content that ensure achieving learning outcomes for the module

The course is prepared in collaboration with Sano Centre for Computational Medicine in Krakow, Dr. Alessandro Crimi and his research team. The course familiarizes students with current problems in neuroimaging and neuroscience. It presents usage of computer science methods in neuroimaging and neuroscience, explaining the mathematical, physical and biological foundations. Explains the role of machine learning in neuroimaging and neuroscience, introducing most important methods and algorithms used today in this domain.

### Student workload

Activity form	Average amount of hours* needed to complete each activity form
Lecture	14
Laboratory classes	14
Project classes	16
Realization of independently performed tasks	10
Contact hours	5

Preparation of project, presentation, essay, report	24
<b>Student workload</b>	<b>Hours</b> 83
<b>Workload involving teacher</b>	<b>Hours</b> 44

\* hour means 45 minutes

## Study content

No.	Course content	Subject learning outcomes	Activities
1.	Neuroimaging methods are used with increasing frequency in clinical practice and basic research. Despite strongly related to clinical neuroscience, their main components are still image processing and machine learning. This course will introduce the basic principles of neuroimaging methods as applied to human subjects research and introduce the neuroscience concepts and terminology necessary for a basic understanding of neuroimaging applications. Topics include an introduction to neuroimaging physics and image formation, as well as an overview of different neuroimaging applications, including functional MRI, diffusion tensor imaging, magnetic resonance, positron emission tomography imaging and electroencephalogram (EEG). Each will be reviewed in the context of their specific methods, source of signal, goals, and limitations. The course will also introduce basic neuroscience concepts necessary to understand the implementation of neuroimaging methods, including structural and functional human neuroanatomy, connectomics, cognitive domains, and experimental design.	W1	Lecture
2.	Often the ultimate goal of neuroimaging is the detection of patterns or the classification of case and control groups (as healthy subjects against people with a brain disease). Therefore, hand-on examples in Python will be carried out on classification for different brain diseases based on machine learning/deep learning algorithms. Previous knowledge of machine learning and deep learning is recommended though not assumed.	U1, U2, U3	Laboratory classes
3.	Students will work in groups on solving selected problems in neuroimaging and neuroscience using machine learning tools. The list of topics will be provided by the teachers and it will also be possible to explore topics proposed by students and collaborators.	U1, U2, U3, K1	Project classes

## Course advanced

### Teaching methods:

Lectures, Laboratory classes, Project, E-learning

Activities	Examination methods	Credit conditions
Lecture	Completion of laboratory classes	
Lab. classes	Execution of laboratory classes, Completion of laboratory classes	
Project classes	Project	

### Additional info

Wykłady z przedmiotu będą prowadzone w sposób zdalny z wykorzystaniem platformy Webex/Teams. Pozostałe zajęcia będą odbywać się w salach. Dotyczy to także zaliczeń i egzaminów odbywających się w sesjach egzaminacyjnych.

### Requirements and method of completing particular forms of classes

It is required to complete laboratory classes and the project.

### Method of calculating the final grade

50% lab classes

50% project

### Method and procedure for compensating for missed coursework resulting from student absence from classes

The lab assignments need to be handed in next week after absence.

## Entry requirements

Programming in Python  
Basics of Machine Learning

## Literature

### Obligatory

1. Descoteaux, Maxime, et al. "Deterministic and probabilistic tractography based on complex fibre orientation distributions." IEEE transactions on medical imaging 28.2 (2009): 269-286.
2. Sporns, Olaf. Networks of the Brain. MIT press, 2010.

### Optional

1. Selected papers from Crimi, Alessandro, et al., eds. «Brainlesion: Glioma, Multiple Sclerosis, Stroke and Traumatic Brain Injuries. Springer, 2018.
2. Calhoun, Vince D., Jingyu Liu, and Tülay Adalı. "A review of group ICA for fMRI data and ICA for joint inference of imaging, genetic, and ERP data." Neuroimage 45.1 (2009): S163- S172.

## Directional learning outcomes

Code	Content
INF2DS_K01	Ma świadomość odpowiedzialności za własną pracę oraz za wspólnie realizowane zadania; potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy
INF2DS_K02	Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej; rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu informacji i opinii dotyczących osiągnięć informatyki, w tym zwłaszcza metod eksploracji danych, uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji; ma świadomość wagi profesjonalnego zachowania i przestrzegania zasad etyki zawodowej, prawidłowo identyfikuje i rozstrzyga dylematy związane z wykonywaniem zawodu
INF2DS_U01	Potrafi projektować i realizować systemy informatyczne oparte na danych, a także konstruować systemy uczące się
INF2DS_U01_0	Potrafi wykorzystać poznane techniki i języki programowania do tworzenia programów o charakterze użytkowym, a także potrafi przeprowadzić analizę wymagań funkcjonalnych i нефункциональных i ocenić ryzyko związane z budową oprogramowania.
INF2DS_U02	Potrafi wykorzystać znane algorytmy, metody obliczeniowe i struktury danych w budowie systemu informatycznego
INF2DS_U02_0	Potrafi ocenić, dobrać i stosować właściwe metody i narzędzia do realizacji systemów informatycznych oraz potrafi ocenić przydatność i korzystać z dostępnych bibliotek i algorytmów.
INF2DS_U04	Potrafi ocenić przydatność i korzystać z dostępnych bibliotek, komponentów oprogramowania i narzędzi z uwzględnieniem wymagań systemów opartych na danych oraz systemów wykorzystujących metody uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji; potrafi porównać istniejące rozwiązania ze względu na zadane kryteria użytkowe i ekonomiczne oraz wskazać możliwości ich ulepszenia; potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć w zakresie informatyki
INF2DS_U05	Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi, w szczególności potrafi opracować specyfikację projektową złożonego oprogramowania, z uwzględnieniem aspektów prawnych oraz innych aspektów pozatechnicznych, z uwzględnieniem norm i standardów, zaprojektować oprogramowanie adekwatnie do specyfikacji wymagań, opracować szczegółową dokumentację wyników, a także przygotować i przedstawić prezentację oraz przeprowadzić dyskusję wyników
INF2DS_U06	Posługuje się językiem specjalistycznym oraz językiem angielskim w stopniu wystarczającym do porozumiewania się, czytania ze zrozumieniem literatury fachowej, a także przygotowania i wygłoszenia prezentacji na temat realizacji zadania projektowego lub badawczego
INF2DS_W01	Ma pogłębioną wiedzę w zakresie przedmiotów ścisłych, pozwalającą na formułowanie i rozwiązywanie złożonych zadań z zakresu informatyki, analizy danych oraz metod uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji
INF2DS_W02	Ma pogłębioną wiedzę w zakresie rozwiązań algorytmicznych, struktur danych i metod obliczeniowych związanych z analizą danych, uczeniem maszynowym i metodami sztucznej inteligencji
INF2DS_W04	Orientuje się w obecnym stanie oraz najnowszych osiągnięciach i trendach rozwojowych informatyki i dziedzin pokrewnych oraz ma wiedzę niezbędną do rozumienia pozatechnicznych uwarunkowań działalności inżynierskiej