

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «Сетевые модели и оптимизационные алгоритмы в экономике»

#### Тема 1. Основные понятия теории алгоритмов

Понятие алгоритма и многокритериальность проблемы его выбора. Псевдокод.

Сложность алгоритма.  $O$ ,  $\Omega$  и  $\Theta$  нотации. Оценка сложности по псевдокоду (на примере алгоритмов сортировки массива). Рекурсивные алгоритмы. Оценка их сложности методом подстановки, методом рекурсивного дерева (Recursion-tree method), с помощью Master Theorem. Оценка времени работы алгоритма на различных устройствах.

Полные и  $NP$ -полные задачи.

Эвристические алгоритмы, жадные алгоритмы.

#### Тема 2. Основные понятия теории графов

Основные понятия. Матрицы смежности, инцидентности. Характеристики вершин и ребер. Визуализация графов, силовые алгоритмы. Пакет igraph в R.

#### Тема 3. Задача о кратчайшем пути

Постановка задачи. Сведение задачи о кратчайшем пути к ЗЦЛП. Различные алгоритмы решения задачи о кратчайшем пути. Классический алгоритм Дейкстры. Теорема о том, что результатом применения алгоритма Дейкстры является нахождение кратчайших путей до всех вершин сети. Алгоритм Беллмана-Форда.

#### Тема 4. Задача о максимальном потоке в транспортной сети

Постановка задачи. Сведение задачи о максимальном потоке к ЗЛП. Понятие увеличивающей цепи. Понятие разреза. Задача о минимальном разрезе. Сведение задачи о минимальном разрезе к ЗЛП. Различные алгоритмы решения задачи. Классический алгоритм Форда-Фалкерсона. Теорема Форда-Фалкерсона.

#### Тема 5. Диффузия в графах

Модели диффузии в графах: модель распространения эпидемии, модель диффузии инноваций. Центральность вершины по степени (degree centrality); по близости; по кратчайшему пути (betweenness centrality); по собственному значению (eigenvalue centrality); PageRank; центральность по Кацу (Katz–Bonacich centrality). Центральность графа. Парадокс дружбы.

#### Тема 6. Модели формирования графа

Модель случайного графа Эрдеша-Реньи. Модель Барабаши-Альберт. Модель Уоттса-Строгатца.

Модели стратегического формирования графа.

Оценивание блочной модели (block model). Оценивание ERGM моделей (экспоненциальные модели случайных графов).

#### Тема 7. Предпочтительное присоединение и предиктивная аналитика

Модель сегрегации Шеллинга.

Явление предпочтительного присоединения (гомофилия, ассортативность). Глобальный и локальный кластерные коэффициенты.

Выделение кластеров, сообществ в графах.

Предсказательная аналитика на сетевых данных.

Анализ данных социальной сети Twitter.

### **Тема 8. Сетевые эффекты**

Гравитационные модели и сетевые данные (dyadic regression).

Эндогенные, экзогенные и коррелированные эффекты, социальный мультипликатор.

Идентификация социальной сети (finding the right peers).

Модель линейная-в-средних (linear-in-means). Проблемы идентификации. Конструирование инструментов.

Сетевые эффекты и SUTVA.

### **Тема 9. Практические примеры сравнительного анализа оптимизационных алгоритмов**

Алгоритмы поиска кратчайшего пути. Муравьиный алгоритм решения задачи коммивояжера.

Алгоритмы решения задачи о рюкзаке. Алгоритмы решения задачи линейного программирования.

Метрики расстояния между многомерными объектами. Алгоритм поиска точки, ближайшей к заданной, с помощью k-d дерева.

Задача кластеризации. Диаграмма Вороного. Метод k ближайших соседей (knn).

Решение практических задач поиска k ближайших соседей и кластеризации на языке R.

### **Основная литература**

1. Cormen T., Leiserson C., Rivest R., Stein C. Introduction to Algorithms, Third Edition. – MIT Press. – 2009.
2. Дасгупта С., Пападимитриу Х., Вазирани У. Алгоритмы. М.: – МЦНМО, 2014.
3. Берж К. Теория графов и ее применения / К. Берж – М.: Книга по Требованию, 2021.
4. Jackson M.O. Social and Economic Networks. – Princeton University Press. – 2010.
5. Таха Х. Введение в исследование операций (в 2-х книгах). – М.: Мир, 1985.
6. Macskassy, Sofus & Provost, Foster. (2003). A Simple Relational Classifier.
7. Manski, Charles F. "Identification of endogenous social effects: The reflection problem." The review of economic studies 60, no. 3 (1993): 531-542.
8. Yann Bramoullé, Habiba Djebbari and Bernard Fortin. Journal of Econometrics, 2009.

### **Дополнительная литература**

1. Dorigo M., Stutzle T. Ant Colony Optimization. MIT Press. – 2004.
2. Гусарова Н.Ф. Анализ социальных сетей. Основные понятия и метрики. – СПб: Университет ИТМО. – 2016.
3. Padgett, Ansell (1993): Robust Action and the Rise of the Medici, 1400 – 1434.

4. Banerjee A, Chandrasekhar AG, Duflo E, Jackson MO. The diffusion of microfinance. *Science*. – 2013.
5. Elliott, Golub, Jackson, *Financial Networks and Contagion // American Economic Review*. – 2014.
6. Vasco M Carvalho & Makoto Nirei & Yukiko U Saito & Alireza Tahbaz-Salehi, 2021. "Supply Chain Disruptions: Evidence from the Great East Japan Earthquake," *The Quarterly Journal of Economics*
7. S. González-Bailón, et al. "The dynamics of protest recruitment through an online network." *Scientific Reports* 1, 197 (2011)
8. Jing Cai, Adam Szeidl, *Interfirm Relationships and Business Performance, The Quarterly Journal of Economics*, Volume 133, Issue 3, August 2018
9. Flandreau, Marc, and Clemens Jobst. "The Ties That Divide: A Network Analysis of the International Monetary System, 1890-1910." *The Journal of Economic History*, vol. 65, no. 4, 2005
10. P. Erdős, A Rényi. On Random Graphs I. — *Publ. Math.* — 1959. — T. 6. — C. 290—297.
11. Albert-László Barabási & Réka Albert. Emergence of scaling in random networks // *Science: journal*. — 1999. — October (vol. 286, no. 5439). — P. 509—512.
12. Watts, D. J.; Strogatz, S. H. (1998). "Collective dynamics of 'small-world' networks" *Nature*. **393** (6684): 440–442.
13. M. O. Jackson and B. W. Rogers, "Meeting strangers and friends of friends: How random are social networks?," *American Economic Review*, vol. 97, no. 3, pp. 890–915, 2007.
14. Leger J. B. Blockmodels: A R-package for estimating in Latent Block Model and Stochastic Block Model, with various probability functions, with or without covariates // *arXiv preprint arXiv:1602.07587*. – 2016.
15. *Encyclopedia of Social Network Analysis and Mining*, 2018, pp. 810-826 Exponential Random Graph Models, Agata Fronczak
16. Robins G, Pattison P, Kalish Y, Lusher D (2007) An introduction to exponential random graphs (p\*) models for social networks. *Soc. Netw.* 29: 173–191
17. Setayesh, A., Sourati Hassan Zadeh, Z. & Bahrak, B. Analysis of the global trade network using exponential random graph models. *Appl Netw Sci* 7, 38 (2022).
18. Hendel, Lach, Spiegel. Consumers' activism: the cottage cheese boycott. *The RAND Journal of Economics*. – 2017.
19. Currarini, Sergio & Jackson, Matthew & Pin, Paolo. (2010). Identifying the Roles of Race-Based Choice and Chance in High School Friendship Network Formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 107. 4857-61. 10.1073/pnas.0911793107.
20. Jackson, Matthew O., *Inequality's Economic and Social Roots: The Role of Social Networks and Homophily* (March 20, 2021).
21. David Card, Alexandre Mas, Jesse Rothstein, *Tipping and the Dynamics of Segregation, The Quarterly Journal of Economics*, Volume 123, Issue 1, February 2008
22. Schelling, T.C. (1971) Dynamic Models of Segregation. *Journal of Mathematical Sociology*, 1
23. Bryan Graham, Aureo de Paula, *The Econometric Analysis of Network Data*, 2020.
24. Bruce Sacerdote, *Experimental and Quasi-Experimental Analysis of Peer Effects: Two Steps Forward?*, *Annual Review of Economics*. – 2014.
25. Duflo, E., & Saez, E. (2003). The role of information and social interactions in retirement plan decisions: Evidence from a randomized experiment. *The Quarterly journal of economics*, 118(3), 815-842.
26. Crépon, B., Duflo, E., Gurgand, M., Rathelot, R., & Zamora, P. (2013). Do labor market policies have displacement effects? Evidence from a clustered randomized experiment. *The quarterly journal of economics*, 128(2), 531-580.
27. Angrist, Joshua D. "The perils of peer effects." *Labour Economics* 30 (2014): 98-108.
28. Falk, Armin, and Andrea Ichino. "Clean evidence on peer effects." *Journal of labor economics* 24, no. 1 (2006): 39-57.

29. Zimmerman, David J. "Peer effects in academic outcomes: Evidence from a natural experiment." *Review of Economics and statistics* 85, no. 1 (2003): 9-23.
30. Cornelissen, Thomas, Christian Dustmann, and Uta Schönberg. "Peer effects in the workplace." *American Economic Review* 107, no. 2 (2017): 425-56.
31. Sacerdote, B., 2011. Peer effects in education: How might they work, how big are they and how much do we know thus far?. In *Handbook of the Economics of Education* (Vol. 3, pp. 249-277). Elsevier.
32. Beaman, L. A. Social networks and the dynamics of labour market outcomes: Evidence from refugees resettled in the US. REStud, 2012.
33. Christakis, Nicholas. (2007). The Spread of Obesity in a Large Social Network Over 32 Years. *New England Journal of Medicine*. 357. 10.1056/NEJMsa066082.
34. Kline, B. and Tamer, E. (2017). "Econometric Analysis of Models with Social Interactions".
35. Manresa, E. (2016). Estimating the structure of social interactions using panel data. Unpublished Manuscript. CEMFI, Madrid.

#### Статистические и информационные ресурсы, интернет-ресурсы:

R / R Studio;

<https://github.com/briatte/awesome-network-analysis>

<https://icon.colorado.edu/#/>

<http://snap.stanford.edu/data/index.html>

<https://web.stanford.edu/~jacksonm/Data.html>

#### ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ

Максимальные значения баллов, которые студент может получить за выполнение формы проверки знаний (текущая и промежуточная аттестация) в процентах от общей суммы баллов:

Формы текущей и промежуточной аттестации (оценочные средства)	
Контрольная работа	20%
Первая домашняя работа	30%
Вторая домашняя работа	30%
Экзамен	20%

Оценка по курсу выставляется, по критериям, соответствующим балльно-рейтинговой системе, действующей на факультете в момент начала чтения курса.