Course ‘Fuzzy Modeling’ Syllabus

Course Description

* 1. Title of the Course: Fuzzy Modeling (рус. ***‘Нечеткое моделирование’***)
  2. Prerequisites: The material that is both discussed in the course and recommended for self-studying presupposes the basic knowledge of mathematics and computer science. Besides, students should be able to read and understand recommended papers (book chapters), accompanying materials and various online sources in English (mainly) and Russian as well as to prepare reports (papers) and presentations on the work (research) done during mastering the course. Besides, brief pop-up presentations (*short oral report*) on selected topics during the academic year (modules 1-3) are welcome; they will have a positive impact on the final grade.
  3. Course Type: *Elective* (*Research seminar*)
  4. Abstract: In everyday life we ​​are constantly confronted with the need to process qualitative information that is often incomplete, inaccurate, and exhibits a lack of specific details. In spite of all this, humans as universal systems, tending to the so-called "Soft Computing", are able to understand and present (at some level) such information, build certain judgments and draw conclusions. In this regard, fuzzy logic gives albeit approximate, but rather practical tool for the formal representation and processing of information used in the description of various systems. As a result, fuzzy logic opens new interesting possibilities for application in different fields of human activity (area of IT and computer/software engineering are not an exception).

Scientific and research seminar (elective course) ‘Fuzzy modeling’ (рус. *‘Нечеткое моделирование’*) for undergraduate students (Bachelor degree level) at the Department of Software Engineering is focused on a rather detailed presentation, explanation and discussion of the practical use of basic theory of fuzzy concepts, which cover, among others, fuzzy sets and operations on them, linguistic variables, representation of fuzzy knowledge (e.g. fuzzy "if-then" rules), fuzzy relations, etc. Examples of application of fuzzy sets and logic in problems related to planning, classification, linguistic summarization, forecasting, system analysis and decision-making are considered. In addition, material also covers type-2 fuzzy sets ("fuzzy fuzzy sets") and systems as well as recently introduced Z-numbers that attract much attention of researchers in these latter days.

Learning Objectives and Outcomes

1. Formation of professional competencies related to both general methodology of scientific research and specific aspects of systems modeling (as applied to systems of different nature) based on fuzzy sets and fuzzy logic,
2. Acquisition of skills to work (read, understand, analyze, consider examples, draw conclusions) with scientific publications (articles, chapters of books, preprints, reports) published in both English (mainly) and Russian, conduct self-dependent research related to the development, analysis and software implementation (as an option) of fuzzy models (in particular, with the use of software packages / development environment and/or programming languages),
3. Formation of students' interest in research and initial skills to formulate, analyze and present research material related to certain (proposed) topics. Students should prepare progress reports in the form of scientific papers (following IEEE template) related to the chosen topic of interest; such papers along with their oral presentations in the 3rd module of the academic year will be considered as a significant contribution to the final grade of a student,
4. Understanding and studying of possibilities to utilize fuzzy logic approach (or, more generally, soft computing methodology) to problems arising in the field of information technologies (IT), computer (CE) and software (SE) engineering.

Course Plan

The following consolidated topics, each of which presumes sufficiently broad range of specifications and certain publications to be offered for discussion and *self-studying*, can be summarized as follows:

1. The history of fuzzy logic; methodology of system modeling; main phases of system modeling
2. Types of uncertainty; concept of fuzziness; information granules, linguistic variables (hedges, quantifiers, applications),
3. Basic concepts of fuzzy logic; fuzzy numbers and intervals, fuzzy functions with fuzzy arguments, Zadeh’s extension principle,
4. Rules in knowledge representation, fuzzy rules "if-then", fuzzy relations; types of fuzzy models based on rules; syntax and semantics of fuzzy rules; stages of fuzzy inference; deffuzzification methods,
5. Fuzzy systems design (rules/principles, guidelines and general considerations),
6. Planning and decision-making under uncertainty,
7. Interval and general type-2 fuzzy sets; computing with words; type-2 fuzzy systems – applications,
8. Z-numbers; their processing; decision-making based on Z-numbers; converting Z-number to classical fuzzy number; contribution of Z-numbers to Computing with Words (CWW). Interpretation of Z-numbers and their potential applications,
9. Discussion of various cases related to items 1-8 of the above shown list.

Reading List *(selected titles to consider – Optional list)*

1. Electronic Resources of the HSE Library (<http://library.hse.ru/e-resources/e-resources.htm> ) - **Database of Foreign Periodicals**: ScienceDirect (journals of Elsevier publisher), EBSCO, IEEE Xplore, Wiley Online Library, Taylor & Francis, Springer Link (journals of Springer publisher), Издания ACM и Science), **Domestic newspapers and magazines** (eLibrary.ru), **Databases of electronic books and series** (ebrary, Books24x7, Springer Books, Oxford Scholarship Online, Elsevier Books),
2. **Selected papers** (**publications**) by L.A.Zadeh, W.Pedrycz, B.Kosko, D.Dubois, J.Mendel, J.Yen, G.Klir,R.John, V.Novak, R.Yager, R.Aliev, et al. as a core of the reading list (implies the use of electronic resources of the HSE library:

<http://library.hse.ru/e-resources/e-resources.htm>)

1. IEEE Computational Intelligence Magazine, 2009-2017 (access through **IEEE Xplore** – HSE subscription)
2. Extra materials prepared for the seminar (slides, examples, explanations, illustrations and links to Internet-based sources that cover free-access papers and tutorials) – see Research seminar’s LMS page.

Grading System

Ten-point grading system adopted at the HSE – correspondence of ten-point (*10*) to five-point (*5*) system’s grades is summarized in the following table:

|  |  |
| --- | --- |
| Ten-point scale [10] | Five-point scale [5] |
| 1 – unsatisfactory  2 – very bad  3 – bad | Unsatisfactory – 2 |
| 4 – satisfactory  5 – quite satisfactory | Satisfactory – 3 |
| 6 – good  7 – very good | Good – 4 |
| 8 – nearly excellent  9 – excellent  10 – brilliantly | Excellent – 5 |

Guidelines for Knowledge Assessment

Progress (interim) grades (Homework that envisages presentations on selected topics, small tests (pop-up quizzes) and active participation in the discussion of the material) along with the presentations (of the reports (papers) prepared) at the end of the course constitute the basis for the resultant (accumulated) assessment. Questions covered by the interview session *(optional)* are fully determined by topics and cases discussed in seminars over the corresponding period preceding the holding date of the interview.

Methods of Instruction

Class studies in the course are organized in the form of seminars (total number of class hours equals to 50 = 12 (module 1) + 16 (module 2) + 22 (module 3) ; *in English*); discussion in the course stipulates active utilization of markers and whiteboard (writing and explanations) and case studies (formulation, discussion, etc.) that highlight vividly core ideas, their meaning, analysis/research approaches in use, regular and unusual situations, and so on. According to Professor Paul Lawrence (Harvard Business School), a good case study is the *“vehicle by which a chunk of reality is brought into the classroom to be worked over by the class and instructor”*. To the extent possible, case studies deal with those topics that are related on the whole to IT, (computer and software) engineering and management fields. Much attention is also paid to encourage students to approach responsibly to the preparation of the reports (papers) and the following presentations (individual or a group of 2 students at most) on the chosen topic.

From time to time computer and projector are used as well to demonstrate visual materials and fragments of papers.

Special Equipment and Software Support – none (packages installed in computer classes or private computers

of students – please note that corresponding software should be considered as *optional*) – e.g.

jFuzzyLogic (<http://jfuzzylogic.sourceforge.net/html/index.html>),

fuzzylite (<http://www.fuzzylite.com/>) – libraries for fuzzy logic control,

xFuzzy (<http://www2.imse-cnm.csic.es/Xfuzzy/>)

fuzzyTECH ( <https://www.fuzzytech.com/> )

JuzzyOnline ( <http://ritweb.cloudapp.net:8080/JuzzyOnline/> )

Scikit-fuzzy (toolkit for SciPy) - <https://github.com/scikit-fuzzy/scikit-fuzzy>, etc.

**Программа учебной дисциплины (НИС) «Нечеткое моделирование»**

Утверждена

Академическим советом ООП

Протокол № от «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_ г.

|  |  |
| --- | --- |
| Автор | Дегтярев К. Ю., к.т.н., доцент |
| Число кредитов | 3 |
| Контактная работа (час.) | 50 |
| Самостоятельная работа (час.) | 64 |
| Курс(ы) | 3 - 4 |
| Формат изучения дисциплины | без обязательного использования он-лайн курса(-ов) |

1. **ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ**

Семинар «Нечеткое моделирование» (преподается *на английском языке*) относится к пулу научно-исследовательских семинаров (НИС), из которого студенты ***3-го и 4-го курсов*** де-партамента Программной инженерии (бакалавриат) по желанию выбирают отвечающие их интересам семинары. После того, как выбор сделан, участие студента в выбранном семинаре является обязательным.

Используемый и рекомендуемый для самостоятельного изучения материал предпола-гает наличие у студентов знаний математики и информатики, программирования (на уровне соотв. дисциплин 1-2 годов обучения в бакалавриате) и желания приобрести, в частности, базо-вые навыки использования программных пакетов, библиотек – напр., Matlab, O-Matrix, fuzzyTECH, FuzzyLite, SciKit-fuzzy, Type-2 Fuzzy Logic software, и др.), а также знания английского языка в объеме, достаточном для чтения и четкого понимания рекомендуемых статей (глав книг), сопроводительных материалов и различных интернет-источников, а также представления (в форме *доклада* / *презентации*) небольших проектов и подготовки статьи или обзора (напр., по шаблону IEEE для статей, представляемых на конференции и симпозиумы, или по шаблону Elsevier для статей, по шаблону Springer LNCS – см. *Academic Journal Templates and Examples*, <https://www.overleaf.com/gallery/tagged/academic-journal>; размер статьи/обзора - от 5 до 7 страниц текста) по заданной (выбранной) теме.

Научный семинар ориентирован на достаточно подробное обсуждение практического применения основных (базовых) концепций теории нечеткости, к числу которых относятся нечеткие множества 1-го и 2-го типа и операции над ними, лингвистические переменные, схемы представления знаний и логического вывода на основе нечетких правил *"если-то"* (модели Мамдани, Такаги-Сугено-Канга), нечеткие отношения, принцип расширения, методы дефаззификации, нейро-нечеткие модели (напр., ANFIS). Рассматри-вается также и материал отдельных статей (L.A.Zadeh, W.Pedrycz, R.Yager, B.Kosko, D.Dubois, J.Mendel, J.Yen, G.Klir, R.John, N.Pal и др.), а такжепримеры применения нечетких множеств (нечеткой логики) в задачах планирования, классификации, прогнозирования, анализа систем и при-нятия решений (*список может варьироваться в зависимости от характера обсуждения, новых публи-каций и интереса студентов к отдельным темам*), а также публикации (статьи), посвященные отдельным разделам курса и направления мягких вычислений (*soft computing*) в целом.

## К целям научно-исследовательского семинара можно отнести:

## формирование у студентов профессиональных компетенций, связанных как с общей методологией научного исследования, так и с частными аспектами основ моделирования систем разной природы на основе аппарата нечетких множеств и нечеткой логики,

## приобретение студентами навыков работы с научными публикациями (статьями, главами книг, препринтов), преимущественно на английском языке, самостоятельного научного исследования, связанного с разработкой, возможной программной реализацией (например, самостоятельная разработка или использование программных сред технической/математической направленности) и последующим анализом нечетких систем (моделей),

## формирование у студентов интереса к исследовательской работе и первоначальных навыков, связанных с пониманием, анализом и последующего представления (в виде доклада / презентации) материала по определенным (предлагаемым или самостоятельно выбираемым) темам. В рамках семинара, студенты должны подготовить отчет в виде научной статьи или обзора (в соответствии с выбранным шаблоном оформления статей в формате IEEE, Elsevier или Springer – примеры доступны студентам через страницы НИС в LMS (альтернатива – MS OneNote) небольшого размера – порядка 5-7 страниц,

## формирование у студентов понимания возможностей, которые дает применение аппарата нечетких множеств и нечеткой логики при решении возникающих в областях IT, компьютерной и программной инженерии (не ограничиваясь только этим перечнем областей) задач; навыков работы с разными типами неопределенности, присущей всем практическим проблемам, и соответствующими формами ее (неопределенности) описания.

**ВАЖНО**: студентам настоятельно рекомендуется также активно использовать при подго-товке презентаций и отчетов (статей), как важной части самостоятельного исследования, электронные ресурсы библиотеки НИУ ВШЭ (<http://library.hse.ru/e-resources/e-resources.htm> ) для доступа к публикациям ведущих издательств и организаций (Elsevier, Wiley, IEEE, ACM, Taylor & Francis, и др.).

В результате освоения дисциплины (работы в рамках НИС) студент должен:

**знать:**

* основные понятия и определения теории нечетких множеств и нечеткой логики, методологию нечеткого моделирования

**уметь:**

* самостоятельно изучать литературу (статьи, главы книг) по тематике НИС, четко излагать свои идеи (рассуждения) в письменном виде, аргументировать свою позицию при обсуждении тем, рассматриваемых на семинаре, готовить презентации, оформлять отчеты/статьи по результатам выполненной работы (обзора, исследования)

**владеть:**

* уверенными навыками самостоятельной работы, касающейся сбора, анализа, обра-ботки и обобщения научной и методической информации, а также данных

**освоить следующие компетенции:**

1. Универсальные и по общей методологии научно-исследовательской деятельности:

* приобретение новых знаний, умений, в том числе в области, отличной от професси-ональной (УК-1 *– код компетенции по Образовательному Стандарту по направлению подготовки 09.03.04 «Программная инженерия», уровень - бакалавр*), работа с информацией: нахождение, оценивание и использование информации из различных источников, необходимой для решения научных и профессиональных задач (УК-5),
* способность вести исследовательскую деятельность, включая анализ проблем, пос-тановку целей и задач, выделение объекта и предмета исследования, выбор способа и методов исследования (УК-6),
* овладение базовыми умениями и навыками ведения дискуссий и проведения само-стоятельных исследований на примере разработки и реализации нечетких моделей, способность грамотно строить коммуникацию, исходя из целей и ситуации общения (УК-8),
* получение навыков оформления выполняемых работ в виде отчета (статьи, оформ-ленной в соответствии с шаблоном IEEE, Elsevier или Springer), четкого изложения своих идей (рассуждений) в письменном виде, а также аргументации своей позиции при обсуждении тем, рассматриваемых на семинаре (способность готовить презента-ции, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, публиковать результаты исследований в виде статей и докладов (ПК-5); способность к формализации в своей предметной области с учетом ограничений используемых методов исследования (ПК-2), использовать методы, инструментальные средства иссле-дования объектов профессиональной деятельности (ПК-3),

1. По тематике научно-исследовательского семинара (отдельные составляющие)

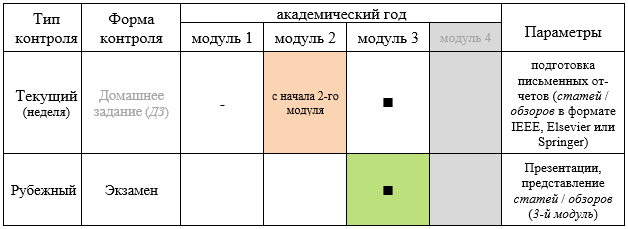
* понимание теоретических основ теории нечетких множеств и нечеткой логики,
* ознакомление с практической значимостью аппарата нечетких множеств и нечеткой логики при решении практических задач (в частности, на примере задач аппроксимации функций, лингвистического обобщения (*summarization*), прогнозирования, принятия решений и др.),
* получение практических навыков построения и анализа нечетких моделей,
* приобретение знаний, необходимых для применения при проектировании нечетких систем, построении базы нечетких правил и ее упрощении,
* понимание особенностей работы (и практического применения) с нечеткими мно-жествами первого (*Type-1*) и второго (*Type-2*) типов,
* совершенствование навыков описания выполненных работ (домашнего задания) в виде статей и подготовленных презентаций.

1. **СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (СЕМИНАРА)**

# Участникам семинара предлагаются для обсуждения и последующего исследования следующие укрупненные темы, каждая из которых допускает достаточно широкую дета-лизацию/направления возможных изменений и определенный выбор публикаций (*для са-мостоятельного изучения*), а также примеров и задач разного уровня сложности:

1. История развития нечеткой логики. Методология системного моделирования.
2. Типы неопределенности. Понятие нечеткости. Информационные гранулы.
3. Базовые концепции нечеткой логики (нечеткие множества, функции принадлеж-ности, рекомендации по построению функций принадлежности, нечеткие и линг-вистические переменные, операции над нечеткими множествами, s- и t-нормы, лингвистические модификаторы, нечеткие отношения, композиция нечетких от-ношений).
4. Нечеткие числа и интервалы, нечеткие графы, функции с нечеткими аргументами, принцип обобщения Заде.
5. Нечеткие правила «Если-То» (типы нечетких правил – импликация и отображение, семейство нечетких импликаций, системы нечеткого вывода, аппроксимация функ-ций, типы нечетких моделей, основанных на правилах (модель Мамдани, модель Такаги-Сугено-Канга (ТСК), стандартная аддитивная модель Коско), этапы нечет-кого вывода, методы деффазификации.
6. Проектирование нечетких систем (правила, рекомендации и общие соображения).
7. Прогнозирование и принятие решений в условиях неопределенности. Анализ мно-гокритериальных задач принятия решений.
8. Теория, основанная на ограничениях (*Restriction-Centered Theory*) – публикации проф. Лотфи Заде. Нечеткие интервальные множества 2-го типа. Нечеткая логика 2-го типа. Вычисления со словами (*Computing with Words* / *CWW*).
9. Нечеткие системы 2-го типа - практические приложения.
10. Нейро-нечеткие системы.
11. Z-числа. Представление, обсуждение публикаций 2012-2016 гг.; интерпретация Z-чисел и потенциальные приложения в контексте направления вычислений со словами.
12. Мягкие вычисления (*soft computing*) – основные направления.
13. **ОЦЕНИВАНИЕ**

**Формы контроля знаний студентов**



**3.1 Критерии оценки знаний, навыков**

Оценки по всем формам контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

-- текущий контроль:

**[1]** учитывается посещаемость научного семинара и активность участников (задаваемые вопросы, обсуждение тех или иных аспектов рассматриваемых тем, публикаций, предла-гаемые варианты решения поставленных задач, обсуждение выступлений других участ-ников семинара, демонстрация подготовленных программ и т.п.); при непосещении семи-нара автоматически ставится оценка «0» (ноль),

**[2]** помимо этого, студенты должны подготовить **1** (один) отчет (в формате IEEE, Elsevier или Springer научной статьи; минимальное число страниц статьи равняется 5, максималь-ное – 7 стр.), который мы называем результатом выполненного Домашнего Задания (*ДЗ*); последнее выполняется в рамках часов, выделенных под самостоятельную работу студен-тов. Необходимые пояснения, касающиеся целей и задач домашнего задания, возможнос-тей, связанных с выбором тем, видом отчета и пр., даются преподавателем в самом начале 2-го модуля (или, в конце 1-го модуля) текущего учебного года; одна работа (подготовка статьи/обзора) может выполняться индивидуально или группой из максимум 2-х студен-тов. Оценка за *ДЗ* принимает во внимание все аспекты выполненной студентом (группой студентов) работы – к их числу относятся *качество подготовленного отчета* (статьи/об-зора) и *сложность* рассмотренной темы (проведенного исследования); все отчеты в фор-мате **.pdf** вместе с дополнительными файлами (если таковые присутствуют) загружаются еди-ным архивом (**.zip**, **.rar**, **.7z**) в LMS (возможность использования альтернативных вари-антов, в частности, *Google Drive* и пр. будут также обсуждены со студентами).

**••• VIDEO (Internet-source)**: Материал, представленный проф. [Михаэлем Бертхольдом](http://www.uni-konstanz.de/grk1042/people/member/berthold.html) (Prof. Dr. Michael Berthold, Department of Computer and Information Science, University of Konstanz) – [Tutorial on Fuzzy Logic](http://videolectures.net/acai05_berthold_fl/) (55 мин.).

Краткое описание: The tutorial will introduce the basics of fuzzy logic for data analysis. Fuzzy Logic can be used to model and deal with imprecise information, such as inexact measurements or available expert knowledge in the form of verbal descriptions. We will first introduce the concepts of fuzzy sets, degrees of membership and fuzzy set operators. After discussions on fuzzy numbers and arithmetic operations using them, the focus will shift to fuzzy rules and how such systems of rules can be derived from available data.

- проф. [Рональдом Яджером](http://www.panix.com/~yager/HP/rry.html) (Prof. Ronald Yager, Iona College) – презентация [Fuzzy Sets Methods for Constructing Multi-Criteria Decision Functions: Mixing Words and Mathematics](https://www.youtube.com/watch?v=ymoorYKBAMs) (26 мин.) – (<https://www.youtube.com/watch?v=ymoorYKBAMs> ),

# - проф. Лотфи А. Заде (Prof. Lotfi Zadeh, UC Berkeley) – презентация [Extended Fuzzy Logic, Soft Computing and Computational Intelligence](http://www.powershow.com/view/ddb3d-NDA4M/EXTENDED_FUZZY_LOGIC_SOFT_COMPUTING_AND_COMPUTATIONAL_INTELLIGENCE_powerpoint_ppt_presentation) (127 слайдов, 2009),

- проф. Лотфи А. Заде (Prof. Lotfi Zadeh, UC Berkeley) – презентация [Toward Human Level Machine Intelligence – Is it Achievable? A Need for A Paradigm Shift](http://www.powershow.com/view/3baaa3-NzcxN/Toward_Human_Level_Machine_Intelligence_Is_it_Achievable_powerpoint_ppt_presentation) (110 слайдов, 2008 - <http://www.powershow.com/view/3baaa3-NzcxN/Toward_Human_Level_Machine_Intelligence_Is_it_Achievable_powerpoint_ppt_presentation>),

- Juan Rada-Vilela: [Tutorial on qtfuzzylite – A Fuzzy Logic Control Application in C++](https://www.youtube.com/watch?v=8UQghVz8N9A), 2013 (<https://www.youtube.com/watch?v=8UQghVz8N9A> ),

### - Natalia Rodriguez (Elsevier Connect): Infographic: How to write better science papers, 2015 (<https://www.elsevier.com/connect/infographic-tips-to-writing-better-science-papers> ).

-- рубежный контроль:

1) учитывая тот факт, что данный НИС даст возможность студентам получить дополни-тельные навыки в написании отчета (статьи в формате IEEE, Elsevier или Springer / обзо-ра) по теме, близкой *(в идеале)* к теме их ВКР, можно рекомендовать пройти МООК

 : [«Academic Information Seeking»](https://www.coursera.org/learn/academicinfoseek) (University of Copenhagen и Technical

University of Denmark) - <https://www.coursera.org/learn/academicinfoseek>

Краткое описание: This course will introduce you to the basic elements of academic information seeking - we will explore the search process from defining a strategy to evaluating and documenting your search results; You will learn how to carry out comprehensive literature searches based on your own research assignment. … Attending the course will enable you to: (1) Identify your information need, (2) Evaluate databases and other information resources, (3) Set up search strategies and use various search techniques, (4) Formulate search strings based on your own research assignment, (5) Identify relevant material types, (6) Undertake critical evaluation of your sources, (7) Search more efficiently on the internet, (8) Avoid plagiarism, (9) Cite correctly, etc.

**[>]** В качестве альтернативы, можно предложить курс *«Writing in the Sciences»* (подготов-лен Dr. Kristin Sainani) – Stanford ONLINE

(<https://lagunita.stanford.edu/courses/Medicine/SciWrite/Fall2013/about> )

Успешное завершение МООК (факт его прохождения требуется подтвердить) будет учтено в итоговой оценке (*ИТОГ* – *см. ниже по тексту*) студента.

2) экзамен в 3-м модуле учебного года проводится в форме презентации выполненных ра-бот (подготовленных отчетов в форме статей/обзоров)– речь идет о докладах (презента-циях), охватывающих основные положения проведенных студентами исследований (обзо-ров).

**3.2 Порядок формирования оценок по дисциплине (научному семинару)**

По всем видам работ выставляется 10-балльная оценка.

Итоговая оценка *ИТОГ* по дисциплине вычисляется следующим образом (оценка за *ДЗ* (ка-чество подготовленной статьи, сложность проведенного исследования и т.п.) и оценка за презентацию-экзамен (*Пр(Экз)*) выставляются по 10-балльной шкале):

*ИТОГ =* ******

\* [Замечание]: как было отмечено выше, МООК может быть рекомендован, т.е. его про-хождение является опцией; в случае успешного завершения МООК студент получает 1 до-полнительный балл (по 10-балльной шкале), но при этом, итоговая сумма (оценка *ИТОГ*) не может превышать 10-ти баллов (т.е. оценка *10 баллов* – это ‘потолок’ оценок, которые вы-ставляются в экзаменационную ведомость).

Перевод в пятибалльную оценку осуществляется в соответст. со следующей таблицей.

**Таблица соответствия оценок по десятибалльной и пятибалльной системам**



1. **РЕСУРСЫ**

**4.1 Основная литература (рекомендуемые источники)**

- Электронные ресурсы библиотеки НИУ ВШЭ (<http://library.hse.ru/e-resources/e-resources.htm> )

* Базы данных зарубежной периодики: ScienceDirect (журналы издательства Elsevier), EBSCO, IEEE Xplore, Wiley Online Library, Taylor & Francis, Springer Link (журналы издательства Springer), Издания ACM и Science),
* Отечественные газеты и журналы (eLibrary.ru),
* Базы данных электронных книг и книжных серий (ebrary, Books24x7, Springer Books, Oxford Scholarship Online, Elsevier Books),

- дополнительные материалы, подготовленные для семинара (слайды, примеры, объяснения, иллюстрации и ссылки на интернет-источники, включая статьи и tutorials в свободном доступе) – см. страницу семинара в LMS.

**4.2 Программное обеспечение (возможное использование)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование** | **Условия доступа** |
| 1. | fuzzyTECH ( <https://www.fuzzytech.com/> ) | *Свободно распространяемое ПО (с ограничениями)* |
| 2. | FuzzyLite ( <https://fuzzylite.com/> ) – libraries for fuzzy logic control | [**GNU General Public License (GPL) 3.0**](https://www.gnu.org/licenses/gpl.html) |
| 3. | JuzzyOnline  ( <http://ritweb.cloudapp.net:8080/JuzzyOnline/> ) | *Web-приложение (свободный доступ)* |
| 4. | Scikit-fuzzy (toolkit for SciPy) -  <https://github.com/scikit-fuzzy/scikit-fuzzy> | *Свободно распространяемое ПО* |

**4.3 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Обязательные требования отсутствуют.