

ENTRANCE EXAMINATION PROGRAM

FOR LANDAU PHYSTECH SCHOOL OF PHYSICS AND RESEARCH MATHEMATICS AND MECHANICS COMPETITIVE GROUP FOR APPLICANTS ENTERING PHD PROGRAMS

At the entrance examination applicants will be asked questions on their final qualifying work and questions from the section corresponding to specialty of their future research activity. Questions on the final qualifying work (master or specialist's degree):

1. Main provisions.
2. Novelty.
3. Relevance.

Theory of Probability and Mathematical Statistics

1. Point estimation. Methods: moments, maximum likelihood, sample quantiles.
2. Interval estimation. Exact and asymptotic confidence intervals. Methods: central function, construction of an asymptotic confidence interval.
3. Hypothesis testing. Test statistics and critical value. Hypothesis testing results, statistical significance. Type I and II errors. Significance level, power of the criterion. P-value and its interpretation.
4. Multiple hypothesis testing. FWER and FDR. Basic methods, their features. Bonferroni method. A p-value adjustment. The result of multiple tests of the same hypothesis.
5. Criteria for agreement. Criteria: Kolmogorov test, chi-square, normality tests.
6. Correlation analysis. Meaning and formulation of the problem for continuous and discrete cases. Correlation coefficients, their features. Contingency tables. Basic criteria for testing interconnectedness, examples.
7. Dispersion analysis. Independent and related samples. Main criteria, conditions of their applicability. Examples.
8. Linear regression. Least square method. Properties of the least squares estimator, linear Gaussian model. Interpreting OLS Regression Results in statsmodels.
9. Regularization. Motivation. Ridge, Lasso, Elastic Net. Behavior of regression coefficients depending on the regularization parameter.
10. Decision trees. The procedure for constructing a tree, the criteria for information content, the answer in the sheet. Bias variance decomposition. Random forest, advantages and disadvantages.

11. Decision trees. The procedure for constructing a tree, the criteria for information content, the answer in the sheet. Gradient boosting, advantages and disadvantages.
12. Neural networks: error backpropagation mechanism, network optimization. Fully connected neural networks. Activation functions.
13. Neural networks: error back propagation mechanism, network optimization. Convolutional neural networks: motivation, types of layers.
14. Quality metrics. Confusion matrix. Classification quality metrics, their features. ROC and PR curves. Regression quality metrics. Cross validation.

References

1. Кельберт М. Я., Сухов Ю. М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Том 1. Основные понятия теории вероятности и статистики. - М., МЦНМО, 2018. – 519 с.
2. Кельберт М. Я., Сухов Ю. М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Том 2. Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов. Часть 1, 2. - М., МЦНМО, 2021. – 396 с.
3. Прохоров Ю. В., Прохоров А. В. Курс теории вероятностей и математической статистики. - М., МЦНМО, 2019. – 224 с.
4. Ширяев А.Н. Вероятность-1. - М., МЦНМО, 2021
5. Ширяев А.Н. Вероятность-2. - М., МЦНМО, 2021
6. Ширяев А.Н. Задачи по теории вероятностей. - М., МЦНМО, 2019.
7. Ширяев А. Н., Эрлих И. Г., Яськов П. А. Вероятность в теоремах и задачах (с доказательствами и решениями). – электронное издание
8. Кораллов Л. Б., Синай Я. Г Я. Г. Теория вероятностей и случайные процессы. - М., МЦНМО, 2013
9. Стоянов Й. Контрпримеры в теории вероятностей. - М., МЦНМО, 2012
10. Вероятность: в 2 т. : учебник для вузов / А. Н. Ширяев .— 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МЦНМО, 2004 .— Т. 1 : Элементарная теория вероятностей. Математические основания. Предельные теоремы. - 2004. - 520 с.
11. Ширяев А.Н Вероятность: в 2 т. : учебник для вузов / 4-е перераб. и доп. — М. : МЦНМО, 2007, 2011 .— Т. 2 : Суммы и последовательности случайных величин - стационарные, мартингалы, марковские цепи. - 2007, 2011. - 416 с.
12. Теория вероятностей : учебник / Е.С. Вентцель. - 12-е изд., стер. - Москва: ЮСТИЦИЯ, 2018. - 658 с.
13. Крамер Г. Математические методы статистики. - М. Мир. 1975.
14. Wasserman L. All of Statistics – Pittsburgh: Springer Science+Business Media, 2006. – 271 с.
15. Millar R.B. Maximum Likelihood Estimation and Inference - John Wiley & Sons, Ltd, 2011 – 366 с.
16. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. - М.: Физматлит, 2006.— 816 с.
17. Боровков А.А. Математическая статистика. – М.: Физматлит, 2007. - 703 с.
18. Girden E.R. - ANOVA: Repeated Measures - Sage Publications, 1992. - 84 с.
19. Tabachnick B. G., Fidell L. S. Experimental designs using ANOVA. – Cengage Learning, 2006. - 250 с.
20. Morgan S. L., Winship C. Counterfactuals and causal inference. - Cambridge University Press, 2014. – 334 p.
21. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. Elements of Statistical Learning – Springer,

2017. - 764
22. Patterson J., Gibson A., Deep Learning: A Practitioner's Approach – O'Reilly Media, 2017. – 971 – p.
 23. R. E. Schapire, Y. Freund, P. L. Bartlett, and W. S. Lee. Boosting the margin: A new explanation for the effectiveness of voting methods. *Annals of Statistics*, 26(5):1651-1686, October 1998.
 24. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E., ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural. - University of Toronto Canada, 2012. – 30 p.

Additional literature

1. Линейная алгебра: учебник для вузов / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. — 3 - е изд., доп. — М. : Наука, 1984. — 295 с.
2. Севастьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математической статистики: учеб. пособие для вузов.— М. Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2004. — 272 с.
3. Э. Мендельсон Введение в математическую логику. - М.: Наука, 1971.
Сэбер Дж. Линейный регрессионный анализ. - М.: Мир, 1980.
4. Вальд А. Последовательный анализ. - М.: Гос. изд. физ.-мат. литературы, 1960
5. Вероятность: в 2 т. : учебник для вузов / А. Н. Ширяев. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МЦНМО, 2004. — Т. 1 : Элементарная теория вероятностей. Математические основания. Предельные теоремы. - 2004. - 520 с.
6. Курс теории вероятностей: учеб. пособ. для вузов / В. П. Чистяков. — 4-е изд., испр. — М. : Агар, 1996. — 256 с.
7. Karpathy A. The Unreasonable Effectiveness of Recurrent Neural Networks. - https://web.stanford.edu/class/cs379c/archive/2018/class_messages_listing/content/Artificial_Neural_Network_Technology_Tutorials/KarparthyUNREASONABLY-EFFECTIVE-RNN-15.pdf
8. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. - O'Reilly Media, 2019. – 1065.
9. Mason L., Baxter J., Bartlett P., Frean M. Boosting algorithms as gradient descent. - [NIPS Conference, Denver, Colorado, USA, November 29 - December 4, 1999
10. R.M. Bell and Y. Koren. Lessons from the netflix prize challenge. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 9(2):75–79, 2007.
11. Klaus Greff, Rupesh K. Srivastava, Jan Koutník, Bas R. Steunebrink, Jürgen Schmidhuber LSTM: A Search Space Odyssey.: *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* 28(10) DOI:10.1109/TNNLS.2016.2582924
12. Géron A.. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. - O'Reilly Media, 2019. – 856 p.
13. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning – Springer Science+Business Media, LLC, 2006/ - 738 p.
14. Weber Н., Big Data and Artificial Intelligence. - Independently published – 159 p.
15. Савельев В. Статистика и котики – М.: Издательство АСТ, 2018. – 122 с.
16. Айзек М.П. Графика, формулы, анализ данных в Excel. Пошаговые примеры / М.П. Айзек. — СПб.: Наука и техника, 2019. — 384 с.
17. Геворкян, П.С. Теория вероятностей и математическая статистика / П.С. Геворкян. - М.: Физматлит, 2016. - 176 с.
18. Геворкян, П.С. Теория вероятностей и математическая статистика / П.С. Геворкян, А.В. Потемкин, И.М. Эйсымонт. - М.: Физматлит, 2016. - 176 с.
19. Виленкин Н.Я. Комбинаторика / Н.Я. Виленкин, А.Н. Виленкин, П.А. Виленкин. - М.: ФИМА, МЦНМО, 2006. - 400 с.
20. Львовский, Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул.

Учебное пособие / Е.Н. Львовский. - М.: Высшая школа, 2015. - 240 с.