



FOUNDATIONS OF SOFT MATHEMATICS FOR GREEN CONTROL

- Variables fuzzification operations for energy-effective control systems
- Dynamic neural network usage for complex control object identification

ENERGY-AWARE REGULATORS DEVELOPMENT

- Intelligent control systems of technological processes based on fuzzy diagrams
- Regulators of buildings power supply and survival systems using renewable energy sources
- Machine vision systems for monitoring and control of firing technological processes

DEVELOPMENT OF ENERGY-AWARE CONTROL SYSTEMS FOR ROBOTICS

- Computer modeling of manipulator control systems
- Mobile robot control systems with machine vision



University of Ioannina



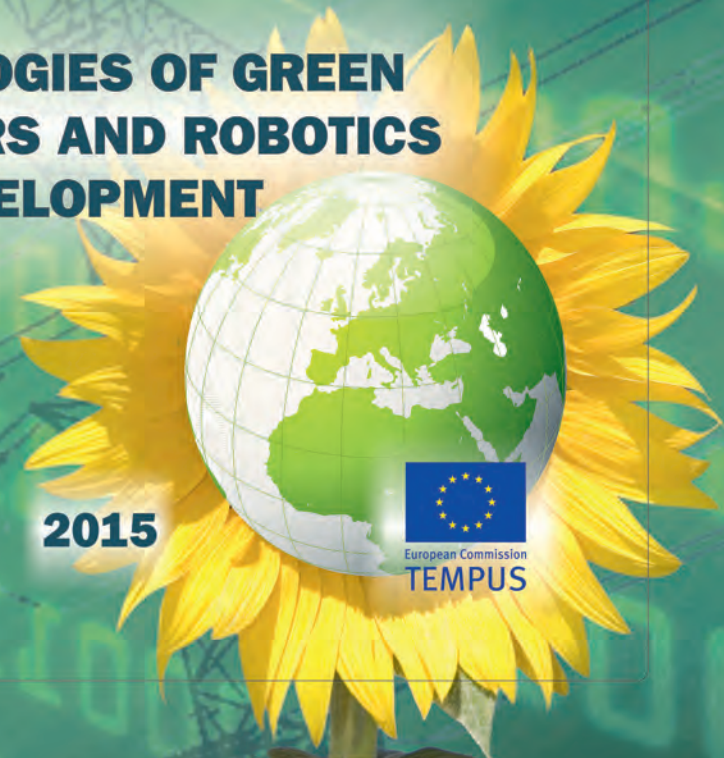
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЗЕЛЕННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Практикум

TECHNOLOGIES OF GREEN REGULATORS AND ROBOTICS DEVELOPMENT



2015



**Министерство образования и науки Украины
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»**

**В.Г. Рубанов, В.З. Магергут, Д.А. Юдин, А.Г. Бажанов,
Е.Б. Кариков, Д.А. Бушуев, И.А. Рыбин, Ю.А. Кошлич**

Технологии разработки зеленых регуляторов и робототехнических систем

Technologies of Green Regulators and Robotics Development

Практикум

Под редакцией В.Г. Рубанова, В.С. Харченко

**Проект
530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR
*Green Computing & Communication***

2015

УДК 004.9+681.5

Т38

Викладені матеріали практичної частини навчального курсу «Технології розроблення зелених регуляторів і робототехнічних систем» (Technologies of Green Regulators and Robotics Development), підготовленого для магістрантів за проектом TEMPUS «Green Computing and Communication» (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR).

Курс присвячений методології та практиці розроблення зелених (енергоєфективних) систем управління складними технологічними і технічними об'єктами, зокрема робототехнічними системами. Розглядаються інтелектуальні підходи, засновані на нечіткій логіці, нейронних мережах, машинному зорі, на моделюванні складних технологічних процесів і робототехнічних систем з урахуванням обмежень на енергоспоживання. Приводиться навчальна програма курсу, дається опис лабораторних робіт, методичні рекомендації щодо самостійного вивчення матеріалу курсу.

Для магістрантів та аспірантів університетів, які навчаються за напрямками комп'ютерних наук, комп'ютерної та програмної інженерії, при вивченні методів і засобів розроблення зелених систем управління складними технологічними та технічними об'єктами, а також може бути корисним викладачам відповідних курсів.

Рецензенти: Серков Александр Анатольевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель Украины, заведующий кафедрой систем информации Национального технического университета "Харьковский политехнический институт";

Levashenko Vitaly, Dr. Professor, Faculty of Management Science and Informatics University of Žilina, Slovakia.

Т38 Технологии разработки зеленых регуляторов и робототехнических систем. Практикум / Рубанов В.Г., Магергут В.З., Юдин Д.А., Бажанов А.Г., Кариков Е.Б., Бушуев Д.А., Рыбин И.А., Кошлич Ю.А. – Под ред. Рубанова В.Г., Харченко В.С. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ». – 2015. – 112с.

ISBN 978-966-662-713-4

Изложены материалы практической части учебного курса «Технологии разработки зеленых регуляторов и робототехнических систем» (Technologies of Green Regulators and Robotics Development), подготовленного для магистрантов в рамках проекта TEMPUS «Green Computing & Communication» (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR).

Курс посвящен методологии и практике разработки зеленых (энергоэффективных) систем управления сложными технологическими и техническими объектами, в частности робототехническими системами. Рассматриваются интеллектуальные подходы, основанные на нечеткой логике, нейронных сетях, машинном зрении, на моделировании сложных технологических процессов и робототехнических систем. Приводится учебная программа курса, дается описание лабораторных работ, методические рекомендации по самостоятельному изучению материала курса.

Для магистрантов и аспирантов университетов, обучающихся по направлениям компьютерных наук, компьютерной и программной инженерии, при изучении методов и средств разработки зеленых систем управления сложными технологическими и техническими объектами, а также может быть полезен для преподавателей, ведущих занятия по соответствующим курсам.

Библ. – 48 наименований, рисунков – 37, таблиц – 7.

Рекомендовано к изданию Ученым советом Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт» (протокол № 1 от 2 сентября 2015 года).

УДК 004.9+681.5

ISBN 978-966-662-713-4

© Рубанов В.Г., Магергут В.З., Юдин Д.А., Бажанов А.Г., Кариков Е.Б., Бушуев Д.А., Рыбин И.А., Кошлич Ю.А.

© Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2015

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ВИЭ – возобновляемые источники энергии
ГВС – горячее водоснабжение
КПД – коэффициент полезного действия
НДПУ – нечетких диаграмм поведения узлов
ОУ – объект управления
ПЛК – программируемые логические контроллеры
ПО – программное обеспечение
СТЗ – системы технического зрения
ТУ – технологические условия
- CAE - Computer-aided engineering
GLCM – Gray-Level Co-occurrence Matrices
NARX - Nonlinear autoregressive exogenous model
SOM – Self-organizing map

ВВЕДЕНИЕ

В пособии изложены материалы практической части учебного курса «Технологии разработки зеленых регуляторов и робототехнических систем» (Technologies of Green Regulators and Robotics Development), подготовленного для магистрантов в рамках проекта TEMPUS «Green Computing & Communication» (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR). Курс посвящен методологии и практике разработки «зеленых», энергоэффективных систем управления сложных технологических и технических объектов, в частности, робототехнических систем.

В пособии приводятся описания лабораторных работ, в приложениях изложены учебная программа курса и методические рекомендации по самостоятельному изучению материалов курса.

Первый раздел посвящен модулю учебного курса «Основы мягких вычислений для «зеленого» управления» и содержит теоретический материал и описание порядка выполнения двух лабораторных работ. Данные лабораторные работы направлены на изучение операций фаззификации переменных в энергоэффективных системах управления и исследование применения динамических нейронных сетей для идентификации сложного энергоемкого объекта регулирования.

Второй раздел касается разработки энергосберегающих регуляторов – второго модуля учебного курса. Это самый объемный раздел. В нем описаны три лабораторных работы, в которых магистрантам необходимо исследовать интеллектуальные системы регулирования и управления технологическими процессами на основе нечетких диаграмм, исследовать регуляторы систем энергоснабжения и жизнеобеспечения зданий с применением возобновляемых источников энергии и изучить системы технического зрения для мониторинга и управления технологическим процессом обжига.

Третий раздел раскрывает практическую и теоретическую часть третьего модуля учебного курса «Разработка энергоэффективных систем управления в области робототехники». В нем приведены две лабораторные работы, нацеленные на создание «зеленых» систем управления как для стационарных, так

и для мобильных роботов. Эти системы позволяют как снизить энергопотребление приводов с помощью предварительного компьютерного моделирования систем управления манипуляционного робота, так и повысить автономность и энергонезависимость телеуправляемого мобильного робота благодаря применению технического зрения.

Рисунки, таблицы и формулы для удобства нумеруются в пределах каждого раздела.

Книга предназначена для магистрантов и аспирантов университетов, обучающихся по направлениям компьютерных наук, компьютерной и программной инженерии, при изучении методов и средств разработки «зеленых», энергоэффективных систем управления сложными технологическими и техническими объектами, а также может быть полезна для преподавателей, ведущих занятия по соответствующим курсам.

Пособие подготовлено заведующим кафедрой «Техническая кибернетика» Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова д.т.н., профессором Рубановым В.Г. (раздел 1 и подраздел 3.1), д.т.н., профессором Магергутом В.З. (подразделы 2.1, 2.3, 3.2), к.т.н., ассистентом кафедры Юдиным Д.А. (подразделы 2.3 и 3.2), к.т.н., доцентом кафедры Бажановым А.Г. (подраздел 2.1), старшим преподавателем Бушуевым Д.А. (подраздел 3.1), старшим преподавателем Рыбиным И.А. (подраздел 1.1), магистрантом Кариковым Е.Б. (подраздел 1.2), м.н.с. кафедры Кошличем Ю.А. (подраздел 2.2.). Введение, приложения А, Б подготовлены В.Г. Рубановым и Д.А. Юдиным и А.Г. Бажановым. Общее редактирование проведено В.Г. Рубановым и д.т.н., профессором Харченко В.С. (кафедра компьютерных систем и сетей Национального аэрокосмического университета имени Н.Е. Жуковского «ХАИ»).

Авторы выражают благодарность рецензентам, коллегам по проекту, сотрудникам кафедры за ценную информацию, методическую помощь и конструктивные предложения, которые высказывались в процессе обсуждения практической части данного курса.

ABSTRACT AND CONTENT

UDC 004.9+681.5

Technologies of Green Regulators and Robotics. Training. / Rubanov V.G., Magergut V.Z., Yudin D.A., Bazhanov A.G., Karikov E.B., Bushuev D.A., Rybin Y.A., Koshlich Y.A. – Edited by Rubanov V. G., Kharchenko V. S. – Kharkiv: National Aerospace University named after N. E. Zhukovsky “KhAI”. – 2015. – 112 p.

ISBN 978-966-662-713-4

Practical materials of study course “Technologies of Green Regulators and Robotics Development” are developed within project TEMPUS «Green Computing and Communication» (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR).

The course is devoted to the theory and practice of development of green, energy-effective control systems for complex technological and technical objects, in the particular case, robotic systems. It describes intelligent approaches based on fuzzy logic, neural networks, and machine vision, modeling of complex technological and robotic systems. In terms of methodology the following were given: syllabus, description of laboratory works and recommendations for independent learning of course.

The book is mainly addressed to MSc, PhD students of universities on computer science, computer and program engineering, in particular studying methods and tools for development of energy-aware control systems for complex technological and technical objects. It could be useful for lecturers on corresponding courses.

Ref. – 48 items, figures – 37

CONTENT

ABBREVIATION	3
INTRODUCTION	4
1. FOUNDATIONS OF SOFT MATHEMATICS FOR GREEN CONTROL	6
1.1. Lab 1. Study of variables fuzzification operations for energy-effective control systems	6
1.2. Lab 2. Investigation of dynamic neural network usage for complex control object identification	16
2. ENERGY-AWARE REGULATORS DEVELOPMENT	24
2.1. Lab 3. Investigation of intelligent control systems of technological processes based on fuzzy diagrams	24
2.2. Lab 4. Investigation of regulators of buildings power supply and survival systems using renewable energy sources	35
2.3. Lab 5. Investigation of machine vision systems for monitoring and control of firing technological processes	45
3. DEVELOPMENT OF ENERGY-AWARE CONTROL SYSTEMS FOR ROBOTICS	63
3.1. Lab 6. Computer modeling of manipulator control systems.	63
3.2. Lab 7. Investigation of mobile robot control systems with machine vision	73
REFERENCES	82
APPENDIX A. Course program	91
APPENDIX B. Tutorial recommendations	103

АНОТАЦІЯ

УДК 004.9+681.5

Т38

Технології розробки зелених регуляторів і робототехнічних систем. Практикум. / Рубанов В.Г., Магергут В.З., Юдін Д.О., Бажанов О.Г., Кариков Є.Б., Бушуєв Д.О., Рибін І.О., Кошлич Ю.О. – За ред. Рубанова В.Г., Харченка В.С. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ». - 2015. – 112 с.

ISBN 978-966-662-713-4

Викладені матеріали практичної частини навчального курсу «Технології розробки зелених регуляторів і робототехнічних систем» (Technologies of Green Regulators and Robotics), підготовленого для магістрантів за проектом TEMPUS «Green Computing & Communication» (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR).

Курс присвячений методології та практиці розроблення зелених (енергоефективних) систем управління складними технологічними і технічними об'єктами, зокрема, робототехнічними системами. Розглядаються інтелектуальні підходи, засновані на нечіткій логіці, нейронних мережах, машинному зорі, на моделюванні складних технологічних процесів і робототехнічних систем. Приводиться навчальна програма курсу, дається опис лабораторних робіт, методичні рекомендації щодо самостійного вивчення матеріалу курсу.

Для магістрантів та аспірантів університетів, які навчаються за напрямками комп'ютерних наук, комп'ютерної та програмної інженерії, при вивченні методів і засобів розроблення зелених систем управління складними технологічними та технічними об'єктами, а також може бути корисним викладачам відповідних курсів.

Бібл. – 48 найменувань, рисунків – 37, таблиць – 7.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	3
ВСТУП.....	4
1. ОСНОВИ М'ЯКИХ ОБЧИСЛЕНЬ ДЛЯ "ЗЕЛЕНОГО" УПРАВЛІННЯ	6
1.1. Лабораторна робота №1. Вивчення операцій фазифікації перемінних в енергоефективних системах управління.....	6
2. РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ РЕГУЛЯТОРІВ	24
2.1. Лабораторна робота №3. Дослідження інтелектуальних систем енергоефективного регулювання і управління технологічними процесами на основі нечітких діаграм	24
2.2. Лабораторна робота №4. Дослідження регуляторів систем енергопостачання і життєзабезпечення будівель з застосуванням поновлюваних джерел енергії	35
2.3. Лабораторна робота №5. Дослідження систем технічного зору для моніторингу і управління технологічним процесом випалу ...	45
3. РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ У ГАЛУЗІ РОБОТОТЕХНІКИ	63
3.1. Лабораторна робота №6. Комп'ютерне моделювання систем управління маніпуляційного робота	63
3.2. Лабораторна робота №7. Дослідження систем управління мобільним роботом з застосуванням технічного зору	73
ЛІТЕРАТУРА.....	82
ABSTRACT AND CONTENT	87
АНОТАЦІЯ ТА ЗМІСТ	89
ДОДАТОК А. НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА.....	91
ДОДАТОК Б. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	103

ПРИЛОЖЕНИЕ А. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

DESCRIPTION OF THE MODULE

TITLE OF THE MODULE	Code
Technologies of Green Regulators and Robotics Development	

Teacher(s)	Department
Coordinating: Rubanov Vasily Grigorievich Others: Bazhanov Alexander Geraldovich Karikov Evgeny Borisovich Yudin Dmitry Alexandrovich	Technical Cybernetics

Study cycle	Level of the module	Type of the module
Master	A	compulsory

Form of delivery	Duration	Langage(s)
full-time tuition	1 семестр	english

Prerequisites	
Prerequisites: Automation Control Theory Mathematical Analysis Digital Control Systems	Co-requisites (if necessary): Mathematical principles of soft logic

Credits of the module	Total student workload	Contact hours	Individual work hours
4	144	72	72

Aim of the module (course unit): competences foreseen by the study programme
Masters training to create and / or use energy-aware control systems of technological objects and robots on the basis of mathematical soft computing methods: fuzzy logic, neural networks, genetic algorithms. As a result of studying the discipline Masters must: 1) Theoretical component: – get a basic understanding of the problems scope associated with the issues in the field of building intelligent energy-aware systems; – have an understanding of the analysis and problem-solving methods of design and control of complex systems based on artificial intelligence methods; – have an understanding of the machine learning methods based on neural and neuro-fuzzy networks; – have an understanding on how to build control systems of technological objects and

<p>robots based on machine vision; – have an understanding of programming languages and technologies and intelligent energy-aware systems; 2) Cognitive component: – know the fundamental principles of green technologies; – know the fundamental principles of the artificial intelligence methods; – know the methods of construction various types of fuzzy control systems; – know the methods of machine learning and knowledge; – know the methods and principles of decision-making system; 3) The practical component: – get an idea of choosing and using soft computing methods for building energy-aware control systems; – be able to develop various types of fuzzy and neuro-fuzzy control systems; – be able to use a machine vision system as part of energy-aware control systems; – be able to use methods and neural networks, genetic algorithms in designing of control systems information provision.</p>		
Learning outcomes of module (course unit)	Teaching/learning methods	Assessment methods
1. Analyze and synthesize information;	Interactive lectures Practical and labs	Module Evaluation Questionnaire
2. Ask and answer questions, to think critically and creatively;	Interactive lectures Practical and labs	Module Evaluation Questionnaire
3. Undertake research activities and assess the results obtained from the use of qualitative and quantitative indicators;	Interactive lectures Practical and labs	Module Evaluation Questionnaire
4. Formulate practical solutions to problems, effective use of time and available resources to achieve the objectives of discipline;	Interactive lectures Practical and labs	Module Evaluation Questionnaire
5. Demonstrate flexibility, adaptability, initiative and self-motivation, the ability to express their opinions;	Interactive lectures Practical and labs	Module Evaluation Questionnaire
6. To improve and develop their intellectual and cultural level;	Interactive lectures Practical and labs	Module Evaluation Questionnaire
7. The ability for independent learning new methods of research and to change the scientific research and production profile of their professional activities;	Interactive lectures Practical and labs	Module Evaluation Questionnaire
8. Apply advanced methods of researches and solving problems based on professional knowledge of	Practical and labs	Module Evaluation Questionnaire

Приложение А. Учебная программа

world development trends of computer and information technologies;		
9. Choose methods and algorithms to develop energy-efficient automation control and robotic systems.	Interactive lectures Practical and labs	Module Evaluation Questionnaire

Themes	Contact work hours						Time and tasks for individual work		
	Lectures	Consultations	Seminars	Practical work	Laboratory work	Placements	Total contact work	Individual work	Tasks
Soft Mathematics for Green Control (MM3.1)									
1. Introduction in green control systems. General course characteristics 1.1. Overview of soft mathematics usage for green control 1.2. Main terms	2							2	1.3. Study of main terms of soft mathematics
2. Fuzzy sets theory methods for the presentation and use of knowledge at control systems 2.1. Overview of fuzzy sets theory methods. 2.2. Main fuzzy operations. 2.3. Usage of Matlab for fuzzy modelling	2			2	4			4	2.4. Study of variables fuzzification operations. 2.5. Research of membership functions properties.
3. Neural networks. Classification and Properties 3.1. Overview of neural networks for classification, approximation and control tasks. 3.2. Usage of Matlab for neural network modelling	2			2				4	3.3. Research of main neural network structures.
4. Genetic algorithms. Foundations and the application for control systems optimization	2							4	4.3. Research of foundations and the

4.1. Overview of evolution and genetic algorithms. 4.2. Control systems optimization criteria									application for control systems optimization
5. Green fuzzy control systems. Classification structure and analysis 5.1. Introduction in fuzzy control systems for green tasks. 5.2. Usage of Matlab to fuzzy control systems construction	2							4	5.3. Research of fuzzy control systems usage for green tasks
6. Neuro-fuzzy modeling based on soft computing 6.1. Overview of neuro-fuzzy approach to processes modeling 6.2. Neuro-fuzzy models in Matlab	2							6	6.3. Research neuro-fuzzy approach to processes modeling in Matlab
Energy-Aware Regulators (MM3.2)									
7. Development of green fuzzy regulators 7.1. Overview of green fuzzy regulators 7.2. Approaches to modeling of green fuzzy regulators in Matlab	2			2				4	7.3. Research of the basic elements of green fuzzy regulators
8. Development of green hybrid fuzzy regulators 8.1. Overview of green hybrid fuzzy regulators 8.2. Modeling of green hybrid fuzzy regulators in Matlab	2			2	2			4	8.3. Study of fuzzy inference algorithms for energy-aware hybrid regulators
9. Development of green adaptive fuzzy regulators 9.1. Overview of green adaptive fuzzy regulators. 9.2. Modeling of green adaptive fuzzy regulators in Matlab	2			2	2			4	9.3. Study of fuzzy inference algorithms for energy-aware adaptive regulators
10. Development of energy-aware neuro-fuzzy regulators 10.1. Structure of energy-aware neuro-fuzzy regulators 10.2. Application of neuro-fuzzy regulators 10.3. Modeling of energy-aware neuro-fuzzy regulators in Matlab	2				2			4	10.4. Study of the adaptive neuro-fuzzy control systems functioning based on models of Mamdani and Sugeno

<p>11. Regulators based on fuzzy diagrams for the energy-aware control of complex technological objects</p> <p>11.1. Fuzzy diagrams approach for the energy-aware control.</p> <p>11.2. Application of regulators based on fuzzy diagrams for the energy-aware control of complex technological objects</p>	2							4	11.3. Research of fuzzy diagrams approach for the energy-aware control
<p>12. Usage of computer vision systems for the energy-aware regulators development</p> <p>12.1. Overview of computer vision systems application for regulators development.</p> <p>12.2. Energy-aware properties of regulators with computer vision</p> <p>12.3. Example of computer vision system for monitoring and control of continuous technological process</p>	2							4	12.4. Research of computer vision systems for the energy-aware regulators development
Energy-Aware Control Systems for Robotics (MM3.3)									
<p>13. Energy-aware control systems based on predictive models</p> <p>13.1. Overview of energy-aware control systems.</p> <p>13.2. Predictive models of continuous processes based on neural networks.</p> <p>13.3. Implementation of predictive models for control systems in Matlab.</p>	2			2				4	13.4. The research of methods of neural networks for building control systems
<p>14. Control systems optimizing with a genetic algorithm</p> <p>14.1. Task of control systems optimization to minimize energy consumption</p> <p>14.2. Optimization of mobile robot control system parameters</p>	2							4	14.3. Research of genetic algorithm approach for optimization of mobile robot control system parameters

Приложение А. Учебная программа

15. Development of fuzzy control system of horizontal movement drive 15.1. Overview of horizontal movement drives. 15.2. Development of drive fuzzy control systems. 15.3. Modeling of horizontal movement drive in Adams/Machinery software package	2			2	4			4	15.4. Development of motion-drive energy-efficient fuzzy control system
16. Design of energy-aware onboard control system hardware of mobile robots 16.1. Overview of approaches to hardware design of mobile robots. 16.2. Energy-aware onboard control systems of mobile robots. 16.3. Robot hardware modeling in Adams/Machinery software package 16.4.	2			2	2			4	16.4. Research of hardware robot modeling in Adams/Machinery software package
17. Design of energy-aware onboard control system software of mobile robots 17.1. Approaches to design of energy-aware onboard systems software. 17.2. Real-time operation systems of mobile robots 17.3. Robot control algorithms testing in Adams/Machinery software package and other packages.	2			2	2			4	16.4. Research of real-time operation systems of mobile robots 16.5. Research of robot control algorithms testing in Adams/Machinery software package and other packages
18. Development of a higher-level control system of a heterogeneous robots group 18.1. Overview of task decided by heterogeneous robots group. 18.2. Approaches to control of heterogeneous robots group. 18.3. Effective algorithms of group control	2							4	16.5. Research of approaches and effective algorithms to control of heterogeneous robots group
TOTAL:	36			18	18			72	72

Assessment strategy	Weight in %	Dead-lines	Assessment criteria
Lecture activity, including fulfilling special self-tasks	10	7,14	<p>85% – 100% Outstanding work, showing a full grasp of all the questions answered.</p> <p>70% – 84% Perfect or near perfect answers to a high proportion of the questions answered. There should be a thorough understanding and appreciation of the material.</p> <p>60% – 69% A very good knowledge of much of the important material, possibly excellent in places, but with a limited account of some significant topics.</p> <p>50% – 59% There should be a good grasp of several important topics, but with only a limited understanding or ability in places. There may be significant omissions.</p> <p>45% – 49% Students will show some relevant knowledge of some of the issues involved, but with a good grasp of only a minority of the material. Some topics may be answered well, but others will be either omitted or incorrect.</p> <p>40% – 44% There should be some work of some merit. There may be a few topics answered partly or there may be scattered or perfunctory knowledge across a larger range.</p> <p>20% – 39% There should be substantial deficiencies, or no answers, across large parts of the topics set, but with a little relevant and correct material in places.</p> <p>0% – 19% Very little or nothing that is correct and relevant.</p>
Learning in laboratories	30	7,14	<p>85% – 100% An outstanding piece of work, superbly organised and presented, excellent achievement of the objectives, evidence of original thought.</p> <p>70% – 84% Students will show a thorough understanding and appreciation of the material, producing work without significant error or omission. Objectives achieved well. Excellent organisation and presentation.</p> <p>60% – 69% Students will show a clear understanding of the issues involved and the work should be well written and well organised. Good work towards the objectives.</p>

Приложение А. Учебная программа

			<p>The exercise should show evidence that the student has thought about the topic and has not simply reproduced standard solutions or arguments.</p> <p>50% – 59% The work should show evidence that the student has a reasonable understanding of the basic material. There may be some signs of weakness, but overall the grasp of the topic should be sound. The presentation and organisation should be reasonably clear, and the objectives should at least be partially achieved.</p> <p>45% – 49% Students will show some appreciation of the issues involved. The exercise will indicate a basic understanding of the topic, but will not have gone beyond this, and there may well be signs of confusion about more complex material. There should be fair work towards the laboratory work objectives.</p> <p>40% – 44% There should be some work towards the laboratory work objectives, but significant issues are likely to be neglected, and there will be little or no appreciation of the complexity of the problem.</p> <p>20% – 39% The work may contain some correct and relevant material, but most issues are neglected or are covered incorrectly. There should be some signs of appreciation of the laboratory work requirements.</p> <p>0% – 19% Very little or nothing that is correct and relevant and no real appreciation of the laboratory work requirements.</p>
Module Evaluation Quest	60	8,16	The score corresponds to the percentage of correct answers to the test questions

Author	Year of issue	Title	No of periodical or volume	Place of printing, Printing house or internet link
Compulsory literature				
S. Haykin	2009	Neural Networks and Learning Machines. – 3rd ed.		Prentice Hall, 906 p

Приложение А. Учебная программа

H. Zimmermann	2001	Fuzzy set theory and its applications.		Boston: Kluwer Academic Publishers. ISBN 0-7923-7435-5.
G. Bekey	2005	Autonomous Robots		MIT Press.
John Lamb	2009	The Greening of IT – How Companies Can Make a Difference for the Environment		IBM Press. ISBN: 978-0-13-715083-0
Eiben, Agoston; Smith, James	2003	Introduction to Evolutionary Computing.		Springer. ISBN 978-3540401841.
Vose, Michael	1999	The Simple Genetic Algorithm: Foundations and Theory.		Cambridge, MA: MIT Press. ISBN 978-0262220583.
A.V. Leonenkov	2005	Nechetkoye modelirovaniye v srede Matlab i FuzzyTech. [Fuzzy modeling in Matlab and FuzzyTech.]		St. Petersburg. "BHV-Petersburg". 725 p.
A. Pegat	2009	Nechetkoye modelirovaniye i upravleniye [Fuzzy modeling and Control]		Moscow, BINOM. Laboratoriya znaniy. 798 p. http://window.edu.ru/resource/324/65324 .
Mohammad Dastb az, Colin Pattinson, Babak Akhgar	2015	Green Information Technology		Publisher Morgan Kaufmann http://store.elsevier.com/product.jsp?isbn=9780128016718&page=1
Giuseppe Lami, Luigi Buglione, Fabrizio Fabbrini	2013	Derivation of Green Metrics for Software	Software Process Improvement and Capability Determination Communication	Publisher Springer Berlin Heidelberg http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-38833-0_2

Приложение А. Учебная программа

			tions in Computer and Information Science Volume 349, 2013, pp 13-24	
Tyurin S.F., Kharchenko V. S.	2013	Green Logic	Radio electronic and computer systems. 2013. № 2(61).	Kharkiv: National Aerospace University named after N. E. Zhukovsky “KhAI”
Rubanov V.G., Magergut V.Z., Yudin D.A., Bazhanov A.G., Karikov E.B., Bushuev D.A., Rybin Y.A., Koshlich Y.A.	2014	Technologies of Green Regulators and Robotics		/ Edited by Kharchenko V. S. – Kharkiv: National Aerospace University named after N. E. Zhukovsky “KhAI”, 2014. – 105 p.
J. H. Clark and D. J. Macquarrie	2002	Handbook of green chemistry and technology		Wiley-Blackwell, 2002, 560 p.
Kim, Jae H.; Lee, Myung J.	2011	Green IT: Technologies and Applications, 1st Edition,		Springer, ISBN 978- 3-642-22178-1
Additional literature				
T. Terano, K. Asai, M. Sugeno	1993	Prikladnyye nechotkiye sistemy [Applied fuzzy systems]		Moscow, Mir. 368 p.
Y.V. Vizilter, S.Y. Zhetov, A.V. Bondarenko, M.V. Ososkov, A.V. Morzhin.	2010	Obrabotka i analiz izobrazheniy v zadachakh mashinnogo zreniya: Kurs lektsiy i prakticheskikh zanyatiy [Image processing and analysis tasks in machine vision: Lectures and practical classes]		Moscow, Fizmatkniga. 672 p.

Приложение А. Учебная программа

J.-S.Wang, L. Zhang, X.-W.Gao, and S.-F. Sun	2010	Intelligent control method of rotary kiln process based on image processing technology: A survey		Control Conference (CCC), 29th Chinese, pp.: 2930 – 2935.
T. Logenthiran, D. Srinivasan	2011	Intelligent Management of Distributed Storage Elements in a Smart Grid	IEEE Ninth International Conference on Power Electronics and Drive Systems (PEDS). Singapore, 2011. pp. 855 – 860.	http://www.ncl.ac.uk/eee/research/publication/196835
M. Aliberti	2011	Green networking in home and building automation systems through power state switching	Consumer Electronics, IEEE Transactions on (Vol.:57, Issue: 2)	Publisher: IEEE http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5955178
P. Barsocchi, A. Crivello, E. Ferro, L. Fortunati, F. Mavilia, G. Riolo	2014	Smart buildings: an energy saving and control system in the CNR Research Area, Pisa	ERCIM NEWS, vol. 99, pp. 51 – 52. Special issue: Software quality. 25 years Ercim: challenges fo ICTS. Ercim, 2014.	http://puma.isti.cnr.it/rmydownload.php?file_name=cnr.isti/cnr.isti/2014-A0-031/2014-A0-031.pdf
A.A. Orekhov, A.P. Plakhteev, G.V. Skriipkin	2014	Building energy-efficient sensor networks	All-Ukraine Scientific conference "Integrated Computer Technologies in machinery IKTM-2014"	Harkiv: National University of Aerospace "Harkiv Aviation Institute"

Приложение А. Учебная программа

			Kharkiv: National Aerospace University "HhAI" Vol. 2. – pg. 205	
C. Woodford, C. Phillips	2012	Numerical Methods with Worked Examples: Matlab Edition		Springer, 2012, 256 p. Publisher: Springer Netherlands http://www.springer.com/us/book/9789400713659
E. Zaitseva	2012	Importance Analysis of a Multi-State System Based on Multiple-Valued Logic Methods	Recent Advances in System Reliability, Springer Series in Reliability Engineering, 2012, pp 113-134	Publisher: Springer. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-2207-4_8
E. Zaitseva, , V. Levashenko	2013	Multiple-Valued Logic mathematical approaches for multi-state system reliability analysis	Journal of Applied Logic Volume 11, Issue 3, September 2013, Pages 350-362	Publisher: Elsevier B.V. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570868313000414

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

Пояснения к учебной программе

Самостоятельную работу над дисциплиной «**TECHNOLOGIES OF GREEN REGULATORS AND ROBOTICS DEVELOPMENT**» («Технологии разработки зеленых регуляторов и роботов») следует начинать с изучения учебной программы, которая приведена в Приложении. Эта программа включает следующие элементы.

Объект изучения – энергосберегающие регуляторы и системы управления роботами функционирующие на основе методов мягких вычислений: нечеткой логики, нейронных сетей, генетических алгоритмов.

Предмет изучения – концепции, общие принципы, методы, технологии проектирования и применения энергоэффективных систем управления технологическими объектами и роботами, математические методы мягких вычислений: нечеткой логики, нейронных сетей, генетических алгоритмов, их программная реализация и аспекты применения для создания энергоэффективных систем.

Требования к исходным знаниям и навыкам, которые необходимо иметь перед началом изучения:

- базовые знания в области современных компьютерных систем и информационных технологий;
- принципы и методы системного анализа;
- теория нечетких множеств;
- теория принятий решений;
- основы теории управления;
- теория вычислительных процессов;
- методы оптимизации;
- знания и практические навыки использования Matlab.

Целью изучения дисциплины является подготовка магистров к созданию и/или применению энергоэффективных систем управления технологическими объектами и роботами на основе математических методов мягких вычислений: нечеткой логики, нейронных сетей, генетических алгоритмов.

В результате ее изучения обучаемые должны научиться:

- анализировать и синтезировать информацию;
- задавать и отвечать на поставленные вопросы, мыслить креативно и критически;
- предпринимать исследовательские действия и оценивать получаемые результаты с использованием качественных и количественных показателей;
- формулировать практические решения проблем, эффективно использовать время и доступные ресурсы для достижения целей дисциплины;
- демонстрировать гибкость, адаптируемость, самомотивацию и инициативу, умение выразить свое мнение.
- совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень;
- способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности;
- применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий;
- выбирать методы и разрабатывать алгоритмы энергоэффективного управления системами автоматизации и робототехническими системами

В результате изучения дисциплины магистры обязаны:

1) теоретический компонент:

- получить базовые представления о сфере проблем, связанных с вопросами в области построения энергоэффективных систем;

– иметь представление об анализе и методах решения задач проектирования и управления сложными системами на основе методов мягких вычислений;

– иметь представление о методах машинного обучения на основе нейронных и нейро-нечетких сетей;

– иметь представление о методах построения систем управления технологическими объектами и роботами на основе технического зрения

– иметь представление о языках и технологиях программирования энергоэффективных систем, основанных на мягких вычислениях;

2) познавательный компонент:

– знать фундаментальные положения в области зеленых технологий;

– знать фундаментальные положения в области методов мягких вычислений;

– знать методы построения нечетких систем управления различных типов;

– знать методы машинного обучения и обработки знаний;

– знать способы и принципы системы принятия решений;

3) практический компонент:

– получить представление о выборе и использовании методов мягких вычислений для построения энергоэффективных систем управления;

– уметь разрабатывать нечеткие и нейро-нечеткие системы управления различных типов;

– уметь применять системы технического зрения в составе энергоэффективных систем управления;

– уметь и пользоваться методами нейронных сетей, генетических алгоритмов при проектировании информационного обеспечения систем управления.

Структура и содержание модулей. Дисциплина включает три модуля:

МОДУЛЬ 1. Основы мягких вычислений для «зеленого» управления

Лекции

ТЕМА 1. Введение в «зеленые» системы управления.
Основная информация о курсе

ТЕМА 2. Методы теории нечетких множеств для представления и использования знаний в системах управления

ТЕМА 3. Нейронные сети. Классификация и свойства.

ТЕМА 4. Генетические алгоритмы. Основы и аспекты применения для оптимизации систем управления

ТЕМА 5. «Зеленые» нечеткие системы автоматического управления. Классификация, структура и основы анализа

ТЕМА 6. Нейро-нечеткое моделирование на основе мягких вычислений

Лабораторные работы

Лабораторная работа №1. Изучение операций фаззификации переменных в энергоэффективных системах управления (4 часа).

Цель работы: научить магистров выполнять операцию фаззификации входных и выходных переменных системы нечетко-логического вывода на основе построения параметрических и параметризованных функций принадлежности.

Лабораторная работа №2. Исследование применения динамических нейронных сетей для идентификации сложного объекта регулирования (4 часа)

Цель работы: изучить применение комплексного метода идентификации сложного энергоемкого объекта управления для получения его математической модели в форме передаточных функций.

Практические занятия

Практическое занятие №1. Исследование свойств функций принадлежности (4 часа).

Цель занятия: научить магистров использовать модификаторы нечетких множеств для исследования свойств параметризованных функций принадлежности.

МОДУЛЬ 2. Разработка энергосберегающих регуляторов

Лекции

ТЕМА 1. Проектирование «зеленых» нечетких регуляторов

ТЕМА 2. Проектирование «зеленых» гибридных нечетких регуляторов

ТЕМА 3. Проектирование «зеленых» адаптивных нечетких регуляторов

ТЕМА 4. Проектирование нейро-нечетких регуляторов, учитывающих затраты энергии

ТЕМА 5. Регуляторы на основе нечетких диаграмм для энергоэффективного управления сложными технологическими объектами

ТЕМА 6. Применение систем технического зрения для разработки регуляторов, учитывающих затраты энергии

Лабораторные работы

Лабораторная работа №3. Исследование интеллектуальных систем регулирования и управления технологическими процессами на основе нечетких диаграмм (4 часа).

Цель работы: исследование применения метода нечетких диаграмм поведения для создания моделей неформализованных объектов управления и синтеза энергоэффективных систем управления ими.

Лабораторная работа №4. Исследование регуляторов систем энергоснабжения и жизнеобеспечения зданий с применением возобновляемых источников энергии (4 часа).

Цель работы: исследование энергоэффективной системы горячего водоснабжения здания с использованием возобновляемых источников энергии на основе низкотемпературной гелиоустановки

Лабораторная работа №5. Исследование систем технического зрения для мониторинга и управления технологическим процессом обжига (4 часа).

Цель работы: исследование систем технического зрения для мониторинга и управления технологическим процессом обжига во вращающихся печах различного применения для снижения потребления энергоресурсов и повышения качества конечной продукции.

Практические занятия

Практическое занятие №2. Исследование основных элементов зеленых нечетких регуляторов (6 часов)

Цель занятия: научить магистров моделировать основные элементы нечетких регуляторов, использовать операции с нечеткими множествами: пересечение, объединение, сложение, вычитание, умножение и деление, использовать различные операции дефаззификации результатов: метод центра тяжести, методы центра сумм, методы первого, среднего и последнего максимума, метод высот.

МОДУЛЬ 3. Разработка энергоэффективных систем управления в области робототехники

Лекции

ТЕМА 1. Системы управления, основанные на прогностических моделях и учитывающие затраты энергии

ТЕМА 2. Оптимизация систем управления с применением генетического алгоритма

ТЕМА 3. Разработка нечеткой системы управления приводом горизонтального перемещения

ТЕМА 4. Проектирование аппаратной части энергоэффективных бортовых систем управления мобильными роботами для повышения длительности их автономной работы

ТЕМА 5. Проектирование программного обеспечения энергоэффективных бортовых систем управления мобильными роботами для повышения длительности их автономной работы

ТЕМА 6. Разработка верхнеуровневой системы управления группой разнородных роботов

Лабораторные работы

Лабораторная работа №6. Компьютерное моделирование систем управления манипуляционного робота (4 часов).

Цель работы: получение практических навыков использования совместного компьютерного моделирования (Co-simulation) для разработки энергоэффективных систем управления манипуляционных робототехнических систем.

Лабораторная работа №7. Исследование систем управления мобильным роботом с применением технического зрения.

Цель работы: исследование систем управления мобильными роботами с обнаружением объектов окружающей среды с помощью технического зрения, обеспечивающих повышение времени автономного функционирования роботов.

Практические занятия

Практическое занятие №3. Исследование методов нейронных сетей для построения систем управления (4 часа).

Цель занятия: научить магистров моделировать и использовать нейронные сети различных типов для управления технологическими объектами и роботами.

Практическое занятие №4. Исследование энергоэффективных нейро-нечетких систем управления (4 часов).

Цель занятия: научить магистров проектировать, моделировать нейро-нечеткие системы управления, учитывающие затраты энергии в ходе своей работы.

Методы оценки

Экзамен (100 %)

По окончании курса проводится 90-минутный экзамен

Отчетность по дисциплине включает отчеты по каждому виду практического занятия, а также экзамен, который включает типовые вопросы и задачи.

Подготовка к занятиям и экзамену

При подготовке к семинарам, практикумам и тренингам следует обратить внимание на уяснение целей и задач (учебных или теоретических, практических и исследовательских) и знаний, которые нужны для их выполнения. При выполнении разработок и исследований необходимо строго руководствоваться описанием и попытаться найти ответы на вопросы, приведенные в конце каждой работы. Особое внимание следует уделить формулировке выводов по результатам исследований при оформлении отчета. При подготовке к семинарам важно правильно спланировать как свою индивидуальную, так и коллективную работу, организовать отбор и анализ необходимой литературы, подготовку качественной презентации и к ответам на вопросы, приведенные в каждом разделе.

Следует обратить внимание на вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение, которые приводятся в программе и уточняются преподавателем.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВЫ МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ «ЗЕЛЕННОГО» УПРАВЛЕНИЯ	6
1.1. Лабораторная работа №1. Изучение операций фаззификации переменных в энергоэффективных системах управления	6
2. РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕГУЛЯТОРОВ	24
2.1. Лабораторная работа №3. Исследование интеллектуальных систем энергоэффективного регулирования и управления технологическими процессами на основе нечетких диаграмм	24
2.2. Лабораторная работа №4. Исследование регуляторов систем энергоснабжения и жизнеобеспечения зданий с применением возобновляемых источников энергии.....	35
2.3. Лабораторная работа №5. Исследование систем технического зрения для мониторинга и управления технологическим процессом обжига.....	45
3. РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ РОБОТОТЕХНИКИ	63
3.1. Лабораторная работа №6. Компьютерное моделирование систем управления манипуляционного робота.....	63
3.2. Лабораторная работа №7. Исследование систем управления мобильным роботом с применением технического зрения	73
ЛИТЕРАТУРА	82
ABSTRACT AND CONTENT	87
АНОТАЦІЯ ТА ЗМІСТ	89
ПРИЛОЖЕНИЕ А. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА	91
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ.....	103

Автори:

Рубанов Василь Григорович
Магергут Валерій Залманович
Юдін Дмитро Олександрович
Бажанов Олександр Геральдович
Каріков Євген Борисович
Бушуєв Дмитро Олександрович
Рибін Ілля Олександрович
Кошлич Юрій Олексійович

Технології розроблення зелених регуляторів і робототехнічних систем

Практикум
(російською мовою)

Редактори
В.Г. Рубанов, В.С. Харченко

Комп'ютерна верстка
Л.Д. Харченко

Зв. план, 2015

Підписаний до друку 21.12.2015

Формат 60x84 1/16. Папір офс. №2. Офс. друк.

Умов. друк. арк. 6,51. Уч.-вид. л. 6,2. Наклад 200 прим.

Замовлення 45. Ціна вільна

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

"Харківський авіаційний інститут"

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Віддруковано ФОП Лисенко І. Б.

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17, моторний корпус, к. 147

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи в державний реєстр
видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК №2607 от 11.09.06 р.