

**Специальность: Системный анализ, управление и обработка информации (05.13.01)
в приложении к энергетическим системам**

1. Основные понятия и задачи системного анализа

Понятия о системном подходе, системном анализе. Выделение системы из среды, определение системы. Управляемость, достижимость, устойчивость. Свойства системы: целостность и декомпозируемость, связность, структура, организация, интегрированные качества.

Модели систем: статические, динамические, информационные, и др. Примеры энергетических систем. Классификация систем: простые и сложные, активные и пассивные, стабильные и развивающиеся системы, и т.д.

Основные методологические принципы анализа систем. Задачи системного анализа.

2. Модели и методы решений

Постановка задач. Классификация задач. Этапы решения задач. Экспертное оценивание. Примеры из энергетических систем.

Методы многокритериальной оценки альтернатив. Примеры из энергетических систем.

Принятие решений в условиях неопределенности. Статистические модели принятия решений. Примеры из энергетических систем.

Модели и методы принятия решений при нечеткой информации. Задачи математического программирования при нечетких исходных условиях. Примеры из энергетических систем.

Постановки задач на основе различных принципов оптимальности. Принятие решений при нечетком отношении предпочтений на множестве альтернатив. Примеры из энергетических систем.

Игра как модель конфликтной ситуации. Примеры из энергетических систем.

3. Оптимизация и математическое программирование

Оптимизационный подход к проблемам управления и принятия решений. Допустимое множество и целевая функция. Формы записи задач математического программирования. Классификация задач математического программирования.

Постановка задачи линейного программирования. Стандартная и каноническая формы записи. Гиперплоскости и полупространства. Допустимые множества и оптимальные решения задач линейного программирования. Выпуклые множества. Симплекс-метод.

Локальный и глобальный экстремум. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Задачи об условном экстремуме и метод множителей Лагранжа. Методы безусловной оптимизации. Скорости сходимости. Методы первого порядка. Градиентные методы. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации.

Основные подходы к решению оптимизационных задач с ограничениями. Методы сведения задач с ограничениями к задачам безусловной оптимизации. Методы штрафных функций.

Задачи стохастического программирования. Методы конечных разностей в стохастическом программировании. Методы стохастической аппроксимации. Методы случайного поиска. Стохастические задачи с ограничениями вероятностей природы. Методы и задачи дискретного программирования. Задачи целочисленного линейного программирования. Задачи оптимизации на сетях и графах. Метод динамического программирования.

Смешанные оптимизационные задачи. Задачи планирования. Примеры из электрических и тепловых систем, систем снабжения газом.

4. Основы теории управления

Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы. Основные задачи теории управления: стабилизация, слежение, программное управление, оптимальное управление, экстремальное регулирование. Понятие об устойчивости систем управления. Элементы теории стабилизации. Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость. Абсолютная устойчивость и стабилизация. Управление в условиях неопределенности. Методы исследования поведения нелинейных систем. Классификация оптимальных систем. Принцип оптимального управления (Понтрягина). Динамическое программирование. Примеры задач управления энергетическими системами.

5. Компьютерные технологии обработки информации

Определение и общая классификация видов информационных технологий. Модели, методы и средства сбора, хранения, коммуникации и обработки информации с использованием компьютеров. Программно-технические средства реализации современных офисных технологий. Стандарты пользовательских интерфейсов. Создание и обработка текстовых файлов и документов с использованием текстовых редакторов и процессоров. Программные средства создания и обработки электронных таблиц. Программные средства создания графических объектов. Понятие информационной системы, банки и базы данных. Языки программирования для работы с базами данных.

Компьютерные технологии и языки программирования для эффективных вычислений и работы с научными данными. Системы и языки для анализа и исследований энергетических систем.

Принципы функционирования Internet, типовые информационные объекты и ресурсы. Ключевые аспекты WWW-технологии. Адресация в сети Internet. Методы и средства поиска информации в Internet, информационно-поисковые системы.

Основные разделы теории сложности и приложений искусственного интеллекта. Описание и постановка задачи. Классификация задач по степени сложности. Линейные алгоритмы. Полиномиальные алгоритмы. Экспоненциальные алгоритмы.

Литература:

1. Абрамов С. А. Лекции о сложности алгоритмов. – 2009.
2. Анфилатов В. С., Емельянов А. А., Кукушкин А. А. Системный анализ в управлении. – Финансы и статистика, 2006.
3. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. – Рипол Классик, 2013.
4. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ //М.: Юрайт. – 2010.
5. Нестеров Ю. Е. Введение в выпуклую оптимизацию. – 2010.
6. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – Питер, 2006.
7. Поляк Б. Т. Введение в оптимизацию. – 1983.
8. Поляк Б. Т., Щербаков П. С. Робастная устойчивость и управление. – М : Наука, 2002.
9. Сухарев, А. Г., А. В. Тимохов, and В. В. Федоров. "Курс методов оптимизации." (2011).
10. Bertsekas D. P. Dynamic programming and optimal control. – Belmont, MA : Athena scientific, 1995.
11. Boyd S., Vandenberghe L. Convex optimization. – Cambridge university press, 2004.
12. Boyd S. et al. Linear matrix inequalities in system and control theory. – Society for industrial and applied mathematics, 1994.
13. Cormen, Thomas H. Introduction to algorithms. MIT press, 2009.
14. Kendall, K. E., Kendall, J. E., Kendall, E. J., & Kendall, J. A. (1992). *Systems analysis and design*. New Jersey: Prentice Hall.
15. Machowski J., Bialek J., Bumby J. R. Power system dynamics and stability. – John Wiley & Sons, 1997.
16. Tanenbaum A. Computer networks, 4-th edition. Prentice Hall, 2003.
17. N. van Kampen, *Stochastic Processes in Physics and Chemistry (Third Edition)*, third edition ed. Amsterdam: Elsevier, 2007. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444529657500003>

18. D. J. C. Mackay, *Information theory, inference, and learning algorithms*, Cambridge: Cambridge University Press, 2003. [Online]. Available: <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/itprnn/book.html>
19. C. Moore and S. Mertens, *The Nature of Computation*, New York, NY, USA: Oxford University Press, Inc., 2011. [Online]. Available: <http://www.nature-of-computation.org/>
20. H. E. Taylor and S. Karlin, *An Introduction to Stochastic Modeling*, 3rd ed. Academic Press, Feb. 1998. [Online]. Available: <http://www.ime.usp.br/fmachado/MAE5709/KarlinTaylorIntrodStochModeling.pdf>
21. C. W. Gardiner, *Handbook of stochastic methods for physics, chemistry and the natural sciences*, 3rd ed., ser. Springer Series in Synergetics. Berlin: Springer-Verlag, 2004, vol. 13.
22. B. L. Nelson, *Stochastic modeling - analysis and simulation (reprint from 1995)*. Dover Publications, 2002.
23. E. Cinclar, *Introduction to stochastic processes*, Prentice-Hall, 1975. [Online]. Available: <http://gso.gbv.de/DB=2.1/CMD?ACT=SRCHA&SRT=YOP&IKT=1016&TRM=ppn+021423008&sourceid=fbw>
24. T. Richardson and R. Urbanke, *Modern Coding Theory*, Cambridge University Press, 2008.
25. J.L. Kirtley, *Electric Power Principles: Sources, Conversion, Distribution and Use*, John Wiley & Sons, Ltd, 2010.
26. Bergen, A. R. and Vittal, V., *Power Systems Analysis*, 2nd edition, Prentice-Hall, 2000.
27. Wood, A.J. and Wollenberg, B.F., Sheble, G.B. *Power Generation, Operation and Control*, John Willey & Sons, EEUU, New York, 3rd edition, 2014.
28. Gomez-Exposito, A. and Conejo, A. J. and Cañizares, C. (editors), *Electric Energy Systems, Analysis and Operation*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009.
29. Glover, J. D. and Sarma, M. S. and Overbye, T.J., *Power Systems Analysis and Design*, Cengage Learning, 2011.
30. Powerworld - <http://www.powerworld.com/>
31. Matpower - <http://www.pserc.cornell.edu/matpower/>
32. Rastrwin - <http://www.rastrwin.ru/en/>
33. Matlab - <https://www.mathworks.com>
34. Mathematica - <http://www.wolfram.com/mathematica/>
35. Python - <https://www.python.org/>
36. Julia - <https://julialang.org/>
37. EnergyPlus - <https://energyplus.net/>

Specialty: System Analysis, Control and Information Processing (05.13.01) with Application to Energy Systems.

1. Basic concepts and problems of system analysis.

Concepts of system approach and system analysis. System allocation from the environment, system definition. Controllability, attainability, stability. System properties: integrity and decomposition, connectivity, structure, organization, integrated qualities.

System models: static, dynamic, informational etc. Examples of energy systems. Systems classification: simple and complex, active and passive, stable and developing systems etc.

Basic methodological principles of system analysis. System analysis problems.

2. Models and solution methods.

Problems statements. Problems classification. Solution stages. Expert evaluation. Examples of energy systems.

Methods of multi-criteria evaluation of alternatives. Examples of energy systems.

Decision-making under uncertainty. Statistical decision-making models. Examples of energy systems.

Models and decision-making methods with fuzzy information. Mathematical programming problems with fuzzy initial conditions. Examples of energy systems.

Game theory as a theory of conflict resolution. Examples of energy systems.

3. Optimization and mathematical programming.

Optimization approach to control problems and decision-making. Domain set and objective function. Notation forms of mathematical programming problems. Classification of mathematical programming problems.

Statement of a linear programming problem. Standard and canonical forms. Hyperplanes and half-spaces. Domain sets and optimal solutions of linear programming problems. Convex sets. The simplex method.

Local and global extrema. Necessary and sufficient conditions for an unconditional extremum of differentiable functions. Problems on conditional extrema and Lagrange multipliers technique.

Unconstrained optimization methods. Rate of convergence. First-order methods. Gradient methods. Second-order methods. Newton's method and its modifications.

Main approaches for solving optimization problems with constraints. Methods to reduce a constraint optimization problems to unconstrained ones. Penalty and barrier methods.

Stochastic programming problem. Finite-differences method for stochastic programming problem. Stochastic approximation methods. Random search methods. Stochastic programming with probability constraints. Methods and problems of discrete programming. Integer linear programming problems. Optimization problems on networks and graphs. Dynamic programming.

Mixed optimization problems. Optimization problems in production planning. Examples of electrical and thermal systems, gas supply systems.

4. Control theory basics.

Basic concepts of the control theory: objectives and control principles, dynamic systems. Mathematical description of control objects: state space, transfer functions, block diagrams. Main problems in control theory: stabilization, tracking, programmed control, optimal control, extreme regulation. Control systems stability. Elements of stability theory. Controllability, observability, stabilizability. Absolute stability and stabilization. Control under uncertainty conditions. Methods of research of behaviour of nonlinear systems. Classification of optimal systems. Pontryagin's principle in optimal control. Dynamic programming. Examples of control problems in energy systems.

5. Computer technologies of information processing.

Definition and general classification of types of information technology. Models, methods and means of collection, storage, communication and processing information using computers. Software technical means of implementation of modern office technology. Standards for user interfaces. Creating and handling text files and documents using text editors and processors. Software for creating and editing spreadsheets. Software for creating graphical objects. Concept of information systems, banks and databases. Programming languages to work with databases.

Computer technology and programming languages for efficient computing and working with scientific data. Systems and languages for analysis and research energy systems.

Principles of the Internet, typical information objects and resources. Key aspects of the WWW technology. Addressing in the Internet. Methods and means of information search in the Internet, information retrieval system.

Principal aspects of the computational complexity theory and applications of artificial intelligence. Description and statement of the problem. Problems classification according to the degree of complexity. Linear-time algorithms. Polynomial-time algorithms. Exponential-time algorithms.

Bibliography:

1. Abramov S. A. Lectures on complexity of algorithms. – 2009.
2. Anfilatov V.S., Yemelyanov A.A., Kukushkin A.A. System analysis in control theory. – Finances and statistics, 2006.
3. Boltyansky V.G. Mathematical methods in optimal control.– Repol Classic, 2013.
4. Volkova V.N., Denisov A.A. Systems theory and system analysis//M. :UWrite. – 2010.
5. Nesterov Yu. E. Introduction to Convex Optimization. – 2010.
6. Olipher V. G., Olipher N.A. Computer networks. Concepts, technologies, protocols. – Питер, 2006.
7. Polyak B.T. Introduction to optimization. – 1983.
8. Polyak B.T., Sherbakov P.S. Robust stability and control. – M : Science, 2002.
9. Sukharev A.G., Timokhonov A.V., Phedorov V.V.. "Course on optimization methods" (2011).
10. Bertsekas D.P. Dynamic programming and optimal control. – Belmont, MA: Athena scientific, 1995.
11. Boyd S., Vandenberghe L. Convex optimization. – Cambridge university press, 2004.
12. Boyd S. et al. Linear matrix inequalities in system and control theory. – Society for industrial and applied mathematics, 1994.
13. Cormen, Thomas H. Introduction to algorithms. MIT press, 2009.
14. Kendall, K. E., Kendall, J. E., Kendall, E. J., & Kendall, J. A. (1992). Systems analysis and design. New Jersey: Prentice Hall.
15. Machowski J., Bialek J., Bumby J.R. Power system dynamics and stability.–JohnWiley&Sons,1997.
16. Tanenbaum A. Computer networks, 4-th edition. Prentice Hall, 2003.
17. N. van Kampen, Stochastic Processes in Physics and Chemistry (Third Edition), third edition ed. Amsterdam: Elsevier, 2007. [Online]. Available:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444529657500003>
18. D.J.C.Mackay, Information theory, inference, and learning algorithms, Cambridge: Cambridge University Press, 2003. [Online]. Available: <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/itprnn/book.html>

19. C. Moore and S. Mertens, The Nature of Computation, New York, NY, USA: Oxford University Press, Inc., 2011. [Online]. Available: <http://www.nature-of-computation.org/>
20. H.E. Taylor and S. Karlin, An Introduction to Stochastic Modeling, 3rd ed. Academic Press, Feb. 1998. [Online]. Available: <http://www.ime.usp.br/fmachado/MAE5709/KarlinTaylorIntrodStochModeling.pdf>
21. C.W. Gardiner, Handbook of stochastic methods for physics, chemistry and the natural sciences, 3rd ed., ser. Springer Series in Synergetics. Berlin: Springer-Verlag, 2004, vol. 13.
22. B. L. Nelson, Stochastic modeling - analysis and simulation (reprint from 1995). Dover Publications, 2002.
23. E. Cinclar, Introduction to stochastic processes, Prentice-Hall, 1975. [Online]. Available: <http://gso.gbv.de/DB=2.1/CMD?ACT=SRCHA&SRT=YOP&IKT=1016&TRM=ppt+021423008&sourceid=fbw>
24. T. Richardson and R. Urbanke, Modern Coding Theory, Cambridge University Press, 2008.
25. J.L. Kirtley, Electric Power Principles: Sources, Conversion, Distribution and Use, John Wiley & Sons, Ltd, 2010.
26. Bergen, A. R. and Vittal, V., Power Systems Analysis, 2nd edition, Prentice-Hall, 2000.
27. Wood, A.J. and Wollenberg, B.F., Sheble, G.B. Power Generation, Operation and Control, John Wiley & Sons, EEUU, New York, 3rd edition, 2014.
28. Gomez-Exposito, A. and Conejo, A. J. and Cañizares, C. (editors), Electric Energy Systems, Analysis and Operation, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009.
29. Glover, J.D. and Sarma, M.S. and Overbye, T.J., Power Systems Analysis and Design, Cengage Learning, 2011.
30. Powerworld - <http://www.powerworld.com/>
31. Matpower - <http://www.pserc.cornell.edu/matpower/>
32. Rastrwin - <http://www.rastrwin.ru/en/>
33. Matlab - <https://www.mathworks.com>
34. Mathematica - <http://www.wolfram.com/mathematica/>
35. Python - <https://www.python.org/>
36. Julia - <https://julialang.org/>
37. EnergyPlus - <https://energyplus.net>