

---

## COURSE INFORMATION

### KARTA MODUŁU

<b>COURSE TITLE</b> <i>TYTUŁ MODUŁU</i>	Mathematical foundations of machine learning (Matematyczne podstawy uczenia maszynowego)
<b>ACRONYM</b> <i>ACRONIM</i>	MFML
<b>COURSE LANGUAGE</b> <i>JĘZYK PROWADZENIA ZAJĘĆ</i>	j. angielski (z możliwością zmiany na j. polski w przypadku braku słuchaczy obcojęzycznych)
<b>COURSE PROVIDED BY</b> <i>PROWADZĄCY</i>	dr Tomasz Steifer, IPPT PAN
<b>COURSE TYPE</b> <i>FORMA ZAJĘĆ</i>	wykład
<b>NUMBER OF HOURS</b> <i>LICZBA GODZIN</i>	30
<b>CREDITS</b> <i>LICZBA ECTS</i>	3
<b>COURSE DESCRIPTION</b> <i>OPIS KURSU</i>	This course will give an overview of standard mathematical frameworks in the machine learning theory. The lectures will begin with historical models of Gold and Solomoff, then continue through the basics of computational learning theory, then from prediction with expert advice to stochastic gradient descent to modern neural network architectures. The course plan can be adapted to fit the scientific interests of the students.
<b>COURSE CONTENTS</b> <i>PROGRAM KURSU</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Inductive inference</li><li>2. Solomonoff's Induction, Bayesian mixtures of probability measures.</li><li>3. Halving algorithm, perceptron.</li><li>4. PAC learning, concentration inequalities, uniform convergence for finite classes.</li><li>5. Uniform convergence for infinite classes, VC dimension, the fundamental theorem of statistical learning.</li><li>6. Weak and strong learning, AdaBoost algorithm.</li><li>7. Online learning, Littlestone dimension, Standard Optimal Algorithm (SOA).</li><li>8. Prediction with expert advice, Exponential Weights Algorithm.</li><li>9. Stochastic Gradient Descent.</li><li>10. Neural Networks, the universal approximation theorem.</li><li>11. Limitations of the transformer architecture.</li><li>12. The Weisfeiler-Leman test and the expressiveness of graph neural networks.</li></ol>
<b>LEARNING OUTCOMES</b> <i>EFEKTY KSZTAŁCENIA</i>	<p>Wiedza: Student ma wiedzę na temat problematyki matematycznych podstaw uczenia maszynowego.</p> <p>Umiejętności: Student potrafi udowodnić wybrane twierdzenia matematyczne na metod uczenia maszynowego.</p> <p>Kompetencje: Student rozumie znaczenie teoretycznych wyników dotyczących</p>

uczenia maszynowego i potrafi zidentyfikować ich błędne interpretacje.

**PREREQUISITES**  
**WYMAGANIA**

Elementary mathematical education on the university level, esp. probability theory. Additionally, some programming experience or equivalently, a course in mathematical logic.

**LITERATURE**  
**LITERATURA**

1. Shalev-Shwartz, Shai, and Shai Ben-David. *Understanding machine learning: From theory to algorithms*. Cambridge university press, 2014.
2. Sanford, Clayton, Daniel J. Hsu, and Matus Telgarsky. "Representational strengths and limitations of transformers." *Advances in Neural Information Processing Systems* 36 (2024).
3. Vaswani, A. "Attention is all you need." *Advances in Neural Information Processing Systems* (2017).
4. Morris, Christopher, et al. "Weisfeiler and Leman go neural: Higher-order graph neural networks." *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence*. Vol. 33. No. 01. 2019.

**EXAMINATION (YES,NO)**  
**EGZAMIN (TAK,NIE)**

YES

**CONTACT**  
**KONTAKT**

tsteifer@ippt.pan.pl

**COURSE WEBPAGE**  
**STRONA KURSU**