



АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ» (АНО «НИИ ДПО»)

МИРОВЫЕ НАУЧНЫЕ ПАРАДИГМЫ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ



Материалы VIII Международной
научно-практической конференции

□ □ □

г. Ростов-на-Дону, 30 октября 2022 г.



Часть 2

ИЗДАТЕЛЬСТВО МАНУСКРИПТ
РОСТОВ-НА-ДОНУ — 2022



**AUTONOMOUS NON-PROFIT
ORGANIZATION "NATIONAL
RESEARCH INSTITUTE OF
ADDITIONAL PROFESSIONAL
EDUCATION"**

WORLD SCIENTIFIC PARADIGMS IN THE DIGITAL AGE: A LOOK INTO THE FUTURE



Materials of the VIII International
Scientific and Practical Conference

□ □ □

Rostov-on-Don, October's 30, 2022



Part 2

MANUSCRIPT PUBLISHING HOUSE
ROSTOV-ON-DON — 2022

УДК 001.8

ББК 72.4

Ц 75

Печатается по решению оргкомитета
VIII Международной научно-практической конференции,
протокол заседания оргкомитета № 1110/1 от 02.11.2022 г

МИРОВЫЕ НАУЧНЫЕ ПАРАДИГМЫ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ:
материалы VIII Международной научно-практической конференции (г.
Ростов-на-Дону, 30 октября 2022 г.). в 2-х ч. Ч.2. — Ростов-на-Дону: «МАНУСКРИПТ»,
2022. — 150.

ISBN 978_5_6048808_5_2

В издание включены статьи, подготовленные по результатам исследований, выполненных аспирантами, студентами и научными сотрудниками научно-исследовательских и образовательных учреждений России, Республики Беларусь и стран ближнего зарубежья. Данные работы были представлены на VIII Международной научно-практической конференции «МИРОВЫЕ НАУЧНЫЕ ПАРАДИГМЫ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ» (г. Ростов-на-Дону, 30 октября 2022 г.) и получили одобрение экспертной группы оргкомитета конференции.

Приведенные в сборнике материалов конференции авторские материалы охватывают широкий спектр научных направлений. Издание предназначено для научных работников, преподавателей, аспирантов и магистрантов высших учебных заведений.

Все тексты прошли научное рецензирование и приведены в авторской редакции. За содержание статей, а также соблюдение законодательства об интеллектуальной собственности и авторском праве ответственность несут авторы публикаций.

ISBN 978_5_6048808_5_2

УДК 001.8

ББК 72.4

© Изд-во «МАНУСКРИПТ», 2022

© Коллектив авторов, 2022

Подписано в печать 10.11.2022г, 500 экз.

Р е ц е н з е н т ы:

ЗАКИРОВА ОКСАНА ВЯЧЕСЛАВОВНА,

Кандидат филологических наук, доцент кафедры русского языка и литературы Елабужского института (филиала) ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

ВАЛИЕВ ИЛЬДАР НАКИПОВИЧ,

Кандидат философских наук, доцент, Елабужский институт Казанского Федерального Университета

КАЛЕНСКИЙ АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ,

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры химии твердого тела ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»

СПЕКТОР АСИЯ АХМЕТОВНА,

Доктор юридических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет транспорта (МИИТ)"

ЛАВРИКОВА ИРИНА НИКОЛАЕВНА,

Доктор культурологии, кандидат философских наук, доцент, доцент кафедры правовой и гуманитарной подготовки Тверского филиала МосУ МВД России им. В.Я. Кикотя.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Сидаренко Дмитрий Петрович	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» г. Новочеркасск главный специалист отдела управления продуктивностью орошаемых агробиоценозов, кандидат с/х наук
Королюк Елена Владиславовна	Доктор экономических наук, филиал ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» в г. Тихорецке, заместитель директора по научной работе профессор кафедры экономики и менеджмента
Задерейчук Алла Анатольевна	Кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры исторического регионоведения и краеведения Таврической академии Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского
Боровицкая Юлия Витальевна	К.п.н., доцент кафедры социальной работы ФГБОУ ВО Волгоградский государственный социально-педагогический университет, магистрант направления «Психолого-педагогическое образование», научные интересы - формирование успешности у подростков, работа с социальными сиротами, профориентационная работа со школьниками. Автор и руководитель проекта по ранней допрофессиональной подготовке обучающихся на территории Светлоярского муниципального района Волгоградской области и интеграционного проекта с элементами иппотерапии по реабилитации детей с ОВЗ.
Аккуратов Евгений Геннадьевич	Доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, Доцент по кафедре медицинская кибернетика и информатика
Казданян Сусанна Шалвовна	Кандидат психологических наук (ВАК РФ, ВАК РА), доцент (ВАК РФ, ВАК РА), зав. кафедрой психологии Экономико-Юридического университета им. А. Мкртчяна, г. Ереван, Армения.
Гиляева Эмма Николаевна	Кандидат филологических наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Сергина Анатолевна	Елена	Заведующая кафедрой теории и методики общего и профессионального образования, кандидат педагогических наук, доцент Петрозаводского государственного университета. Почетный работник общего образования РФ. Член Методического совета Центра развития образования г. Петрозаводска, Комиссии конкурсного отбора на получение денежного поощрения лучшими учителями за счет средств федерального бюджета и бюджета Республики Карелия.
Раецкая Вилоровна	Ольга	Кандидат педагогических наук, специальность 13 00 08. Преподаватель кафедры математики и естественнонаучных дисциплин филиала ВУНЦ ВВС "ВВА".
Пушкарева Людмила Васильевна		Доктор экономических наук, Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при президенте РФ (Санкт-Петербург)
Ташпекова Тлекалиевна	Алма	Кандидат политических наук, профессор, профессор кафедры теории и истории государства и права Саратовского военного ордена Жукова Краснознаменного института войск национальной гвардии РФ
Шалагинова Ксения Сергеевна		Кандидат психологических наук, Доцент. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого»
Григорьев Владиславович	Игорь	Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ТЛЗП СПбГЛТУ. Эксперт Федерального реестра научно-технической сферы. Член экспертного совета Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации по инженерным агропромышленным наукам.

СОДЕРЖАНИЕ:

ИНФОРМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Алексеев Егор Валерьевич КВАНТОВЫЙ КОМПЬЮТЕР: ПРИНЦИП РАБОТЫ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ В СРАВНЕНИИ С КЛАССИЧЕСКИМ КОМПЬЮТЕРОМ	12
Каров Ярослав Сергеевич, Садриев Самат Илхамович ПРОЦЕДУРНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ТЕКСТУРЫ С ПОМОЩЬЮ ФРАКТАЛЬНЫХ ШУМОВ	16
Король Мирослав Александрович, Дзюба Андрей Григорьевич, Верютина Валерия Валерьевна РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ	20
Лукьяненко Татьяна Викторовна, Мазалова Александра Николаевна АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ	24
Лучинкин Олег Игоревич ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОГО МЕДИА МАРКЕТИНГА	27
Лучинкин Олег Игоревич СУЩНОСТЬ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РЕКЛАМЫ	29
Лучинкин Олег Игоревич АНАЛИЗ КЕЙСОВ SMM ПРОДВИЖЕНИЯ В МООС-ПРОЕКТАХ	32
Найданов Кирилл Владимирович, Лактионов Сергей Андреевич РЕШЕНИЕ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ В ПРОГРАММЕ MAXIMA	34
Рисмятова Инга Леонидовна, Похорукова Мария Юрьевна СОЗДАНИЕ САЙТА-ПОРТФОЛИО ДЛЯ ФОТОГРАФА В WORDPRESS	41
Серышев Алексей Сергеевич E-SCIENCE: ВЗАИМОСВЯЗЬ НАУКИ И BIG DATA	44
Титов Владимир Андреевич УЯЗВИМОСТИ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ, ОСНОВНЫЕ ТИПЫ РИСКОВ	47
Титов Владимир Андреевич РОЛЬ МЕЖСЕТЕВЫХ ЭКРАНОВ В БЕЗОПАСНОСТИ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	49
Титов Владимир Андреевич БИОМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ АУТЕНТИФИКАЦИИ: ИХ НАДЕЖНОСТЬ И ЗАЩИТА	51

Федорова Наталья Валерьевна, Плотников Владислав Павлович, Климов Владислав Анатольевич РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ	53
--	----

МЕДИЦИНА И БИОЛОГИЯ

Лепёхина Ирина Евгеньевна, Близняк Ольга Владимировна, Уранова Валерия Валерьевна ИЗУЧЕНИЕ ИНФОРМИРОВАННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ УСЛУГ ПО ВОПРОСАМ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ПРИМЕРЕ АПТЕКИ ООО «ШИФА»	57
---	----

Щербина Виталий Георгиевич ВРЕМЕННАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ФИТОГЕННОГО ПОЛЯ	61
--	----

СФЕРА ТРАНСПОРТА, ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Бондаренко Екатерина Михайловна, Царева Евгения Андреевна АНАЛИЗ ЗАТРУДНЕНИЙ В РАБОТЕ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ В КРИЗИСНЫХ УСЛОВИЯХ	65
--	----

Галушина Полина Сергеевна ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МОЛОКА ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА	68
--	----

Гончарова Наталья Юрьевна, Упырь Роман Юрьевич, Дудакова Анастасия Владимировна ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	72
---	----

Кирпичев Иван Васильевич, Скокова Галина Ивановна РАЗВИТИЕ СЕМЕННОКОВ ЛУКА РЕПЧАТОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕЩЕНИЯ МАТОЧНИКОВ	76
---	----

Куртеков Вячеслав Алексеевич, Нохрина Екатерина Михайловна СТИМУЛЯЦИЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ ФУНКЦИИ КОБЫЛ	80
---	----

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ, РАЗРАБОТКИ

Алексеев Егор Валерьевич ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА ДЕТАЛИ «ПОРШЕНЬ»	84
---	----

Арутюнов Валерий Вагаршакович О РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ НЕТВОРКИНГА	88
---	----

Баширов Артур Вадимович ТЕПЛОТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ СОВРЕМЕННЫХ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ	93
--	----

Бондарчук Марина Михайловна ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЛАВНОГО БАРАБАНА И ШЛЯПОК НА СМЕШИВАЮЩИЕ И ВЫРАВНИВАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ	97
Гуйдалаев Мамми Гамзатович, Строгий Павел Анатольевич, Ерлагаев Вильнур Шавкатович ЭФФЕКТ ХОЛЛА – ИДЕАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЯ	100
Ефремов Валерий Николаевич, Похорукова Мария Юрьевна СОЗДАНИЕ ИГРЫ «КРЕСТИКИ-НОЛИКИ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WINDOWS FORMS	104
Иовдальский Виктор Анатольевич, Горюнов Иван Валентинович, Фёдоров Николай Александрович, Аюпов Ильяс Надирович, Сторин Павел Алексеевич СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ГИС ГУН СВЧ-ДИАПАЗОНА	107
Канукоев Астемир Мусович, Кодзоков Азнаур Хасанович ЦИФРОВЫЕ ТРЕНДЫ В СФЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА	111
Кодзоков Азнаур Хасанович. Канукоев Астемир Мусович СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО СПОРТА	114
Коптева Александра Владимировна СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСА ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ МНОГОФАЗНЫХ ПОТОКОВ	117
Морозова Любовь Владимировна, Енин Александр Егорович ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ САМОРАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ	122
Попов Павел Иванович МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА НАСТРОЙКИ	126
Попов Павел Иванович ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ РАЗРАБОТКИ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ФОТОННОГО УСТРОЙСТВА НАСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ РАДИОПРИЁМА	129
Попов Павел Иванович РАЗРАБОТКА ВАРИАНТА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ФОТОННОГО УСТРОЙСТВА НАСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ РАДИОПРИЁМА	132
Пушкарев Иван Андреевич, Пушкарева Людмила Алексеевна, Пушкарева Татьяна Андреевна АНАЛИЗ ВИБРОЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОДВИЖНЫМИ НАГРУЗКАМИ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОДХОДА	135
Разыкова Майя Руслановна АРХИТЕКТУРА ЦИФРОВОГО ТРАКТА ПРИЕМА	138

<i>Разыкова Майя Руслановна</i> АРХИТЕКТУРА ЦИФРОВОГО ТРАКТА ПЕРЕДАЧИ	141
<i>Разыкова Майя Руслановна</i> АНАЛИЗ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ЦИФРОВОЙ РАДИОСИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ	144
<i>Шарашкин Сергей Владимирович</i> ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА ТИПОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С ОЦЕНКОЙ ИХ ПРИМЕНИМОСТИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ СУДОВ	147

ИНФОРМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

РЕШЕНИЕ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ В ПРОГРАММЕ MAXIMA

Найданов Кирилл Владимирович

Студент, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»

Лактионов Сергей Андреевич

Доцент кафедры прикладной математики и информатики
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»

В статье представлена разработка программы аналитического решения нечетких систем линейных уравнений в пакете компьютерной математики Maxima. Рассмотрена линейная система с четкой матрицей коэффициентов, нечетким вектором неизвестных и нечетким вектором правой части. Для решения используется метод приведения системы к обычной системе с увеличением размерности системы в два раза. Приведен пример решения задачи с помощью разработанной программы.

Ключевые слова: нечеткие числа, нечеткая линейная система, программа компьютерной математики Maxima.

1. Нечеткие числа

Определение 1. Нечетким числом $\tilde{u}$ будем называть упорядоченную пару функций $(\underline{u}(r), \bar{u}(r))$, $0 \leq r \leq 1$, которые удовлетворяют следующим требованиям

1) $\underline{u}(r)$ – непрерывная возрастающая функция, определенная на отрезке $[0;1]$.

2) $\bar{u}(r)$ – непрерывная убывающая функция, определенная на отрезке $[0;1]$.

3) $\underline{u}(r) \leq \bar{u}(r)$, $\underline{u}(1) = \bar{u}(1)$, $0 \leq r \leq 1$.

Функция $\underline{u}(r)$ называется левой граничной функцией нечеткого числа, а $\bar{u}(r)$ называется правой граничной функцией нечеткого числа [1].

В силу того, что функции $x = \underline{u}(r)$ и $x = \bar{u}(r)$ являются монотонными, то для них существуют обратные функции $r = \underline{r}(x)$ и $r = \bar{r}(x)$, которые представляют собой составные части функции принадлежности нечеткого числа $\tilde{u}$ как нечеткого множества. Так как функции $x = \underline{u}(r)$ и $x = \bar{u}(r)$ определены при $0 \leq r \leq 1$, то эту функцию принадлежности следует записывать так

$$r(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \underline{u}(0), \\ \underline{r}(x), & \underline{u}(0) \leq x \leq \underline{u}(1), \\ \bar{r}(x), & \bar{u}(1) \leq x \leq \bar{u}(0), \\ 0, & x \geq \bar{u}(0). \end{cases} \quad (1)$$

Функция принадлежности (1) нечеткого числа $\tilde{u}$ позволяет оперировать с нечетким числом, как с нечетким множеством. В частности, значение $\underline{u}(1) = \bar{u}(1) = u$ является четким числом, которое называется дефаззификацией нечеткого числа $\tilde{u}$, как нечеткого множества. Например, нечеткое число $\tilde{a} = (1+r; 4-2r)$ можно определить как «нечеткое число 2», а само число 2 является его дефаззификацией. Четкое число α можно определить как предельный случай нечеткого числа в виде $\underline{u}(r) = \bar{u}(r) = \alpha$.

Два нечетких числа $\tilde{x} = (\underline{x}(r), \bar{x}(r))$ и $\tilde{y} = (\underline{y}(r), \bar{y}(r))$ называют равными и записывают $\tilde{x} = \tilde{y}$, если $\underline{x}(r) = \underline{y}(r)$, $\bar{x}(r) = \bar{y}(r)$.

Для нечетких чисел можно определить операции сложения и умножения на число

$$1. \quad \tilde{x} + \tilde{y} = (\underline{x}(r) + \underline{y}(r), \bar{x}(r) + \bar{y}(r))$$

$$2. \quad k\tilde{x} = \begin{cases} (k\underline{x}(r), k\bar{x}(r)), & k \in R, k \geq 0, \\ (k\bar{x}(r), k\underline{x}(r)), & k \in R, k \leq 0. \end{cases}$$

В силу определения равенства между нечеткими числами и введенных операций сложения нечетких чисел и умножения их на число можно рассматривать линейные уравнения и системы линейных уравнений, содержащие нечеткие числа.

2. Нечеткие системы линейных алгебраических уравнений

Нечеткой системой линейных алгебраических уравнений будем называть систему вида

$$A\tilde{X} = \tilde{Y}, \quad (2)$$

где $A = (a_{ij})$, $i, j = 1, 2, \dots, n$, $a_{ij} \in R$ – четкая матрица, $\tilde{X}^T = (\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n)$ – нечеткий вектор неизвестных, $\tilde{Y}^T = (\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_n)$ – известный нечеткий вектор правых частей.

Определение 2. Нечеткий вектор $\tilde{X}^T = (\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n)$, заданный нечеткими числами $\tilde{x}_i = (\underline{x}_i(r), \bar{x}_i(r))$ называется решением нечеткой системы линейных алгебраических уравнений (2), если

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \tilde{x}_j = \sum_{j=1}^n \underline{a_{ij} \tilde{x}_j} = \underline{y}_i, \quad \sum_{j=1}^n \overline{a_{ij} \tilde{x}_j} = \sum_{j=1}^n \overline{a_{ij} \tilde{x}_j} = \bar{y}_i \quad (3)$$

В частности, если все $a_{ij} > 0$, то из системы (3) получаются две обычные системы линейных алгебраических уравнений

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \underline{x}_j = \underline{y}_i, \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{x}_j = \bar{y}_i \quad (4)$$

Так как в общем случае условие $a_{ij} > 0$ не выполняется, то в уравнениях систем (4) могут присутствовать как $\underline{x}_j$, так и $\bar{x}_j$. Чтобы учесть разные знаки коэффициентов используем алгоритм решения, изложенный в [2]. Для этого составим новую систему с расширенной матрицей коэффициентов S

$$S\tilde{U} = \tilde{V}, \quad (5)$$

где

$$S = \begin{pmatrix} B & A-B \\ A-B & B \end{pmatrix}, \quad B = (b_{i,j}), \quad b_{ij} = \begin{cases} a_{ij}, & a_{ij} \geq 0, \\ 0, & a_{ij} < 0. \end{cases}$$

$$\tilde{U}^T = (\underline{x}_1, \dots, \underline{x}_n, -\bar{x}_1, \dots, -\bar{x}_n), \quad \tilde{V}^T = (\underline{y}_1, \dots, \underline{y}_n, -\bar{y}_1, \dots, -\bar{y}_n).$$

Для такой системы левые граничные функции формируются из функций $\underline{x}_j$ с положительными коэффициентами и функций $(-\bar{x}_j)$ с отрицательными коэффициентами. Аналогично для правых граничных функций.

3. Решение нечеткой системы линейных алгебраических уравнений в пакете компьютерной математики Maxima

В качестве примера применения пакета Maxima [3] для решения нечеткой системы линейных уравнений рассмотрим следующую нечеткую систему линейных алгебраических уравнений

$$\begin{cases} \tilde{x}_1 + 2\tilde{x}_2 = \tilde{y}_1, \\ 2\tilde{x}_1 - \tilde{x}_2 = \tilde{y}_2, \end{cases} \quad (6)$$

где $\tilde{y}_1 = [r, 2-r]$, $\tilde{y}_2 = [4+r, 7-2r]$, $0 \leq r \leq 1$ – нечеткие правые части системы (2). Через нечеткие числа система (6) запишется так

$$\begin{cases} [\underline{x}_1, \bar{x}_1] + 2 \cdot [\underline{x}_2, \bar{x}_2] = [r, 2-r], \\ 2 \cdot [\underline{x}_1, \bar{x}_1] - [\underline{x}_2, \bar{x}_2] = [4+r, 7-2r], \end{cases} \quad (7)$$

Из (7) сформируем обычную систему относительно нечетких неизвестных и нечетких правых частей $(\underline{x}_1, \underline{x}_2, -\bar{x}_1, -\bar{x}_2)$, $(\underline{y}_1, \underline{y}_2, -\bar{y}_1, -\bar{y}_2)$ в соответствии с системой (5)

$$\begin{cases} \underline{x}_1 + 2\underline{x}_2 = r, \\ 2\underline{x}_1 + (-\bar{x}_2) = 4+r, \\ (-\bar{x}_1) + 2(-\bar{x}_2) = -(2-r), \\ 2(-\bar{x}_1) + \underline{x}_2 = -(7-2r). \end{cases} \quad (8)$$

Реализуем теперь этот подход в пакете Maxima. Зададим матрицу коэффициентов системы (8)

$A : \text{matrix}([1,2],[2,-1]); B: A-A\$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & -1 \end{pmatrix}.$$

Сформируем расширенную матрицу

```

for i : 1 thru 2 do (
for j : 1 thru 2 do(
if A[i][j]>=0 then B[i][j] : A[i][j]))$
C : B-A$ S1: addrow(B,C)$ S2: addrow(C,B)$ S: addcol(S1,S2);

```

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

```

X : apply('matrix, [[x11,x21,-x12,-x22]]);
(x11 x21 -x12 -x22)

```

Зададим правые части в виде нечетких чисел

```

Y1 : [[r,2-r], [4+r,7-2*r]];
[[r, 2 - r],[r + 4, 7 - 2r]]

```

Сформируем матрицу-столбец правых частей расширенной системы

```

Y : transpose( [Y1[1][1],Y1[2][1],-Y1[1][2],-Y1[2][2]]);

```

$$\begin{pmatrix} r \\ r + 4 \\ r - 2 \\ 2r - 7 \end{pmatrix}$$

Найдем решение в Maxima с помощью обратной матрицы

```

Z : ratsimp(S^(-1) . Y);

```

$$\begin{pmatrix} \frac{7r + 26}{15} \\ \frac{4r - 13}{15} \\ \frac{13r - 46}{15} \\ \frac{r + 8}{15} \end{pmatrix}$$

Выделим решение в виде нечетких чисел

```

X1 : [Z[1],-Z[3]]; X2 : [Z[2],-Z[4]];
[[\frac{7r + 26}{15}],[-\frac{13r - 46}{15}]] , [[\frac{4r - 13}{15}],[-\frac{r + 8}{15}]]

```

Построим графики граничных функций для полученных нечетких чисел (рисунок 1)

```

wxplot2d([X1[1][1],X1[2][1],X2[1][1],X2[2][1]], [r,0,1]);

```

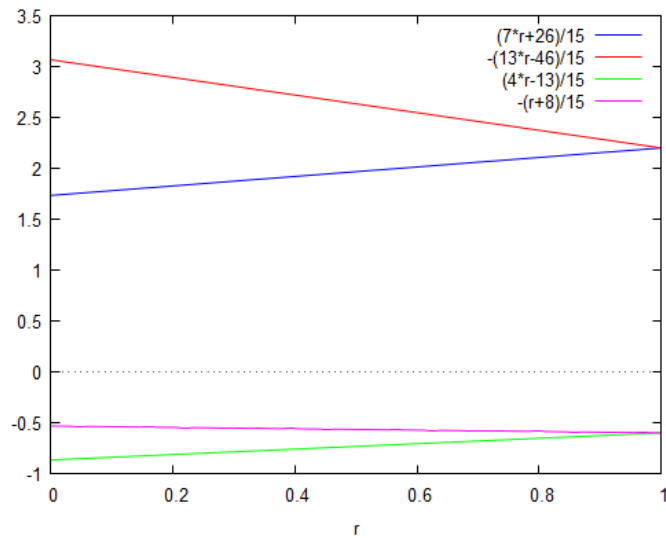


Рисунок 1 – Графики функций $\underline{u}(r)$ и $\bar{u}(r)$ решения системы

Определяем функции принадлежности решения системы

X12 : [solve(x=X1[1][1],r),solve(x=X1[2][1],r)];

X22 : [solve(x=X2[1][1],r),solve(x=X2[2][1],r)];

$$[[r = \frac{15x - 26}{7}], [r = -\frac{15x - 46}{13}]]$$

$$[[r = \frac{15x + 13}{4}], [r = -15x - 8]]$$

X13 : [rhs(X12[1][1]),rhs(X12[2][1])];

X23 : [rhs(X22[1][1]),rhs(X22[2][1])];

$$[\frac{15x - 26}{7}, -\frac{15x - 46}{13}]$$

$$[\frac{15x + 13}{4}, -15x - 8]$$

X14 : [max(min(X13[1],1),0),max(min(X13[2],1),0)];

X24 : [max(min(X23[1],1),0),max(min(X23[2],1),0)];

$$[\max\left(0, \min\left(1, \frac{15x - 26}{7}\right)\right), \max\left(0, \min\left(1, -\frac{15x - 46}{13}\right)\right)]$$

$$[\max\left(0, \min\left(1, \frac{15x + 13}{4}\right)\right), \max\left(0, \min(1, -15x - 8)\right)]$$

X14[1]; X24[2];

$$\max\left(0, \min\left(1, \frac{15x - 26}{7}\right)\right)$$

$$\max(0, \min(1, -15x - 8))$$

Построим графики функций принадлежности решения системы (рисунок

2)

wxplot2d([X14[1],X14[2],X24[1],X24[2]], [x,-2,5]);

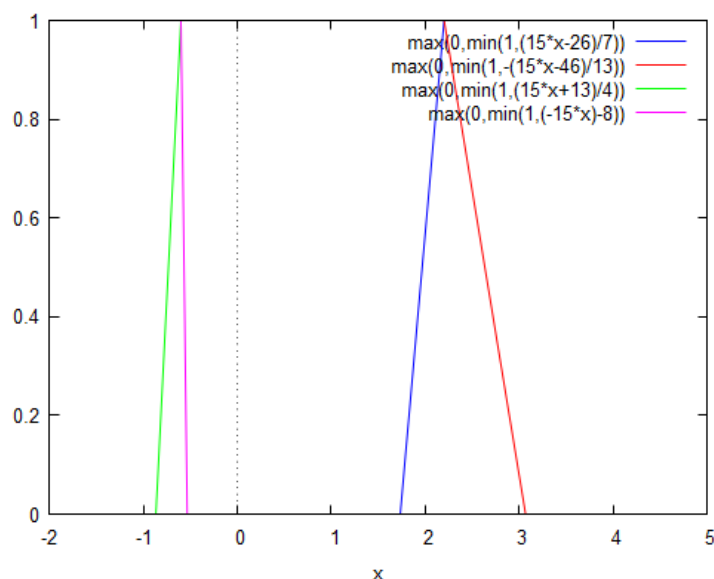


Рисунок 2 – Графики функций принадлежности решения

`X10: solve(X13[1]=1,x); float(rhs(X10[1])); X20 : solve(X23[1]=1,x); float(rhs(X20[1]));`

$\left[\frac{11}{5}\right]$ или 2.2, $\left[\frac{3}{5}\right]$ или 0.6.

Итак, решениями системы являются нечеткие числа

$$\tilde{x}_1 = \left[\left[\frac{7r+26}{15}\right], \left[-\frac{13r-46}{15}\right]\right] \text{ и } \tilde{x}_2 = \left[\left[\frac{4r-13}{15}\right], \left[-\frac{r+8}{15}\right]\right]$$

Графическое представление нечетких чисел изображено на рисунках 1 и 2.

Дефаззификация нечетких чисел дает $x_1 = 2,2$; $x_2 = 0,6$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Roy Goetschel Jr. and William Voxman. Elementary fuzzy calculus. Fuzzy sets and systems, 18 (1986), 31-43.
2. Menahem Friedman, Ming Ma, Abraham Kandel. Fuzzy linear systems. Fuzzy sets and systems, 96 (1998), 201-209.
3. Maxima Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maxima.sourceforge.io/docs/manual/maxima.pdf>

SOLUTION OF FUZZY SYSTEMS OF LINEAR EQUATIONS IN THE MAXIMA PROGRAM

Naidanov K.V., Laktionov S.A.

The article presents the development of a program for the analytical solution of fuzzy systems of linear equations in the Maxima computer mathematics package. A linear system with a clear matrix of coefficients, a fuzzy vector of unknowns, and a fuzzy vector of the right side is considered. For the solution, the method of reducing the system to an ordinary system with a doubling of the system dimension is used. An example of solving the problem with the help of the developed program is given.

Keywords: *fuzzy numbers, fuzzy linear system, computer mathematics program Maxima.*

**Найданов Кирилл Владимирович,
Лактионов Сергей Андреевич, 2022**

АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»
(АНО «НИИ ДПО»)

научное издание

МИРОВЫЕ НАУЧНЫЕ ПАРАДИГМЫ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

Материалы VIII Международной
научно-практической конференции

**г. Ростов-на-Дону, 30 октября 2022 г.
часть 2**

Выпускающий редактор — В.Н. Шикова
Дизайн и верстка — издательство «МАНУСКРИПТ».

Отпечатано в ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФЕНИКС+».
Сдано в набор 05.11.2022 г. Подписано в печать 10.11.2022 г.
Формат 70х100/16.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Гарнитура Century Gothic.
Усл. печ. л. 7,25. Тираж 500 экз.

ISBN 978-5-6048808-5-2

