

Computational Physics and Numerical Analysis Fall semester 2024

Lecturer: Prof. Movahed

TA: Alireza Rahpeyma

Venue: Saturday and Monday, 13:30-15:30 am

1) The course mark includes 10 Points for Exercises, 9 points for exams, 2 points for Quiz

2) Main References:

1. Landau, Rubin H., Manuel J. Páez, and Cristian C. Bordeianu. Computational physics: Problem solving with Python. John Wiley & Sons, 2015.
2. Gould, Harvey, et al. "An introduction to computer simulation methods: applications to physical systems." Computers in Physics 10.4 (1996): 349-349.

3) Other relevant References

9. Irvine, Kip R., and Lyla B. Das. Assembly language for x86 processors. Prentice Hall, 2011.
10. Hartmann, Alexander K., and Heiko Rieger. Optimization algorithms in physics. Vol. 2. Berlin: Wiley-Vch, 2002.
11. Hartmann, Alexander K., and Heiko Rieger, eds. "New optimization algorithms in physics." (2004): 134411.
12. Mezard, Marc, and Andrea Montanari. Information, physics, and computation. Oxford University Press, 2009.
13. Bassett, Bruce A., et al. "Fisher matrix preloaded-Fisher4Cast." International Journal of Modern Physics D 20.13 (2011): 2559-2598.
14. Lewis, Antony. "GetDist: a Python package for analysing Monte Carlo samples." arXiv preprint arXiv:1910.13970 (2019).
15. Tejero-Cantero, Alvaro, et al. "SBI--A toolkit for simulation-based inference." arXiv preprint arXiv:2007.09114 (2020).
16. Giordano, Nicholas J., et al. "Computational physics." Computers in Physics 11.4 (1997): 351-351. Heermann, Dieter W. Computer simulation methods in theoretical physics. Springer Science & Business Media, 2012.
17. My lecture notes available via <http://faculties.sbu.ac.ir/~movahed/index.php/courses>
18. Pang, Tao. "An introduction to computational physics." (1999): 94 -95.
19. Sirca, Simon, and Martin Horvat. Computational methods for physicists: compendium for students. Heidelberg, New York: Springer, 2012.
20. Gao, Jianbo, et al. Multiscale analysis of complex time series: integration of chaos and random fractal theory, and beyond. John Wiley & Sons, 2007.
21. Williams, Christopher KI, and Carl Edward Rasmussen. Gaussian processes for machine learning. Vol. 2. No. 3. Cambridge, MA: MIT press, 2006.
22. Michael A. Nielsen & Isaac L. Chuang. "Quantum Computation and Quantum Information" (2000)
23. Maria Schuld · Francesco Petruccione. "Machine Learning with Quantum Computers “. (2021)
24. Santanu Pattanayak. "Quantum Machine Learning with Python”

4) Midterm will be held on 1403/08/24 at 9:00

5) Final exam will be held on 1403/11/06

6) Overall necessities for doing exercises

- for each set of exercise, it should be a folder titled by the name of student including the set number of exercise.
- The folder must be included the source code and the results. The results must be illustrated in pdf or other type of figure. (Jpeg , eps, pdf is accepted)

7) Necessary operating system (Windows or GNU/ Linux) including the relevant things for Python, Mathematica, C++, matlab

8) I provided some scripts for plotting available via:

http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/attachments/Python_plot.zip

http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/attachments/Mathematica_plot.zip

9) Answers must be uploaded to Google Classroom (inviting link will be sent to your email)

10) Answers should include following 3 parts

1. Executed code
2. A brief report of code files
3. Theoretical answers.

Pay attention! Unreported code files are not acceptable.

Overall time table of training program

Subjects	Date/no.
Introduction, Scientific Methodology and Methods, Computational approach and Simulations مقدمه-جایگاه رویکردهای محاسباتی در روش شناسی علمی و علم داده	Lecture 1
Shell, SBU-Clusters and Linux برنامه نویسی و کار با shell و سرور لینوکس	Lecture 2
Data Analysis part: Error estimation 1 تخمین خطا ۱	Lecture 3
Data Analysis part: Error estimation 2 تخمین خطا ۲	Lecture 4
Data Analysis part: Probability Distribution (1): PDF Simple estimator تابع توزیع و تخمین کرنل و پیچش و Kernel and convolution	Lecture 5
Data Analysis part: Probability Distribution (2): Probability Transformation, Joint PDF تابع توزیع ۲، تبدیل تابع چگالی احتمال، تابع چگالی احتمال همبسته	Lecture 6
Data Analysis part: Random Data generators تولید داده‌های تصادفی با تابع توزیع دلخواه	Lecture 7
Data Analysis part: Correlation functions: Beyond one-point statistics: Two-point Correlation Data Analysis part: Data Analysis part: ورای آماره تک نقطه‌ای: تابع همبستگی، تابع دونقطه‌ای	Lecture 8
Data decomposition part: Transformation 1 (Convolution, Fast Fourier Transformation(FFT), High-pass and Low-pass filters, Beam effect) تبدیل (پیچش، تبدیل فوریه سریع، فیلترهای بالاگذر و پایین گذر و اثر بیم)	Lecture 9
Data decomposition part: Transformation 2 (Wavelet, Aliasing)	Lecture 10

تبدیل موجک و اهمیت آن، اثر آلیاس	
Data decomposition part: Trend and noise (detrending and denoising: Fourier truncation, Singular Value Decomposition (SVD), Principle Component Analysis (PCA)) بدون روند کردن و حذف نوفه‌ها ۱	Lecture 11
Data decomposition part: Trend and noise (Adaptive method and other means) بدون روند کردن و حذف نوفه‌ها ۲	Lecture 12
Numerical analysis1: Numerical derivative and Integration, Solving Systems of equations, محاسبات عددی ۱: مشتق‌گیری و انتگرال‌گیری عددی، حل دستگاه معادلات	Lecture 13
Numerical analysis 2: Self-consistent method محاسبات عددی ۲: معرفی برخی از روشهای عددی برای حل معادلات دیفرانسیل-روش خودسازگار	Lecture 14
Mathematica (Solving differential equation, Integration, Demonstrations)	Lecture 15
Geometrical Fractals and numerical algorithm to generation of Self-similar system فراکتالها (تولید)	Lecture 16
Self-similar system (Multifractal analysis) تحلیل‌های چندفراکتالی و کاربردهای آن در (هواشناسی، فیزیک اقتصاد، امواج گرانشی، فیزیک سطح و ...)	Lecture 17
Chaos Theory نظریه آشوب (تولید)، نوسانگرهای جفت شده آشوبی، دیاگرام فاز	Lecture 18
Random walk- Simulations ولگشت تصادفی- شبیه‌سازی	Lecture 19
Langevin Equation and simulation معادله لانژون و شبیه‌سازی	Lecture 20
Monte-Carlo Simulation 1 اصول شبیه‌سازی مونته کارلو ۱	Lecture 21
Monte-Carlo Simulation 2 اصول شبیه‌سازی مونته کارلو ۲	Lecture 22
Monte-Carlo simulation 3: Integration and Variational MC اصول شبیه‌سازی مونته کارلو ۳: انتگرال‌گیری، Variational MC	Lecture 23
Monte-Carlo simulations 3: Markov Chain Monte Carlo and Metropolis Hasting اصول شبیه‌سازی مونته کارلو ۳: روش متروپولیس، حلقه مارکوف مونته کارلو MCMC	Lecture 24
Genetic Algorithm 1 الگوریتم ژنتیک ۱	Lecture 25

Genetic Algorithm 2 الگوریتم ژنتیک ۲	Lecture 26
Neural Networks 1 شبکه عصبی ۱	Lecture 27
Neural Networks 2 شبکه عصبی ۲	Lecture 28
Physics for AI, AI for Physics هوش مصنوعی برای فیزیک و فیزیک برای هوش مصنوعی	Lecture 29
Symbolic regression برازش سمبولیک	Lecture 30
Physics informed neural networks شبکه های عصبی با اطلاعات فیزیک	Lecture 31
Kolomogrov Arnold Networks 1	Lecture 32
Kolomogrov Arnold Networks 2	Lecture 33
Hamilton–Jacobi–Bellman equation (in RL)	Lecture 34
Data modeling 1: Bayesian Inference (Bayesian Inference): مدل کردن داده ها ۱	Lecture 35
Data modeling 2: Likelihood Analysis مدل کردن داده ها ۲ (Likelihood Analysis)	Lecture 36
Data modeling 3: Numerical Approach مدل کردن داده ها ۳ (Numeric Approach)	Lecture 37
Data modeling 4: Confidence Interval Inference مدل کردن داده ها ۴ (Confidence Interval)	Lecture 38
Data modeling 5: Fisher forecasts مدل کردن داده ها ۵ (Fisher Matrix)	Lecture 39
Physics Informed Machine learning	Lecture 40
Simulation Based Inference (SBI)	Lecture 41
Quantum Algorithms الگوریتم های کوانتومی	Lecture 42
Topological Based Data Analysis 1	Lecture 43

سید محمد صادق موحد

<http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed>