

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени С. М. КИРОВА

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕХНИКИ, ТЕХНОЛОГИЙ И ЭКОНОМИКИ

Материалы Всероссийской научно-практической
студенческой конференции

Санкт-Петербург

10 июня 2020 года



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург

2020

ББК 3:30.6:22.1:65

М34

Математические модели техники, технологий и экономики : материалы Всероссийской научно-практической студенческой конференции, С.-Петербург, 10 июня 2020 г. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 155 с.

Представлены статьи по материалам Всероссийской научно-практической студенческой конференции «Математические модели техники, технологий и экономики». Статьи охватывают широкий круг вопросов построения математических моделей прикладных задач экономики, технологий, медицины, проблемы численной и аналитической реализации их решений.

Редакционная коллегия:

доценты кафедры высшей математики СПбГЛТУ: *Т. А. Осечкина*,
С. В. Алексеева, *С. И. Затенко*, доцент кафедры технологических процессов
и машин лесного комплекса СПбГЛТУ *И. В. Бачеригов*

ISBN 978-5-7422-6969-4

© Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет
имени С. М. Кирова, 2020
© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2020

СЕКЦИЯ 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАЗМЕРА ШИПОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Алексеева Ю. В.

Научный руководитель: Алексеева С. В.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург*

Аннотация. В работе выполнено исследование точности размера шипового соединения после обработки в размер на шипорезном станке статистическими методами.

Ключевые слова: точность размеров, шип, закон распределения.

Для проведения исследований была взята случайная выборка объёмом 100 деталей в партии для ящиков. С помощью электронного штангенциркуля, с точностью измерения до 0,01 мм, была измерена длина и ширина шипа, полученного в процессе производства. Количество измерений каждой детали в одном и том же сечении равно трём. Результат измерений был принят, как среднее арифметическое значение трех измерений. При рассмотрении полученных значений было выявлено, что четыре детали являются бракованными.

Для выполнения статистического анализа результатов произведенных измерений, оставшиеся размеры заготовок были представлены в виде вариационного ряда. Вычислим размах варьирования, как разность между наибольшим и наименьшим значениями вариант:

$$R = h_{max} - h_{min} = 15,16 - 14,92 = 0,24$$

Примем число интервалов равным 12 и вычислим длину частичного интервала

$$k = \frac{R}{12} = 0,02$$

Расчетная таблица

Таблица 1.

	границы интервала	середина интервала x'	частота интервала n	$n x'$	$(x')^2$	$n (x')^2$
1	14,92-14,94	14,93	6	89,58	222,9049	1337,4294

2	14,94-14,96	14,95	12	178,2	220,5225	2646,27
3	14,96-14,98	14,97	18	269,46	224,1009	4033,8162
4	14,98-15,00	14,99	17	254,83	224,7001	3819,9017
5	15,00-15,02	15,01	10	150,1	225,3001	2253,001
6	15,02-15,04	15,03	6	90,18	225,9009	1355,4054
7	15,04-15,06	15,05	9	135,45	226,5025	2038,5225
8	15,06-15,08	15,07	4	60,28	227,1049	908,4196
9	15,08-15,10	15,09	5	75,45	227,7081	1138,5405
10	15,10-15,12	15,11	5	75,55	228,3121	1141,5605
11	15,12-15,14	15,13	2	30,26	228,9169	457,8338
12	15,14-15,16	15,15	2	30,3	229,5225	459,045
Σ			96	1439,64		21589,7456

Находим выборочное среднее, выборочную дисперсию и выборочное среднеквадратическое отклонение

$$\bar{x} = \frac{\sum n x'}{\sum n} = \frac{1439,64}{96} = 14,996$$

$$D_B = \frac{\sum n (x')^2}{\sum n} - (\bar{x}')^2 = \frac{21589,7456}{96} - (14,9960)^2 \approx 0,0057$$

$$\sigma_B = \sqrt{D_B} = \sqrt{0,0057} \approx 0,0753$$

Поле рассеяния толщины шипов в рассматриваемой выборке находится по формуле:

$$\omega = 6 \cdot \sigma_B \approx 0,4518$$

Нижнюю и верхнюю границы доверительного интервала найдем согласно формулам:

$$a_H = \bar{x} - \varepsilon, \quad a_B = \bar{x} + \varepsilon.$$

Для этого находим ε :

$$\varepsilon = \frac{t_\gamma \cdot \sigma_B}{\sqrt{n}} \approx 0,013 \text{ мм.}$$

Таким образом, получаем

$$a_H = 14,996 - 0,013 = 14,983, \quad a_B = 14,996 + 0,013 = 15,009.$$

Следовательно, с доверительной вероятностью $\gamma = 0,95$ математическое ожидание $M(X)$ случайной величины X покрывается доверительным интервалом

$$14,983 < M(X) < 15,009$$

На основе полученных данных была построена эмпирическая (рис.1) и теоретическая (рис.2) кривые распределения.

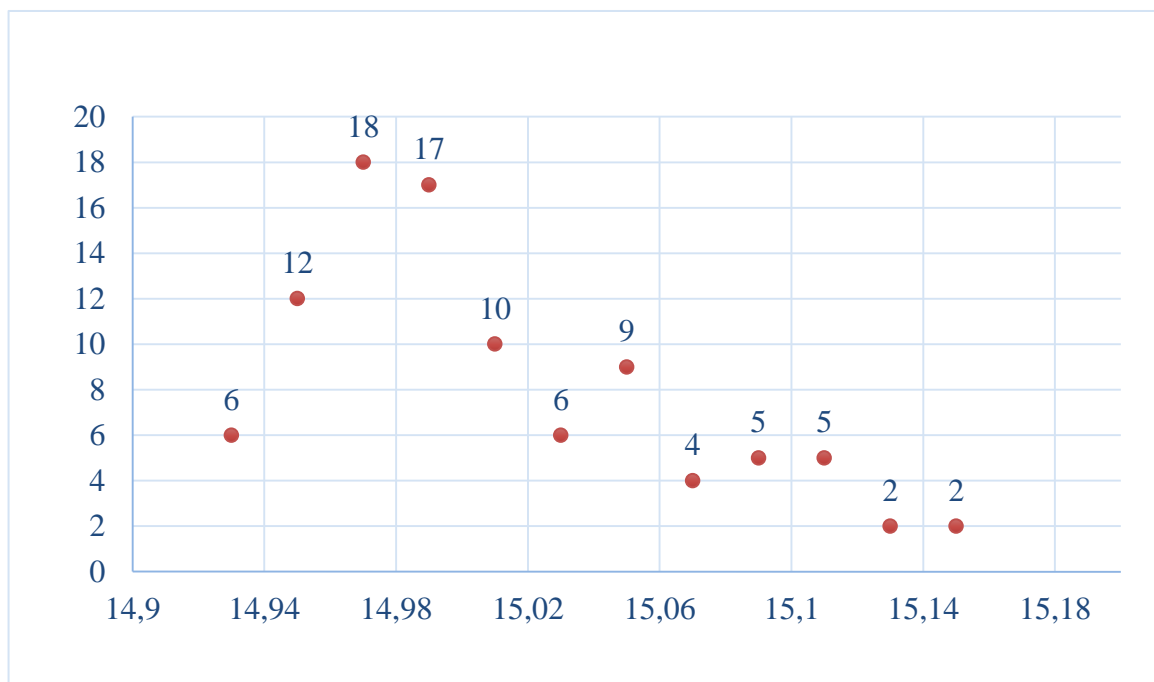


Рисунок 1.Эмпирическая кривая распределения

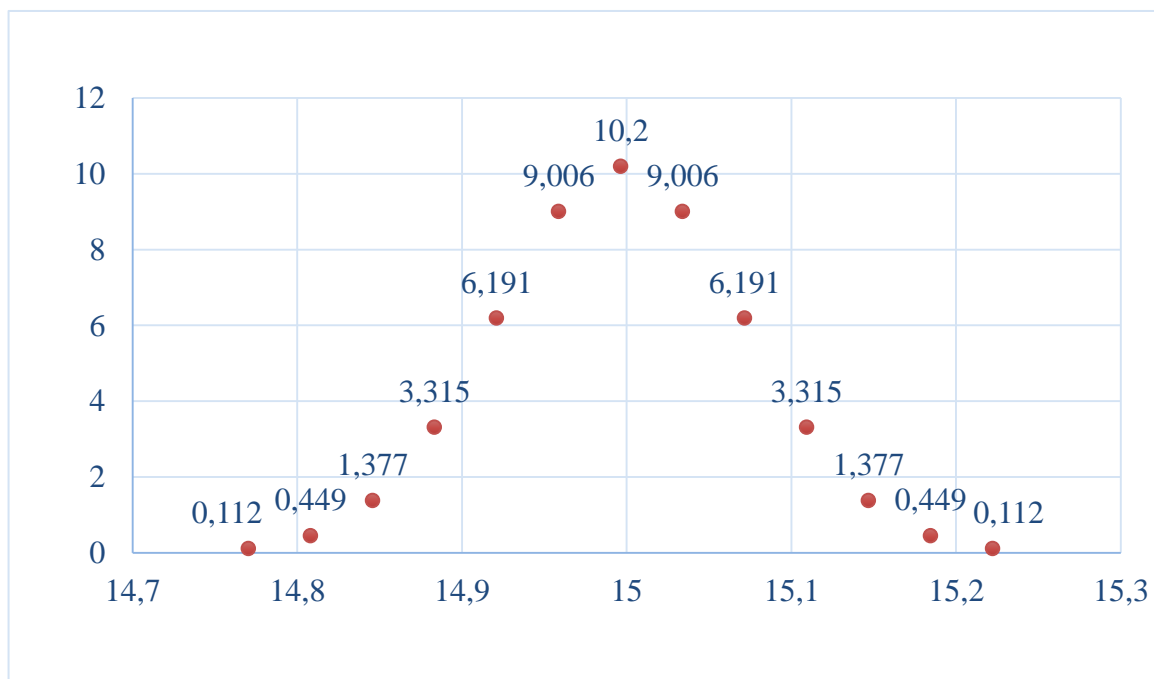


Рисунок 2.Теоретическая кривая распределения

Коэффициенты запаса точности

Таблица 2

Параметры	Поле допуска по ГОСТ 6449.1-82	
Допуск δ , мм	0,43	0,7
Поле рассеяния ω , мм	0,45	0,45
Коэффициент запаса точности	$\frac{0,43}{0,45} \approx 0,96 < 1$	1,55
Оценка запаса точности	неудовлетворительно	хорошая

Таким образом, было установлено, что шипорезный станок обеспечивает хороший запас точности $\Delta_H = \pm 0.125$ при установленном допуске на размер шипа по 15 качеству ГОСТ 6449.1-82, при этом будет обеспечена статистическая управляемость технологического процесса.

Список литературы

1. Стопюк Ф.С. Конструирование изделий из древесины: учебное пособие для практических занятий и курсовому проектированию – СПб: СПбГЛТУ, 2016. – 64с.
2. Шахмейстер А.Х. Комбинаторика. Статистика. Вероятность / А.Х. Шахмейстер – СПб.: «Виктория плюс»: «Петроглиф»: М.: Издательство МЦНМО, 2015. – 296 с.

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ТЕРМОЭЛЕКТРОУПРУГОСТИ

М.А. Кальмова, Д.А. Шляхин

Самарский государственный технический университет, Самара

Аннотация. Целью данной работы является теоретическое исследование в области задач термоэлектроупругости. Рассмотрены этапы разработки аналитических теорий и построения решений, связанных с расчетом тел при температурном воздействии, а также определены первоначальные методы решения задач термоэлектроупругости, проанализированы современные методы и подходы, а также рассмотрены перспективы их использования.

Ключевые слова: термоэлектроупругость, многослойные пластины, тепловое воздействие, аналитические методы расчета, граничные условия.

В настоящее время, при разработке новых строительных конструкций, учитываются различные свойства материалов связанные с проблемами термоэлектроупругости, в связи с этим получила значительное развитие в научной сфере теория термоэлектроупругости. Как известно, у большинства инженерных объектов основными составляющими элементами являются пластины, основания или оболочки, многослойные и однослойные плиты. Это связано с тем, что за счет слоистости материалов можно добиться уменьшения веса, улучшения звукоизоляционных, теплоизоляционных и прочих свойств, при уменьшении их стоимости и т.д. Наиболее важный интерес представляет разработка аналитических методов расчета, так как в этом случае можно предусмотреть точность вычислений, а также исследовать влияние физических и механических характеристик сред на их поведение. Тепловое воздействие является одним из главных видов физических воздействий на конструкции. Именно поэтому задача аналитического описания полей температур, напряжений и деформаций в многослойном и однослойном основании актуальна в настоящее время.

Развитие науки о тепловых явлениях получило начало после изобретения первого термометра. С тех самых пор область термодинамики продолжает расширять свои границы и за последние несколько десятилетий, в том числе и благодаря достаточно быстрому развитию ЭВМ, произошел существенный скачок в развитии методов решения задач термодинамики и термоэлектроупругости. Основываясь на результатах уже проведенных исследований и работ, происходит постоянное развитие и модификация уже существующих методов.

В работах А.С. Гольцева, В.Т. Гринченко и т.д. [3, 4] рассматривается класс задач, решение которых основано на использовании прикладных теорий при одномерном распределении электроупругого поля. Исследование осесимметричных задач в трехмерной постановке, основанных на решении задач при помощи двух функций, которые зависят от двух координат, представлены в трудах Е.Ф. Афанасьева, В.Г. Савина и т.д. [1, 10].

Провести анализ задач теории упругости, у которых основная идея заключена в использовании введения новых переменных, на основании уравнений Максвелла, помогли работы авторов Н.А. Сенник и др. исследователей [5, 7, 8]. Работы В.Н. Лазуткина, С.А. Лычева [6], В. Новацкого, В.З. Партон содержат обоснование теоретического подхода, позволяющего получать замкнутые решения для толстых пластин (цилиндров), при различном их закреплении и нестационарном осесимметричном воздействии. Таким образом, в рассмотренных выше

работах приводятся некоторые обобщенные термодинамические модели, которые могут описывать не только упругую, вязкоупругую деформацию тел, но и пластическую, а также рассмотрены обобщающие классические модели линейной термоэлектроупругости, термовязкоупругости и термовязкопластичности. Вопросами расчета конструкций на температурное воздействие занимались и занимаются в наше время многие ученые. Подобные расчеты интересны для специалистов за счет того, что наука активно развивается в области механики, и требуются все новые знания и обоснования тех или иных процессов, связанных с влиянием воздействия температуры на различные конструкции. Работы, которые были написаны ранее и на данный момент используются при решении подобных задач, на них также опирается большинство современных исследований. В качестве одних из основных работ в этой сфере следует отметить исследования выдающегося польского ученого Витольда Новацкого. Так, к примеру, в его монографии «Теория упругости» он рассматривал температурные напряжения в однородных идеально упругих, а также в вязкоупругих телах, причем перемещения им предполагались бесконечно малыми, а константы материала не зависящими от температуры. Стремясь к единому методологическому подходу, он строил решение большинства задач термоупругости как сумму двух решений, из которых одно носит характер термоупругого потенциала, а другое содержит компоненты вектора перемещений. Для решения многих задач им были плодотворно использованы интегральные преобразования Фурье и Лапласа. Таким образом, его работы стали основополагающими для написания последующих статей другими учеными и дали возможность для разработки многих других, более новых методов решений данной задачи. Также вопросами термоупругости занимался советский ученый А.Л. Гольденвейзер [2]. В его труде проводится исследование свойств НДС оболочки с учетом способов закрепления ее краев, а также излагаются решения интегро-дифференциальных уравнений в частных производных.

Вопросу о воздействии на строительные конструкции температуры посвятил свои монографии ученый в области механики А.Д. Коваленко [5]. В его книгах «Введение в термоупругость» приводятся краткие изложения теории термоупругости в целом. В них включены важные положения и способы решения задач термоупругости, которые необходимы для исследования напряжений с учетом температуры в элементах конструкций.

Также, помимо остальных ученых, над вопросом термоупругого расчета конструкции работал украинский ученый, доктор физико-математических наук Я.С. Подстригач [8, 9]. Его научные труды посвящены

развитию динамической теории термомеханики, в которой учитывается конечность скорости распространения тепла. В [8] с учетом граничных условий обобщенной термоупругости, как тонкостенных элементов, так и неоднородных массивных тел, выведены уравнения, доказывающие основные теоремы. В его работе [9] рассмотрены особенности процесса деформации, обусловленные сопряжением полей деформации и температурного поля, оптимальные условия нагрева оболочек, а также вопросы распределения температурных полей и напряжений в окрестности концентраторов напряжений.

Дальнейшее развитие данная тема о влиянии температуры получила также в статьях современных профессоров и ученых нашего времени. К примеру, статья С.О. Саркисяна «Некоторые общие вопросы термоупругости микрополярных тонких оболочек» [11] основывается на трудах некоторых вышеперечисленных ученых. В статье были изложены основы классической теории термоупругости, изучены энергетические вопросы и вариационные постановки краевых задач этой теории. В настоящее время считается актуальным построение общей теории термоэлектроупругости микрополярных тонких оболочек и пластин и изучение основных вопросов энергетического поведения и вариационной постановки соответствующих краевых задач.

Уже в современной работе «Связанная динамическая задача термоупругости для конечного цилиндра» С.А. Лычева [6] построено замкнутое решение связанной динамической термоупругой задачи для конечного изотропного цилиндра. В настоящее время разработан ряд способов интегрирования уравнений термоупругости. Так, в монографии построены решения интегродифференциальных уравнений с численным решением этих уравнений. Также представлены построения решений уравнений, основанных на теоремах Сомильяны и преобразованиях Лапласа.

Таким образом, количество современных работ, посвященных данной теме большое, и с каждым годом это количество растет. Это напрямую связано с тем, что при проектировании строительных конструкций и приборов различного назначения возникает необходимость исследования их напряженно-деформированного состояния в условиях неравномерного нестационарного нагрева. В частности, данные вопросы рассматриваются при проектировании стеновых ограждений. Для решения этой проблемы также возникает необходимость проведения расчетов, которые позволяют получить замкнутые аналитические решения. Полученные расчеты помогут определять наиболее оптимальные условия работы конструкции, а также дадут возможность создавать материалы с заданными физическими

свойствами. Поэтому развитие и изучение новых методов решения задач термоэластостатики имеет большое практическое значение в области строительства и в области механики в целом [12]. Данные результаты расчетов используются при строительстве самых разнообразных конструкций, будь то машиностроение, гражданское или промышленное строительство, авиа или космостроение и т.д. Все исследования и расчеты в данной области с каждым годом все более усовершенствованные и упрощенные, что позволяет строительству и науке быстро развиваться.

Список литературы

1. Афанасьев, Е.Ф. Некоторые задачи для уравнения теплопроводности со смешанными граничными условиями / Е.В. Афанасьев // Дифференциальные уравнения. – 1965. – №5. – 670 с.
2. Гольденвейзер, А.Л. Теория упругих тонких оболочек / А.Л. Гольденвейзер. – М.: Наука, 1976. – 510 с.
3. Гольцев, А.С. Фундаментальное решение уравнений плоской задачи термоупругости для тонких ортотропных пластин при симметричном теплообмене / А.С. Гольцев // Донец. ун-т. Сер. А. Природные науки. – 1999. – Вып. 1. – С. 51–56.
4. Гринченко, В.Т. Исследование планарных колебаний прямоугольных пьезокерамических пластин / В.Т. Гринченко, В.Л. Карлаш, В.В. Мелешко, А.Ф. Улитко // Прикладная механика. – 1976. – Т. 12, №5. – С. 71–78.
5. Коваленко, А.Д. Введение в термоупругость / А.Д. Коваленко. – Киев: Наукова думка, 1965. – 204 с.
6. Лычев, С.А. Связанная динамическая задача термовязкоупругости / С.А. Лычев // Изв. РАН. Механика твердого тела. – 2008. – № 5, – 95 с.
7. Мощенко, И.Н. Расчет осесимметричных колебаний пьезокерамического цилиндра с тангенциальной поляризацией/И.Н. Мощенко, Н.М. Товаровская, Н.Н. Харабаев, В.К. Яценко//Инж. вестник Дона. – 2009. – Вып. 1. – С. 43–49.
8. Подстригач, Я.С. Обобщенная термомеханика / Я.С. Подстригач. – Киев: Наукова думка, 1976. – 311 с.
9. Подстригач, Я.С. Термоупругость тонких оболочек / Я.С. Подстригач. – Киев: Наукова думка, 1978. – 343 с.
10. Савин, В.Г. Нестационарное поведение цилиндрического секционного преобразователя при электрическом импульсном возбуждении / В.Г. Савин, В.М. Шаратов, Н.И. Штефан // Інформаційні системи механіка та керування. – Киев: Нац.тех.ун-т Украины, 2012. – Вып. 7. – С. 75–83.
11. Некоторые общие вопросы термоупругости микрополярных тонких оболочек / С.О. Саркисян //Изв. НАН Армении.Механика.–2014. – №2. – 68 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКЕ

Леонов Д.О.

Научный руководитель: Антонова У.Ю.

*Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва*

Аннотация: В статье предложен алгоритм для выбора средств измерений в условиях мелкосерийного ремонтного производства, с учетом выявления неправильно принятых и неправильно забракованных деталей.

Ключевые слова: допуск, селективная сборка, погрешность средств измерений, неправильно принятые и неправильно забракованные детали.

Выбор средств измерений (СИ) является одной из важнейшей задачей метрологического обеспечения производства. От правильного ее решения будет зависеть качество контроля и сборки узла в целом [1]. Из-за наличия погрешности измерений часть годных деталей может быть забракована, а часть бракованных деталей попадает в годные [2], а при селективной сборке возможно попадание деталей в соседние группы [3].

Выбор СИ для обеспечения необходимой точности является комплексной задачей и должен проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 8.051–81 и РД 50–98–86 [4,5]. СИ выбирают с учетом метрологических и экономических факторов. На выбор СИ влияет и программа производства. Для массового производства обычно применяют оригинальные высокопроизводительные СИ с высокой степенью автоматизации и роботизации, а для мелкосерийного и единичного – универсальные СИ [6].

При проведении контроля диаметров цилиндрических поверхностей необходимо выбирать СИ так, чтобы уменьшить потери от неправильно принятых и неправильно забракованных деталей, которые возникают от погрешности измерений. Выбор СИ для контроля регламентируется граничным условием [7]:

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta, \quad (1)$$

где Δ_{lim} – предельная погрешность СИ; δ - допускаемая погрешность измерения.

Условие (1) не выражает экономическую целесообразность, а при имеющемся выборе чаще всего используют более дешевое СИ, что в корне неверно. Разработан алгоритм по выбору СИ, который представлен на рис. 1.

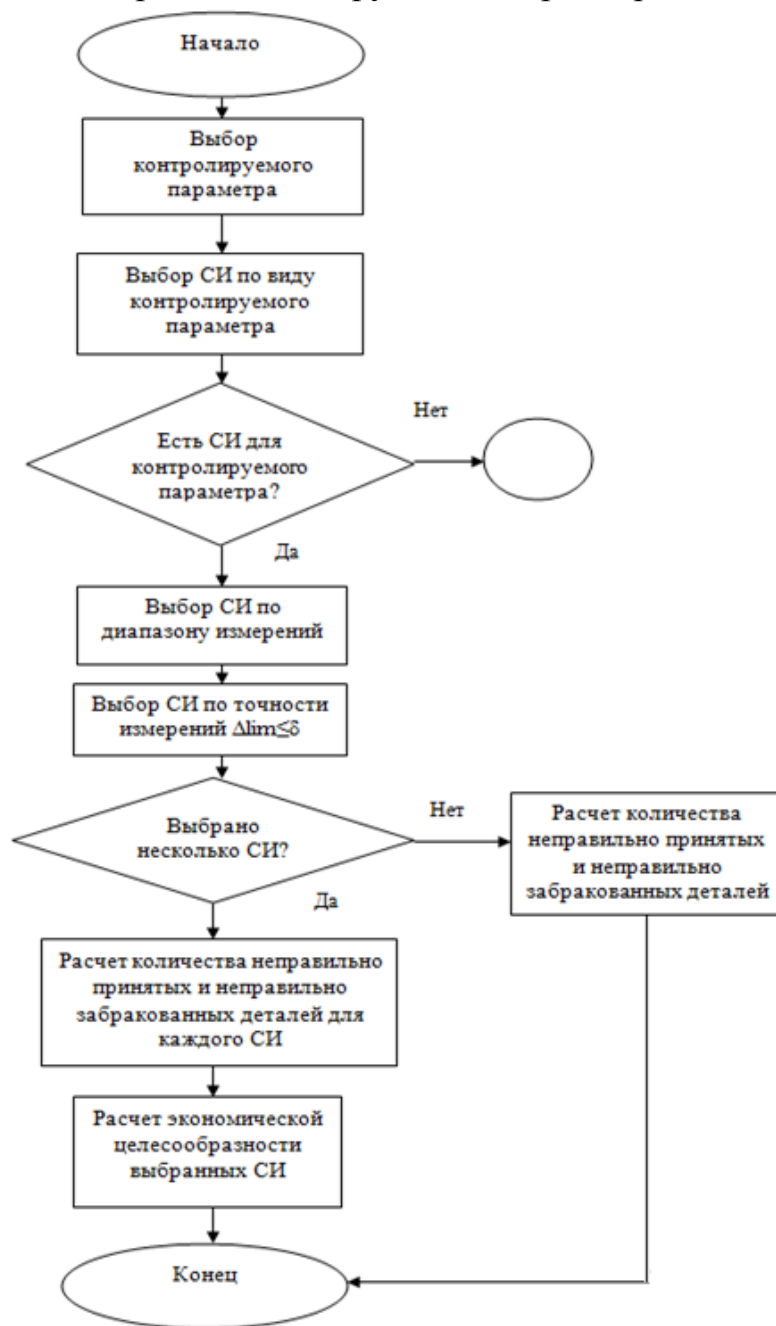


Рисунок 1. Оптимизация выбора средств измерений при селективной сборке

В начале необходимо выбрать тип контролируемого параметра, затем выбирается СИ по виду контролируемого параметра, если имеется в наличии СИ для выбранного контролируемого параметра, приступаем к выбору СИ по диапазону измерений, а также, исходя из условия (1) по точности измерений [8]. Если выбрано несколько СИ, необходимо для каждого определить количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей (переход деталей в соседние группы). Количество неправильно

забракованных деталей (n , %) от количества годных, количество неправильно принятых деталей (m , %) от количества принятых и предельную величину выхода размера за границу поля допуска (c , мкм) необходимо определяют в следующей последовательности: после выбора СИ, проводят измерения и высчитывают среднее значение; определяют расстояние от середины поля допуска до границы группы; рассчитывают СКО погрешности, исходя из метрологических характеристик СИ. Затем высчитывают относительную погрешность измерений для каждой группы. И определяют по графикам количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей в каждой группе и величину выхода измеряемого параметра за границу группы. Далее идет расчет сумм неправильно принятых и неправильно забракованных деталей и максимальной величины выхода измеряемого параметра за границу. В конце необходимо провести расчет экономической эффективности выбранных СИ. Если выбрано одно СИ, рассчитывают количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей.

Таким образом, применение данного метода позволит оценить эффект и сравнить два средства измерений, с учетом стоимости средства измерений, затрат на контроль, а также потерь от измерений, за счет сокращения неправильно принятых и неправильно забракованных деталей.

Список литературы

1. Леонов, О.А. Управление качеством производственных процессов и систем / О.А. Леонов // – М.: ФГБОУ РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2018. – 182 с.
2. Леонов, О.А. Метрология и технические измерения /О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // – М.: ФГБОУ РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2015. –239 с.
3. Леонов, О.А. Выбор универсальных средств измерений для контроля гильз цилиндров двигателя при селективной сборке / О.А. Леонов, У.Ю. Антонова // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – №6. – С. 52-57.
4. Шкаруба, Н.Ж. Влияние погрешностей измерения на результаты разбраковки при дефекации деталей машин / Н.Ж. Шкаруба // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 2. – С. 41-43.
5. Шкаруба, Н.Ж. Современные организационные подходы к метрологическому обеспечению ремонтного производства / Н.Ж. Шкаруба// – Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2013. № 3 (59). – С. 41-44.
6. Леонов, О.А. Организация и метрологическое обеспечение входного контроля на предприятиях технического сервиса / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова, У.Ю. Антонова // Монография. М.: ФГБОУ РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2017. – 129 с.

7. Леонов, О.А. Методика расчета экономии от использования более точного средства измерений при изготовлении и ремонте машин / О.А. Леонов, У.Ю. Антонова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2018. – № 4 (86). – С. 42-46.
8. Антонова, У.Ю. Методика определения контрольных точек в технологическом процессе ремонта гильз цилиндров / У.Ю. Антонова // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – №5. – С. 59-65.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТА КОЛЕСО – РЕЛЬС

Царёв Н. С.

Научный руководитель: Покацкий В. А.

Самарский государственный университет путей сообщения, Самара

Аннотация. В рельсах, при прохождении колес подвижного состава, возникают разного рода напряжения. В появлении практически всех дефектов в головке рельсов решающую роль играют так называемые контактные напряжения. Поэтому вопрос снижения величины контактных напряжений в головке рельса, при их взаимодействии с колесом, приобрел особое значение. При этом одним из главных факторов, позволяющим снизить величину контактных напряжений, является выбор оптимально ремонтного профиля рельса. Такой профиль можно подобрать с помощью моделирования контакта колесо-рельс.

Ключевые слова: Колесо-рельс, метод конечных элементов, контактные напряжения, динамическая нагрузка.

Постоянно контактирующая пара колесо-рельс подобна обычному подшипнику, так как обеспечивает передачу нагрузки от движущейся детали к неподвижной. Вместе с тем существует и принципиальное различие: на одно и то же место рельсовой нити воздействует множество колес с разной формой контактной поверхности, а катящееся колесо соприкасается с головками различных рельсов. Качение колеса сопровождается значительными продольными и поперечными скольжениями, которые резко возрастают при тяге и торможении. При контактном нагружении сила действует на малом участке поверхности, вследствие чего в поверхностном слое металла возникают местные напряжения.

При теоретическом решении задачи о напряженном состоянии в зоне контакта упругих тел предполагают, что нагрузка статическая, материалы тел изотропны, площадка контакта мала по сравнению с поверхностями и действующие силы направлены нормально к этой площадке. В зоне

соприкосновения, образуется площадка, размеры которой зависят от упругости материалов и геометрических параметров, сжимаемых тел.

Волокна материала в зоне действия максимальных давлений находятся в состоянии всестороннего сжатия, в них возникают взаимно перпендикулярные напряжения сжатия $\delta_x, \delta_y, \delta_z$, и направленные к ним под углом 45° октаэдрические напряжения сдвига $0,5(\delta_y - \delta_z); 0,5(\delta_z - \delta_x); 0,5(\delta_y - \delta_x)$. Нормальные напряжения имеют наибольшую величину на поверхности, касательные напряжения – на расстоянии $(0,25-0,4)b$ от поверхности, где b – диаметр пятна контакта.

Колесо передает на головку рельса нормальные и касательные составляющие динамической нагрузки. Величины и закон распределения напряжений по площадке контакта и в непосредственной близости от нее в головке рельса и в бандаже колеса зависят от динамической нагрузки колеса (соотношения нормальной P_i и касательных (тангенциальных) составляющих τ_i), радиусов головки рельса r и колеса R , формы их износа, состояния пути и колес подвижного состава и др.

В основу расчета контактных напряжений в рельсах положена классическая теория Герца – Беляева [1]. Основные допущения, принятые в теории Герца – Беляева:

- 1) Размеры контактной площадки малы по сравнению с поперечными размерами головки рельса.
- 2) Коэффициент трения по площадке контакта равен нулю ($f=0$), т.е. расчет ведется только на нормальную составляющую.
- 3) Металл колеса и головки рельса работает в упругой стадии.
- 4) Форма бандажа и головки рельса в зоне контакта кругло цилиндрическая.

Развитие средств вычислительной техники и методов численной математики позволяет сегодня при моделировании наиболее полно приблизиться к реальным условиям работы конструкции.

Система MSC/NASTRAN позволяет вести расчет конструкции с учетом нелинейных зависимостей, которые прикладываются в виде сил или моментов в определенные пользователем узлы, с указанием типа взаимосвязи.

Для учета нелинейных сил конструкция должна подвергаться определенному типу анализа:

- Transient Dynamic (непосредственное численное интегрирование уравнений динамики по времени)

- Nonlinear Transient Dynamic (непосредственное численное интегрирование уравнений динамики по времени с учетом больших деформаций)

Для исследования задач динамики разработаны многочисленные методы, в MSC/NASTRAN реализованы методы, позволяющие исследовать достаточно широкий круг прикладных проблем динамики. Важным достоинством метода конечных элементов является однотипность уравнений для различных видов конструкций. Уравнения динамики при малых смещениях точек тел имеют вид:

$$\{M\} \cdot \{\lambda''\} + \{B\} \cdot \{\lambda'\} + \{K\} \cdot \{\lambda\} = \{F(t)\} \quad (1)$$

где $\{M\}$ - матрица масс конструкции; $\{B\}$ - матрица коэффициентов сил вязкого демпфирования (пропорциональных скоростям узловых смещений); $\{K\}$ - матрица жесткости; $\{F\}$ - вектор узловых сил, как функция времени; $\{\lambda\}$ - вектор узловых смещений; штрихом и двумя штрихами над λ в уравнении (1) обозначены первая и вторая производные по времени соответственно.

Матрица жесткости $\{K\}$ формируется на основании геометрии модели. Матрица масс $\{M\}$ включает в себя:

- массы конечных элементов, обусловленные плотностью материала (Mass Density),
- неконструктивную (дополнительную) массу, распределенную по элементам, задаваемую параметром Nonstructural mass в окне свойств элементов;
- сосредоточенные массы, которые могут быть введены в модель элементами типа Mass и Mass Matrix.

Матрица коэффициентов вязкого демпфирования $\{B\}$ позволяет учесть диссипацию (рассеяние) энергии в динамической системе посредством следующих компонентов и их параметров:

- демпфирующих свойств материалов (элементное конструктивное демпфирование), задаваемых коэффициентом демпфирования $Damping = 2C/C_0$, где C - коэффициент пропорциональности для силы вязком демпфирования вида $F_v = C \cdot v$ (v - скорость); C_0 - критическое демпфирование - значение коэффициента C , при котором колебательная форма движения сменяется монотонно затухающей (по экспоненте). Для осциллятора с одной степенью свободы колебаний, определяемая выражением $\omega_0^2 = k/m$, k - жесткость осциллятора;

- коэффициентов демпфирования $Damping$ элементов типа Spring, DOF Spring и многослойной пластины Laminate. Упругий демпфер можно

определить, например, с помощью двух параллельных элементов типа Spring, один из которых обладает жесткостью, а второй - демпфированием;

- с помощью общего коэффициента конструкционного демпфирования, обозначаемого в MSC/NASTRAN как G.

Для проведения анализа перераспределения напряжений в зоне контакта колесо-рельс при различных граничных условиях, разработана объемная конечноэлементная модель (КЭМ), содержащая фрагмент рельса и колесо (рисунок 1). Все элементы КЭМ смоделированы с полным геометрическим подобием натурным конструкциям.

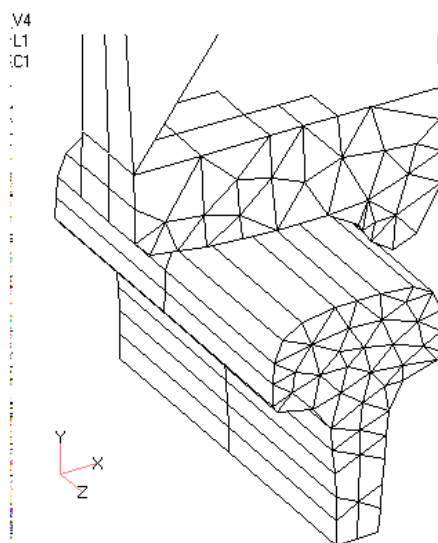


Рисунок 1. Конечно-элементная модель для исследования контактирования системы колесо – рельс

КЭМ фрагмента рельса типа Р65 содержит 10396 объемных восьмиузловых конечных элементов (КЭ) и 12146 узлов. КЭМ колеса грузового вагона 11444 КЭ и 13281 узел. Общее количество степеней свободы модели 76281. По всей возможной зоне сопряжения колесо-рельс смоделированы контактные элементы, допускающие взаимное расхождение узлов и исключаящее их взаимное проникновение. При проведении расчетов, помимо вертикальной нагрузки, в качестве граничных условий по торцам рельсов прикладывали перемещения.

Для проведения сравнительной оценки расчетов по МКЭ с классическими зависимостями, использовались следующие граничные условия. По зоне подошвы рельса смоделирована скользящая заделка. Т.е. запрещены все перемещения по оси Z и исключен поворот рельса как единого целого. Остальные степени свободы не закреплены. При решении контактной задачи, оценивалось влияние колесной нагрузки в диапазоне от

100 до 200 кН для различных вариантов зон контактирования при типовых ремонтных профилях.

Распределение напряжений для стандартного профиля рельса и колеса и нагрузке 200 кН показаны на рисунке 2. Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

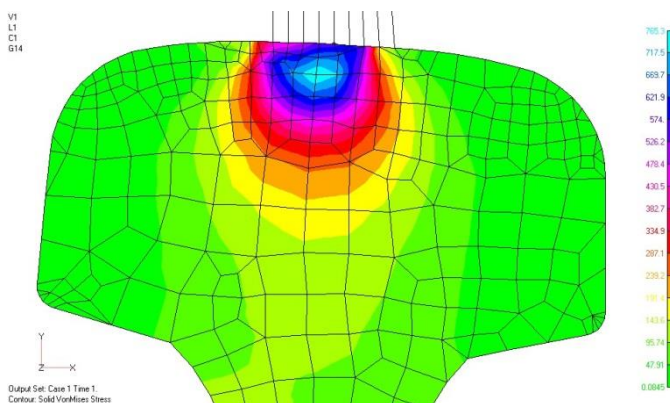


Рисунок 2. Распределение напряжений в зоне контакта

Таблица 1. Расчетные напряжения в зоне контакта

Радиус контактной зоны рельса, R, м	Нагрузка колеса на рельс, кН		
	100	150	200
0,05	3084	6062	9792
0,08	2042	4014	6484
0,13	1687	3316	5357
0,18	1479	2906	4694
0,25	1314	2583	4171
0,5	1040	2044	3032

Результаты расчетов показывают, что радиус контактной поверхности рельса при проектировании ремонтного профиля должен быть не менее 130 – 180 мм.

Список литературы

1. Расчеты и проектирование железнодорожного пути: учеб. пособие для студентов вузов ж. - д. транспорта / под ред. В. В. Виноградова, А. М. Никонова. М.: Маршрут, 2003. 486 с.

ПРИМЕНЕНИЕ РЯДОВ ФУРЬЕ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СОСТОЯНИЯ СВОБОДНО ОПЕРТОЙ БАЛКИ

Оханкин Т.А.

Научный руководитель: Тарабан М.В.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург*

Аннотация: Различные методы математического моделирования находят свое применение в огромном количестве областей, как в чисто теоретических изысканиях, так и в решении практических задач. Исключением также не является и теория рядов, которая для обывателя может показаться исключительно теоретическим разделом математики, особо не подходящим на роль инструмента для решения прикладных задач. Тем не менее, теория рядов, а в частности ряды Фурье, очень часто находят себе применение в решении, например, инженерных задач. В данной статье речь пойдет о применении рядов Фурье для описания состояния равномерно и неравномерно нагруженной балки – достаточно важный вопрос в строительном деле.

Ключевые слова: балка, нагрузка, момент, дифференцирование, ряд Фурье.

Ряды Фурье – способ представления сложной функции суммой более простых, хорошо известных. Синус и косинус – это периодические функции, образующие ортогональный базис. Это свойство можно объяснить по аналогии с осями X и Y на координатной плоскости. Точно так же, как мы можем описать координаты точки относительно осей, мы можем описать функцию относительно синусов и косинусов.

Но нужны ли вообще эти ряды? Где они могут применяться практически и использует ли их кто-то кроме математиков-теоретиков? Оказывается, Жан Батист Жозеф Фурье потому и знаменит на весь мир, что практическая польза преобразования Фурье в современных технологиях просто огромна. Их удобно применять там, где есть какие-либо колебания или волны: акустика, астрономия, электротехника, а также для решения задач чисто прикладного содержания, например, в инженерии и архитектуре. Именно данный вид задач рассматривается в этой статье. Далее рассказывается про решение задач статики упругих тел, про уравнение изгиба балки и «свободно опертую балку». [1]

Процесс решения задач упругих тел с помощью рядов Фурье производится по следующему алгоритму: для начала с помощью

определенных физических умозаключений выводится соотношение, связывающее функцию, которая описывает геометрическое состояние деформированного тела, с приложенными к телу нагрузками. Это соотношение, содержит как функцию состояния, так и ее производные, т.е. она является дифференциальным уравнением.

Далее с учетом геометрической формы тела и физических условий, которые ограничивают перемещение данного тела, надлежит выбрать ортогональную систему функций, с помощью которой данная функция состояния и разлагается в ряд Фурье.

Подставляя полученный ряд Фурье в выведенное соотношение, мы получим равенство двух рядов Фурье, от которого можно перейти к равенству коэффициентов при одинаковых функциях. Отсюда можно вычислить значения коэффициентов Фурье и таким образом описать состояние деформированного тела (мы рассмотрим исключительно вывод уравнения и разложение в ряд).

Представим достаточно тонкое и жесткое упругое тело – «балку». Тонкость и жесткость балки понимаются в том смысле, что как поперечные ее размеры, так и перемещения точек в результате приложения к балке усилий считаются достаточно малыми по сравнению с ее длиной. В отличие от, например, струны, балка оказывает сопротивление только изгибающим (т.е. изменяющим кривизну) усилиям. Примем также, что растягивающим (т.е. изменяющим длину балки как целого) усилиям балка не поддается.

Положим, что балка расположена вдоль оси Ox между точками $x=0$ и $x=l$. Обозначим перемещение точки балки по вертикали с абсциссой x через $v(x)$. Положительным на оси v примем направление вниз (рис. 1). Рассмотрим исключительно плоский изгиб, т.е. учтем, что все усилия, прикладываемые к балке, действуют в плоскости xOv .

Будем через $M_R(x)$ обозначать вызываемый нагрузкой R , приложенной к балке, (а также порожденными ею реакциями опор) изгибающий момент в сечении x этой балки.

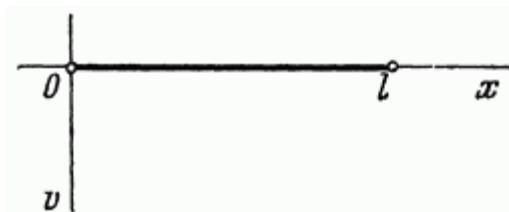


Рисунок 1. Схема расположения балки в системе координат xOv .

Рассмотрим теперь две прикладываемые к балке системы нагрузок, R и S . Предположим, что изгибающие усилия, вызываемые нагрузкой S , приложенной к ненагруженной балке, совпадают с дополнительными изгибающими усилиями $M_{R+S} - M_R$, возникающими в балке, к которой предварительно приложена нагрузка R . То есть, будем считать:

$$M_R(x) + M_S(x) = M_{R+S}(x). \quad (1)$$

Разумеется, такое предположение носит чисто физический характер и должно каждый раз проверяться.

Из (1), предполагая «непрерывность» зависимости значения изгибающего момента $M_R(x)$ в каждой точке x от нагрузки R и обозначая через aR нагрузку R «умноженную» на a (т. е. увеличенную в a раз, если $a > 1$, и уменьшенную в $1/a$ раз, если $a < 1$), мы можем получить, что

$$M_{aR}(x) = \alpha M_R(x). \quad (2)$$

Далее предположим, что к нашей балке прикладывается нагрузка R , имеющая также некоторую интенсивность $q(x)$ в каждой точке x . Предположим, что характер прикрепления балки к несущим ее конструкциям таков, что реакция левой ее опоры состоит из силы P и момента M (рис.2). В данном случае изгибающий момент $M_R(x)$ в поперечном сечении балки с абсциссой x равен

$$M + Px - \int_0^x (x-t) q(t) dt. \quad (3)$$

$$\frac{dM_R(x)}{dx} = P + (x-x)q(x) - \int_0^x q(t) dt = P - \int_0^x q(t) dt.$$

Дифференцируя это выражение по x , мы получаем

Повторное дифференцирование дает нам

$$\frac{d^2 M_R(x)}{dx^2} = -q(x).$$

(4)

Теперь - к деформациям балок.

Предположим, что приложенная к балке нагрузка R складывается из двух одинаковых и равных по значению M моментов, имеющих противоположные направления, приложенные к концам балки и изгибающие ее в направлении возрастания v , т.е. выпуклостью вниз.

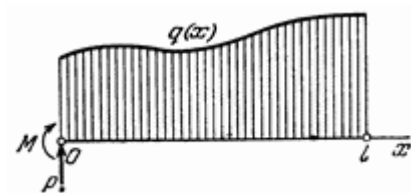


Рисунок 2. Схема приложения моментов к балке.

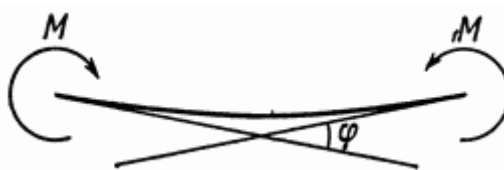


Рисунок 3. Изгиб балки «выпуклостью вниз».

Затем предположим, что другие усилия к балке не прикладываются. В результате действия на балку двух указанных моментов правый конец балки повернется относительно левого на некоторый угол, который мы обозначим через φ (рис. 3). Очевидно, что этот угол является некоторой функцией изгибающего момента M :

$$\varphi = \varphi(M). \tag{5}$$

Предположим, что φ есть линейная функция M

$$\varphi = kM. \tag{6}$$

Это предположение удовлетворяет закону Гука о пропорциональности деформаций усилиям. Учитывая выбранные нами направления изгибающих моментов и осей координат (x - направо, а v - вниз), очевидно, что угол φ оказывается отрицательным. Поэтому должно быть $k < 0$.

Учитывая однородность балки по всей ее длине, можно показать, что:

$$k = -\frac{l}{EI}, \quad (7)$$

где l — длина изгибаемой балки, I — момент инерции ее поперечного сечения относительно горизонтальной прямой, лежащей в плоскости этого сечения и проходящей через его центр тяжести, E - модуль Юнга материала балки.

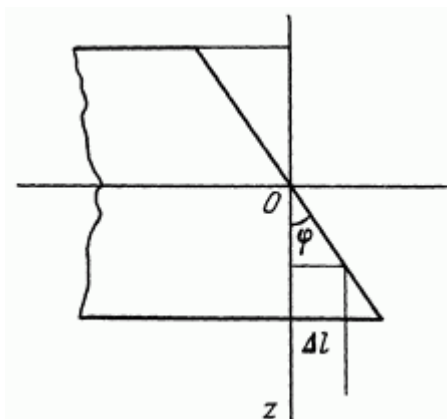


Рисунок 4. График удлинения Δl в зависимости от z .

Такой вывод был сделан в соответствии «гипотезой плоских сечений» Сен-Венана, обычно используемой для исследования теории изгиба призматических балок. Она заключается в предположении, что каждое поперечное сечение ненагруженной балки после приложения к ней изгибающей нагрузки остается плоским и лишь поворачивается около оси изгибающего момента. По сути это равносильно предположению о том, что абсолютное удлинение Δl в направлении каждой нормали к сечению - это линейная функция координаты z , характеризующей положение этой нормали по высоте балки. Потому линейной функцией координаты z должно быть и нормальное напряжение σ в каждой точке сечения.

Отметим также, что равнодействующая внутренних продольных усилий в каждом сечении балки должна быть равна нулю, так как в начале было сказано об отсутствии продольной нагрузки на нее. Значит, при одних значениях z нормальные напряжения положительны, а при других — отрицательны. В качестве начала отсчета z возьмем уровень по высоте балки, на котором нормальные напряжения (а потому — и удлинения) равны нулю.

На рис. 4 изображен график удлинения Δl в зависимости от z . Так как балка, как отмечалось в начале, жесткая, а углы ее поворота, соответственно, — малыми, то можно предположить, что угол φ величине равен его тангенсу и (с учетом выбора направлений осей) записать:

$$\Delta l = -\varphi z.$$

А так как напряжение σ определяется соотношением,

$$\sigma = \frac{\Delta l}{l} E,$$

то должно быть

$$\sigma = -\frac{\varphi E}{l} z.$$

Обозначим через $b(z)$ ширину балки на уровне z . Тогда усилие, действующее в «элементарном слое» dz будет равно

$$\sigma b(z) dz = -\frac{\varphi E}{l} z b(z) dz,$$

а момент всех таких усилий относительно оси $z=0$ —

$$M = -\frac{\varphi E}{l} \int_{z_1}^{z_2} z^2 b(z) dz.$$

Последний интеграл — это ни что иное, как момент инерции I сечения относительно слоя $z=0$. Таким образом, $M = -(\varphi EI)/l$ — что вместе с выражением (6) и дает (7).

В условиях рассматриваемой на рис. 3 нагрузки R в каждом поперечном сечении балки с абсциссой x возникает изгибающий момент $M_R(x)$ который, постоянен по длине балки и равен M :

$$M_R(x) = M_0 = M.$$

(8)

Из (6), (7) и (8) следует, что

$$\frac{\varphi}{l} = -\frac{M_0}{EI}.$$

(9)

Отношение φ/l — это угол поворота балки, отнесенный к единице ее длины, т.е. *средняя кривизна балки*. Отметим, что кривизна балки во всех точках по ее длине одинакова и равна средней кривизне, так как по нашим условиям балка однородна и действующий в ней изгибающий момент постоянен по ее длине. Но в условиях предполагаемой жесткости балки ее

кривизну можно принять равной второй производной вертикального

$$\frac{\varphi}{l} = \frac{d^2v}{dx^2}.$$

смещения точки балки по ее длине. Поэтому:

Вместе с (9) это дает нам

$$\frac{d^2v}{dx^2} = -\frac{M_0}{EI}. \quad (10)$$

Заметим теперь, что кривизна изогнутой балки в некоторой ее точке x зависит только от изгибающего момента $M(x)$ в этой точке и не зависит от того, какими будут его значения в остальных точках балки. С физической точки зрения это вполне очевидно, и также это соответствует возможности рассматривать при изучении любую часть исследуемого тела, заменяя влияние остальной его части системой соответствующих сил.

Значит, для каждой точки x балки можно написать

$$\frac{d^2v_R(x)}{dx^2} = -\frac{M_R(x)}{EI} \quad (11)$$

независимо от приложенной к балке нагрузки R . По сути, функция прогиба $v(x)$ балки связана с изгибающим моментом $M(x)$ дифференциальным уравнением

$$\frac{d^2v(x)}{dx^2} = -\frac{M(x)}{EI}. \quad (12)$$

Из (12) следует, что, какова бы ни была дважды интегрируемая функция $M(x)$, описывающая изгибающий момент в балке, можно указать соответствующую ей функцию $v(x)$ описывающую прогибы этой балки. Определяется эта функция $v(x)$ по $M(x)$ единственным образом с точностью до линейного слагаемого $Ax+B$, соответствующего перемещениям балки как твердого тела, где коэффициенты A и B зависят от способа крепления концов балки к несущей конструкции.

Однако, из того же равенства (12) следует, что по любой дважды дифференцируемой функции $v(x)$ для которой выполняются те или иные начальные условия, отвечающие кинематическим условиям закрепления балки, можно указать такую функцию $M(x)$, что приложение к

балке усилий, приводящих в каждой ее точке x к изгибающему моменту $M(x)$ породит в каждой точке x вертикальное смещение $v(x)$.

Ввиду линейности дифференциального уравнения (12) при любых нагрузках R и S для которых выполняется (1), справедливо

$$\frac{d^2 v_{R+S}(x)}{dx^2} = - \frac{M_R(x) + M_S(x)}{EI},$$

а при любом вещественном α из (2) следует:

$$\frac{d^2 v_{\alpha R}(x)}{dx^2} = - \alpha \frac{M_R(x)}{EI}.$$

Отсюда вытекает, что при исключении перемещения балки как твердого тела должно быть

$$v_{R+S}(x) = v_R(x) + v_S(x)$$

и

$$v_{\alpha R}(x) = \alpha v_R(x).$$

Отметим, наконец, что из (4) и (12) следует:

$$EI \frac{d^4 v}{dx^4} = q(x).$$

Это соотношение принято называть *дифференциальным уравнением изгиба балки*.

Далее, пусть балка длины l , находящаяся под воздействием некоторой нагрузки, свободно оперта по концам, что означает, что на обоих концах балки равны нулю как ее вертикальные смещения, так и изгибающие моменты соответственно

$$v(0) = v(l) = 0,$$

$$M(0) = M(l) = 0$$

(т. е. кривизна балки; см. рис. 5).

Выберем в качестве функции состояния балки функцию ее прогиба $v(x)$ и займемся подбором ортогональной системы функций, которой будем разлагать эту функцию прогиба.

Для этого рассмотрим однородную по длине двухпролетную неразрезную балку с левым концом в $x = -l$ и правым — в $x = l$, которая одинаково оперта обоими своими концами на опоры и имеет промежуточную опору в точке $x=0$, препятствующую вертикальному смещению балки в этой точке: $v(0) = 0$. Пусть эта балка загружена «нечетным образом», т. е. каждой силе, приложенной к ней в точке $x = c$ соответствует равная ей по величине и противоположная по направлению сила, приложенная к балке в точке $x = -c$, а каждому моменту, приложенному к балке в точке $x = c$ — равный ему по величине и совпадающий по направлению момент, приложенный в точке $x = -c$ (рис. 6).



Рисунок 5. Приложение моментов к балке.

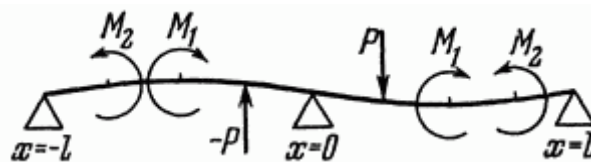


Рисунок 6. Схема изгиба свободно опертой балки.

Соотношение (3) показывает, что изгибающий момент $M(x)$ в рассматриваемой балке является нечетной функцией x , в частности, $M(0)=0$. «Физически» естественно предполагать, что соответствующая функция прогиба $v(x)$ также является нечетной.

Левая половина рассматриваемой неразрезной балки воздействует на правую ее половину лишь некоторой вертикальной силой и не прилагает к ней никакого изгибающего момента. Потому при удалении левой половины балки с последующей заменой ее соответствующей реакцией опоры, расположенной в точке $x=0$, то ни на изгибающих усилиях в правой половине балки, ни на значениях функции прогиба $v(x)$ при $x>0$ это никак не скажется. Наоборот, если рассматривать первоначально лишь правую часть балки, то присоединение к ней «по нечетности» левой части не изменит имеющейся картины изгиба.

Таким образом, можно считать балку с левым концом в $x=0$ и правым в $x=l$ и свободно опертую на опоры своими концами *половиной* описанной выше «нечетной» неразрезной балки. Поэтому можно рассматривать разложение функции прогиба $v(x)$ такой балки на сегменте $[0;l]$ в ряд Фурье по синусам:

$$v(x) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin \frac{n\pi}{l} x.$$

Заметим, что функция прогиба $v(x)$ является непрерывной функцией и поэтому, согласно теореме Дирихле, действительно может быть разложена в ряд Фурье, который везде сходится к этой функции. [2] [3]

Список литературы.

1. Ряд Фурье (информационный ресурс) - <https://studwork.org/spravochnik/fizika/ryady-fure>
2. Теория рядов Воробьев Н.Н. / М.: Наука; Издание 5-е 1986 г – 408 с.
3. Теория рядов (информационный ресурс) - <https://pandia.ru/418369/>

ОЦЕНКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАВИСИМОСТИ ЗАПАСОВ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Бубнов Г.А., Петрова Н.А.

Научный руководитель: Алексеева С.В.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург*

Аннотация. В данной работе рассматривается задача оценки адекватности математической модели, характеризующей зависимость запасов древесины от пяти факторов: возраст, высота, диаметр, класс бонитета и полнота. Решение выполняется путем нахождения уравнения линейной регрессии и оценки значимости данных факторов. Все расчеты выполнены в *Microsoft.Excel*.

Ключевые слова: уравнение регрессии, математическая модель, адекватность математической модели.

Постановка задачи. Имеются данные, определяющие зависимость запаса древесины (y), от пяти факторов: возраста (x_1), высоты (x_2) и диаметра (x_3), класса бонитета (x_4), полнота (x_5) для 50 лесничеств. Требуется дать

оценку адекватности линейной функциональной зависимости отклика y от этих факторов и определить наиболее значимые факторы.

Исходные данные

Таблица 1

№ лесничества	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Класс бонитета, ед.	Полнота, ед.	Запас, м3
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y
1	74	21,7	20,9	3	0,53	2294
2	87	16,3	21,1	2,6	0,58	2343
3	83	20,9	23,2	2,8	0,65	2903
4	86	16,4	23,2	2,4	0,53	2190
5	84	18,3	24,6	2,8	0,6	2487
6	66	19,9	21,8	2,9	0,61	2347
7	78	20,6	19,9	3,5	0,5	1971
8	79	21,2	21,3	2,7	0,69	2998
9	63	19,1	24,7	3,4	0,51	1713
...
45	71	16,2	18,3	3,2	0,53	1456
46	75	20,3	19,3	2,5	0,61	2262
47	70	21,4	23,8	3,7	0,5	1522
48	84	19,4	18,6	3,7	0,52	1646
49	77	20,9	18,7	2,8	0,53	1989
50	63	21,6	20,2	2,9	0,57	1982

Найдем аналитическую зависимость отклика y от заданных факторов x_1, x_2, \dots, x_5 в линейном виде:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_5x_5$$

Вычисление коэффициентов регрессии и оценка значимости факторов проводилось в программе Excel. В результате выполненных расчетов были определены следующие значения коэффициентов уравнения регрессии:

$$b_0 = -2859,56, b_1 = 17,454, b_2 = 81,487, b_3 = 18,167, b_4 = -274,515, \\ b_5 = 4380,642$$

Были найдены среднеквадратические отклонения этих коэффициентов, а именно

$$\sigma_0 = 285,91, \sigma_1 = 1,838, \sigma_2 = 8,046, \sigma_3 = 6,923, \sigma_4 = 25,581, \sigma_5 = 235,847.$$

Значимость коэффициентов уравнения регрессии оценивалась с помощью неравенства

$$|b_k| \leq \frac{t \cdot \sigma_k}{\sqrt{p + 1}}$$

Анализируя полученные данные удалось установить, что все факторы, кроме диаметра ствола, являются значимыми. Коэффициент детерминации найденного уравнения регрессии $R^2 = 0,939$ характеризует высокую степень коррелированности значений, полученных с помощью функции y и фактических значений. Следовательно, уравнение регрессии определено с высокой степенью точности.

Принято считать [1], что если коэффициент $F < 0,1$, то построенная математическая модель является адекватной. В результате вычислений было получено, что

$$F = \frac{\sigma^2_{\text{ост.}}}{\sigma^2_{(y)}} = \mathbf{0,0663} < \mathbf{0,1}.$$

Следовательно, можно заключить, что найденная математическая модель $y = -2859,56 + 17,454x_1 + 81,487x_2 + 18,167x_3 - 274,515x_4 + 4380,642x_5$ адекватна экспериментальным данным.

Визуально результаты сравнения фактических и теоретических значений отражены на рис. 1

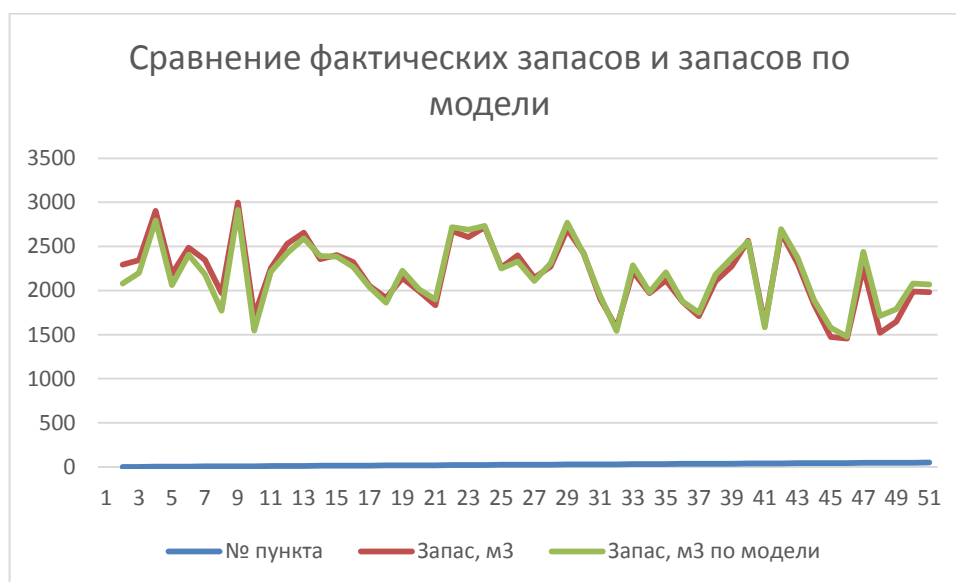


Рисунок 1. Сравнение запасов

Список литературы.

1. Методические пособия и контрольные задания по дисциплинам кафедры управления, автоматизации и системного анализа. [Электронный ресурс]URL: <http://gurov.vs58.net/>
2. Гуров С.В., Киселева С.В. Численные методы решения систем уравнений на ЭВМ. Л.: ЛТА, 1982.

СЕКЦИЯ 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

ФРАКТАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ В ПРИРОДЕ И ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Сергеев Д.М.

Научный руководитель: Чудовская Л.А.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М.Кирова, Санкт-Петербург*

Аннотация. Основная идея статьи – познакомить читателей с теорией фракталов и рассмотреть примеры фрактальной геометрии. В статье приведены не только примеры фракталов в природе, но и варианты их интеграции в деятельность человека.

Ключевые слова: Фрактал, теория, самоподобие, нерегулярность, размерность, масштаб, предфрактал.

В мире существует множество фрактальных структур, например, ветви и кроны деревьев, горные хребты, система кровообращения и бронхиальное дерево животных, каскадные водопады. Однако, для начала разберемся с теорией...

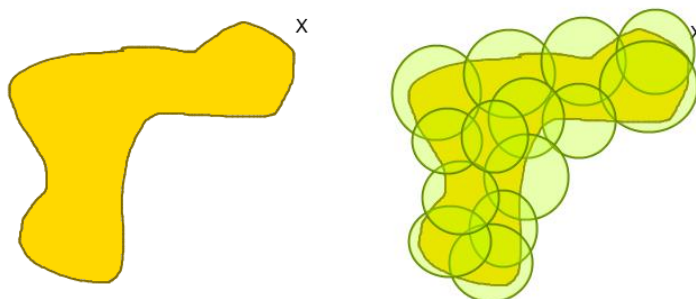
Теоретические основы фрактальной геометрии.

Фрактальная геометрия изучает нерегулярные множества (структуры), всегда имеющие математическую размерность, но которые при увеличении могут выглядеть хаотичными. Если рассмотреть в очень крупном масштабе фрагмент регулярной структуры (окружности, эллипса), он будет выглядеть как участок прямой. Для фрактала же, характерно понятие самоподобия, подразумевающее неизменяемость структуры видимой части при изменении масштаба.

Итак, свойства, определяющие фрактал: *самоподобие, нерегулярность и размерность*. Размерность в метрических пространствах определяется нестрогой возрастающей функцией. Сама фрактальная размерность (хаусдорфова) - один из способов определения размерности множества в трёхмерном евклидовом пространстве. В евклидовом пространстве хаусдорфова размерность конечного множества равна нулю, размерность гладкой кривой – единице, гладкой поверхности – двум, а множества ненулевого объёма – трём. В большинстве случаев хаусдорфова размерность фрактальных множеств не является целым числом. Фрактальную размерность n -мерного множества можно определить по формуле:

$$D = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(N_\varepsilon)}{\ln(\varepsilon)},$$

где N_ε – минимальное число n -мерных «шаров» радиуса ε , необходимых для покрытия множества



Значение N_ε будет расти при уменьшении радиуса ε (потому что для полного покрытия будет требоваться все больше шаров). Размерностью такого множества D будет являться конкретное для множества число d , что N_ε будет расти как $\frac{1}{\varepsilon^d}$ при стремлении ε к нулю. Примерами таких множеств могут быть идеализированные геометрические объекты: куб, сфера...

Понятие фрактала может быть применимо почти к любым телам, обладающим его свойствами, потому что само слово «фрактал» не является математическим термином и не имеет строгого определения на языке математики. Но Б. Мандельброт (основатель фрактальной теории) в своей книге «Фрактальная геометрия природы» описывает историю термина так: «Термин *фрактал* я образовал от латинского причастия *fractus*. Соответствующий глагол *frangere* переводится как *ломать, разламывать*, т.е. создавать фрагменты неправильной формы».

Типы фракталов

Геометрические фракталы. Это фракталы, создаваемые в двумерном пространстве с помощью генератора ломаной, заменяющего каждый из отрезков на новую ломаную, заданную генератором в заданном масштабе. В результате повторения этой процедуры получается геометрический фрактал. Самым известным и простым геометрическим фракталом является кривая Коха. Процесс её построения таков: берём единичный отрезок, разделяем на три равные части и заменяем среднюю часть равносторонним треугольником без этого сегмента. Далее повторяем эти же действия для каждого из 4 звеньев. Предельная кривая и есть кривая Коха. Её длина выражается формулой:

$P_n = s \times \left(\frac{4}{3}\right)^n$, где n – количество итераций, а s – длина исходного отрезка.

Алгебраические фракталы. Это крупнейшая группа фракталов, самый известный из которых – множество Мандельброта, его размерности и точное описание содержится в книге «Фрактальная геометрия природы». Это множество точек на комплексной плоскости, для которых рекуррентное соотношение $Z_{n+1} = Z_n^2 + c$ при $z_0 = 0$ задаёт ограниченную последовательность.

В книге [1] алгебраические фракталы описываются как наиболее интересные, созданные человеком.

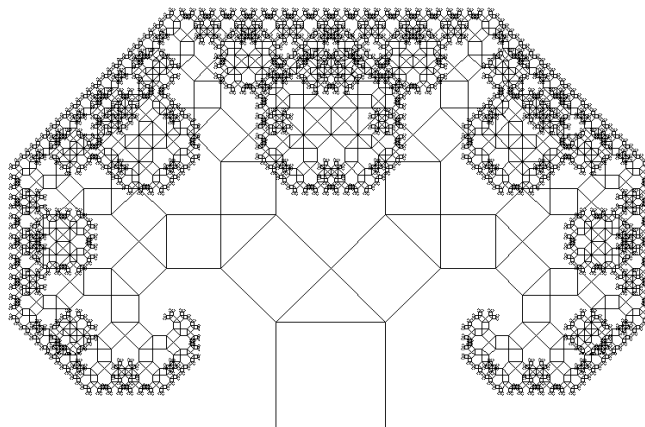
Стохастические фракталы. Это фракталы, которые получают при изменении случайным образом его параметров в итерационном процессе (процессе с повторяющимися действиями). Получаемые при этом объекты очень похожи на природные (несимметричные деревья, изрезанные береговые линии). Можно отметить, что стохастические фракталы используются при моделировании рельефа местности и поверхности моря. Статья по стохастическим фракталам стала началом книги «Фрактальная геометрия природы» Б. Мандельброта: математик изучал длину побережья Великобритании, используя мерные приспособления разной длины. А начало описанию стохастических фракталов положили исследования научного руководителя Мандельброта – Поля Леви, написавшего несколько работ по стохастическим процессам и броуновскому движению.

Применение фрактальной геометрии в ландшафтной архитектуре

В растительном мире существует множество структур со свойствами фракталов. Лист папоротника напоминает фрактал, как и сорт капусты «Романеско». Деревья и кустарники, используемые при озеленении, похожи на фракталы с усреднённой хаотичной размерностью. Дерево имеет на ветвях листья, разделённые жилками, образующими фрактальную фигуру, которая состоит из клеток. Хотя эти структуры являются предфракталами, поскольку растут не бесконечно.



При озеленительных работах используют деревья. Ветви деревьев шаг за шагом копируют строение целого дерева. (Причём при должном вмешательстве в структуру дерева – обрезке, можно достичь формы дерева Пифагора, что представляет собой бесконечно развитую фигуру «Пифагоровы штаны»!).



Однако, это тоже будет предфрактал, потому что дерево нельзя обрезать бесконечно, да и растёт оно тоже не бесконечно.

Может показаться, что фракталы не применимы в практической деятельности. Однако, задав с помощью формул фрактал и получив его изображение, можно создать весьма интересный объект. Используя в компьютерной программе алгоритм, включающий размерность и длину ломаной линии, можно нарисовать вполне реалистичную гору и другие природные формы. С помощью заданной размерности и соблюдении некоторых других условий компьютерные программы помогают создавать разнообразные двумерные и трёхмерные изображения, в том числе, ландшафтные объекты. Остается лишь воплотить их в жизнь.

Природные фракталы очень красивы и вдохновляют, человек может им подражать, используя математику для воплощения своих идей.

Природа – совершенный и точный архитектор, и, если человек хочет создавать новые формы, то стоит присмотреться к примерам фрактальной геометрии в природе и попытаться понять логику их построения для воплощения своих идей в ландшафтной архитектуре.

Учитывая такие возможности, представляется перспективным не только создание малых архитектурных фрактальных форм, имеющих эстетическую ценность, в парках и садах, но и схема высадки растений в форме фракталов. А также внедрение сгенерированных по фрактальному принципу рельефов (горизонтальных и вертикальных планировок).

Список литературы.

1. Бенуа Мандельброт «Фрактальная геометрия природы» Английское издание – 1977 год, США, 642 с. Перевод с английского А.Р. Логунова, Москва, 2002 год, 665 с.

СЕКЦИЯ 3. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОДАЖ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ CRM-СИСТЕМЫ

Емельянов А.В.

Научный руководитель: Тихонов С.В.

*Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова,
г. Чебоксары*

Аннотация. В статье рассматривается значимость анализа данных в CRM-системе, и основные аналитические данные реализуемые в CRM-системе *atoCRM*. Проводится исследование рентабельности факторного анализа для повышения эффективности продаж на основе данных CRM-системы.

Ключевые слова: факторный анализ, метод главных компонент, аналитика, CRM-система. *atoCRM*.

В связи с развитием принципов клиентоориентированного подхода к управлению, а также вследствие бурного развития интеллектуальных мобильных устройств в настоящее время особое значение приобретает развитие CRM-технологий.

CRM-системы дают возможность увеличить эффективность взаимоотношения с клиентами путём персонализации взаимодействия. Вследствие приобретения полных данных о клиентах на всевозможных этапах взаимоотношений с ними, её систематизации и анализа.

CRM-система позволяет собирать, обобщать и анализировать данные по итогам реализации маркетинговых акций, реализации продукта каждому клиенту, операциях по сервисному обслуживанию клиентов. Получаемые данные о взаимодействиях с клиентом, применяются в разных подразделениях компании. Вследствие этого основной значимостью CRM-концепции является организация деятельности разных отделов на основе снабжения им общей информационно-технологической платформы для взаимодействия с клиентами.

Можно выделить следующие основные функции CRM-систем.

1. Снабжение сотрудников компании быстрого доступа к информации о клиенте в ходе взаимодействия с ним при реализации продаж и сервисного обслуживания.

2. Анализ данных по взаимодействиям компании с отдельными клиентами и их группами, обобщёнными в соответствии с различными критериями.

3. Вовлечение клиентов к процессам создания, производства и сервисного обслуживания новых продуктов.

Результатом исполнения этих целей становится сокращение издержек, увеличение прибыльности работы каналов сбыта, ускорение сервисного обслуживания.

Проблемы накапливания информации о клиентах в имеющихся программах довольно хорошо проработаны. Вследствие этого особый смысл приобретает совершенствование аналитических функций CRM систем для получения новых знаний из массивов накопленной информации.

Предприятия натываются на задачу координации взаимодействия между хранилищем данных и CRM для оказания целостной бизнес-аналитики. На первый взгляд, все осознают, что данные недопустимо разъединять и абсолютным источником информации для деятельности в области CRM-систем является централизованное хранилище данных. И в то же время, бизнес-пользователи хотят получить решение своих проблем сейчас. Они не намерены выжидать, разработки грамотного решения. Следовательно, предприниматели принимают решение использовать ресурсы CRM-системы прежде чем, как соответствующая информационная инфраструктура будет к этому расположена. В заключении единое представление того, что CRM как стратегия совершенствует текущие бизнес-процессы взаимодействия с клиентами, часто теряется.

Потребительская информация, применяющаяся для увеличения прибыли, определяет стратегию работы с теми или иными клиентами, методы продаж, предполагаемые маркетинговые шаги. Благодаря объединению оперативных данных CRM-системы с иными информационными ресурсами в предприятии, она в состоянии приступить к оценке клиентских отношений и благодаря этому осуществлять реальные клиентоориентированные решения.

Опыт анализа данных формировался раньше происхождения хранилищ данных, CRM-систем и других инструментов. Методы статистического анализа применяются в экономике большое количество времени. Как встроенные, так и существующие средства анализа в современных CRM-системах, воплощённые в виде самостоятельных программных инструментов, предоставили возможность осуществлять более быстрый, эффективный и доступный анализ данных. Операционные данные становятся более ценными и аккуратными благодаря аналитическим возможностям.

Нами была рассмотрена CRM-система – amoCRM, в которой хорошо реализован как операционный блок, решающий задачи взаимодействия с клиентами (провести маркетинг нового продукта, осуществить продажу, отработать жалобу клиента), так и аналитический блок, призванный решать задачи анализа и сегментации клиентов.

В данной CRM-системе есть раздел «Аналитика», в которой существуют следующие блоки:

1. «Анализ продаж» - предоставляет информацию о количестве сделок, переходящих с этапа на этап, в воронке продаж в виде диаграммы.

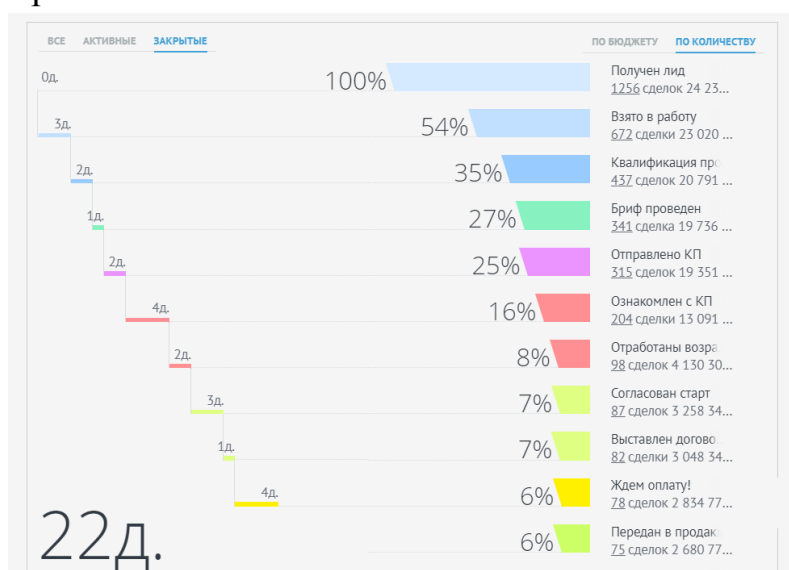


Рисунок 1. «Анализ продаж»

2. «Сводный отчет» - предоставляет информацию о количестве сделок на каждом сотруднике и в целом на компании.

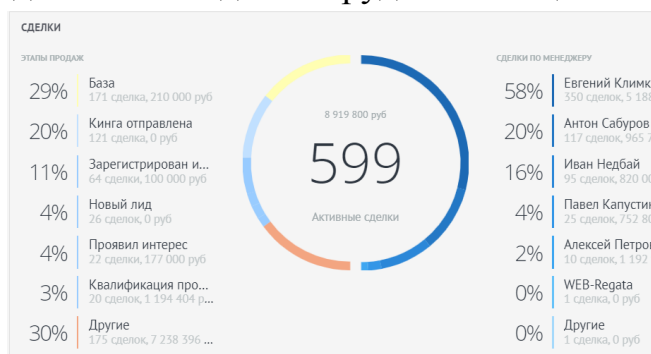


Рисунок 2. «Сводный отчет»

3. «Отчет по сотрудникам» - предоставляет информацию по добавленным примечаниям, успешным сделкам, исходящим звонкам и задачам в работе каждого сотрудника.

ОТЧЕТ ПО ВСЕМ СОТРУДНИКАМ ТЕКУЩАЯ НЕДЕЛЯ 8 ЯНВ – 14 ЯНВ				
НАЗВАНИЕ	ДОБАВЛЕНО ПРИМЕЧ	ВЫИГРАНО СДЕЛОК	ИСХОДЯЩИЕ	ЗАДАЧ В РАБОТЕ
Алексей Петров	2	1 (1 628 руб)	9	2
Антон Сабуров	20		5	35
Александр Шуплеу				
WEB-Regata	10			
Александр Гужагин			1	
Никита Мясников				
Тимофей			7	
Иван Недбай			5	34
Павел Капустин - И	4		2	9
Евгений Клишкин	21		45	163

Рисунок 3. «Отчёт по сотрудникам»

4. «Отчёт по событиям» - предоставляет информацию по совершенным действиям в CRM-системе, включающий данные по дате, сотруднику, объекту, названию сделки, событию, значению до изменения и значению после изменения.

39073 события						
ДАТА	АВТОР	ОБЪЕКТ	НАЗВАНИЕ	СОБЫТИЕ	ЗНАЧЕНИЕ ДО	ЗНАЧЕНИЕ
Сегодня 16:27	Павел Капустин	Сделка	Свеж Ветер - м	Новое примечание		списались
Сегодня 16:09	Антон Сабуров	Сделка	Интеграции Ав	Завершение задач		
Сегодня 16:08	Антон Сабуров	Контакт	Мария	Исходящий звонок		00:42
Сегодня 16:00	Антон Сабуров	Сделка		Изменение этапа г	Комплекс	Получен Комплекс
Сегодня 16:00	Антон Сабуров	Сделка		Изменение поля "Г		Нет денег
Сегодня 15:40	WEB-Regata	Сделка	Новая заявка с	Новое примечание		Добрый де
Сегодня 15:40	WEB-Regata	Контакт	Юрий	Изменение поля "Г		+4207770;
Сегодня 15:40	WEB-Regata	Контакт	Юрий	Новый контакт		
Сегодня 15:40	WEB-Regata	Сделка	Новая заявка с	Изменение поля "F		19520
Сегодня 15:40	WEB-Regata	Сделка	Новая заявка с	Изменение поля "С		GA1.2.145I
Сегодня 15:40	WEB-Regata	Сделка	Новая заявка с	Изменение поля "_		15155805I

Рисунок 4. «Отчёт по событиям»

5. «Отчёт по звонкам» - предоставляет информацию по количеству и длительности совершённых звонков по каждому сотруднику.

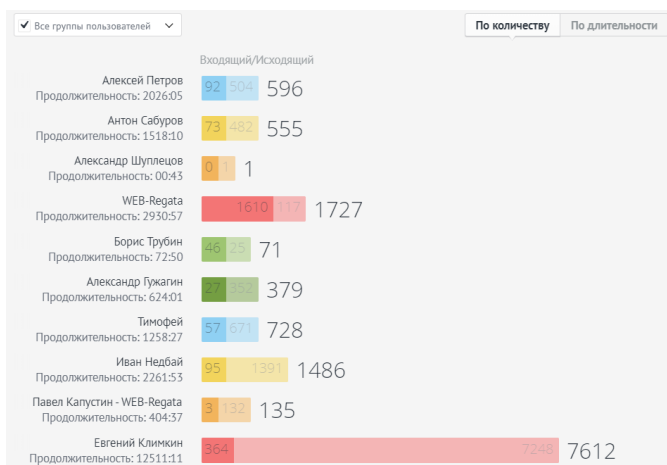


Рисунок 5. «Отчёт по звонкам»

6. «Цели» - предоставляет информацию по поставленному плану реализации по каждому сотруднику и отделам.

Группы	10.01.2018 10 дней из 33	Цель
Всего		Цель не задана
Отдел продаж		
Евгений Климин		Цель не задана
Иван Недбай		Цель не задана
Маркетинг		
Павел Капустин - WEB-Regata		Цель не задана
Внедрения		
Тимофей		Цель не задана

Рисунок 6. «Цели»

Данные аналитические блоки позволяют не в полной мере повысить эффективность продаж, которую желают руководители, т.к. данные не структурированы по степени значимости. Многим руководителям сложно определить исходя из предоставляемых данных стратегию развития бизнес-процессов.

Нами был разработан алгоритм программы для выявления статистически значимых показателей для повышения эффективности продаж. Алгоритм основан на факторном анализе данных CRM-системы.

Факторный анализ – метод многомерного статистического анализа, позволяющий на основе экспериментального наблюдения признаков объекта выделить группу переменных, определяющих корреляционную взаимосвязь между признаками.

Цель факторного анализа заключается в понижении размерности пространства факторов. Понижение размерности необходимо в случаях, когда входные факторы коррелированы друг с другом, т.е. взаимозависимы. В факторном анализе речь идет о выделении из множества измеряемых характеристик объекта новых факторов, более адекватно отражающих свойства объекта.

Основные пункты алгоритма:

Создаётся выгрузка данных из CRM-системы. В amoCRM реализована возможность экспорта в формате .xls, который содержит всевозможные данные хранимые в системе.

Файл загружается в программу, требуется ввести порог значимости, который определяет значимость факторов при обработке данных.

Далее срабатывает скрипт, который реализует факторный анализ.

Основным показателем повышения эффективности продаж является процент успешных сделок. Благодаря этому при помощи факторного анализа уменьшается число переменных, скрипт исключает факторы, которые признал излишними, т.к. они были ниже порогового значения.

Началом факторного анализа является рассмотрение новых признаков, которые являются линейными комбинациями предшествующих и «поглощают» значительную часть общей изменчивости входных факторов. На основе этого они обладают значимой частью информации, содержащейся в первоначальных данных. Скрипт действует на основе метода главных компонент, который составляет выбор новой ортогональной системы координат в пространстве наблюдений. В роли первой главной компоненты выступает направление, вдоль которого массив данных содержит предельный разброс. Выбор каждой последующей главной компоненты происходит так, чтобы разброс данных вдоль нее был максимальным, и чтобы эта главная компонента была ортогональна другим главным компонентам, выбранным прежде.

Выбор главных компонент в результате факторного анализа определяется полуавтоматически: пользователь выбирает уровень значимости, который в сумме должны давать главные компоненты. В результирующем наборе остаются главные компоненты, расположенные в порядке убывания, суммарный вклад которых не менее заданного пользователем уровня.

Результатом выполнения программы является таблица содержащая данные по основным показателям, которые необходимо улучшить в CRM-системе.

На основе данных показателей появляется возможность улучшения бизнес-процессов путём их перестроения. Перестроение бизнес-процессов возможно, как и в сторону улучшения полученных значимых показателей, так и сторону улучшения менее значимых показателей, увеличение которых создаст значительный прирост эффективности продаж.

Список литературы.

1. *Смирнов Д.Е.* Технологическая платформа создания открытого программного обеспечения экономического анализа, основанного на облачных вычислениях // Вестник экономической безопасности № 3, 2016 г.
2. *Смирнов Д.Е.* Предпосылки применения облачных технологий при решении задач экономического анализа // Вестник Московского университета МВД России № 7, 2016 г.
3. *Бариленко, В.И.* Экономический анализ: учебник / В.И. Бариленко, О.В. Ефимова, Ч.В. Керимова, М.Н. Ермакова. — Москва: КноРус, 2017. — 381 с.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ И КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Емельянова Я.А.

Научный руководитель Осечкина Т.А.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М.Кирова, Санкт-Петербург

Аннотация. В работе проводится статистический анализ уровней снежного покрова в г. Санкт-Петербург. Для исследования берутся наблюдения минимальных значений уровня снежного покрова с 1901 по 2020 годы. В процессе исследования выявлены аномальные значения уровней, которые оказались индикаторами корреляционных связей для девяти последующих лет.

Ключевые слова. Уровни снежного покрова, статистический анализ, корреляционный анализ, регрессионный анализ.

При определении подходящих условий для культивирования того или иного растения служат зоны земледелия, или зоны холодостойкости, которые были разработаны Министерством сельского хозяйства США, но на практике получили применение по всему миру [1].

Разграничиваются зоны по принципу среднего значения ежегодной минимальной температуры. Но на выживаемость растений в зимний период оказывают сильное влияние, особенно в первые годы после высадки, величина и стабильность снежного покрова. В этой связи проведено статистическое исследование уровня снежного покрова в г. Санкт-Петербург (Ленинград) [2] за период 1900-2020 гг.

Предварительно было проверено наличие аномальных значений в выборке. Поскольку закон распределения генеральной совокупности (уровней снежного покрова) не известен, для проверки гипотезы был выбран критерий Томпсона. Согласно этому критерию для наиболее удаленной от выборочного среднего варианты X_1 рассчитывается наблюдаемое значение критерия

$$Z_1 = \frac{|X_1 - \bar{X}|}{S},$$

а критическое значение критерия находится по формуле

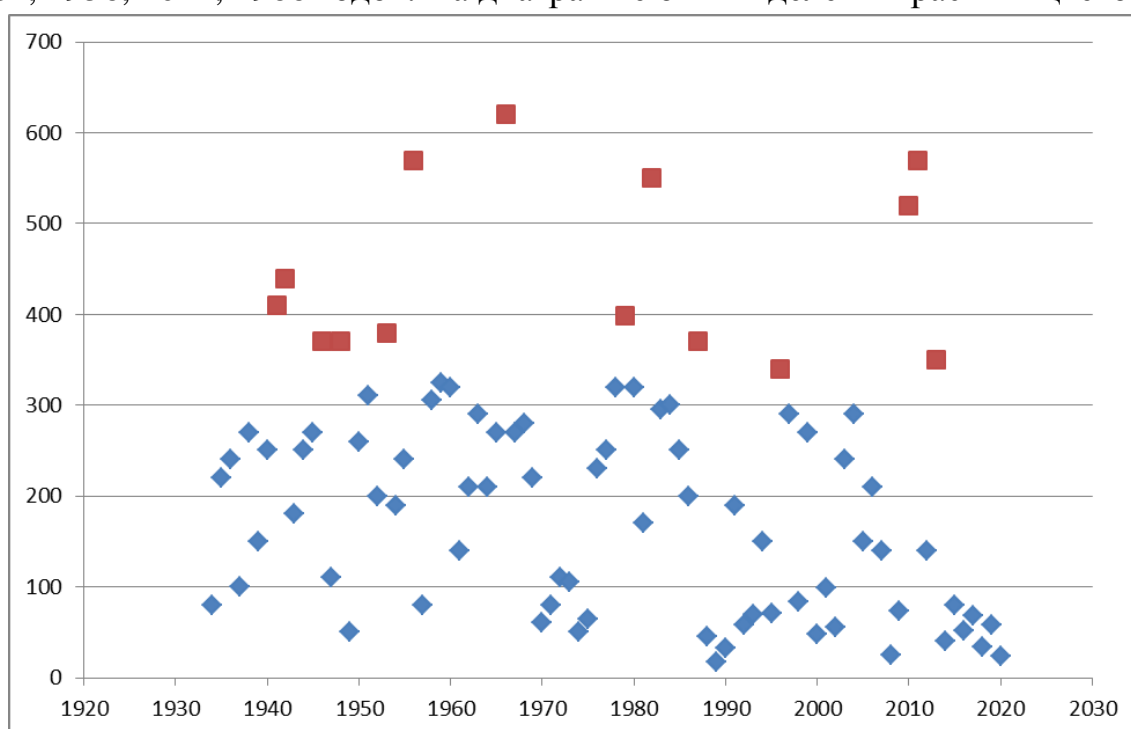
$$Z_{кр}(k, \alpha) = \frac{t(k, \alpha)\sqrt{k+1}}{\sqrt{k+t^2(k, \alpha)}}$$

где $k = n - 2$ – число степеней свободы; $t(k, \alpha)$ – α -квантиль распределения Стьюдента с k степенями свободы.

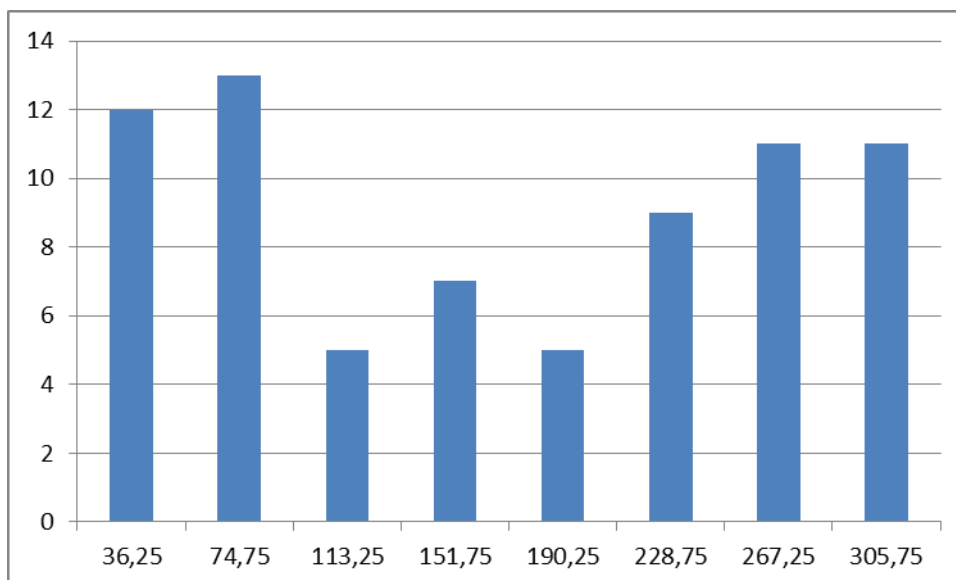
В результате было выявлено 14 аномальных значений

	Хвыбр	N	Хср	S	Звыч	t	Зкр	вывод
1 шаг	620	87	212,138	142,02	2,87187	1,66298	1,62691	выброс
2 шаг	570	86	207,395	135,746	2,6712	1,6632	1,6267	выброс
3 шаг	570	85	203,129	130,624	2,8086	1,66342	1,62648	выброс
4 шаг	550	84	198,762	125,009	2,80969	1,66365	1,62626	выброс
5 шаг	520	83	194,53	119,563	2,72216	1,66388	1,62603	выброс
6 шаг	440	82	190,561	114,665	2,17537	1,66412	1,62579	выброс
7 шаг	410	81	187,481	111,915	1,98827	1,66437	1,62555	выброс
8 шаг	398	80	184,7	109,768	1,94319	1,66462	1,6253	выброс
9 шаг	380	79	182	107,763	1,83737	1,66488	1,62505	выброс
10 шаг	370	78	179,462	106,056	1,79658	1,66515	1,62479	выброс
11 шаг	370	77	176,987	104,461	1,84771	1,66543	1,62452	выброс
12 шаг	370	76	174,447	102,734	1,90348	1,66571	1,62424	выброс
13 шаг	350	75	171,84	100,863	1,76637	1,666	1,62396	выброс
14 шаг	340	75	167,096	54,3748	3,17986	1,666	1,62396	выброс
15 шаг	325	75	167,096	97,9766	1,61165	1,666	1,62396	не выброс

Это зимы 1996, 2013, 1946, 1948, 1987, 1953, 1979, 1941, 1942, 2010, 1982, 1956, 2011, 1966 годов. На диаграмме они выделены красным цветом.



По оставшимся данным в соответствии с критерием Пирсона можно принять гипотезу о том, что генеральная совокупность на уровне значимости 0,05 согласуется с равномерным законом распределения



(при проверке гипотезы был использован интервальный статистический ряд из 8-ми интервалов, $\chi^2_{набл} = 6,8, \chi^2_{кр} = 11,2$).

Визуально на гистограмме значений снежного покрова по годам можно наблюдать некоторую периодичность минимумов и максимумов снежного покрова.



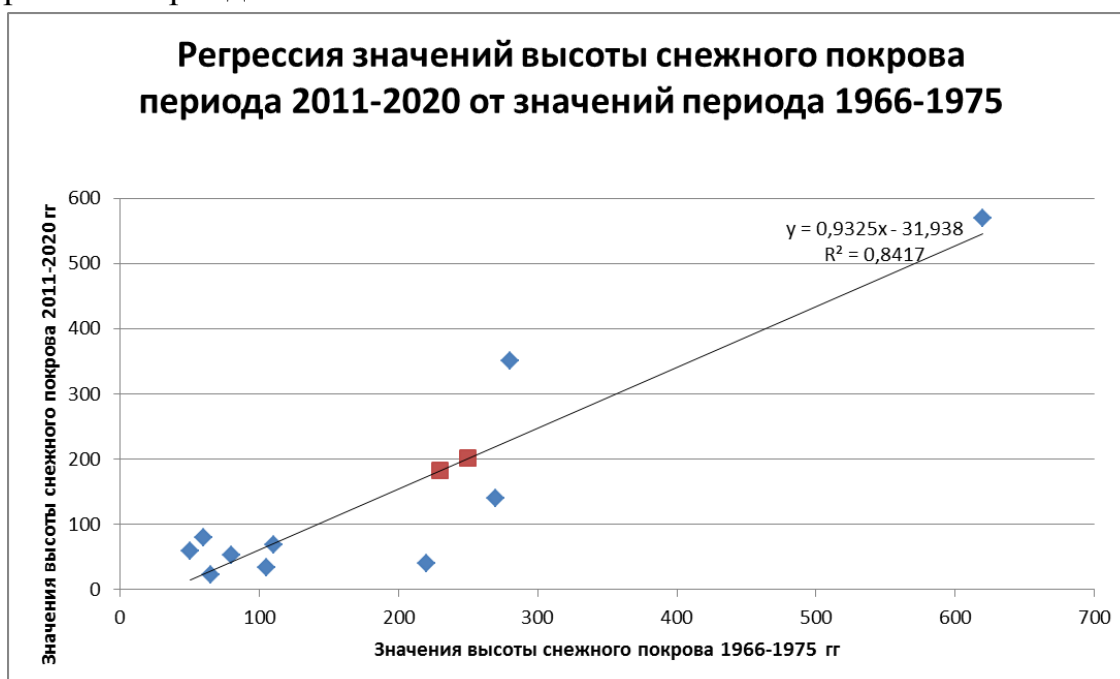
Было выдвинуто предположение о наличии регрессионной зависимости между смещенными во времени вариантами. Следует отметить, что это предположение уже рассматривалось в некоторых работах, например, [3].

При проведении корреляционного анализа выяснилось, что корреляционная зависимость есть, причем, начало периодов линейной зависимости определяют годы с аномально высоким уровнем снежного покрова – выбросы. Взяв временные промежутки, начинающиеся с максимальных значений, длиной 9,10 и 11 лет, выяснилось, что наибольший

коэффициент корреляции наблюдается в периоде 9 лет. Корреляционный анализ, результаты которого представлены в таблице, подтверждает выдвинутое предположение.

начало периодов соответствия	с 1956 с 1966	с 1966 с 1986	с 1986 с 2011	с 1966 с 2011
коэффициент корреляции	0,66	0,77	0,73	0,91

На рисунке представлен график зависимости уровней снежного покрова по периодам 1966-1975 и 2011-2020.



При проведении подобного анализа для промежутков, начинающихся с минимумов уровней, не было выявлено корреляционной зависимости (максимальный коэффициент корреляции 0,4).

Таким образом, можно предположить, что аномально высокий уровень снежного покрова является индикатором начала «прогнозируемого» девятилетнего периода. После указанного периода следует промежуток «белого» шума до следующей аномально снежной зимы.

Проведенное исследование по прогнозированию величины снежного покрова позволяет принимать решения о сроках высадки требуемой культуры, а также планировать объем работ по подготовке растений к зиме. Так, например, саженцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), которые активно культивируются в Санкт-Петербурге, вымерзают при максимальном снежном покрове начиная с 170-210 мм. Зная это и пользуясь

прогнозированием уровней снежного покрова, можно планировать годы для посадки сосны обыкновенной для максимальной выживаемости саженцев.

Список литературы.

1. <https://www.tropenland.at/trp/cont/exotenKlima/usda-zone/usda-zonenkarte-europa.asp>

2. http://koi.tspu.edu.ru/koi_books/perevozkin/etap1.htm
https://docviewer.yandex.ru/view/1048116724/?page=3&*=ZC9YEvj3iwVfR3zYhhYW%2BW3Rvz97InVybCI6Imh0dHA6Ly93d3cuaW5mb2Vjby5ydS9kbC9wcmV6LzNfU1BiX3Nub3dfY292ZXIucGRmIiwidGl0bGUiOiIzX1NQY19zbn93X2NvdmVyLnBkZiIsIm5vaWZyYW11Ijp0cnVILCJ1aWQiOiIxMDQ4MTE2NzI0IiwidHMiOiJlOTE0NDQzMDCyMzYsIn11IjoimTA4MjM0NjEzMTQxMjAyMTY0NiIsInNlcnBQYXJhbXMiOiJsYW5nPXJ1JnRtPTE0OTE0NDQyODkmdGxkPj1Jm5hbWU9M19TUGJfc25vd19jb3Zlci5wZGYmdGV4dD0IRDElODEIRDAIQkQIRDAIQjUIRDAIQjYIRDAIQkQIRDElOEIRDAIQjkrJUQwJUJGUQwJUJFUQwJUJBUQxJTgwJUQwJUJFUQwJUJyKyVEMCVCMiVEMSU4QiVEMCVCMSVEMCVCRSVEMSU4MCMVEMCVCMySRDElODEIRDElODIIRDAIQjAIRDElODIIRDAIQjglRDElODEIRDElODIIRDAIQjglRDAIQkEIRDAIQjAmdXJsPWh0dHA1M0EvL3d3dy5pbmZvZW5vLnJ1L2RsL3ByZXovM19TUGJfc25vd19jb3Zlci5wZGYmbHI9MiZtaW11PXBkZiZsMTBuPXJ1JnNpZ249NWQ2ZWZmZmU2YTU0ZTMwODdkZjA2YThtNzFhODc3OTUma2V5bm89MCMj9&lang=ru

3. Вероятностные методы строительной механики и теория надежности строительных конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2-х частях. Ч. I / В. А. Пшеничкина, Г. В. Воронкова, С. С. Рекунов, А. А. Чураков — Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана

ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТАБУННОГО КОНЕВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Николаева А.И.

Научный руководитель: д.э.н., профессор Данилова Л.И.

*Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
Якутск*

Аннотация. В статье рассмотрены специфика и динамика численности табунных лошадей в Республике Саха (Якутия), парная регрессия и корреляция в табунном коневодстве Якутии. Выявлена теснота связи между численностью табунных лошадей и травежом крупными хищниками, рассчитаны коэффициенты корреляции, детерминации, эластичности. На основе дисперсионного анализа произведены: оценка качества линейной модели, статистической значимости, коэффициентов уравнении регрессии, коэффициента корреляции, средней ошибки аппроксимации. Проведен анализ травежа и регулирования численности крупных хищников, наносящих экономический ущерб табунному коневодству республики.

Ключевые слова: экономическая устойчивость, природопользование, табунное коневодство, травеж, парная регрессия и корреляция.

Табунное коневодство в Якутии является одним из главных факторов поддержания традиционного уклада жизни и способа хозяйствования коренного населения, рационального природопользования и устойчивого развития экономики сельских территорий республики.

За длительный исторический период под влиянием естественного и искусственного отбора, были сформированы нескольких видов популяций якутской лошади: якутская порода (1987), мегежекская, приленская породы, янский и колымский типы якутской породы (2010) [4, С.142].

Следует подчеркнуть, что в мире нет такой лошади, как якутская, которая может круглогодично добывать себе корм под открытым небом на вечной мерзлоте в условиях Севера и Арктики, где зимой температура воздуха опускается ниже -60°C , а летом поднимается до $+40^{\circ}\text{C}$.

Последствия неблагоприятных природно-климатических условий, процессы деградации вечной мерзлоты, рост темпов промышленного освоения территорий региона, вырубка лесов и пожары, сокращающие объемы лесных ресурсов, негативно влияют на устойчивость аграрного сектора экономики, в том числе табунного коневодства. Это проявляется в виде массового исхудания, истощения, различных заболеваний лошадей,

увеличения количества абортков кобыл, падежа и травежа хищными животными (медведями, волками, одичавшими собаками), что отражается на результативности труда коневодов-табунщиков, деловом выходе жеребят, финансово-экономическом состоянии хозяйствующих субъектов.

Несмотря на объективные сложности разведения мясных табунных лошадей, по данным Федеральной службы государственной статистики, за последние десять лет (с 2008 по 2018 годы), численность поголовья лошадей в Республике Саха (Якутия) увеличилась на 27,6 тыс. голов: с 150,4 до 178,0 тыс. голов, из них 72,7 тыс. голов содержатся в крестьянских (фермерских) хозяйствах и у индивидуальных предпринимателей, у населения – 65,5 тыс. голов. В структуре стада лошадей в хозяйствах всех категорий численность кобыл составляет 63,1%, что соответствует оптимальной структуре табуна, рекомендованной ВНИИ коневодства [6, 10].

Всего в республике имеется 51,5% поголовья всех лошадей Дальневосточного федерального округа и 13,8% – Российской Федерации. На конец 2019 года численность лошадей составляет 183 923 головы, в том числе кобыл – 115 931 голова, функционируют 757 коневодческих баз. При этом стоит отметить нарастание проблемы одомашнивания якутских лошадей, которые влияют на вытаптывание близлежащих от населенных пунктов земель, предназначенных для выпаса крупного рогатого скота, появление наряду с бродячими собаками бесхозных лошадей на территориях крупных населенных пунктов. Строительство современных коневодческих баз в труднодоступных и удаленных от населенных пунктов сенокосно-пастбищных угодьях соответствует традиционной технологии содержания табунных лошадей. Это позволяет сохранить «одичалость» якутских лошадей, их уникальный генофонд, обладающий высокими приспособительными качествами к суровым природно-климатическим условиям Якутии.

Всего в 2019 году на развитие якутского табунного коневодства из госбюджета республики и федерального бюджета всего было направлено 258,8 млн. рублей. Для эффективного и устойчивого развития сельского хозяйства Главой Республики Саха (Якутия) принят Указ от 11.12.2018 г. №232, где обозначены стратегические направления развития сельского хозяйства республики до 2024 года и предусмотрены: строительство 200 типовых коневодческих баз; увеличение количества конезаводов от 4 до 8; ориентирование на экспорт экологически чистой продукции; общая численность поголовья всех лошадей республики должна достигнуть 209 тыс. голов [1].

При этом необходимо отметить недостаточность мер, принимаемых органами государственной власти, по регулированию численности крупных хищных животных, наносящих экономический ущерб сельскому хозяйству. В связи с этим, в целях выявления тесноты связи между численностью табунных лошадей и травежом хищниками, нами проведен анализ парной регрессии и корреляции в восьми районах республики, в которых наблюдается наибольшее количество травежа.

Таблица 1 – Анализ парной регрессии и корреляции поголовья табунных лошадей на начало 2018 г.

№	Улус	Травеж, x	Всего тыс. голов, y	yt	Ai
1.	Верхоянский	15	7,003	7,077	1,141939169
2.	Горный	13	5,698	9,0394	1,281502282
3.	Мегино-Кангаласский	8	16,456	9,0394	0,513855129
4.	Момский	16	1,489	13,9454	9,745466756
5.	Среднеколымский	19	2,103	6,0958	8,034712316
6.	Сунтарский	8	11,967	3,1522	0,331494944
7.	Таттинский	14	14,797	13,9454	0,053862269
8.	Эвено-Бытантайский	22	2,006	8,0582	9,967098704
	Σ	115	61,519	70,3528	31,06993157
	Среднее значение	14,37	7,689875	8,7941	3,883741446

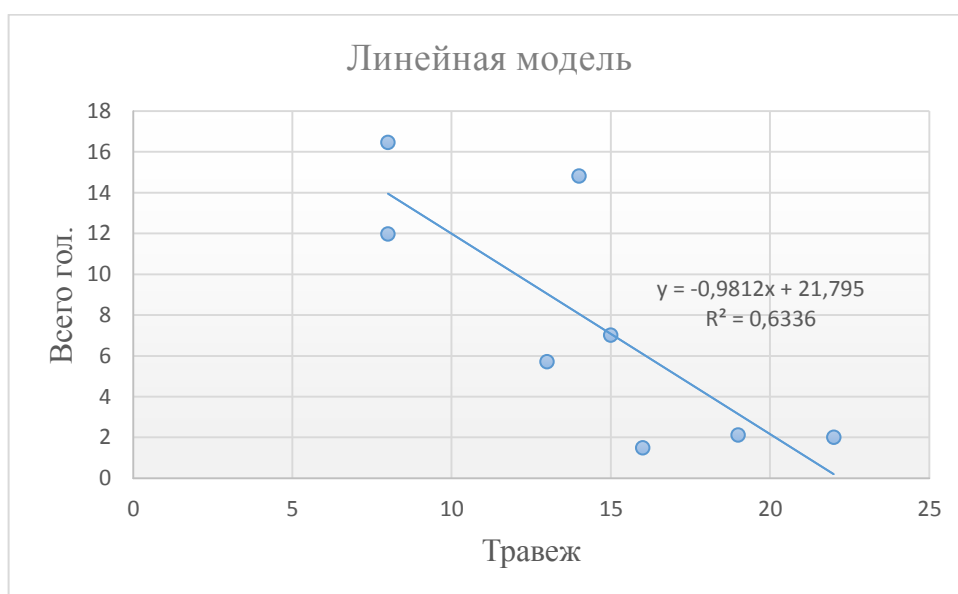


Рисунок 1. Линейная модель.

Уравнение линейной регрессии:

$$y_i = 21,795 + (-0,9812 * x)$$

Коэффициент корреляции: $\sqrt{R^2} = 0,7960$

Коэффициент детерминации: $R^2 = 0,6336$

Определим коэффициент эластичности и силу его влияния на результат:

$$\bar{Y} = f'(x) * \frac{\bar{x}}{y} = 21,795 * \frac{14,37}{7,68} = 40,78 \approx 41\%$$

Дисперсионный анализ:

H_0 : факторная дисперсия = остаточная дисперсия

$$F = 10,37,$$

$$F_{\text{табл}} = 5,99$$

Оценка статистической значимости H_0 : $A_0=0$

$$t_{(A_0)} = 4,74,$$

$$t_{\text{табл}} = 2,45$$

Оценка статистической значимости H_0 : $A_1=0$

Оценка статистической значимости нулевой гипотезы к травежу

$$t_{(A_1)} = 3,22,$$

$$t_{\text{табл}} = 2,45$$

Оценка статистической значимости коэффициента корреляции r :

$$m(r) = 0,2471,$$

$$t(r) = 3,2211.$$

Средняя ошибка аппроксимации:

Качество построенной модели признается, так как A не превышает 8-10%.

$$\bar{A} = \frac{1}{n} * \sum A_i = 3,88\%.$$

Таким образом, анализ парной регрессии и корреляции табунного коневодства в Якутии позволил нам сделать следующие выводы:

1. При уменьшении травежа (волками, медведями, собаками) сохраняется и увеличивается поголовье мясных табунных лошадей.

2. Связь между численностью мясных табунных лошадей и травежа сильная и зависимость между признаками составляет 63,36%. Это вариации численности поголовья лошадей (y) объясняется вариацией фактора (x) – травежом, а 36,64% - действие других факторов, не включённых в модель.

4. С помощью среднего (общего) коэффициента эластичности определили силу влияния фактора на результат, при котором изменяется среднее количество травежа на 1 % от своего среднего значения и влияет на

изменение численности лошадей в среднем на 40,78% или один волк представляет угрозу для жизни 41 лошади.

5. В дисперсионном анализе гипотеза отклоняется, где $F > F_{\text{табл}}$ признается существенность связи между изучаемыми признаками.

6. При оценке статистической значимости $H_0: A_0=0$ фактическое $t_{(A_0)} > t_{\text{табл}}$ гипотеза H_0 отклоняется и с вероятностью 0,095 признается статистическая значимость коэффициента A_0 в уравнении регрессии.

7. Оценка статистической значимости, $H_0: A_1=0$ так как $t_{(A_1)} > F_{\text{табл}}$ то гипотеза отклоняется и с вероятностью с 0,095 признается статистическая значимость коэффициента A_1 в уравнении регрессии.

8. Оценка статистической значимости коэффициента корреляции r : гипотеза $r=0$, так как $t(r) > F_{\text{табл}}$ гипотеза отклоняется и с вероятностью с 0,095 признается статистическая значимость (надёжность) коэффициента корреляции.

9. Средняя ошибка аппроксимации составила 3,88% < 10%. Это подтверждает, что общая численность поголовья лошадей зависит от травежа (волками, собаками, медведями).

Наибольшее количество травежа лошадей в республике было отмечено в 2010, 2013 гг. – 451-452 случая. Регулирование численности крупных хищников позволило снизить травеж волками и медведями. О снижении травежа табунных лошадей крупными хищниками свидетельствуют данные, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Регулирование численности крупных хищников за 2010-2016 гг. [5]

Наименование показателя	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Добыто волков	568	538	725	884	778	816	814
Добыто медведей	13	34	20	45	32	47	71
Травеж оленей	11563	13226	10962	13267	11870	9168	7164
Травеж лошадей	451	424	314	452	432	347	140

По оперативным данным на начало 2019 г. травежу крупными хищниками подверглись 257 лошадей, в том числе: волками – 153, медведями – 94, собаками – 10 [3], т.е. намечается тенденция к росту травежа.

Если в 2014 году численность волков составляла 6 тыс. особей, то в 2018 году численность волков составила около 12 тыс. особей. Рост

поголовья волков, наносящий значительный ущерб народному хозяйству требует принятия серьезных мер по регулированию их численности. Для этого необходимо снизить их численность на 60 процентов [2, С.38].

Общая численность бурого медведя за 2013-2017 гг. оценивается как высокая и составляет 17 тыс. особей. Всего в 2017 г. отстрелено 42 медведя. [2, С.39-40].

Регулирование численности крупных хищников в соответствии с нормативными правовыми актами осуществляется исполнительными органами власти, совместно с муниципальными образованиями ведется постоянный мониторинг численности волков и травежа сельскохозяйственных животных. Для регулирования численности хищников необходима не только организация специализированных мобильных бригад охотников-волчатников, но и проведение мероприятий по авиаотстрелу волков.

Для сохранения позитивной тенденции по укреплению экономической устойчивости табунного коневодства – повышения продуктивности производства и увеличения численности племенных табунных лошадей – считаем необходимым дальнейшее выделение бюджетных средств на регулирование численности крупных хищников.

Список литературы.

1. Указ Главы Республики Саха (Якутия) от 11 декабря 2018 года №232 «О стратегических направлениях развития сельского хозяйства Республики Саха (Якутия)» [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://glava.sakha.gov.ru/ot-11dekabrya-2018-g-----232>
2. Краткий государственный доклад об экологической ситуации в Республике Саха (Якутия) в 2018 году [Электронный ресурс].– Якутск: Правительство Республики Саха (Якутия), Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия), 2019. – 61 с. – Режим доступа: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/doki/doklady-o-sostojanii-okruzhajuschej-sredy>
3. Департамент ветеринарии Республики Саха (Якутия)– Режим доступа: <https://depvet.sakha.gov.ru/Statisticheskaya-informatsiya/svedeniya-o-neproizvoditelnom-othode-krupnogo-rogatogo-skota-i-loshadej>
4. План селекционно-племенной работы по животноводству Республики Саха (Якутия) на 2018-2022 годы [Электронный ресурс] / Мин-во сель. хоз-ва и продовол. политики Респ. Саха (Якутия), ЯНИИСХ им. М.Г. Сафронова, Сахаагроплем, Якутск. – 2018. – 315 с. – Режим доступа: <https://minsel.sakha.gov.ru/deyat/plani-i-pokazateli>

5. Выступление заместителя министра охраны природы РС(Я) Додохова Н.В. на Парламентском часе, 02.03.2017 г. – Режим доступа: <https://minpriroda.sakha.gov.ru>
6. Развитие мясного табунного коневодства в России / Методич. рекомендации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех». – 2007 – 176 с. – ISBN 978-5-7367-0624-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https:// old.mcx.ru](https://old.mcx.ru)
7. Владимирова Л.Н. и др. Колымская лошадь: монография / Л.Н. Владимирова, И.Н. Винокуров, А.Н. Винокуров. – Якутск: Издательско-полиграфический комплекс СВФУ, 2011. – 222 с. – ISBN 978-5-7513-14-35-4

ДЕРЕВО ОТКАЗОВ КАК МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Ипанова Е.М.

Научные руководители: Мушкарова О.М., Михеева М.Ф.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М.Кирова, Санкт-Петербург*

***Аннотация.** Методические основы оценки экологических рисков выброса опасных химических веществ при отказе реактора, в котором проходит процесс экстрагирования почек берёзы. Построение дерева отказов и выявление иницирующих событий способных приводить к аварийным ситуациям. Экспертная оценка вероятности данных событий и определение степени надежности установки экстрагирования почек берёзы.*

***Ключевые слова:** экологические риски, дерево отказов, финальное иницирующее событие, вероятность событий, экспертная оценка вероятности.*

Идентификация и оценка экологических рисков процессов химической переработки древесины осуществляются набором методов качественного и количественного анализа, приемы которого базируются на использования вероятностно- статистических методов.

Технологические приемы химической переработки древесины представляют собой многошаговые процессы, в которых отказ одного элемента может являться следствием предыдущих исходов. Для упорядочения аналитического процесса идентификации опасности и оценки экологических рисков полезно использовать построение дерева(графа) отказов. [1, 2].

Дерево отказов действует по схеме булевой логики, которая показывает только два состояния: рабочее и отказавшее; дерево отказов описывает

систему в определенный момент времени (обычно в установившемся режиме). Ключевые теоретические основы метода – это предположение, что компоненты в системе либо работают успешно, либо отказывают полностью.

До начала построения дерева отказов необходимо специально определить верхнее (финальное) событие. Требуется детальное понимание работы систем ее компонентов, роли операторов и возможных человеческих ошибок. Для этого рассматривается, какие события или их комбинации могут привести непосредственно к возникновению финального события. Затем каждое из этих событий рассматривается как вершина дерева, и процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнут такой уровень детализации, на котором полученные события уже будут неделимы в принципе или по соображениям решения задачи [2, 3].

Такие события называют базовыми, инициирующими, элементарными или исходными. Все остальные события – порожденными или промежуточными.

Предметом исследования в данной работе являются методические подходы к формированию оценки уровня надежности (вероятности риска) отказа работы реактора, в котором проходит процесс экстрагирования почек берёзы.

На рис.1 представлена технологическая схема производства спиртового экстракта из почек берёзы.

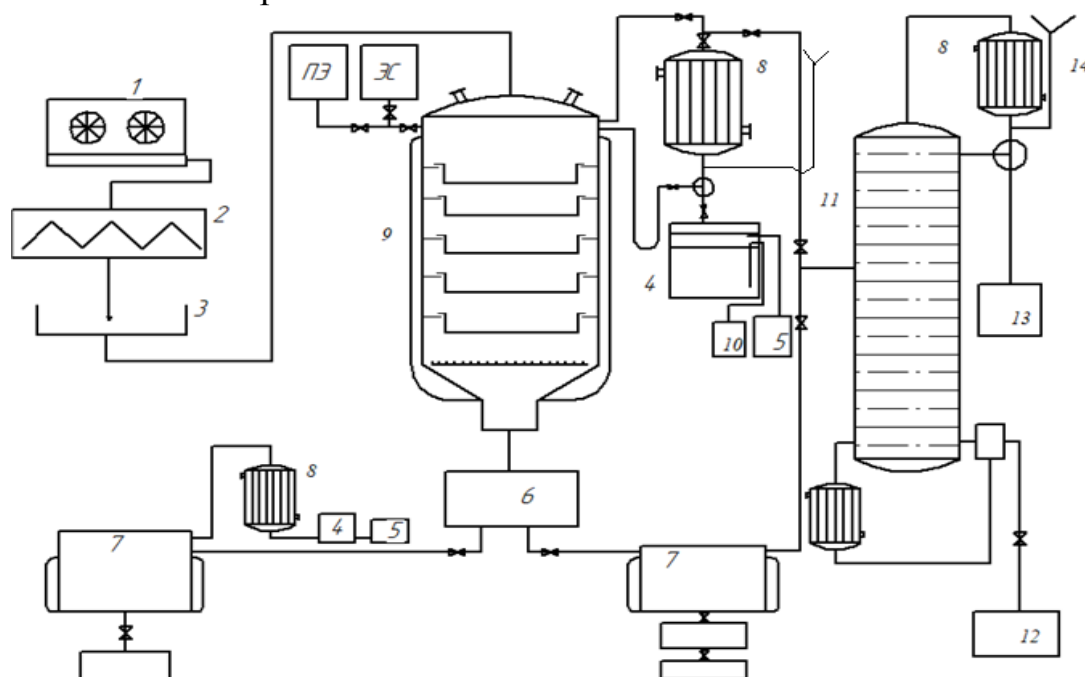


Рисунок 1. Технологическая схема производства спиртового экстракта. 1-почкоотделитель; 2-измельчитель; 3-корзина; 4-флорентина; 5-приемник петролейного эфира; 6-промежуточный сборник экстрактивных веществ; 7-перегонный куб; 8-конденсаторы,

холодильники; 9-экстрактор; 10-приемник воды; 11-ректификационная колонна; 12- приемник кубового остатка; 13- приемник дистиллята; 14- воздушный затвор.

Технология получения спиртового экстракта заключается в проведении следующих этапов: подготовка сырья; экстракция петролейным эфиром и этиловым спиртом; отгонка и упаривание растворителя.

Для выявления наиболее опасных ситуаций (инициирующих событий), способных привести к отказу реактора выстраиваем «дерево отказов».

На рис.2 представлено «дерево отказов», где головным событием принят отказ реактора. В таблице приведены характерные инициирующие события, способные повлиять появление финального события -выход из строя реактора.

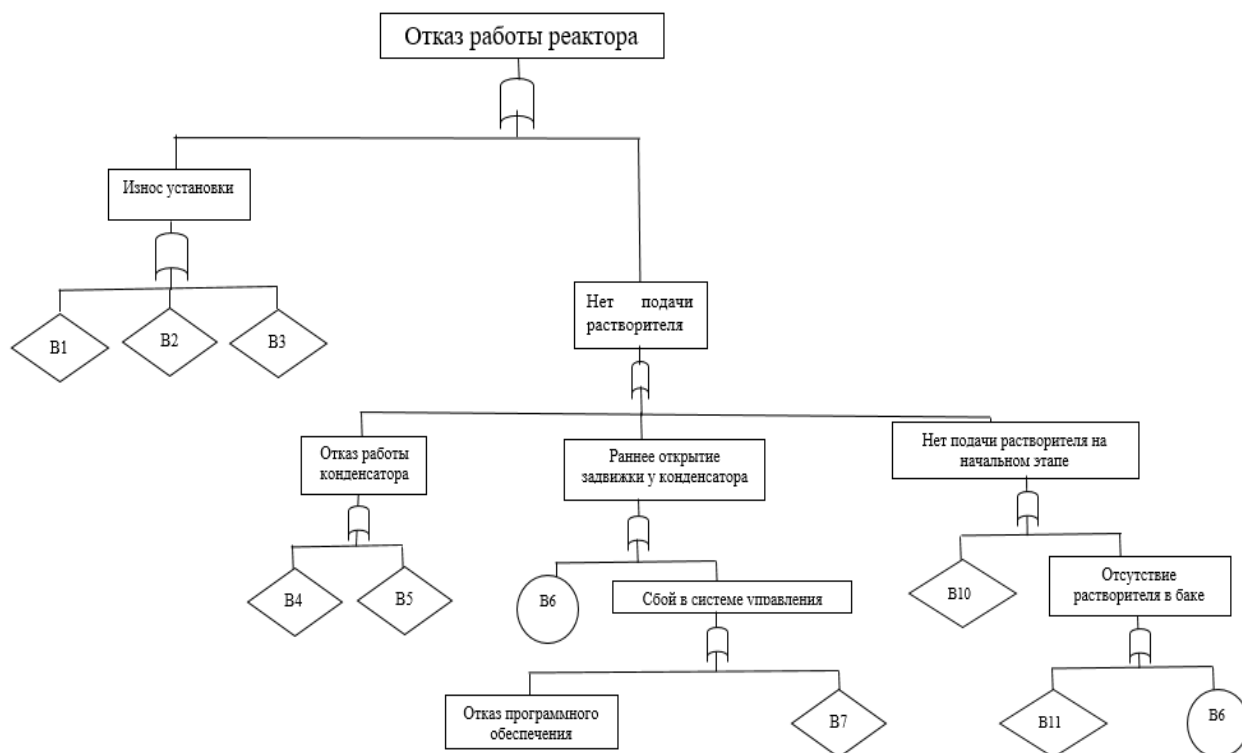


Рисунок 2. Дерево отказов.

Расшифровка на схеме «Дерево отказов»





-  - оператор «ИЛИ»;
-  - неразвивающиеся событие;
-  - базовое событие;
-  - промежуточное событие.

Таблица 1. Перечень инициирующих событий «дерева отказов»

Обозначения	Виды событий	Обозначения	Виды событий
1.1	Износ установки	3.3	Человеческий фактор
1.2	Нет подачи растворителя	3.4	Сбой в системе управления

2.1	Коррозионный износ	3.5	Поломка линии
2.2	Усталостный износ	3.6	Отсутствие растворителя в баке
2.3	Тепловой износ	4.1	Отказ программного обеспечения
2.4	Отказ работы конденсатора	4.2	Отсутствие электропитания
2.5	Раннее открытие задвижки у конденсатора	4.3	Отсутствие электропитания
2.6	Нет подачи растворителя на начальном этапе	4.4	Человеческий фактор
3.1	Разрыв трубопровода	5.1	Ошибка при разработке
3.2	Отключение воды на предприятии	5.2	Внутрисистемная ошибка

Анализ дерева отказов позволяет выявить условия достаточно необходимых для возникновения головного события. Наиболее опасными ситуациями, приводящими к отказу реактора (прерыванию процесса экстракции) и к выбросам отравляющих веществ, провоцирующими экологические риски могут стать независимые событиями 3.1(разрыв трубопровода), 4.3(утечка растворителя из бака), 4.4(ошибки персонала).

Вероятность финального события определяется по формуле [4]:

$$\begin{aligned}
 P\{A\} &= P(3.1) + P(4.3) + P(4.4) = \\
 &= p_{1.2} * p_{2.4} * p_{3.1} + p_{1.2} * p_{2.6} * p_{3.8} * p_{4.3} + p_{1.2} * p_{2.6} * \\
 &* p_{3.8} * p_{4.4}
 \end{aligned}$$

Определить степень вероятности инициирующего события можно эмпирическим путем, опираясь на статистические данные об относительной частоте благоприятных или неблагоприятных исходов исследуемых событий. При отсутствии статистики необходимо прибегать к субъективным оценкам специалистов-экспертов, принимая в расчет среднее значение по всем оценкам. Степень согласованности оценок экспертов необходимо оценить коэффициентом конкордации.

Формирование схема развития событий, вызванных отказом реактора и выступающих триггером экологического риска, и оценка степени опасности влияния данных событий на окружающую среду и здоровье человека являются следующим этапом научного исследования.

Список литературы.

1. ГОСТ Р МЭК 62502-2014 Менеджмент риска. Анализ дерева событий / Национальная стандарт Российской Федерации [электронный ресурс].
2. ГОСТ Р 51901.12-2007 (МЭК 60812:2006) Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов / Национальная стандарт Российской Федерации [электронный ресурс].
3. Надежность технических систем и техногенный риск : учеб. пособие / Е. А. Киндеев ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2016. – 154 с
4. Справочник по вероятностным расчетам. М., Воениздат, 1970. - 536 с.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ СМЕРТНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Наумова О.И.

Научный руководитель: Снатенков А.А.

Оренбургский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова, Оренбург

Аннотация. В статье рассматривается понятие уровня смертности и причины смертности. Проведен факторный анализ коэффициента смертности Российской Федерации за 2009-2018 гг. Рассмотрена динамика смертности населения.

Ключевые слова: смертность, многофакторный анализ, коэффициент смертности, корреляционная матрица, мультиколлинеарность, регрессионный анализ.

Одной из самых болевых медико-демографических проблем социального развития современной России остается высокий уровень смертности населения.

Причины смерти связаны с условиями жизни и труда людей, их образом жизни. Изучая структуру смертности от причин смерти, можно определить роль различных природных и социальных, объективных и субъективных факторов. Смертность является результатом взаимодействия структурных, медицинских (биологических) и поведенческих факторов. Первая группа включает в себя демографическую структуру и главным образом возраст населения. Чем выше доля пожилых людей в населении территории, тем выше уровень смертности для этого населения [2].

Анализ динамики показателей смертности позволяет учесть влияние ряда факторов на их изменение. Рассмотрим динамику смертности населения в Российской Федерации за 2009-2018 гг., показанную на рисунке 1.

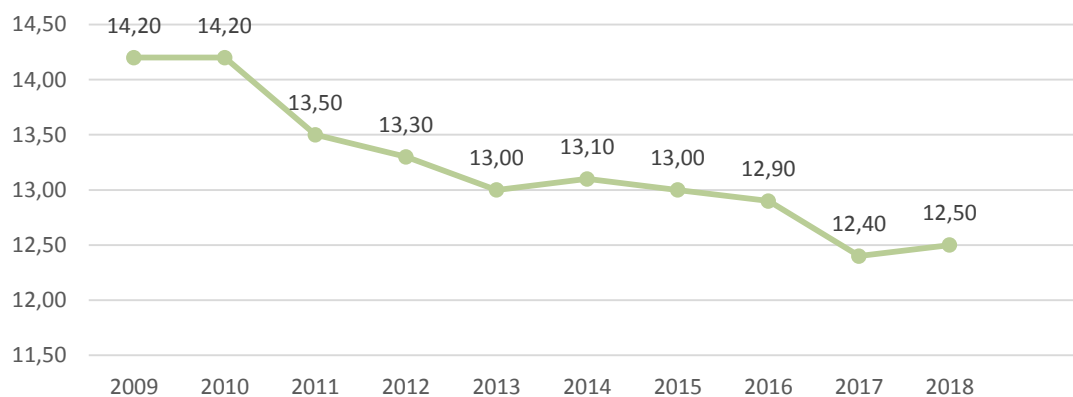


Рисунок 1. Динамика коэффициента смертности населения Российской Федерации, ‰

По данным рисунка 1 мы можем сказать, что с 2009 по 2018 гг. происходят колебания коэффициента смертности в РФ. Наибольший коэффициент смертности наблюдается в 2009-2010 годах. На протяжении 2014-2017 гг. наблюдался спад количества умерших. В 2017 наблюдается наименьший коэффициент смертности, когда коэффициент снизился на 0,5‰, что говорит об улучшении демографической ситуации в стране.

Для выяснения причин колебания коэффициента смертности в Российской Федерации необходимо провести многофакторный корреляционно-регрессионный анализ за период 2009-2018 гг.

На показатель уровня смертности могут влиять совершенно разные факторы, дадим их оценку на основе следующей совокупности показателей, где:

У- коэффициент смертности населения, промилле;

X1-среднедушевые денежные доходы населения Российской Федерации, руб.\мес.;

X2- численность населения со злокачественными новообразованиями, состоящих на учете в лечебно-профилактических организациях на 100 тыс. чел.;

X3-количество медицинского персонала в расчете на 10000 чел.;

X4-заболеваемость населения алкоголизмом и алкогольными психозами на 100 тыс. чел.;

X5-заболеваемость на 1000 человек населения.

Построение корреляционной матрицы позволит выявить факторы, которые оказывают наибольшее влияние на коэффициент смертности в Российской Федерации, т.е. значения коэффициентов по модулю $\geq 0,6$, что говорит о наличии мультиколлинеарности.

Проведем проверку мультиколлинеарности факторов с помощью корреляционной матрицы. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Корреляционная матрица

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
	1					
X1	-0,9455	1				
X2	-0,91033	0,97465	1			
X3	0,661043	-0,73404	-0,81488	1		
X4	0,979278	-0,9858	-0,96856	0,757295	1	
X5	0,364508	-0,57925	-0,63604	0,546665	0,503091	1

По корреляционной матрице мы видим, что наибольшее влияние на коэффициент смертности населения Российской Федерации оказывает фактор X4 – заболеваемость населения алкоголизмом и алкогольными психозами на 100 тыс. чел.

Получаем следующее уравнение регрессии (по рисунку 2):

$$Y=10,9+0,03X4$$

Таким образом, на основании проведенного анализа мы делаем вывод о том, что с увеличением заболеваемости населения алкоголизмом и алкогольными психозами на 100 тыс. человек, коэффициент смертности населения будет увеличиваться на 0,03%.

Вывод итогов					
Регрессионная статистика					
Множественный R		0,979278163			
R-квадрат		0,95898572			
Нормированный R-квадрат		0,953858935			
Стандартная ошибка		0,1322014			
Наблюдения		10			
Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	1	3,269182319	3,269182319	187,054	7,86775E-07
Остаток	8	0,139817681	0,01747721		
Итого	9	3,409			
Коэффициенты стандартной ошибки t-статистика t-Значение Нижние 95% Верхние 95%					
Y-пересечение	10,92646341	0,172118872	63,48207676	4,22E-12	10,52955658 11,32337 10,52956 11,32337
X4	0,028720118	0,00209992	13,67676915	7,87E-07	0,023877694 0,033563 0,023878 0,033563

Рисунок 2. Регрессионный анализ

Множественный коэффициент корреляции равен 0,98. Это значит, что наблюдается тесная прямая связь, т.е. с увеличением заболеваемости населения алкоголизмом и алкогольными психозами будет увеличиваться коэффициент смертности населения. Коэффициент смертности населения зависит на 96% от заболеваемости населения алкоголизмом и алкогольными психозами, а на остальные факторы приходится 4%. Данный вывод можно сделать исходя из того, что коэффициент детерминации равен 0,96.

Рассмотрим F-критерий Фишера с целью оценки статистической значимости уравнения регрессии [4]. Его фактическое значение, равное 187,05, превышает табличное, равное 5,32, что позволяет нам отклонить нулевую гипотезу, т.е. уравнение является статистически значимым.

Проверим значимость параметров уравнения с помощью t-критерия Стьюдента. Сравним фактические значения $a = 63,48$ и $b = 13,68$ по модулю с табличным значением, равным 2,306. Данный результат свидетельствует о том, что найденные параметры уравнения регрессии являются статистически значимыми.

Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что оценка коэффициента смертности населения Российской Федерации за анализируемый период с 2009-2018 гг., показала тенденцию к уменьшению данного показателя за последние несколько лет. Многофакторный анализ позволил сделать вывод о том, что наибольшая часть вариации коэффициента смертности напрямую зависит от заболеваемости населения алкоголизмом и алкогольными психозами. Алкоголь оказывает отравляющее воздействие на организм, резко ухудшает состояние здоровья при хронических заболеваниях, вызывает гипертонический криз, сердечную недостаточность и ряд других опасных для жизни заболеваний. Именно поэтому изучение заболеваемости населения алкоголизмом и алкогольными психозами является главенствующим в анализе смертности населения.

Список литературы.

1. Годин, А. М. Статистика: Учебник / Годин А.М., - 11-е изд., перераб. и испр. - Москва: Дашков и К, 2018. - 412 с.
2. Колосова, Е. Г. Сравнительный анализ смертности в Российской Федерации и Оренбургской области за 2017–2018 гг. / Е. Г. Колосова, А. Б. Якупова, А. М. Исенжулова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 50 (236). — С. 90-92. — URL: <https://moluch.ru/archive/236/54790/> (дата обращения: 27.05.2020).
3. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gks.ru/>
4. Тимофеева Т.В., Снатенков А.А. Практикум по социальной статистике. Оренбург. 2007. 138с.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ ПО ЦЕНЗУРИРОВАННЫМ ДАННЫМ

Забавина А.Е.

Научный руководитель: Осечкина Т.А.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М.Кирова, Санкт-Петербург*

Аннотация. Проведен сравнительный анализ выбора оценок при построении нелинейной регрессии по цензурированным данным. Оценивание параметров модели проводится по методу максимального правдоподобия для различных точечных оценок математического ожидания и дисперсии.

Ключевые слова: цензурированные данные, метод максимального правдоподобия, нелинейная регрессия, точечные оценки.

В последнее время в связи с улучшением качества продукции, качества услуг возникло понятие «цензурированные» данные. Цензурированные данные возникают при прекращении эксперимента в случае достижения исследуемой случайной величиной определенного, заранее оговоренного, значения.

Так, при исследовании свойств изделий, материалов, их проверки на прочность, испытания прекращаются после оговоренного числа циклов, достаточного для использования испытываемой детали в течение срока, в несколько раз превышающего гарантийный.

В медицине при испытании нового лекарства или метода лечения, эксперимент прекращается, если в течение заранее установленного промежутка времени не наступило выздоровление.

Следует отметить, что одна и та же выборка может содержать как варианты, определяющие прекращение испытания в силу не наступления события, так и варианты, определяющие значение исследуемой величины при наступлении ожидаемого события.

Одной из важнейших задач в прикладной статистике является построение статистической модели зависимости исследуемого количественного отклика от объясняющих переменных. Однако в задачах анализа данных в случае цензурированных выборок классические методы регрессионного анализа часто оказываются неприменимыми [1].

Для оценки параметров регрессии по цензурированным выборкам чаще всего используют метод максимального правдоподобия [2,3].

Рассмотрим реализацию указанных методов на примере модели, описывающей зависимость количества изломов до разрушения N от напряжения S , подающегося на деталь:

$$\lg N = \alpha + \beta \lg(S - \gamma) + \varepsilon, \quad S > \gamma,$$

с параметрами α, β, γ .

Обозначим через $W = \lg N$ и определим функцию правдоподобия для параметров модели:

$$L(\alpha, \beta, \gamma) = \prod_{i=1}^r f_W(w_i, S_i, \alpha, \beta, \gamma) \prod_{j=1}^{n-r} [1 - F_W(w_j, S_j, \alpha, \beta, \gamma)]$$

Здесь $(S_i; w_i)$, $i = \overline{1; r}$ – наработки до отказа; $(S_j; w_j)$, $j = \overline{1; n-r}$ – наработки до прекращения испытаний (цензурированные данные). В предположении, что случайная величина W нормально распределена, получим

$$L(\alpha, \beta, \gamma) = \prod_{i=1}^r \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(w_i - \alpha - \beta \lg(S_i - \gamma))^2}{2\sigma^2} \right\} \times \\ \times \prod_{j=1}^{n-r} \left(1 - \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{w_j} \exp \left\{ -\frac{(t - \alpha - \beta \lg(S_j - \gamma))^2}{2\sigma^2} \right\} dt \right)$$

Логарифмическая функция правдоподобия будет иметь вид

$$\Lambda(\alpha, \beta, \gamma) = \sum_{i=1}^r \ln \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(w_i - \alpha - \beta \lg(S_i - \gamma))^2}{2\sigma^2} \right\} + \\ + \sum_{j=1}^{n-r} \ln \left(1 - \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{w_j} \exp \left\{ -\frac{(t - \alpha - \beta \lg(S_j - \gamma))^2}{2\sigma^2} \right\} dt \right) = \\ = -\sum_{i=1}^r \ln \sqrt{2\pi} - \sum_{i=1}^r \ln \sigma - \sum_{i=1}^r \left\{ \frac{(w_i - \alpha - \beta \lg(S_i - \gamma))^2}{2\sigma^2} \right\} + \\ + \sum_{j=1}^{n-r} \ln \left(1 - \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{w_j} \exp \left\{ -\frac{(t - \alpha - \beta \lg(S_j - \gamma))^2}{2\sigma^2} \right\} dt \right)$$

В силу необходимого условия экстремума требуемые оценки параметров α, β, γ являются решениями системы

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^r A_i + \sum_{j=1}^{n-r} B_j = 0 \\ \sum_{i=1}^r A_i \cdot \lg(S_i - \gamma) + \sum_{j=1}^{n-r} B_j \cdot \lg(S_j - \gamma) = 0, \\ \sum_{i=1}^r A_i \cdot \frac{\beta}{S_i - \gamma} + \sum_{j=1}^{n-r} B_j \cdot \frac{\beta}{S_j - \gamma} = 0 \end{cases}$$

где

$$A_i = \left\{ \frac{(w_i - \alpha - \beta \lg(S_i - \gamma))}{2\sigma^2} \right\}, B_j = \frac{f_w(S_j; w_j; \alpha; \beta; \gamma)}{1 - F_w(S_j; w_j; \alpha; \beta; \gamma)}.$$

Система решается методом Ньютона, который заложен в надстройке Excel «Поиск решения».

Выше предполагается, что случайная величина имеет нормальное распределение. Но возникает вопрос: какие величины взять в качестве оценок математического ожидания и стандартного (среднеквадратического) отклонения.

Возможны (по крайней мере) четыре варианта:

- 1) взять оценки числовых характеристик, рассчитанные по формулам без учета цензурирования;
- 2) каждое эмпирическое значение рассматривать как математическое ожидание случайной величины, стандартное отклонение рассчитать без учета цензурирования;
- 3) оценить математическое ожидание и стандартное отклонение по ММП для всей выборки в целом с учетом цензурирования;
- 4) оценить математическое ожидание и стандартное отклонение, предполагая, что при каждом S мы получаем новую случайную величину, другими словами, полагая набор значений при каждом S выборкой из соответствующей генеральной совокупности.

Параметры регрессии во всех случаях оценивались по ММП. В результате получены следующие модели.

1. $\lg(N) = 12 - 3,6\lg(S - 56,5)$

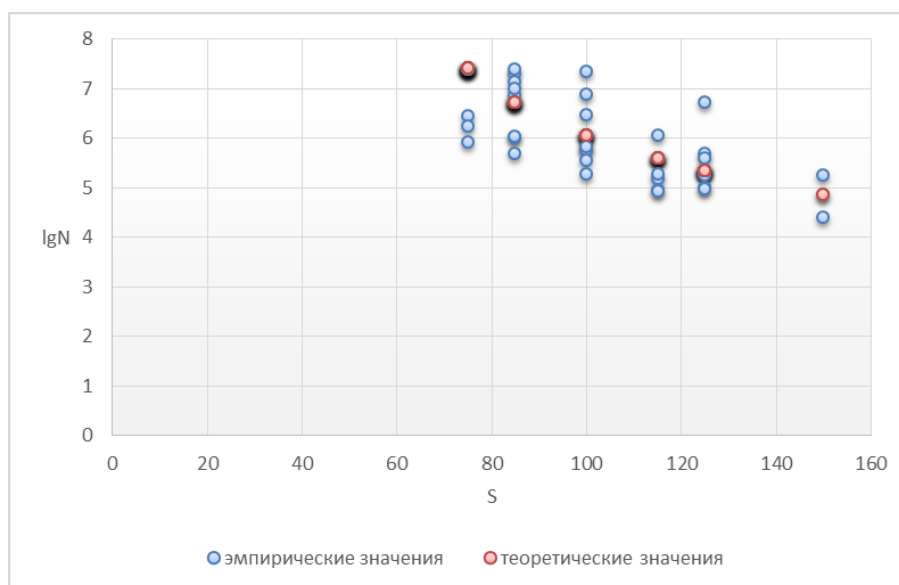


Рисунок 1 - Оценка регрессии для случая априорной оценки числовых характеристик без учета цензурированности

2. $\lg(N) = 10,6 - 2,69\lg(S - 35)$

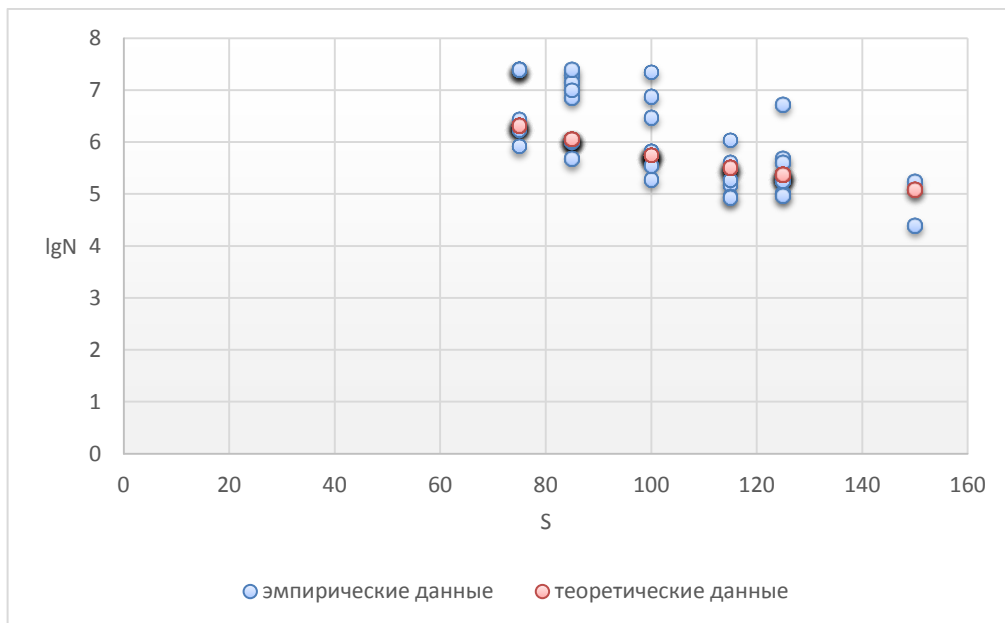


Рисунок 2 - Оценка регрессии для случая, когда каждое эмпирическое значение рассматривается как математическое ожидание случайной величины, дисперсия оценивается без учета цензурированности

3. $\lg(N) = 13,4 - 3,7\lg(S - 0)$

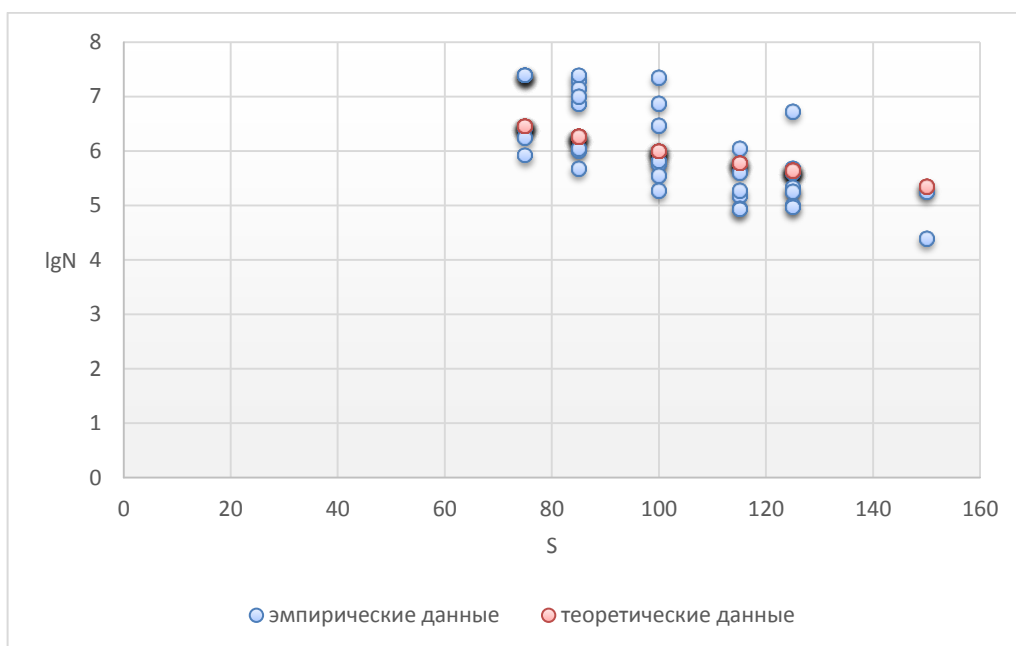


Рисунок 3 - Оценка регрессии с априорной оценкой числовых характеристик совокупности по ММП

4. $\lg(N) = 10,9 - 3,13\lg(S - 61,2)$

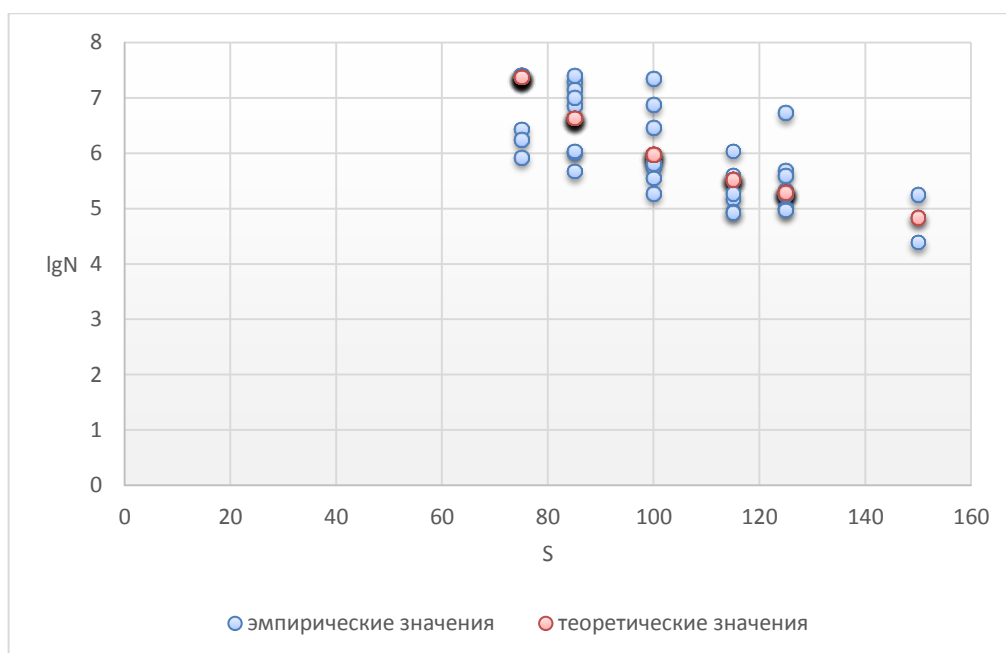


Рисунок 4 - Оценка регрессии и дисперсии по ММП, рассматривая эмпирические значения в качестве математических ожиданий

Список литературы.

1. Осечкина Т.А. Ядерные оценки при расчетах границ толерантных интервалов//Современные наукоемкие технологии. 2019. № 5. С. 64-68.
2. В.П.Стрельников Параметризация *DM*-распределения//Математичні машини і системи, 2007, №2, с.117-124.
3. Осечкина Т.А., Крапивина А.А. Определение переменных и параметров обобщенной модели Тобина//Наука и бизнес: пути развития. 2016. № 11 (65). С. 66-70.

СЕКЦИЯ 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ МОНОГОРОДОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА SFA (STOCHASTIC FRONTIER ANALYSIS)

Дьякова С.П.

Научный руководитель: Мицель А.А.

*Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники, г. Томск*

***Аннотация.** Дано описание разработки информационной системы для анализа эффективности отраслей экономики моногородов, на примере моногорода Юрга. В исследовании применяется метод стохастической границы - SFA (Stochastic Frontier Analysis).*

***Ключевые слова:** эффективность, моногород, отрасли, метод стохастической границы, информационная система.*

Повышение эффективности экономических процессов – это актуальный вопрос, который ставится на всех уровнях - от руководства малого бизнеса до руководства страны. Муниципалитеты также активно занимаются этой проблемой, пытаясь, в первую очередь, оживить развитие малого бизнеса на своей территории [3].

Наибольшее количество моногородов в России [2], поскольку нет другой страны, равной с точки зрения площади и ресурсов.

Исследование считается актуальным, так как монопрофильные города являются существенным элементом регионального сценария индустриально-сырьевых регионов всех государств.

Цель работы – оценить эффективность отраслей экономики малого бизнеса на примере моногорода Юрга. Данная задача будет решена с использованием метода SFA (Stochastic Frontier Analysis). Данный метод подробно описан в работах Д.И. Малахова, Н.П. Пильника [4].

Вышеуказанный моногород интересен, так как сочетает в себе важные факторы, которые позволяют провести полное исследование. Один из факторов – это хороший всплеск роста для уже существующих малых предприятий и относительно большой объем необходимой статистики. Следующий фактор - одно градообразующее предприятие (Юргинский

машиностроительный завод), а также не менее важный момент - деятельность городских властей по привлечению инвесторов.

В качестве входных данных используются шесть экономических показателей малого бизнеса и восемь мезопоказателей моногорода. На выходе получаем технологическую эффективность по годам, по каждой отрасли и для усредненных данных.

В данном исследовании использовалось два варианта оценки эффективности.

Показатель технологической эффективности фирмы i за период t можно рассчитать по формуле представленной ниже:

$$TE_{it} = \frac{q_{it}}{\exp(x_{it}\beta)} = \exp(-u_{it}) \in [0,1].$$

Второй вариант оценки технической эффективности (оценка ВС):

$$T_e = M\left(\frac{e^{-u_i}}{\hat{\varepsilon}_i}\right), \text{ где } \left(\frac{e^{-u_i}}{\hat{\varepsilon}_i}\right) = \int_0^{\infty} e^{-u_i} f\left(\frac{e^{-u_i}}{\hat{\varepsilon}_i}\right) du_i.$$

Величина u_i учитывает «неэффективность» работы экономического объекта, а величина $\varepsilon_i = v_i - u_i$ описывает отклонение от границы производственных возможностей.

Перейдем к описанию решения данной задачи. На основе исходных данных строились регрессионные модели, сделаны сравнительные графики. Для каждой отрасли строим регрессионные модели с 0 коэффициентом и без нулевого коэффициента. Расчеты производились в системе Mathcad, далее для удобства пользователя потребовалось создание информационной системы. Для реализации информационной системы была выбрана интегрированная среда разработки Visual Studio C#.

С Visual Studio C# вы можете начать разработку быстрее и соответственно получить прототип решения получается намного быстрее. Скорость разработки на C # на начальном этапе проекта значительно выше по сравнению с C ++.

С помощью информационной системы пользователь сможет вычислить эффективность отраслей по вышеупомянутому методу, а также получить сравнительные графики и сохранить полученные результаты в файл.

График эффективностей отраслей SFA представлен на рисунке ниже.

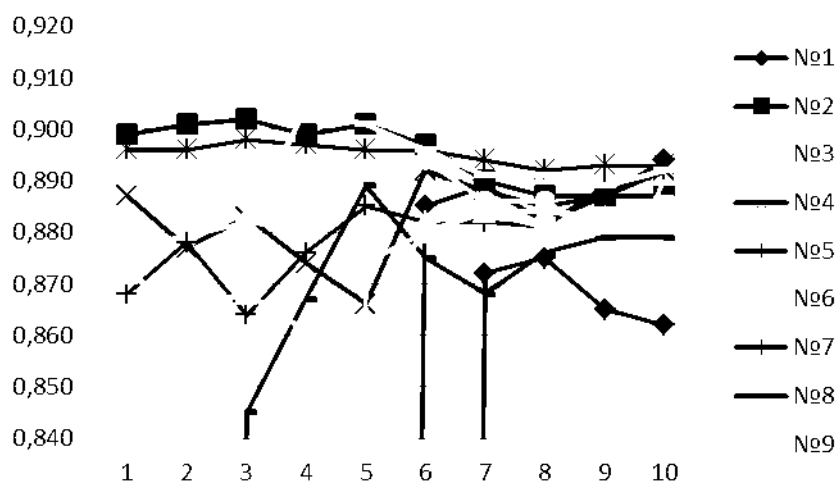


Рисунок 1. График эффективностей отраслей

Таким образом, применение метода SFA для данной задачи предоставит возможность проследить динамику эффективности отдельных отраслей экономики города. Это даст возможность уделять больше внимания наиболее востребованным направлениям экономики города.

Информационная система позволяет работать с любыми моногородами, главное ввести исходные данные для расчета. Также информационная система позволят вводить справочную информацию о моногородах (численность населения, градообразующее предприятие).

Список литературы.

1. Анализ социально-экономических проблем моногородов в контексте мирового финансово-экономического кризиса, влияющего на состояние градообразующих корпораций / Институт региональной политики. — М., 2008
2. В.К. Крутиков, Т.В. Дорожкина, Д.В. Тютин, М.В. Якунина Моногорода: Учебно - методич. пособие. — Калуга, 2017 — 157 с.
3. Ротенберг, Р.Б. Принципиальная схема стратегического планирования развития экономики моногорода // Экономика и управление. 2013. № 11 (97). С. 57-61.
4. Малахов Д.И., Пильник Н.П. Методы оценки показателя эффективности в моделях стохастической производственной границы// Экономический журнал ВШЭ, 2013

ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ЛЬГОТНОМ ЛЕКАРСТВЕННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Моргоева А. Д.

Научный руководитель: Мустафаева Д. Г.

*Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет), Владикавказ*

Аннотация: В статье представлены результаты междисциплинарного исследования, проведенного с целью поиска модели машинного обучения, способной описать и формализовать процесс прогнозирования потребности в льготном лекарственном обеспечении. Исследование включило в себя: построение достоверного прогноза при условии разнородности данных, контролируемое обучение моделей машинного обучения, анализ критериев качества этих моделей.

Ключевые слова: Льготное лекарственное обеспечение, Big Data, машинное обучение, алгоритм, метрика, прогноз.

Современная область, которая обычно называется «науки о данных», – это междисциплинарная область, которая своим названием подчеркивает как раз объект исследования, то есть данные в любых формах, и пытается тем самым застолбить себе место во всех возможных приложениях [1]. Одним из приложений «Big Data» является медицина. Существует огромный раздел, называемый медицинская информатика и представляющий собой междисциплинарную область на стыке информатики и медицины. В данной работе проведено исследование методов машинного обучения на предмет возможности их применения в процессе прогнозирования потребности в льготном лекарственном обеспечении (ЛЛО). Машинное обучение экспериментальных данных проводилось в несколько этапов.

1. Подготовка данных. Этот этап включал в себя удаление данных, содержащих пропуски, преобразование данных в нужный формат и т.д.
2. Разбиение данных на обучающую выборку и контрольную.
3. Выбор алгоритма машинного обучения и критериев качества.
4. Автоматический подбор параметров моделей с помощью кросс-валидации, обучение моделей.
5. Оценка критериев качества полученных моделей.
6. Сравнение результатов прогноза всех обученных моделей.

Средой реализации была выбрана интерактивная оболочка Jupyter Notebook пакета Anaconda для Windows, версия Python 3.7.6.

Были использованы следующие библиотеки языка Python:

- [NumPy](#): для работы с массивами и матрицами;
- [Pandas](#): для обработки наборов данных;
- [Matplotlib](#): для визуализации данных;
- [SciKit-Learn](#): библиотека алгоритмов машинного обучения.

Исходными данными исследования явился обезличенный реестр отпущенных рецептов на льготное лекарственное обеспечение 2018 года, включающий в себя сведения о пациенте (идентификатор, возраст, пол), данные о заболевании пациента – диагноз по международной классификации болезней десятого пересмотра (МКБ-10), сведения о выписанном лекарственном средстве (международное непатентованное наименование лекарства (МНН), форма выпуска, доза, единицы дозы, количество ЛС в упаковке, количество упаковок).

В результате группировки исходных данных по заболеваниям было выявлено, что наибольшую часть рецептов составляют эндокринные заболевания, а именно сахарный диабет. В этой связи исследование было проведено на примере рецептов данной категории пациентов. Однако для всех остальных категорий получателей льготного лекарственного обеспечения перспективная потребность в ЛС рассчитывается аналогично, соответственно, результаты исследования могут быть применимы.

Поскольку расчет перспективной потребности в ЛЛО в рамках данного исследования сведен к прогнозированию количества ЛС, необходимых для удовлетворения потребности пациентов, а также в связи с тем, что единицы измерения ЛС различны, необходимо было преобразовать исходные данные. Количество лекарственного средства в рецепте было рассчитано как произведение суммы доз, количества ЛС в упаковке и количества упаковок. С помощью полученной величины все ЛС в реестре рецептов были приведены к единому количественному выражению и, таким образом, стали сопоставимы друг другу.

Все исходные данные были конвертированы в численный формат, а также была проведена процедура нормализации признаков. В таблице 1 представлены значения критериев качества (метрик) обученных моделей [2].

Таблица 1. Метрики качества моделей ML после нормализации признаков

Метрика качества \ Модель	Linear Regression	K Neighbors Regressor	MLP Regressor	Random Forest Regressor
Средняя абсолютная ошибка прогноза mean absolute error (MAE)	67.76	58.65	334.98	56.12
Объясненная оценка отклонения explained variance score (EVS)	0.87	0.86	0.31	0.89
Максимальная ошибка max error (ME)	392.98	450	560.84	405.55
Средняя квадратическая ошибка mean squared error (MSE)	10339.03	11034.2	163478.99	9004.82
Медиана абсолютной ошибки median absolute error (MedAE)	36.78	0.0	507.41	9.15
Коэффициент детерминации r2 score (R^2)	0.86	0.85	0.79	0.88

Прирост качества модели был рассчитан как разность метрик средней абсолютной ошибки до нормализации и после нормализации, умноженная на 100%, и составил в среднем 3,7%.

Из представленных в таблице 1 моделей машинного обучения была выбрана модель Random Forest Regressor, так как ее критерии качества

прогноза наилучшие [3]. Возможно, это связано с тем, что подбор параметров этой модели происходил с использованием кросс-валидации.

В результате проведенных исследований была получена модель машинного обучения, с помощью которой можно проводить прогнозирование потребности в льготном лекарственном обеспечении. Результаты такого прогнозирования позволят сделать анализ больших объемов данных проще для пользователя и повысят качество принимаемых решений.

Список литературы

1. Незнанов А. Хорошо интерпретируемые методы анализа данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/83441>.
2. Метрики регрессии [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://scikit-learn.org/stable/modules/model_evaluation.html#regression-metrics.
3. Реализация и разбор алгоритма «случайный лес» на Python [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tproger.ru/translations/python-random-forest-implementation/>.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Емельянова В.Р., Наганов А.С.

Научный руководитель: Затеенко С.И.

Аннотация. В этой статье рассматриваются различные модели экономики. Макроэкономическая модель рынка денег и микроэкономическая модель поведения потребления, а также приведен пример применения метода биологической аналогии при исследовании социально-экономических процессов.

Ключевые слова: бюджетная гиперплоскость, количественная теория денег, классическая теория финансового рынка, биологическая аналогия.

Математические модели являются основным инструментом для изучения процессов происходящих в макро- и микроэкономике.

Макроэкономика – отрасль, которая изучает, как ведет себя экономика в целом. В макроэкономике изучаются различные явления в масштабах экономики, например, инфляция, уровень цен, темпы роста, национальный доход, валовый внутренний продукт (ВВП), изменение безработицы. Для характеристики процессов макроэкономики используют агрегированные показатели, такие как уровень безработицы, ВВП и индекс цен. Используя

эти показатели, анализируют, как разные сектора экономики соотносятся друг с другом, чтобы понять, как функционирует экономика в целом. Макроэкономисты разрабатывают модели, анализирующие отношения между различными факторами, такими как: потребление, инфляция, сбережения, инвестиции, международная торговля и финансы, национальный доход, импорт и экспорт [1].

Рассмотрим одну из таких моделей - классическую модель рынка денег. Согласно количественной теории денег, спрос на них определяется уравнением:

$M_D = kPY$ (1), где P – индекс цен; Y – общий объем производственной продукции; k – некоторая постоянная. Существует два варианта количественной теории денег. Первый подход, развитие которого связано с именами И. Фишера и С. Ньюкомба, определяется уравнением обмена, согласно которому:

$MV = PY$ (2), где M – количество денег на рынке, необходимое для осуществления сделок; V – скорость обращения денег; P – индекс цен; Y – общий объем производственной и проданной продукции за рассматриваемый период. Поскольку скорость обращения и объем производства не зависят от находящихся в обращении денег, то соотношение (2) означает связь между уравнением цен и количеством денег в обращении. Сравниваем уравнение (1) и (2) получаем $k = 1/V$. Во втором подходе вместо скорости обращения

денег используется другое понятие – предпочтение ликвидности. Объем наличных средств M , который общество стремится иметь в своем распоряжении, здесь зависит от двух обстоятельств. Во-первых, наличие значительных ликвидных денежных средств облегчает деловые операции; во-вторых, деньги, находящиеся в ликвидной форме, лишают их владельцев процентов, которые они могли бы принести, будучи вложены в производство или ценные бумаги.

Определенный процент доходов, который для удобства держится в форме денег, называется коэффициентом Маршалла. Этот коэффициент вычисляется, как частное от деления объема денежной массы на объем национального дохода в действующих ценах, т.е $k = M/(PY)$.

Гипотеза классической теории финансового рынка заключается в предположении постоянства количества денег: $M_S = const$ (3) и существования тенденции, приводящей к равновесию на финансовом рынке. Следовательно $M_S = M_D$. Уравнения (1) и (2) представляют собой

математическую модель финансового рынка, построенную на основе классического подхода [2].

В отличие от макроэкономики микроэкономика – раздел экономической теории, изучающий поведение отдельных экономических агентов в ходе их производственной, распределительной, потребительской и обменной деятельности [3]. Микроэкономика изучает, как и почему принимаются экономические решения на индивидуальном уровне: как потребители принимают решения о покупке с учетом цен на товары и услуги и с учетом уровня доходов; как фирмы планируют производство с учетом уровня технологий и цен на ресурсы и готовые товары и услуги.

Одна из моделей микроэкономики – модель поведения потребителя на рынке товаров.

Предположим, что на рынке n товаров. Пусть цена товара i – го вида равна P_i и не зависит от покупателя. Совокупность этих чисел задает вектор цен данного набора товаров $P = (P_1, \dots, P_n)$.

Предполагая, что потребитель может израсходовать на приобретение рассматриваемых товаров не более M денежных единиц, для бюджетных ограничений получаем: $P_1x_1 + P_2x_2 + \dots + P_nx_n \leq M$, $x_i \geq 0, i = 1, 2 \dots n$.

Значение параметра M равно максимально возможным расходам потребителя на приобретение данного набора товаров. Множество различных допустимых наборов товаров, определяемое неравенствами, указанными выше, называется бюджетным множеством, а гиперплоскость, заданная уравнением: $P_1x_1 + P_2x_2 + \dots + P_nx_n = M$ – бюджетной гиперплоскостью. Решение задачи о максимизации полезности на бюджетном множестве определяет спрос потребителя на данные товары. Сама задача сводится к нахождению условного экстремума функции n переменных: $U(x_1, \dots, x_n) = \text{const}$, максимум функции полезности достигается на бюджетной гиперповерхности. Для нахождения экстремума составим функцию Лагранжа:

$$L(x_1, \dots, x_n, q) = U(x_1, \dots, x_n) - q(P_1x_1 + P_2x_2 + \dots + P_nx_n - M).$$

Необходимое условие экстремума этой функции приводит к системе $(n + 1)$ уравнений с $(n + 1)$ неизвестными x_1, \dots, x_n, q :

$$P_1x_1 + P_2x_2 + \dots + P_nx_n = M \quad (3)$$

$$\partial L / \partial x_i = \partial U / \partial x_i - qP_i = 0, i = 1, \dots, n \quad (4).$$

Исключаем множитель Лагранжа q из последних n уравнений, получаем: $MU_1/P_1 = MU_2/P_2 = \dots = MU_n/P_n$, поскольку предельные

полезности равны частным производным функции полезности. Решая системы (3) и (4) определяем координаты точки спроса $Q = (x_1, \dots, x_n)$. Так как это решение зависит от дохода M и вектора цен $P = (P_1, \dots, P_n)$, то спрос Q представляет собой вектор – функцию, которая задается уравнением $Q = Q(P, M)$. При этом если предложение товара превышает спрос, то эта вектор – функция задает и объемы потребления [2].

Существенное влияние на показатели микроэкономики оказывают социально-экономические процессы. Чтобы процесс социально-экономического развития региона происходил успешно и приводил к ожидаемому результату, он должен быть управляем. Для того, чтобы выбрать правильные подходы и стратегии модернизации региона, необходимо сначала всесторонне изучить его особенности и потенциал развития. Поэтому анализ социально-экономических процессов неразрывно связан с анализом экономики в целом.

Рассмотрим пример применения метода биологической аналогии при исследовании социально-экономических процессов. Существуют различные методы борьбы с нежелательным биологическим видом. В популяцию, которая проживает в некотором ареале и которую хотят подавить, регулярно вводят стерильных особей. Они не участвуют в процессе воспроизводства, но вместе со всеми другими участвуют во внутренней борьбе, тем самым снижая скорость естественного роста популяции. Пусть $N_1(t)$ – число нормальных событий, а $M(t)$ – скорость, с которой в эту популяцию вводятся стерильные особи, численность которых равна $N_2(t)$. Задача заключается в определении по возможности минимальной скорости $M(t)$, при которой популяция N_1 вымирает. Рассмотрим следующую динамическую модель метода Кюрасао:

$$dN_1/(N_1 dt) = a - m(N_1 + N_2), \quad (5)$$

$$dN_2/(N_2 dt) = M(t)/N_2(t) - m(N_1 + N_2), \quad (6),$$

в которой учтено снижение темпов роста, вызванное увеличением общей численности. Выберем следующую стратегию ввода стерильных особей:

$M(t) = kN_2(t)$, где k – некоторая положительная константа. Тогда уравнение (6) можно переписать в виде: $dN_2/dt = N_2(t)(k - m(N_1 + N_2))$ (7).

Сравнение этих систем показывает, что они будут совпадать, если в $dN_1/(dt) = N_1(a - m(gN_1 + hN_2))$ и

$dN_2/(dt) = N_2(b - n(gN_1 + hN_2))$, положить $g = h = 1, n = m, k = b$, следует, что: если $a > k$, то нормальная популяция не погибает, если $a < k$, то нормальная популяция вымрет.

Аналогичная математическая модель может быть построена и при анализе конкуренции некоторых промышленных групп при освоении производства новых видов товара, когда, например, один из соперников «заманивает» своего конкурента на менее перспективный путь исследования конструктивных разработок, приводящих к созданию неконкурентоспособных продукции [2].

Микроэкономическая и макроэкономическая науки тесно связаны, поэтому математическое моделирование протекающих в них процессов имеет много общего. Исследования такого рода моделей имеет важное значение для анализа экономики в целом.

Список литературы.

1. <https://sharespro.ru/news/1230-что-такое-макроекономика#:~:text=%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B>
2. В.В. Лебедев. Математическое моделирование социально-экономических процессов//https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_58886#1
3. <https://ru.wikipedia.org/>;

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

Судакова В.А., Шершуков С.А.

Научный руководитель: Чудовская Л.А.

*Санкт – Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова, Санкт – Петербург*

Аннотация. Статья посвящена использованию информационных технологий в процессе обучения математике, которые предоставляют большой спектр образовательных возможностей.

Ключевые слова: информационные технологии, математика, образовательный процесс.

21 век – время быстрого развития и активного использования информационных технологий во всех сферах жизни человека. Информационные технологии – это приемы, способы и методы применения

средств вычислительной техники при выполнении функций сбора, хранения, обработки, передачи использования данных (ГОСТ).

Информатизация современного общества оказывает влияние на все сферы общественной жизни, в том числе и на образование. Информационные технологии, применяемые в образовательном процессе, становятся современными средствами обучения, имеющими определенные преимущества. Сегодня технические возможности вычислительной техники изменяются и расширяются очень быстро, а это значит, что также быстро открываются и новые возможности в преподавании и изучении различных учебных дисциплин, в том числе математики.

Использование информационных технологий дает возможность:

1. Рационально организовать познавательную деятельность обучающихся в ходе учебного процесса.
2. Сделать обучение более эффективным посредством вовлечения всех каналов восприятия обучающегося в мультимедийный новый концептуальный инструментарий.
3. Построить открытую систему образования, обеспечивающую каждому индивиду собственную траекторию обучения.
4. Вовлечь в процесс активного обучения категории обучающихся, обладающими разными возможностями и способностями к обучению.
5. Использовать возможности вычислительной техники, позволяющие индивидуализировать учебный процесс и обратиться к принципиально новым познавательным средствам.

Таким образом, информационные технологии повышают эффективность процесса преподавания и изучения математики, облегчают взаимодействие участников образовательных отношений. С использованием информационных технологий преподаватель может взаимодействовать с обучающимися как в рамках аудиторного, так и дистанционного обучения.

Аудиторное обучение - специально организованный, целенаправленный и управляемый процесс взаимодействия преподавателей и студентов в специально отведённой аудитории.

В процессе занятий математикой информационные технологии открывают студентам определенные преимущества для расширения возможностей аудиторного обучения: использования мультимедийного оборудования, онлайн-платформ, цифровых образовательных ресурсов, электронных учебников.

В ВУЗе особую значимость приобретает взаимодействие преподавателя и студента, предполагающее различные научно-практические направления, в рамках которых используются информационные технологии: учебно-методическая и научно-исследовательская работа со студентами, научное консультирование, научно-методическое обеспечение учебного процесса, апробация современных образовательных технологий, разработка и внедрение совместных проектов.

Актуальность использования в процессе обучения математике мультимедийных технологий обусловлена рядом преимуществ, которые позволяет получить применение этих средств: стимулирование познавательного интереса обучающихся, комплексное использование аудио- и визуальных эффектов в процессе обучения, увеличение информационной емкости занятий без ущерба качеству усвоения материала, вовлеченность большего количества каналов восприятия в освоение учебной информации.

Презентации, подготовленные с помощью специальных средств вычислительной техники, – удобный и эффективный способ представления информации (текст, картинки, таблицы, диаграммы, графики, схемы, звук, анимация, различные эффекты, 3-D моделирование, показ объектов во времени и движении).

Онлайн платформы генерируют дополнительные учебно-методические материалы по математике, которые может использовать преподаватель для подготовки к проведению занятий, а также для организации самостоятельной работы студентов.

Цифровые образовательные ресурсы позволяют расширить возможности оперативного доступа к разнообразной вспомогательной информации (справочной, нормативной, специальной, общеупотребительной), повысить оперативность и эффективность контроля деятельности обучающихся при изучении разных разделов математики: «Элементы математического анализа», «Элементы линейной алгебры», «Элементы аналитической геометрии», обеспечить гибкость управления учебным процессом, фиксировать промежуточные результаты работы каждого студента в электронном виде, обобщить и структурировать необходимые материалы, вовлечь студентов в активное участие в учебном процессе.

Электронное учебное пособие позволяет студенту самостоятельно выбирать темп обучения, обладает большей наглядностью и удобством использования в сравнении с печатным аналогом, а также позволяет достаточно быстро осуществлять обновление информации без особых затрат.

Обновление печатного учебника является более сложным и финансово затратным.

Дистанционное обучение - это форма получения образования (наравне с очной, заочной, очно-заочной и экстернатом), при которой в образовательном процессе используются традиционные и специфические методы, средства и формы обучения математике, основанные на применении информационно - коммуникационных технологий.

Дистанционное обучение обладает рядом преимуществ: любое местоположение обучающегося в процессе освоения программы, большой выбор программ, возможность индивидуализировать образовательный процесс (выбрать темп обучения, время освоения программы, воспользоваться возможностью многократного просмотра материала), использовать разные режимы проверки – предварительный, тестовый, экзаменационный, выбрать интересующие онлайн-платформы для занятий математикой.

МООК (массовый открытый онлайн-курс) для студентов предполагает перенесение образовательного процесса в электронную информационно-образовательную среду, где обучающемуся предоставляются электронные образовательные ресурсы (ЭОР), включающие комплекс обучающих, вспомогательных и контролирующих ресурсов, которые обеспечивают освоение дисциплины/модуля с применением исключительно электронного обучения.

С помощью информационных технологий студенты могут участвовать в различных мероприятиях в онлайн-формате: математические олимпиады, конкурсы, форумы, научно-практические конференции.

Информационные технологии предоставляют возможность коллективной работы студентов над совместным проектом (Гугл-группы), а также его представления и защиты в онлайн-формате. Статьи, написанные студентами в процессе обучения, могут публиковаться в электронных журналах.

Таким образом, информационные технологии в процессе обучения математике предоставляют большой спектр образовательных возможностей: позволяют учитывать индивидуальные особенности обучающихся, развивать творческие и исследовательские способности, воспитывать интерес к самостоятельной познавательной деятельности, обеспечивать качественное усвоение программного материала, способствовать саморазвитию в области математики.

Как пример апробации материала статьи для активного участия студентов в проведении практического занятия по дифференциальным

уравнениям. Занятие прошло в виде zoom – конференции с выступлением на ней авторов статьи, с презентацией, с приведенными примерами широкого использования дифференциальных уравнений для математического моделирования процессов различной природы. Видео можно посмотреть по этой ссылке <http://cloud.mail.ru/public/pRou/5YrtKEgvH>.

Список литературы.

1. http://window.edu.ru/resource/004/62004/files/vspu_part1.pdf
2. <http://www.scince-education.ru/ru/article/view?id=26397>
3. <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=35270>
4. <http://itoo.urfu.ru/uploadfiles/ckfinder/files/Рекомендации.pdf>
5. <http://econf.rae.ru/article/6152>

СЕКЦИЯ 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕДИЦИНЕ, БИОТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Имуков А.Ю

Научный руководитель: Зеленский В.А

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П.Королева, Самара*

Аннотация. В данной статье приведен пример использования современных технологий в медицине. На основе большого количества данных, полученных от системы с биологической обратной связью, врач задает параметры работы системы для лечения неврологических заболеваний у пациентов. Применение для этой задачи нейронных сетей существенно ее упрощает.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, нейронная сеть, искусственный интеллект

Системы БОС, применяемые в наших больницах для лечение неврологических заболеваний, до сих пор зависимы от врача, и не могут самостоятельно на основе снятых данных о состоянии пациента задать параметры для его лечения. У врача на эту задачу уходит примерно 20% времени работы с каждым пациентом. В среднем врач принимает до 30-35 пациентов в день, потеря такого количества времени на эту простую задачу сильно нагружает врача и не дает в полной мере продуктивно отработать с пациентом. Проблему может решить применение в системах с БОС нейронных сетей, которые на основе полученных данных решат поставленную задачу в считанные секунды, тем самым освободят врача от этой работы и позволят сэкономить 20% его времени.

Нейронные сети имеют огромное количество разновидностей и структур [1]. Для решения поставленной задачи подойдут нейронные сети Хопфилда и Хэмминга. Особенностью этих сетей является то, что они работают по принципу ассоциативной памяти, когда до функционирования сети задаются ее финальные значения [2].

Таким образом врачу нужно будет обучить один раз нейронную сеть всем возможным параметрам лечения и в каких случаях, и в каких случаях они будут применяться. После того как обучение будет закончено, нейронная сеть при подаче значений снятых с пациента с неврологическим

заболеванием и ранее внесенных в нее данных, сама выдаст готовые параметры лечения пациента.

Схематично работа сети будет выглядеть следующим образом:

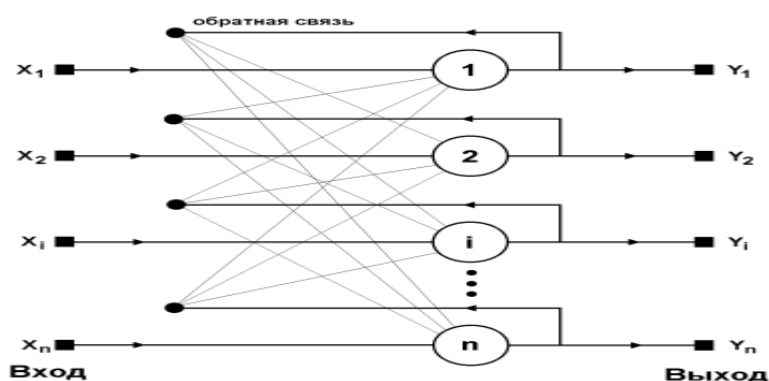


Рисунок 1. Y- параметры лечения, X- данные о состоянии пациента.

Сеть работает следующим образом: Врач задает финальные параметры, которые считаются образцовыми. Сеть должна выбрать из данных о состоянии пациента, которые приходят на её вход, соответствующий для них образец лечения (если он имеется) или оповестить о том, что входные данные не соответствуют ни одному из образцов, хранящихся в памяти сети. Математически работу сети можно представить так:

$$x = \{x_i : i = 0 \dots n - 1\}$$

где n – число нейронов в сети и размерность входных и выходных векторов. Каждый элемент x_i равен либо $+1$, либо -1 , далее представим вектор, описывающий k как образец, через X_k , а его компоненты, соответственно, – x_{ik} , $k=0 \dots m-1$, m – число образцов. Когда сеть определит, какой образец, заложенный в системе, соответствует введённым в нее данным, на ее выходе будут содержаться следующие значения:

$$Y = X_k,$$

$$Y = \{y_i : i = 0, \dots, n - 1\},$$

где Y – вектор выходных значений сети. Сеть выдаст ошибку, если ни один из образцов не соответствует введённым данным

Таким образом, в статье, кратко описано, как применение нейронных сетей для автоматизации работы систем с БОС может освободить облегчить работу врачей с пациентами, у которых диагностированы неврологические заболевания.

Список литературы.

1. С. Короткий, Нейронные сети: алгоритм обратного распространения.

2. С. Короткий, Нейронные сети: обучение без учителя. Artificial Neural Networks: Concepts and Theory, IEEE Computer Society Press, 1992.
3. Ф.Уоссермен, Нейрокомпьютерная техника, М.,Мир, 1992.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

Ефимов Д. А., Никитина А. Д.

Научный руководитель: Алексеева С.В.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург*

***Аннотация.** Рассматривается задача математического моделирования свободного и ограниченного роста некоторой биологической популяции в двух случаях, а именно, когда темп роста не зависит от численности популяции и равен постоянной величине, и когда темп прироста линейно уменьшается с увеличением ее численности.*

***Ключевые слова:** математическое моделирование, рост популяций, дифференциальные уравнения.*

Предположим, что численность некоторого биологического вида в момент времени $t = t_0$, составляет N_0 единиц, а $N(t)$ – количество единиц этого вида в момент времени $t \geq t_0$. Тогда скорость прироста популяции характеризуется производной $N'(t)$. Величина $\frac{N'(t)}{N(t)}$ представляет собой относительный темп прироста данного биологического вида.

С учётом допущения о неизменности относительного темпа роста заключаем, что $\frac{N'(t)}{N(t)} = r$ является постоянной величиной. Получаем дифференциальное уравнение $N'(t) = rN(t)$, которое является математической моделью изменения численности популяции со свободным ростом. Это уравнение является уравнением с разделяющимися переменными. Интегрируя это уравнение, запишем общее решение:

$$N(t) = Ce^{rt}$$

где C – произвольная постоянная. Исходя из начальных условий $N(t_0) = N_0$, находим решение задачи Коши, а именно:

$$N(t) = N_0 e^{-rt_0} e^{rt} = N_0 e^{(t-t_0)r}$$

Таким образом, заключаем, что численность популяции изменяется по экспоненциальному закону. Очевидно, что неограниченно возрастать популяция не может. Будем учитывать внутривидовую конкуренцию,

полагая, что коэффициент воспроизводства не является константой, а зависит от численности популяции, уменьшаясь по мере ее роста.

Построим вторую модель при условии, что относительный темп прироста уменьшается с ростом количества единиц популяции. С учетом допущения о линейной зависимости, математически этот факт можно записать в виде дифференциального уравнения $\frac{N'(t)}{N(t)} = r - bN(t)$, где постоянная $b > 0$.

Отсюда получаем дифференциальное уравнение первого порядка вида:

$N'(t) = rN(t) - bN^2(t)$, это уравнение Бернулли, интегрируя которое с помощью подстановки Бернулли $N(t) = u(t)v(t)$, получаем общее решение

$$N(t) = \frac{re^{rt}}{c + be^{rt}}. \text{ С учётом начального условия } N(t_0) = N_0 \text{ находим, что}$$

$$c = \frac{r - bN_0}{N_0} e^{rt_0}.$$

Тогда решением задачи Коши будет:

$$N(t) = \frac{rN_0e^{rt}}{bN_0e^{rt} + (r-b)e^{rt_0}} = \frac{rN_0e^{r(t-t_0)}}{bN_0(e^{r(t-t_0)} - 1) + r} = \frac{kN_0e^{r(t-t_0)}}{k + N_0(e^{r(t-t_0)} - 1)}, \text{ где } k = \frac{r}{b}$$

Решим задачу для конкретных значений числовых параметров.

Положим, что:

$$t_0 = 25(\text{час}), N_0 = 46(\text{ед.}), r = 1,4(\text{час}^{-1}), k = 75$$

Тогда дифференциальное уравнение, описывающее свободный рост численности популяции примет вид $N'(t) = 1,4N(t)$. С учётом заданных начальных условий получаем решение задачи Коши для данного дифференциального уравнения $N(t) = 46e^{1,4(t-25)}$.

Для ограниченного роста численности популяции аналитическое решение $N(t) = \frac{3450e^{1,4(t-25)}}{75 + 46(e^{1,4(t-25)} - 1)}$.

Численное решение дифференциального уравнения было выполнено методом Эйлера с шагом равным 0,1. Сравнение аналитически и численно полученных решений представлено на рис. 1

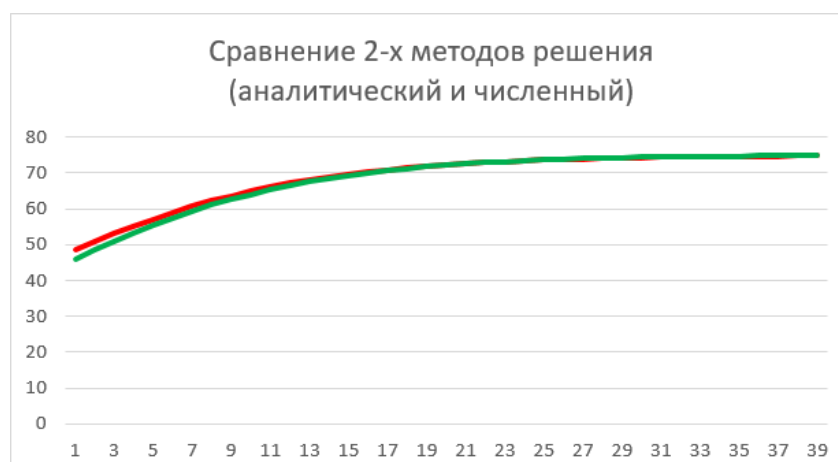


Рисунок 1. Графики аналитического и численного решений уравнения

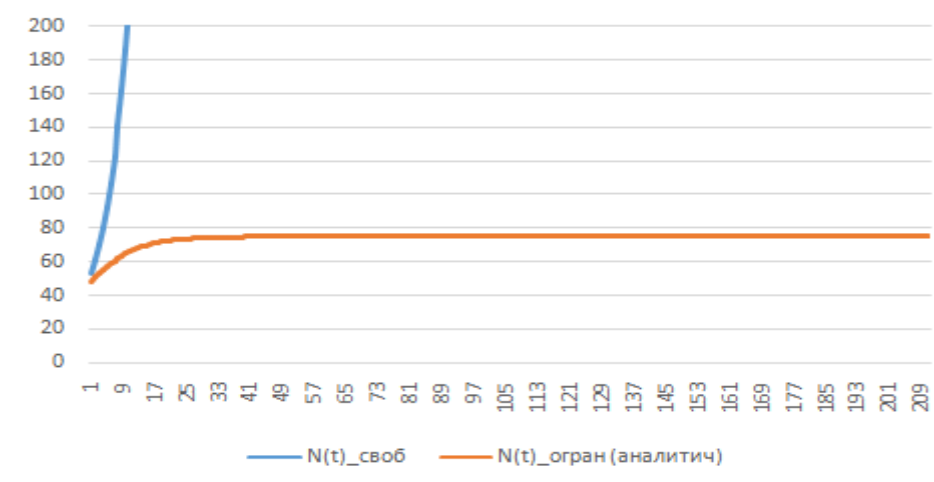


Рисунок 2. Изменение численности популяции для свободного и ограниченного роста

Из рис.2 заключаем, что в случае свободного роста, численность популяции неограниченно возрастает. В случае ограниченного роста кривая изменения численности популяции входит в стационарный режим, приближаясь к значению $k = 75$.

Список литературы.

1. Методические пособия и контрольные задания по дисциплинам кафедры управления, автоматизации и системного анализа. [Электронный ресурс] URL: <http://gurov.vs58.net/>
2. В. Я. Гольдин, Г. А. Пестрякова, Нестационарная математическая модель роста населения Земли, Матем. моделирование, 1998, том 10, номер 3, 39–47
3. Введение в математическое моделирование. Учебное пособие. - М.: Логос, 2015. - 440 с.
4. Зайдель, А.Н. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: Учебное пособие / А.Н. Зайдель. - СПб.: Лань, 2016. - 304 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Пенезева Д.В.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Смирнов Ю.Д.

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. В настоящей статье рассматривается возможность использования специального программного обеспечения, на примере УПРЗА «Эколог», для проведения экологических исследований в области изучения влияния несанкционированных свалок на здоровье населения города Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: несанкционированные свалки, ТКО, программное обеспечение, УПРЗА «Эколог», загрязнение атмосферного воздуха.

В связи со стремительным ростом городов, и, как следствие, городского населения в городах России появилась новая проблема ликвидации и оценки влияния мест несанкционированного размещения твердых коммунальных отходов (далее ТКО), которые в 2018 году, согласно докладу об экологической ситуации в Санкт-Петербурге, занимали площадь равную 55,6 га в количестве 515 свалок. Из них было ликвидировано лишь 473 несанкционированные свалки, площадью 46,3 га [2]. Для сравнения приведены данные о несанкционированных свалках с 2016 по 2018 года в таблице 1.

Таблица 1 - Данные о несанкционированных свалках в СПб 2016-2018 года

Год	Кол-во выявленных несанкционированных свалок, шт.	площадь выявленных несанкционированных свалок, га	Кол-во ликвидированных свалок, шт.	Площадь ликвидированных свалок, га
2016	763	373,4	736	303,9
2017	1183	323	1143	301,1
2018	515	55,6	473	46,3

На начало 2019 года в городе почти 0,1% всей площади занимали несанкционированные свалки (если вести расчет с 2016 года по официальной статистике [2]).

Как известно, несанкционированные свалки вносят существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха, в том числе: закись азота N_2O , окись азота NO , двуокись азота NO_2 , четырехокись азота N_2O_4 , азотистый ангидрид N_2O_3 и азотный ангидрид N_2O_5 ; окиси углерода (CO); фенола (C_6H_6O); аммиака (NH_3); сероводорода (H_2S); метана (CH_4) и многих других газов способных привести к ослаблению иммунной системы человека, заболеваниям дыхательных путей и нервной системы. Требуется расчет воздействия отходящих газов на жителей, находящихся в непосредственной близости от места размещения несанкционированной свалки. Согласно «Статистическому сборнику 2018» в Санкт-Петербурге общая заболеваемость населения в возрасте от 0 до 14 лет болезнями органов дыхания составила 1611 человек, а нервной системы – 165 (на 1000 человек). Подростковое население (возраст 15-17 лет) на 1000 человек: болезни органов дыхания – 1771 человек, а нервной системы – 228. Население в возрасте от 18 лет и старше (на 1000 человек): болезнями органов дыхания страдает 385 человек, а нервной системы – 76 [3]. Конечно же, нельзя говорить, что только выбросы от несанкционированных свалок являются причиной заболеваемости жителей, но они вносят существенный вклад в увеличение количества выбросов, ухудшающих иммунную систему горожан.

При проведении мониторинга рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, и для разработки рекомендаций временных мер по снижению выбросов, предлагается использовать программное обеспечение УПРЗА «Эколог» (унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы), которая учитывает фоновые, климатические и иные параметры.

Данное программное обеспечение работает на единственной утвержденной в законе документе, предназначенном для проведения расчетов – Метод расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (далее МРР-2017). Методика позволяет учитывать характер выброса (стационарный или передвижной, организованный или неорганизованный), рельеф местности, климатические характеристики, высоту застройки, фоновые концентрации загрязняющих веществ, а также произвести расчеты расстояния от источника с максимальным значением выбросов [1]. Расчет рассеивания загрязняющих веществ по предложенной методике возможно проводить вручную, но при учете фоновых и климатических параметров это усложнено многими факторами. Поэтому для более быстрого проведения исследований используют программное обеспечение.

При проведении расчетов по загрязнению атмосферы от несанкционированных свалок необходимы данные об их местоположении

(район, город и координаты), карта-схема источника загрязнения в масштабе, справочные данные в Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды о климатических характеристиках исследуемого района (к ним относятся данные преобладающего направления ветра и средних температурах за летний и зимний периоды, а также сведения о коэффициенте температурной стратификации), данные о фоновых концентрациях наиболее распространённых веществ. Необходима информация об источнике выброса: тип – неорганизованный, высота (как правило принимают равную 2 м); ширина источника.

Расчетная область ведется на множестве точек, который заранее задается пользователем: отдельные точки; точки, описывающие границы зданий; узлы прямоугольных сеток в нескольких областях. Количество расчетных зон не ограничено.

В результате расчета будут представлены значения приземных концентраций (мг/м^3 или доли предельно допустимых концентраций (далее ПДК), а также карты изолиний приземных концентраций загрязняющих веществ.

При обнаружении несанкционированной свалки вблизи жилой застройки, с помощью данной методики и программному обеспечению УПРЗА «Эколог» существует возможность рассчитать на каком расстоянии от источника загрязнения атмосферы будет наблюдаться максимальная концентрация загрязняющих веществ в приземном слое для проведения временных мероприятий по предотвращению распространения загрязнителя, тем самым для улучшения состояния здоровья граждан данной территории.

Список литературы.

1. Приказ Министерства Природных Ресурсов и Экологии РФ от 6 июня 2017 года N 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_222765/ (дата обращения: 28.05.2020);
2. ДОКЛАД об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2018 году [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2019/08/12/42/doklad_zh_2018_EKOLOGIA2019.pdf (дата обращения: 28.05.2020);
3. Статистический сборник 2018. Основные показатели здравоохранения 2018 [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: [https://www.rosminzdrav.ru/ministry/61/22/stranitsa-979/statisticheskie-i-](https://www.rosminzdrav.ru/ministry/61/22/stranitsa-979/statisticheskie-i)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСАДКОВ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ ДОВЕРИЯ

Молодчий И.Н.

Научный руководитель: Хабаров С.П.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург*

***Аннотация.** Целью статьи является демонстрация альтернативного подхода в области прогнозирования метеорологических событий с использованием экспертных систем на основе байесовской сети доверия. В статье рассмотрен пример построения БСД, способной прогнозировать тип и вероятность осадков, с последующей реализацией в программной среде HUGIN. В выводе рассматриваются положительные и отрицательные стороны представленного подхода.*

***Ключевые слова:** HUGIN, байесовская сеть доверия, метеорология, прогноз погоды, климат.*

***Введение.** Современные методы прогнозирования состояний атмосферы основаны преимущественно на ее математических моделях, позволяющих с очень высокой точностью предсказать погоду на ближайшие 3-6 часов [1]. Однако такой подход требует подключения огромного количества экономических и вычислительных ресурсов, так как для решения данной задачи задействуются дорогостоящие средства сбора данных, такие как метеорологические спутники и оборудование для метеостанций, и мощные средства их обработки, которыми, как правило, являются суперкомпьютеры.*

Существует и другой подход, основанный на использовании экспертных систем, которые в качестве входных данных могут принимать не только краткосрочные данные типа температуры воздуха, атмосферного давления, но и долгосрочные факторы, такие как климатическая зона, время года, близость морей и океанов и другие. В этом случае появляется возможность на основании статистических данных или имеющегося опыта построить зависимости погодных характеристик от указанных выше факторов и установить степень влияния этих факторов. Реализовать данный подход целесообразно с использованием экспертной системы, основанной на использовании байесовской сети доверия, так как прогнозирование будущих

состояний атмосферы может быть обременено неопределенностью ее текущего состояния, которые не смогут учесть экспертные системы, основанные, например, на логике предикатов [2], или представляющие собой нейронную сеть [3].

Байесовская сеть доверия – это графовая вероятностная модель, в которой вероятность определяется как степень уверенности в истинности суждения. Эта модель применяется в тех областях человеческой деятельности, для которых характерно наличие неопределенности (недостатка информации) касательно конкретного события или множества событий, однако заранее известны обстоятельства и вероятность его возникновения вследствие этих обстоятельств.

Методика исследования. Построение байесовской сети доверия, как правило, начинается с определения объектов системы и их связей. Погодные характеристики зависят от множества факторов как долговременных (близость морей и океанов, высота над уровнем моря, рельеф и прочие), так и кратковременных (атмосферное давление, скорость и направление ветра, время года и прочие). Для составления прогноза осадков (прогнозируем тип и вероятность выпадения) были выбраны следующие объекты (приведенный список факторов не является исчерпывающим и может быть дополнен):

- Атмосферное давление;
- Близость морей и океанов;
- Климатическая зона;
- Сезон;
- Климат;
- Облачность;
- Температура воздуха;
- Тип осадков.

Прежде чем определять степень зависимостей каждого из факторов, необходимо определить состояния, в которых они могут находиться, и которые играют роль в прогнозировании типов и вероятности осадков.

Предположим, что осадки могут выпадать лишь в виде дождя, снега или не выпадать вовсе. Дождь наиболее вероятен в том случае, если температура воздуха выше пяти градусов Цельсия, а снег – если ниже. Вероятность осадков в нашей модели зависит от атмосферного давления и облачности. Чем выше атмосферное давление, тем выше вероятность антициклона, характеризующегося ясной и безветренной погодой, и ниже вероятность осадков. По этой причине можно выделить всего два состояния для атмосферного давления: ниже или выше нормы (760 мм рт. ст.). Говоря

про влияние облачности, нельзя не отметить, что некоторые виды облаков свидетельствуют скорее об отсутствии осадков [4], однако в нашей модели допускаем, что вероятность осадков зависит не от вида облаков, а от процента покрываемого ими неба: 85% и более – высокая облачность (вероятность осадков выше), ниже – низкая (шанс осадков ниже).

Климатообразующими факторами созданной модели являются близость морей и океанов и климатическая зона. Состояния, в которых может находиться климатическая зона, выберем на основе классификации климатических зон Бориса Павловича Алисова [5], в которой, однако, объединим экваториальную и субэкваториальную зоны в экваториальную, а также полярную и субполярную в полярную. Причина объединения – схожесть климатических условий. Близким расположением моря или океана назовем расстояние в пределах 500 км. Такой выбор обоснован различием климатов, например, Санкт-Петербурга и Твери, расстояние между которыми приблизительно 500 км [6]. Типы климатов выделим на основании классификации климатов Б.П. Алисова [5].

Зависимость температуры воздуха от климата и времени года очевидна, однако с облачностью дело обстоит иначе. В данном случае имеет место предположение, что в различные времена года осадки выпадают с различной обильностью. Основываясь на этом, можно сделать вывод о среднем уровне облачности в конкретный сезон.

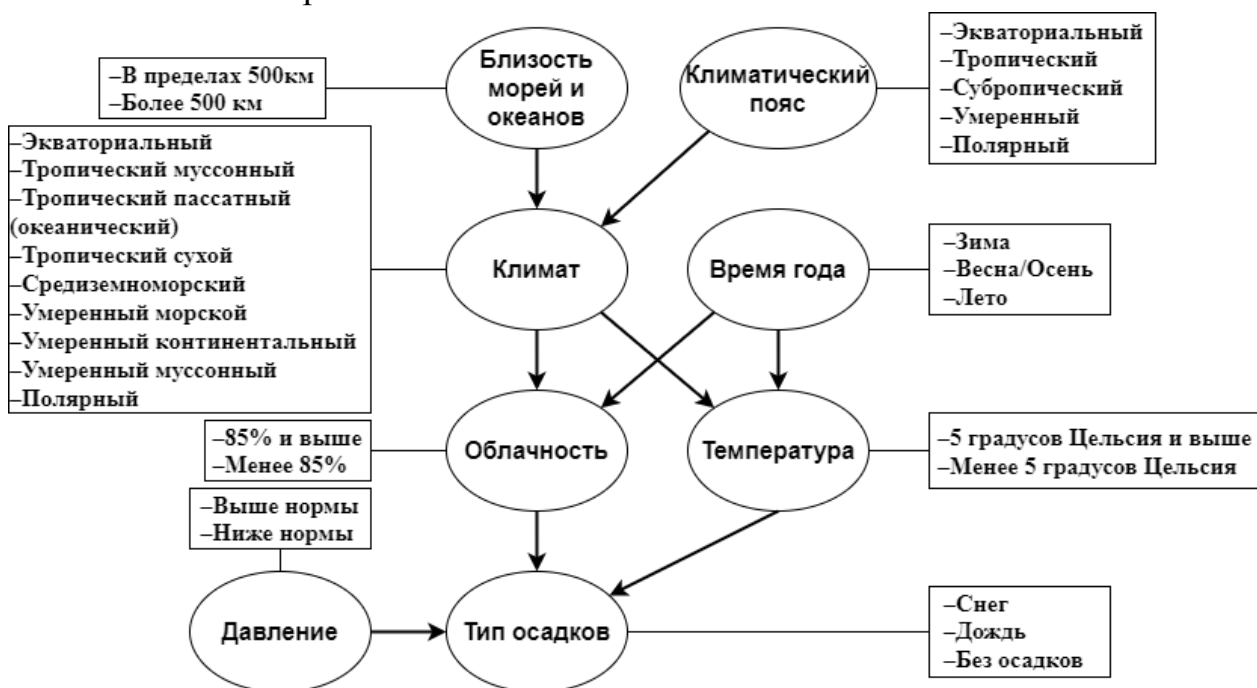


Рисунок 1. Факторы, их состояния и зависимости

Причинно-следственные зависимости выделенных факторов можно представить в виде схемы (рис. 1), где овалы с исходящими стрелками –

родительские вершины, с входящими – дочерние, а в прямоугольниках записаны состояния вершин.

В качестве программного средства, реализующего разработанную модель и позволяющего автоматизировать расчеты, воспользуемся программой Hugin Lite 8.8.

Для того, чтобы разработанная качественная модель превратилась в полноценную байесовскую сеть доверия, необходимо заполнить таблицу условных вероятностей вершин схемы [7]. В качестве примера рассмотрим таблицу условных вероятностей вершины "Тип осадков" (табл. 1). В таблице видно, что названия столбцов являются состояниями родительских вершин, а названия строк – состояния текущей. На пересечениях задаем условные вероятности состояний текущей вершины в зависимости от состояния родительских. Для вершин, не имеющих родительских, заполняются таблицы априорных (независимых) вероятностей.

Таблица 2

Таблица условных вероятностей графа "Тип осадков"

	Ниже нормы				Выше нормы			
	85% и выше		ниже 85%		85% и выше		ниже 85%	
	$\geq 5^{\circ}\text{C}$	$<5^{\circ}\text{C}$	$\geq 5^{\circ}\text{C}$	$<5^{\circ}\text{C}$	$\geq 5^{\circ}\text{C}$	$<5^{\circ}\text{C}$	$\geq 5^{\circ}\text{C}$	$<5^{\circ}\text{C}$
Снег	0.01	0.98	0.1	0.8	0.01	0.8	0	0
Дождь	0.98	0.01	0.8	0.1	0.8	0.17	0.05	0.05
Без осадков	0.01	0.01	0.1	0.1	0.19	0.3	0.95	0.95

Результат исследования. Реализовав разработанную схему в Hugin Lite 8.8 с заполнением таблиц условных вероятностей, перейдем к испытанию получившейся байесовской сети доверия, спрогнозировав выпадение осадков в Санкт-Петербурге в летнее время года.

Для этого необходимо определить такие факторы, как близость морей и океанов, климатическую зону, время год и атмосферное давление.

- Санкт-Петербург расположен на берегу Финского залива, по этой причине состоянию "в пределах 500 км" вершины "близость морей и океанов" зададим априорную вероятность 0.99.
- В соответствии с картой климатических зон Б.П. Алисова, Санкт-Петербург расположен в поясе умеренного климата. По этой причине атрибуту "умеренный" графа "климатическая зона" выставим вероятность 1.

- Предположим, что о давлении нам ничего не известно. В этом случае обоим атрибутам вершины "давление" зададим равную вероятность 0.5.
- Для вершины "время года" сделаем предположение, что лето уже заканчивается. В этом случае атрибуту "лето" присвоим значение вероятности 0.8, а атрибуту "весна/осень" – 0.2.

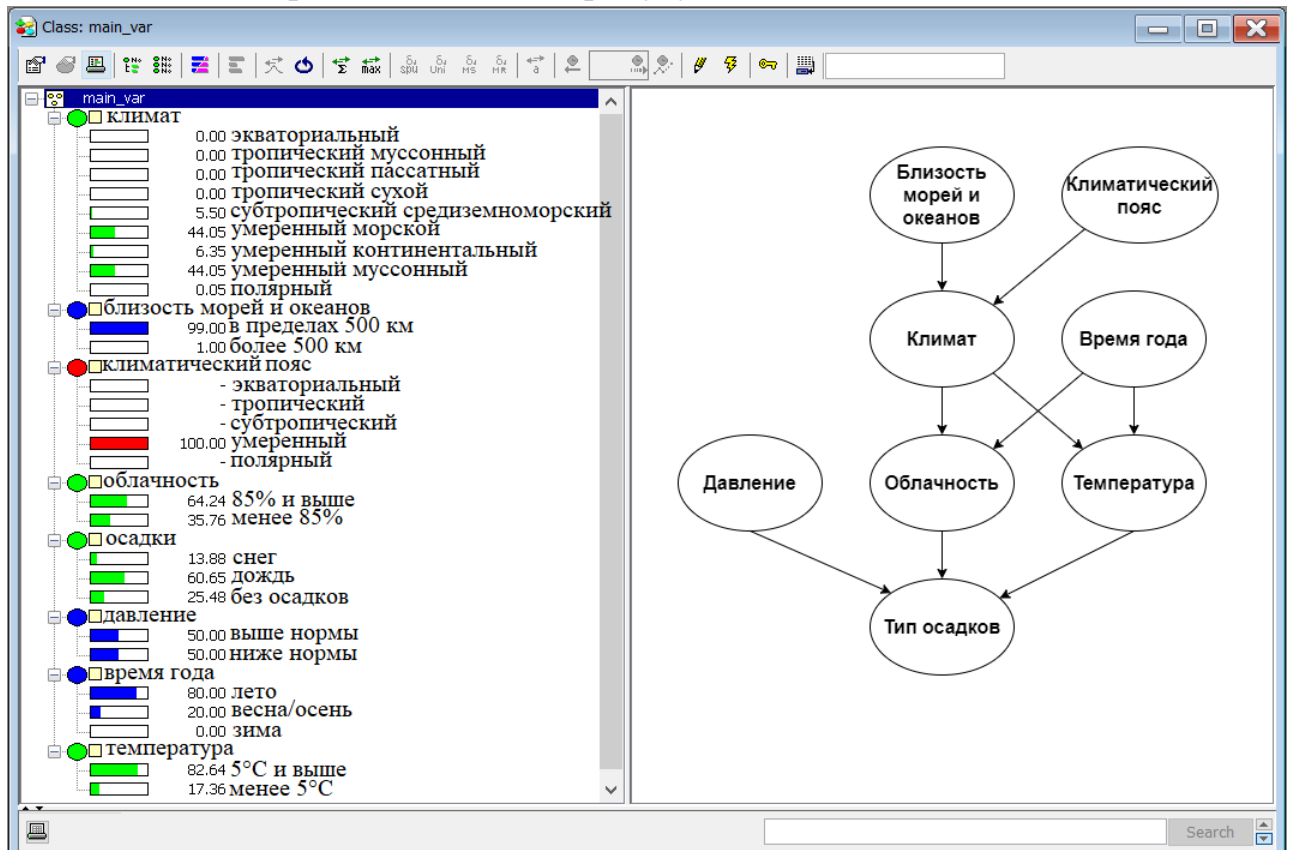


Рисунок 2. Расчет вероятности осадков

После запуска программы будет получен результат, представленный на рис. 2. Вершины "климат", "облачность", "осадки" и "температура" являются результатом расчета программы. Числа перед именами состояний – это вероятности возникновения этих состояний, выраженные в процентах.

Основываясь на исходных данных, байесовская модель представления знаний предполагает, что дождь в ближе к концу лета в Санкт-Петербурге стоит ожидать с вероятностью около 60%, отсутствие осадков возможно с вероятностью почти 25%, а вероятность выпадения снега – почти 14%.

Особенностью экспертных систем на основе байесовской сети доверия является возможность оценивать граф в обратном направлении. В контексте разработанной байесовской сети это означает, что, задав вероятность состояний для таких факторов, как тип осадков, температура воздуха, время года и близость к морю, программа сумеет предположить климатическую

зону, для которой будут характерны заданные состояния. Продемонстрируем это, задав единичные вероятности для:

- Состояния "без осадков" вершины "тип осадков";
- Состояния "5°C и выше" вершины "температура";
- Состояния "лето" вершины "время года";
- Состояния "более 500 км" вершины "близость морей и океанов".

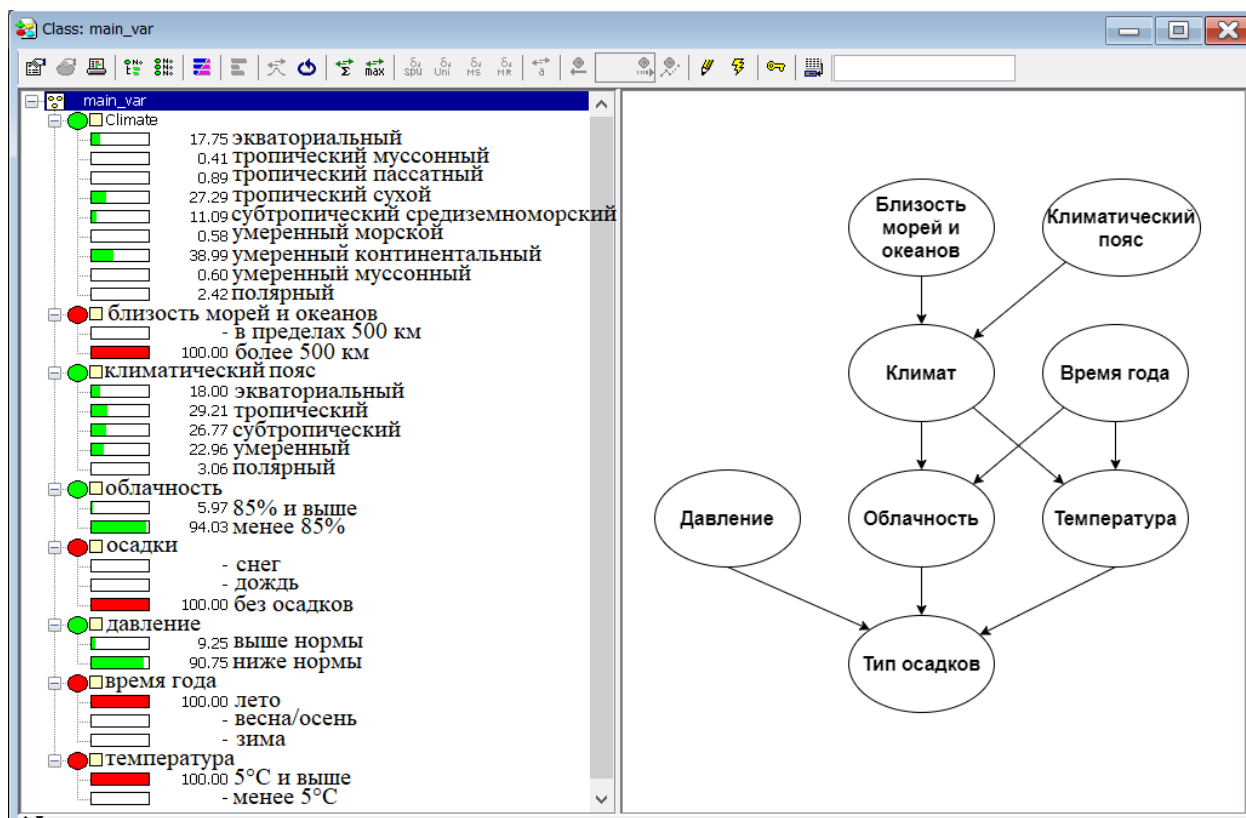


Рисунок 3. Определение климатического пояса

На основании введенных вероятностей программа определяет экваториальный климатический пояс с вероятностью 18%, тропический – 29%, субтропический – 27%, умеренный – 23% и арктический – 3%.

Выводы. Представленный подход к прогнозированию осадков способен значительно снизить траты на дорогостоящее оборудование. Он также может быть применен в случае, когда вычислительных ресурсов недостаточно для составления прогноза с использованием математических моделей атмосферы. Недостатком описанного подхода является недостаточная точность, ввиду чего он не может быть применен в тех случаях, когда необходима высокая точность (например, в авиации). Однако точность прогнозирования осадков на основе байесовских сетей доверия может быть увеличена путем добавления в модель новых факторов, увеличения количества состояний и корректировки таблиц условных вероятностей.

Также подход может быть использован в качестве дополнения численных методов прогнозирования.

Список литературы.

1. Вербицкая Е.М., Современные методы и технологии прогнозирования метеорологических параметров: метод. пособие. Хабаровск, 2018. 88 с.;
2. Хабаров С.П. Пушкарева Л.Г. Представление знаний в информационных системах. Использование среды P1E при проектировании баз данных и знаний [Электронный ресурс] : — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2019. — 66 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/117636>. — Загл. с экрана;
3. Заяц А.М., Хабаров С.П. Построение нейронной сети классификации ирисов Фишера на базе JavaScript // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. Вып. 226. С. 233–247;
4. Атлас облаков / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова; [Д. П. Беспалов и др.; ред.: Л.К. Сурыгина]. Санкт-Петербург: Д'АРТ, 2011. 248 с.;
5. Хромов С.П., Метеорология и климатология: учебник. 7-е изд. / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. 582 с.;
6. ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. Введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17 декабря 1980 г. N 5857: дата введения 1981-07-01.;
7. Хабаров, С.П. Интеллектуальные информационные системы [Электронный ресурс] / С.П. Хабаров. — Электрон. Текстовые дан. — Режим доступа: http://www.habarov.spb.ru/new_es/index.htm.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ НА ФОНОВОЕ СОСТОЯНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ТРЕВОЖНОСТИ

Лабес А. И.

Научный руководитель: Затенко С. И.

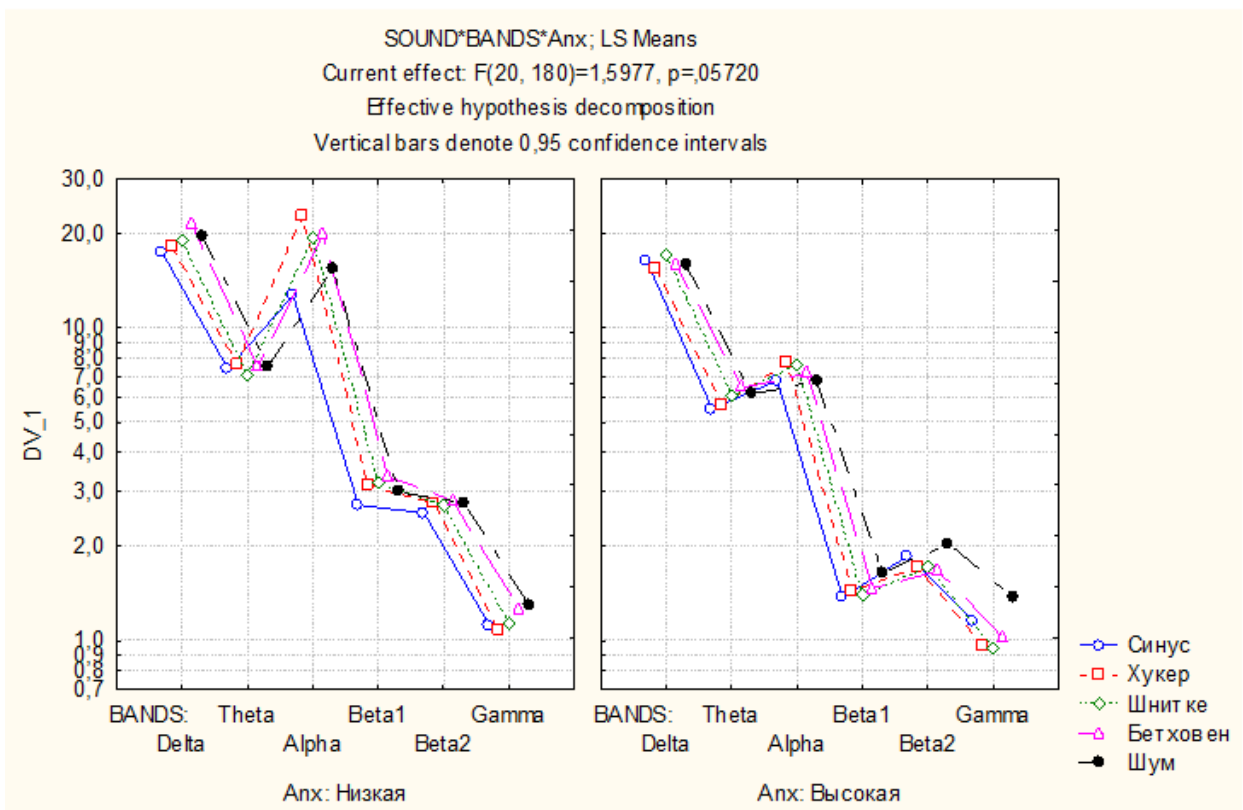
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. В данной статье приведен пример использования статистических методов в психофизиологических исследованиях головного мозга. Рассматривается исследование, в котором анализируется влияние звуковых сигналов на фоновое состояние головного мозга у испытуемых с разным уровнем тревожности.

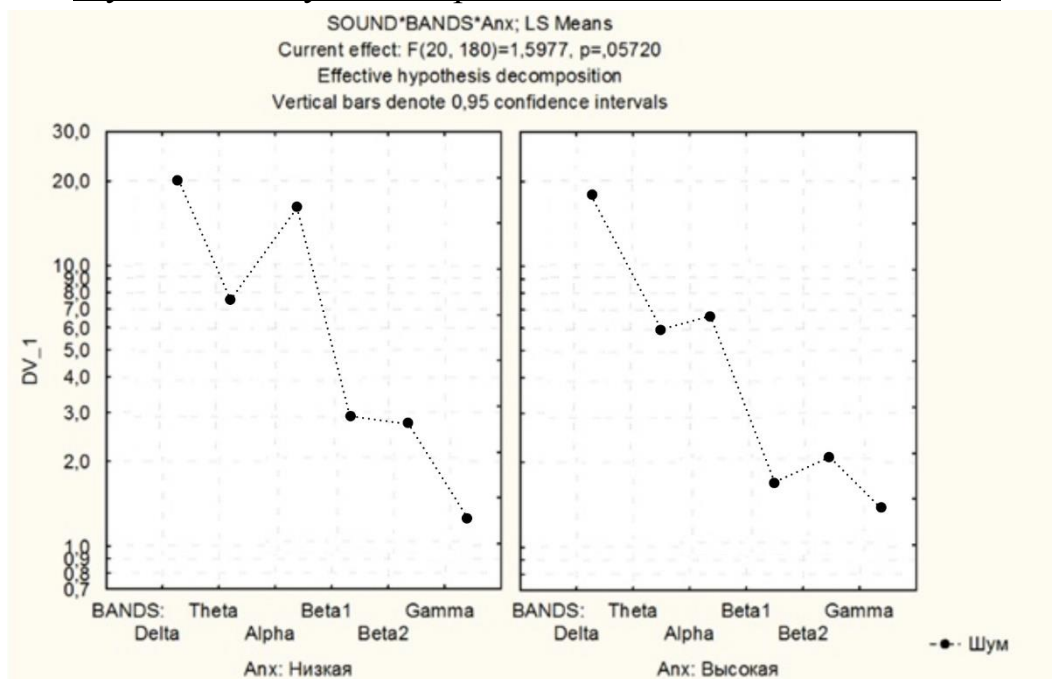
Ключевые слова: электроэнцефалограмма (ЭЭГ), мощность ЭЭГ, фоновое состояние головного мозга, критерий согласия Пирсона, проверка гипотез.

Психофизиологические исследования на сегодняшний день одни из самых популярных видов исследований головного мозга человека, потому что в ходе таких исследований ученые получают наиболее достоверные результаты. В частности, получение качественных результатов возможно благодаря методу электроэнцефалографии (ЭЭГ), при котором используются современные математические методы обработки и анализа данных [2].

В основе метода энцефалографии лежит измерение суммарной электрической активности нейронов головного мозга, что позволяет делать выводы о его функциональном состоянии [2]. Поскольку в преимущество метода входит также относительная простота использования и возможность проведения измерений в обычной научной лаборатории, метод ЭЭГ стал незаменимым при обучении студентов. Так, в рамках психофизиологического практикума студенты факультета Психологии СПбГУ приняли участие в проведении исследования, целью которого было проанализировать связь тревожности испытуемого и его физиологическую реакцию на различные звуковые сигналы. Сперва испытуемые прошли тест Спилбергера – Ханина на определение уровня тревожности. По результатам теста испытуемые были разделены на группу с высокими показателями тревожности и на группу, чья тревожность соответствовала норме. После чего у каждого испытуемого было проведено снятие ЭЭГ при воздействии различных звуковых сигналов (Синус, Хукер, Шнитке, Бетховин, Шум). С помощью электроэнцефалограммы были определены показатели мощности, которые характеризуют фоновое состояние головного мозга в момент снятия ЭЭГ, в разных частотных диапазонах: Delta, Theta, Alpha, Beta1, Beta2, Gamma. (таким образом были собраны статистические данные для проведения эксперимента). Далее в каждой из двух групп было посчитано выборочное среднее по каждому из пяти звуковых стимулов в различных частотных диапазонах.



Взаимосвязь средних значений мощностей ЭЭГ при разных типах звуковой стимуляции в различных частотных диапазонах.



Те же измерения отдельно для звукового сигнала «Шум». Взаимосвязь тревожности испытуемых и средних значений мощностей ЭЭГ в различных частотных диапазонах при звуковой стимуляции шумом.

Теоретическая гипотеза данного исследования заключалась в том, что звуковые стимулы будут сильнее влиять на фоновое состояние мозга у тревожных испытуемых. Экспериментальная гипотеза - мощность ЭЭГ

будет зависеть от степени тревожности испытуемых: у людей с высокой тревожностью мощность ЭЭГ будет ниже, чем у людей с низкой тревожностью.

Для проверки экспериментальной гипотезы используем критерий согласия Пирсона [1]. Для этого рассмотрим две независимые выборки $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ из генеральной совокупности X (мощность для разных диапазонов частот в тревожной группе), аналогично $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6$ выборка из генеральной совокупности Y (мощность для разных диапазонов частот не в тревожной группе). Пусть F_X, F_Y – функции распределения (не известные нам), соответствующие первой и второй с.в. Требуется принять или опровергнуть гипотезу $H_0 : F_X = F_Y$, выборки взяты из одной генеральной совокупности. Альтернативная гипотеза $H_1 : F_X \neq F_Y$.

Таким образом, чтобы показать, что эти данные действительно отличаются друг от друга, проверим гипотезу о том, что данные с низким и высоким ANX однородные по выборке. Альтернативная гипотеза, очевидно, говорит о том, что эти данные разные (имеют разные функции распределения). Для этого составим таблицу данных, изображенных на двух графиках. Возьмем средние значения у разных композиций и распределим по BANDS:

BANDS	DV_1	
	Низкий Anx	Высокий Anx
Delta	19,2	15,6
Theta	7,6	6,0
Alpha	15,1	7,2
Beta1	3,1	1,6
Beta2	2,8	2,0
Gamma	1,2	1,0
Сумма	49	33,4

Проверять гипотезу будем при уровне значимости $\alpha = 0.1$. Всего у нас $r = 6$ (6 групп). Найдем критическое значение критерия согласия Пирсона (хи-квадрат) при необходимом уровне значимости со степенями свободы $r - 1 = 5$:

$$R_{кр} = 9.24$$

Критерий R для проверки гипотезы H_0 имеет вид:

$$R = nm \sum_{j=1}^r \frac{1}{n_{j1} + n_{j2}} \left(\frac{n_{j1}}{n} - \frac{n_{j2}}{m} \right)^2, \quad (1)$$

где n, m – объемы выборок для группы с высокой anx и низкой anx соответственно; $n_{j(1;2)}$ – значения DV_1 в таблице выше.

Подставляя исходные данные в (1) получаем: $R = 1,07$

Так как $R < R_{кр}$ нулевая гипотеза принимается. То есть выборки этих данных однородны, поэтому мы не можем говорить о различиях между уровнем тревожности и восприятием музыки.

Таким образом, можно сделать вывод, что у тревожных людей мощность ЭЭГ не отличается от мощности ЭЭГ у людей с низким уровнем тревожности, то есть влияние звуковых стимулов на фоновое состояние головного мозга статистически одинаково для обеих групп.

Список литературы.

1. Калинина В. Н., Панкин В. Ф. Математическая статистика, Дрофа. Москва, 2002.
2. Чернышев Б. В., Чернышева Е. Г. Практические занятия по прикладной психофизиологии. Учебно-методическое пособие для студентов психологического факультета ГУ – ВШЭ. Москва, 2010

СЕКЦИЯ 6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРА И ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ БЛОКОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ

*Алексеева А.А. *, Ефромеев Н.М.*

**Научный руководитель: к.т.н., доц. Ефромеева Е.В.*

*Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН»*

***Аннотация.** Статья посвящена вопросу автоматизации процесса сбора и хранения информации, связанной с испытаниями блоков детектирования. Рассмотрены операции, выполняемые в процессе настройки и проверки блоков детектирования. Обоснована необходимость автоматизации данного процесса.*

***Ключевые слова:** блок детектирования, автоматизация, ТСРМ82.100.*

В организациях, где разрабатывается и производится широкая гамма дозиметрической и радиометрической аппаратуры проводятся многочисленные испытания блоков детектирования. Вся информация по испытаниям заносится в базу данных вручную. С другой стороны, с развитием вычислительной техники резко увеличились средства воздействия человека на изучаемые процессы [1, с. 12]. Автоматизация процесса сбора информации существенно повысит производительность труда персонала, освободит его от рутинных операций, возможно, даже приведет к необходимости сокращения численности работников [2].

Рассмотрим изделие ТСРМ82.100, представляющее из себя детектор фотонного (гамма- и рентгеновского) излучения и являющееся основным для всех исполнений системы радиационного мониторинга ТСРМ82.

Снизить непроизводственные затраты при выпуске и информационном сопровождении изделий ТСРМ82.100 можно за счет автоматизации основных технологических операций. Актуальность проведения автоматизации технологических процессов при выпуске данного изделия обуславливается относительно большим объемом выпуска (более 1000 шт. в год), что позволяет рассчитывать на существенное сокращение суммарных непроизводственных затрат даже при незначительном сокращении удельных затрат за счет автоматизации выполняемых операций. Кроме того, данный блок детектирования является базой для вновь разработанных систем

(ТСРМ86, ТСРМ92 и ТСРМ84), в которые он вошел лишь с незначительными изменениями в виде исполнений.

С каждым блоком ТСРМ82.100 в процессе настройки и проверки выполняется ряд операций, которые можно условно разделить на две группы: первоначальная настройка и температурная калибровка.

При этом значительная доля всей работы производится вручную, что требует достаточно больших временных затрат [3] инженерного состава подразделения. Автоматизация процессов при настройке и проверке, прежде всего, должна быть направлена на снижение времени непосредственного участия сотрудников подразделения при выполнении технологических операций, снижение доли ручного труда и снижение требований к квалификации сотрудников, занятых в указанных операциях.

Для сохранения данных о блоках детектирования используют базу данных, созданную в MS Access, которая используется на всех этапах работы с блоками детектирования, выпуска систем и сопровождения в эксплуатации. В ходе первоначальной настройки ТСРМ82.100 по каждому блоку в базу данных заносятся технические параметры, входящего в состав ФЭУ; производится инициация внутренних параметров блока первоначальными значениями; осуществляется проверка амплитуды на выходе блока при облучении его излучением Cs-137 (энергия 661,6 кэВ) при номинальном значении напряжения питания ФЭУ, которая используется далее как контрольное значение; настройка амплитуд от Cs и светодиода и фиксирование их относительного положения при замкнутой петле обратной связи (при включенной автоматической регулировке чувствительности (АРЧ)).

Все операции данного этапа выполняются вручную, с использованием технологического программного обеспечения. Увеличение числа одновременно проверяемых блоков на данном этапе не даёт выигрыша во времени выполнения операций, однако для последующих этапов настройки выгоднее выполнять все операции для групп по 8 блоков детектирования (исходя из производительности технологического оборудования).

Перечень работ, проводимых на этапе первоначальной настройки ТСРМ82 с указанием примерных трудозатрат представлен в таблице 1. Все операции по первоначальной настройке выполняются с участием или при присутствии человека. Кроме того, исполнитель должен хорошо разбираться во всех рабочих параметрах блоков детектирования, т.е. требуется определенный уровень квалификации.

Таблица 1 – Этап первоначальной настройки блока детектирования

п/п	Наименование операции	Время операции	Время работника
		на 1 блок / на 8 блоков, ч	
1	Запись характеристик блока детектирования в базу данных	0,05 / 0,4	0,05 / 0,4
2	Подключение блока, запись первоначальных параметров	0,05 / 0,4	0,05 / 0,4
3	Проверка амплитуды на выходе блока от источника ^{137}Cs	0,05 / 0,4	0,05 / 0,4
4	Настройка амплитуды Cs высоким напряжением	0,05 / 0,4	0,05 / 0,4
5	Настройка амплитуды светодиода и определение заданного отклика	0,08 / 0,64	0,08 / 0,64
6	В режиме ручного АРЧ установить амплитуду светодиода	0,05 / 0,4	0,05 / 0,4
Итого этап		0,33 (20 мин) / 2,64 (2 ч 38 мин)	0,33 (20 мин) / 2,64 (2 ч 38 мин)

Перечень работ, проводимых на этапе температурной калибровки ТСРМ82.100 с указанием примерных трудозатрат представлен в таблице 2. Для автоматизации работ при температурной калибровке необходимо адаптировать алгоритм первоначальной настройки, что позволит выполнять калибровку практически без участия человека. Требуется получать калибровочные точки в непрерывном режиме (не дожидаясь выхода блока детектирования на режим) и затем отбрасывать лишние. Это, в конечном итоге позволит сократить время работы программы автоматизированной проверки даже по сравнению с проверкой квалифицированного специалиста в ручном режиме. При использовании камер типа МС811, кроме того, исчезнет необходимость точно соблюдать график перевода режимов, несоблюдение которого часто приводит к дополнительным затратам времени.

Таблица 2 – Этап температурной калибровки блока детектирования

п/п	Наименование операции	Время операции	Фактическое время работника
		на 1 блок / на 8 блоков, ч	
1	Установить блоки детектирования в камеру, задать температурный режим	0,5 / 0,8	0,5 / 0,8
2	Запустить программу автоматической калибровки, проверить отклик	0,05 / 0,4	0,05 / 0,4
3	Провести калибровку	8,5 / 12	0,5 / 4,0
4	Выгрузить блоки из камеры	0,5 / 0,8	0,5 / 0,8
5	Занести данные калибровки в базу данных	0,05/0,4	0,05/0,4
Итого этап		9,6 (9 ч 36 мин) / 14,4 (14 ч 24 мин)	1,6 (1 ч 36 мин) / 6,4 (6 ч 24 мин)

Автоматизация позволит при незначительном снижении общего времени проведения температурной калибровки (при расчете на партию из 8 блоков детектирования) уменьшить время непосредственного участия человека в процессах настройки более чем в 2 раза. Выигрыш во времени составит более 3,5 часа на каждые 8 блоков ТСРМ82.100. Непосредственный вклад автоматизации процесса на данном этапе составит 0,05 чел*ч на блок, т.е. 50 чел*ч на партию из 1000 шт.

Таким образом целесообразно использовать автоматизацию процесса, так как генерируется большой объем информации, который может быть повторно и многократно использована, что позволит сократить время непосредственного участия исполнителя. В абсолютных значениях автоматизация процесса позволит снизить трудозатраты на 400 чел*часов в партии из 1000 блоков детектирования, что в реальности даст снижение трудозатрат на 600 – 800 чел*часов в год.

Список литературы.

1. Ефромеева Е.В. Основы исследований операций в машиностроении : учебное пособие/ Е.В. Ефромеева. – М.: ГОУ ВПО МГТУ «Станкин», 2009. – 104 с.
2. Барынин А.О. Использование информационных технологий для решения прикладных задач приборостроения // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2006. № 29. С. 222-227.
3. Ефромеева Е.В., Смирнова И.А. Автоматизированная система для управления работой по поиску информации на основе анализа обработанных обращений // Вестник МГТУ Станкин. 2019. № 1 (48). С. 118-121.

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ
УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ
ПРИ РАСЧЕТЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ**

Беховская А.А.

Научный руководитель: Губенко Л.А.

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В.
Ломоносова, Архангельск*

Аннотация. В статье рассмотрен пример теплотехнического расчета узла конструкции с моделированием температурных полей в программном комплексе «ELCUT»

Ключевые слова: теплотехнический расчет, температурное поле, точка росы, ELCUT, метод конечных элементов.

На сегодняшний день к современным зданиям предъявляются высокие требования по теплозащите. Одним из нормативных документов, регламентирующих данный вопрос, является СП 50.13330.2012. Методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче требует расчета температурных полей каждого узла ограждающей конструкции [1].

В большинстве случаев в конструкциях всегда есть участки, включающие в себя элементы с высокой теплопроводностью. Это способствует появлению так называемых «мостиков холода» [2]. Чаще всего они располагаются в местах сопряжения различных конструкций: цокольных перекрытий к стенам, подоконников к окнам, кровельных покрытий к парапетам и т.д.

Для многослойных ограждающих конструкций, имеющих в своем составе теплотехнические неоднородности, необходимо производить расчет двумерных и трехмерных температурных полей. Одним из наиболее удобных комплексов для выполнения подобного расчета является программа «ELCUT». Решение тепловых задач производится методом конечных элементов [3].

Рассмотрим пример расчета (рисунок 1). На рисунке можно выделить участки, на которых температура будет больше температуры расчетной точки росы – это стена и перекрытие. Однако именно на стыке данных конструкций наблюдается значительное снижение температуры.

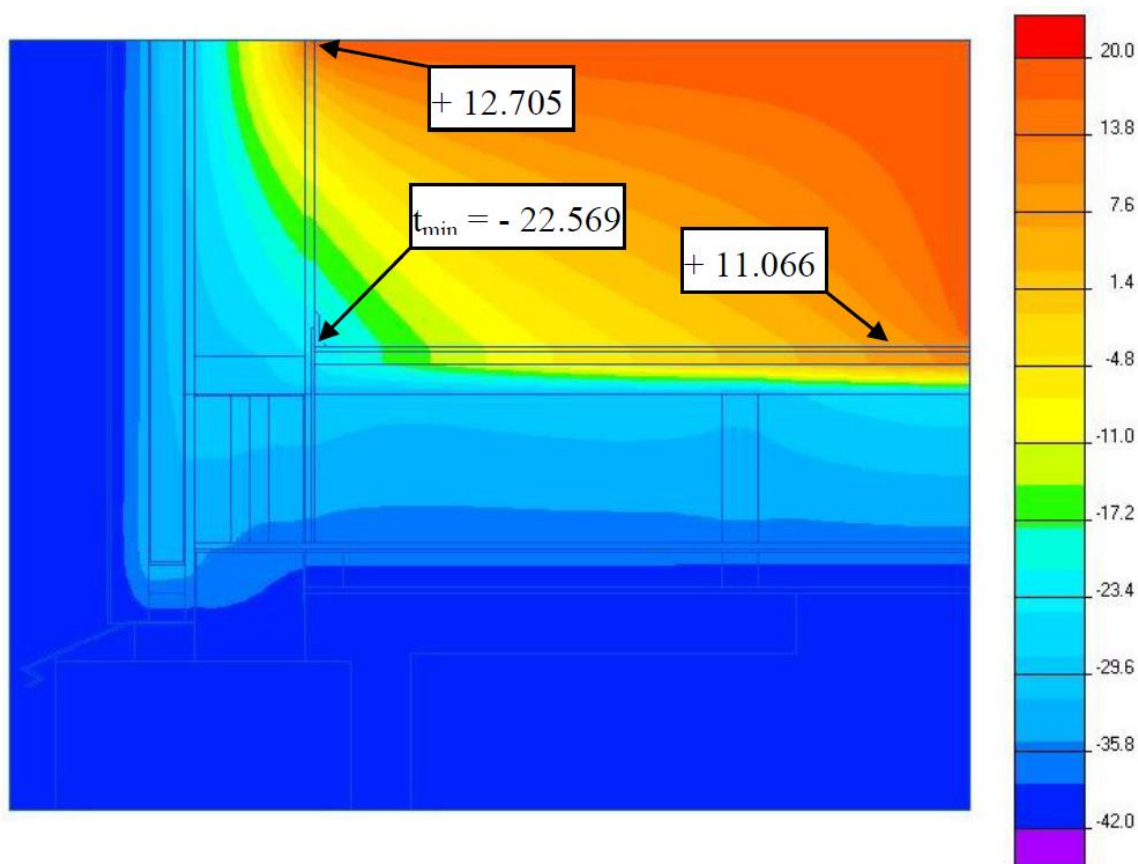


Рисунок 1. Результат расчета температурного поля узла примыкания цокольного перекрытия к стене

Повышенная теплоотдача на данном участке может привести к таким негативным последствиям, как промерзание конструкции, образование конденсата, накопление влаги с последующим образованием плесневого грибка.

Компьютерное моделирование температурных полей позволяет точно определять участки с «мостиками холода», вычислять потери теплоты, учитывать неоднородности в ограждающих конструкциях.

Список литературы.

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением №1). [Электронный ресурс] // Консорциум Кодекс – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [сайт]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095525> (Дата обращения 30.05.2020)
2. ГОСТ Р 54851-2011. Конструкции строительные ограждающие неоднородные. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче. [Электронный ресурс] // Консорциум Кодекс – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [сайт]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54851-2011> (Дата обращения 30.05.2020)
3. ELCUT 6.4. Руководство пользователя. [Электронный ресурс] // ELCUT – программа моделирования [сайт]. URL: https://elcut.ru/downloads/manual_r_pocket.pdf (Дата обращения 30.05.2020)

**РАСЧЁТ КОНДИЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ СПОРТСМЕНА В
БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ ДОВЕРИЯ**

Игнатьева Т.И.

Научный руководитель: Хабаров С.П.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М.Кирова, Санкт-Петербург*

Аннотация. Предложен подход к формированию модели представления знаний по исследованию спортивных достижений на основе байесовских сетей доверия в среде Hugin.

Ключевые слова: байесовские сети доверия, условные вероятности, случайные события, причинно-следственные связи.

Любой спортивный результат характеризуется победой или же проигрышем. Характерные черты спортивных результатов заключаются в том, что если на сегодняшний момент наивысшие достижения под силу только маленькой группе талантливых спортсменов, то через несколько лет они становятся достоянием все более и более широкой массы занимающихся.

Достижение таких результатов можно предвидеть и даже рассчитать, используя байесовские сети доверия (БСД).

Байесовские сети доверия являются эффективным, компактным и интуитивно понятным способом представления знаний, связанных с неопределенностью. По определению Экермана, сетью доверия Байеса называется графическая модель, которая отображает вероятностные

зависимости множества переменных. Она позволяет проводить вероятностный вывод с помощью этих переменных. Для БСД иногда используется название - причинно-следственная сеть, т.е. здесь случайные события соединены причинно-следственными связями [1,2].

В предлагаемой статье показано как с помощью сетей доверия Байеса, может быть получен результат расчёта кондиций и результатов спортсмена. Соединения причинно-следственными связями позволяют как можно проще оценивать вероятности событий. В рассматриваемой ситуации оценивание чаще всего совершается в направлении от "наблюдателя" к "наблюдению", или от "эффекта" к "следствию" (такое направление сложнее оценить, чем направление "следствие → эффект", то есть в направлении от следствия). На рис.1 представлена схема четырехуровневой БСД, на которой изображено качественное представление байесовской сети доверия.



Рисунок 1. Модель представления знаний о достижении кондиций и результатов спортсменом

Здесь отображена условная независимость событий "training" и "giftedness" от воздействующих на них групп событий.

Вероятность пребывания вершины "result" в различных состояниях зависит от состояний вершин "training" и "giftedness" и определяется выражением:

$$p(e_k) = \sum_i \sum_j p(e_k | c_i, d_j) \times p(c_i, d_j), \quad (1)$$

где $p(e_k | c_i, d_j)$ – условная вероятность пребывания вершины "result" в состоянии (e_k) в зависимости от состояний (c_i, d_j), в которых находятся вершины "training" и "giftedness". Но так как события, представленные

вершинами "training" и "giftedness" являются независимыми, то есть между ними отсутствует причинно-следственная связь, то их совместная вероятность может быть представлена в виде

$$p(c_i, d_j) = p(c_i) * p(d_j), \quad (2)$$

Для количественного представления БСД определены условные вероятности [3,4], значения которых сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Значения условных вероятностей

Result				
giftedness	yes		no	
Training	yes	no	yes	no
win	1	0	0.9	0
lose	0	1	0.1	1

Значения, приведенные в таблице 1, определяют результаты вывода расчета логических суждений (см. рис. 2).

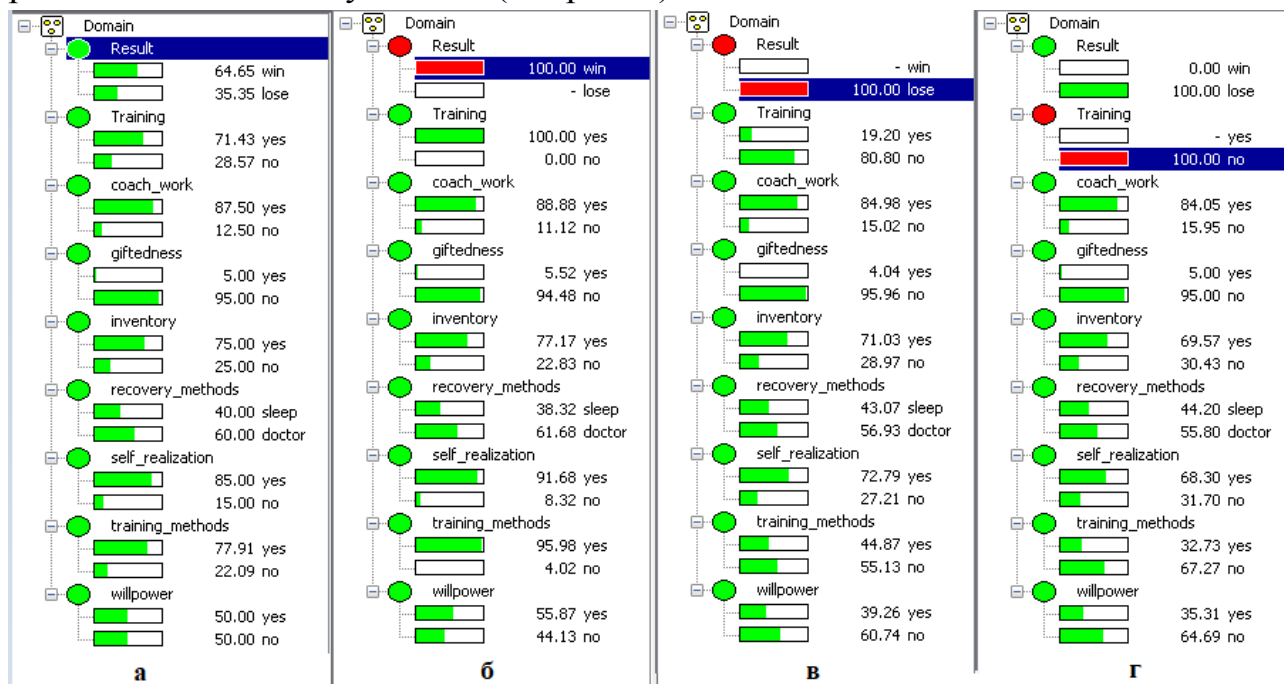


Рисунок 2. Результаты вывода расчета логических суждений.

Разработанная модель представления знаний с использованием БСД позволяет сделать вывод о вероятности выигрыша 64,6% и проигрыша 35,4%, при соответствующих значениях других показателей (подготовка спортсмена, современная методика тренировок, работа тренера и др.) (рис.2 – а).

Наибольшее влияние на 100% выигрыш спортсмена влияют такие показатели, как подготовка спортсмена (100%), самосовершенствование (91%) и современные методики тренировочных нагрузок (95%). (рис.2 – б).

Если спортсмен будет меньше времени уделять тренировочным нагрузками, не проявлять свою силу воли, то будет спад его подготовки, а

отсюда как следствие – с наибольшей вероятностью его будет ожидать проигрыш. (рис.2 – в).

Когда спортсмен полностью прекратит физическую активность (свои нагрузки), не будет самосовершенствоваться, а будет рассчитывать только на работу тренера, то проигрыша будет не избежать (100%). (рис.2 – г)

Следует отметить, что сколько бы тренер не прикладывал своих усилий – 84-87% (рис. 2 – а, б, в, г), только от самого спортсмена зависит его успех (или же поражение). Тренер лишь добивается необходимого развития способностей. Ни один из самых одаренных спортсменов (5%) не сможет достичь высоких результатов без упорного труда.

Заключение

Представленный подход в использовании байесовских сетей доверия показывает, что их можно успешно применять для моделирования ситуаций, содержащих неопределённость, в которых вероятности событий соединены причинно-следственными связями при определении кондиций и результатов спортсмена.

Список литературы.

1. Хабаров С.П., Шалаев Е. И., Васильев С.П. Реализация модуля логического вывода в составе информационной системы классификации растений. // Сборник научных трудов "Информационные системы и технологии: теория и практика" – СПб.:СПбГЛТУ, 2016. № 8. – с.99-109
2. Хабаров С.П. Интеллектуальные информационные системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: открытый ресурс; постоянный адрес в Интернет: – http://www.habarov.spb.ru/new_es/index.htm – Загл. с экрана
3. Заяц А.М., Хабаров С.П. Построение нейронной сети классификации ирисов Фишера на базе JavaScript // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. Вып. 226. С. 233–247. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.226.233-247
4. Хабаров С.П. Пушкарева Л.Г. Представление знаний в информационных системах. Использование среды PИE при проектировании баз данных и знаний [Электронный ресурс]: — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2019. — 66 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/117636>. — Загл. с экрана.

РАЗРАБОТКА БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ ДОВЕРИЯ ПО ДИАГНОСТИКЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОМПЬЮТЕРА В СРЕДЕ HUGIN

Каримов Б.М.

Научный руководитель: Хабаров С.П., Пушкарева Л.Г.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург*

Аннотация. В статье описывается построение экспертных систем на основе байесовских сетей доверия (БСД), методы их реализации и приемы работы с ними в системе HUGIN. Разработана и исследована экспертная система для проведения диагностики компьютерных неисправностей.

Ключевые слова: HUGIN, БСД, неисправность, компьютер.

Введение. Современные интеллектуальные информационные системы используют широкий набор моделей представления знаний: от простейших систем продукций [1, 2] и моделей на базе логики предикатов [3], до искусственных нейронных сетей [4, 5]. Отдельным направлением являются модели представления знаний на основе байесовских сетей доверия и диаграмм влияния. Положительным аспектом является их реализация в виде коммерческих программных продуктов, таких как AgenaRisk [6] и Hugin [7].

Байесовская сеть доверия (БСД) – графическая вероятностная модель, представляющая собой множество переменных и их вероятностных зависимостей. Они используются в тех областях, которые характеризуются наследованной неопределённостью, возникающих в случаях, когда:

- нет полного понимания предметной области;
- имеется неполнота знаний;
- в задаче имеется фактор случайности.

Система HUGIN является программной реализацией системы принятия решений на основе байесовских сетей доверия. Она имеет развитый внешний интерфейс и позволяет достаточно просто создавать базы знаний (БЗ) и фактов, предлагая два основных режима работы:

- режим редактирования и построения причинно-следственной сети, а также заполнения таблиц условных вероятностей, являющихся количественным описанием БЗ;
- режим расчёта вероятностных оценок для принятия решения по всем событиям, входящим в причинно-следственную сеть.

Данная оболочка для построения экспертных систем (ЭС) содержит все основные функции любой информационной системы.

Постановка задачи. В данной работе рассмотрен подход к построению простейшей ЭС по диагностике компьютерных неисправностей, которая может быть смоделирована байесовской сетью доверия, содержащей десять вершин событий (табл. 1).

Таблица 1. Состояние вершин событий модели БСД

Вершины событий модели БСД		Состояния вершин событий		
	Имя	Идентификатор	Рабочее	Нерабочее
1	Блок питания	PowerSup	PowerTrue	PowerLost
2	Центр. процессор	CPU	CPUTrue	CPULost
3	Оперативная память	MEM	MEMTrue	MEMLost
4	Видеокарта	Videocard	VideoTrue	VideoLost
5	Шлейф жесткого диска	Plume	PlumeTrue	PlumeLost
6	Жесткий магнитный диск	MDisk	MDiskTrue	MDiskLost
7	Включение	Turn	ErrorTurnTrue	ErrorTurnLost
8	Нерабочий монитор	Error_Monik	PictureYes	PictureNo
9	Жесткий диск	Hard	HardTrue	HardLost
		Состояние вершины событий Comp		
		Не включается	Включается, но работает плохо	Включается и работает
10	Компьютер(Comp)	DontStart	StartWithoutStable	Start

Для построения полноценной модели представления знаний о данной предметной области необходимо установить причинно-следственные связи между событиями, которые описывают знания эксперта о том, что на шанс работоспособности компьютера влияет выход из строя тех или иных узлов компьютера. В итоге исходная модель байесовской сети доверия будет иметь следующий вид (Рис. 1):

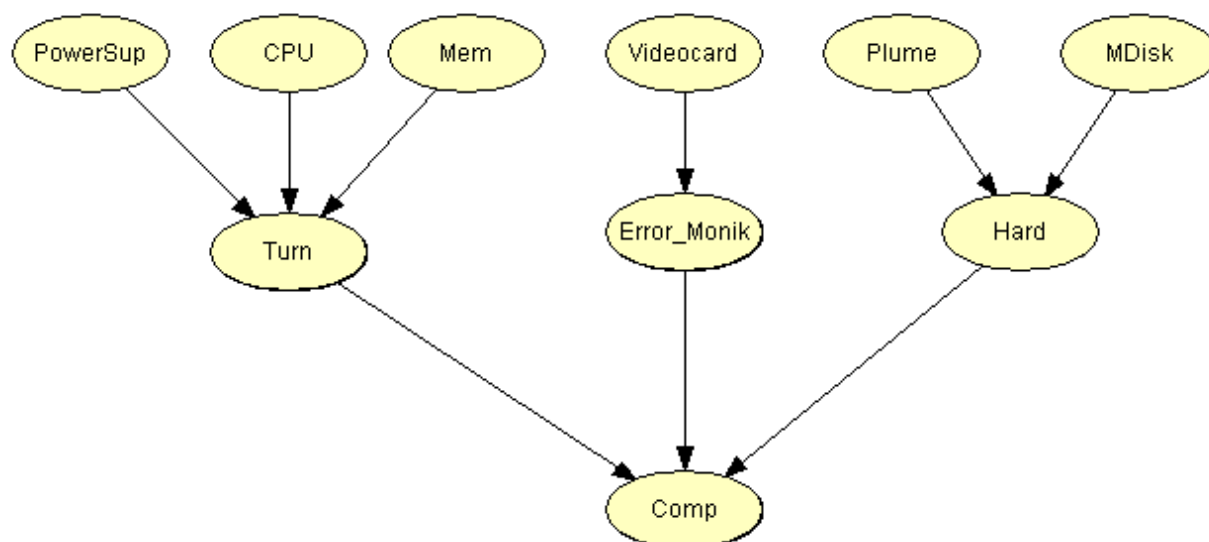


Рисунок 1. Байесовская сеть доверия

При наличии причинно-следственной зависимости от одной вершины к другой вершине, ожидается, что когда вершина находится в некотором определённом состоянии, это оказывает влияние на состояние другой вершины. Однако, это только качественное описание предметной области. Чтобы реализовать полноценную БСД, требуется определить количественное представление, то есть задать множество таблиц априорных и условных вероятностей (табл. 2) для каждой из вершин событий.

Таблица 2. Априорные и условные вероятности состояния вершин событий модели БСД

P(Turn)							
MemLost				MemTrue			
CPULost		CPUTrue		CPULost		CPUTrue	
PowerLost	PowerTrue	PowerLost	PowerTrue	PowerLost	PowerTrue	PowerLost	PowerTrue
Lost	1	1	1	1	0.9	1	0
True	0	0	0	0	0.1	0	1

P(Hard)								
MDiskLost				MDiskTrue				
PlumeLost		PlumeTrue		PlumeLost		PlumeTrue		
Lost	True	Lost	True	Lost	True	Lost	True	
Lost	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
True	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1

P(Comp)								
PictureYes				PictureNo				
ErrorTurnLost		ErrorTurnTrue		ErrorTurnLost		ErrorTurnTrue		
HardLost	HardTrue	HardLost	HardTrue	HardLost	HardTrue	HardLost	HardTrue	
DontStart	1	0.9	0.4	0	1	0.995	0.7	0
StartWithoutStable	0	0.1	0.5	0	0	0.005	0.3	0.1
Start	0	0	0.1	1	0	0	0	0.9

Методика и результаты исследования. Реализованная представленная выше модель БСД описывает знания эксперта о возможном выходе из строя узлов компьютера в случае, когда он не включается. После консультации от ЭС, появляется возможность проведения более тщательной диагностики компьютера, и при необходимости закупить необходимые детали в случае их поломки. При реализации данной ЭС предполагается, что будет приниматься решение о необходимости вложения средств в некоторую модификацию оборудования.

Для решения этой задачи потребовалось модифицировать Байесовскую сеть доверия, добавив в нее еще одну вершину, а именно вершину решения «Модификация или замена оборудования». На примере жесткого диска эта вершина может иметь два состояния:

- модифицировать оборудование (HardNew);
- не модифицировать оборудование (HardOld).

Данная вершина решения влияет на будущее состояние оборудования, то есть от неё идёт зависимость к вершине «Hard». Но при этом следует вывод о том, что модификация оборудования повлечёт за собой некоторые дополнительные затраты.

Следовательно, следует вновь модифицировать Байесовскую сеть доверия, добавив в нее еще одну вершину, а именно вершину полезности «Стоимость» (Cost), которая будет дочерней по отношению к вершине решения «Модификация оборудования» (HardReplace). Значения величины полезности вершины Cost для всех возможных состояний вершины HardReplace может быть задано следующим образом:

Cost		
HardReplace	HardNew	HardOld
Utility	-5000	0

Указанные выше значения вершины полезности означают, что если будет произведена модификация компьютера, то затраты составят 5000 у.е., и ничего не будет потрачено в ином случае. Все введённые в БСД изменения приводят нас к увеличению шанса запуска компьютера. Шанс включения зависит от изменений, в данном случае от состояния оборудования «Hard». Для этого требуется добавление вершины полезности «Шанс» (Chance), данная вершина будет иметь следующие значения:

Chance		
Hard	HardLost	HardTrue
Utility	0	1

Если обратить внимание на значения вершины полезности «Шанс» (Chance), то они свидетельствуют о том, что если оборудование не было модифицировано, то шанс на работоспособность будет 0. В случае если оборудование будет обновлено, то шанс на работоспособность будет 1.

После внесённых в БСД изменений, добавления вершин решения и полезности, исходная БСД превращается уже в диаграмму влияния (Рис. 2).

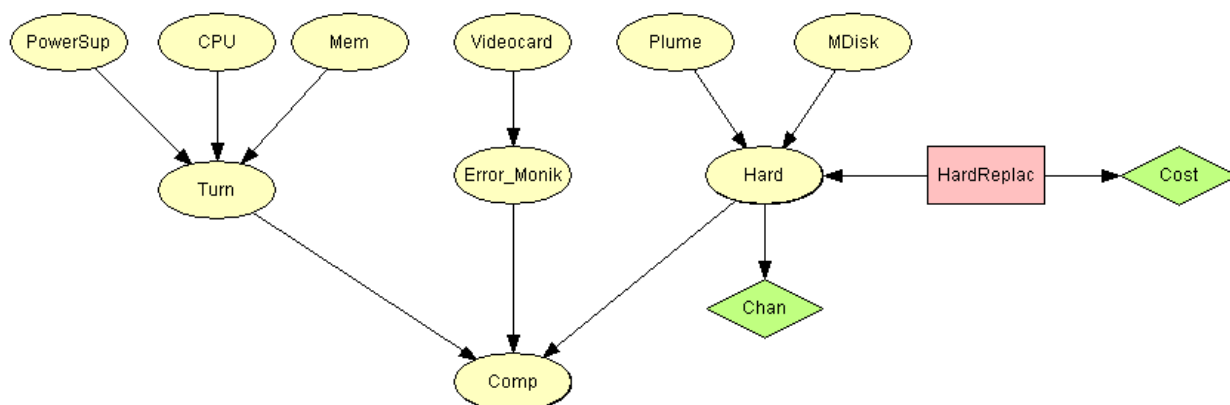


Рисунок 2. Диаграмма влияния

После того как БСД спроектирована и определена в редакторе системы HUGIN, ее необходимо скомпилировать и протестировать ее работу. Для этого необходимо перевести систему в режим вычислений, и если при проектировании не было допущено ошибок, то система перейдет в режим вычислений (Рис. 3).

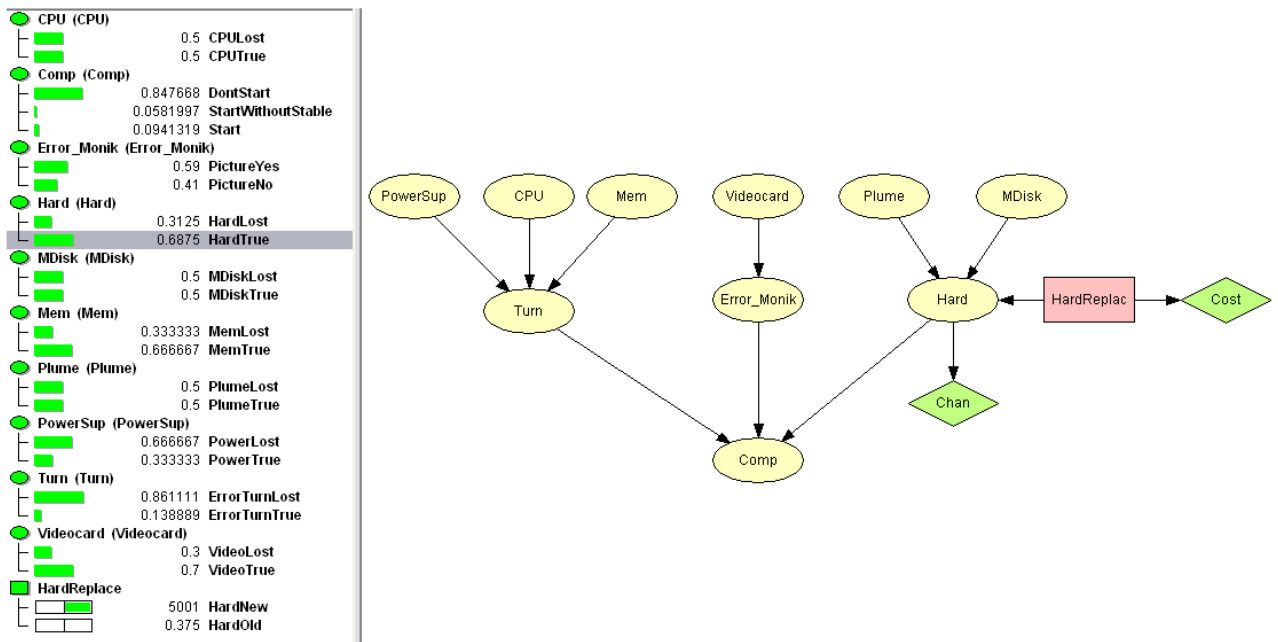


Рисунок 3. Режим вычисления

В этом режиме будет представлен список всех состояний вершин событий и панель отображения построенной диаграммы влияния. Список вершин включает в себя все возможные состояния для каждой из вершин в каждом из состояний. Путём задания в систему новых свидетельств будет меняться результат вывода ЭС, путем генерации ее новых оценок.

Необходимо узнать, насколько рентабельно проводить мероприятия по модификации оборудования в разных случаях. Предположим, что была произведена замена жесткого диска. Свойство «HardTrue» объекта «Hard» принимает значение равное единице. После чего необходимо пересчитать вероятность работоспособности.

В результате работы ЭС будет получено новое распределение вероятностей (Рис. 4), откуда видно, что экспертная система сделала вывод, что при введенных выше свидетельствах выгодно обновить оборудование.

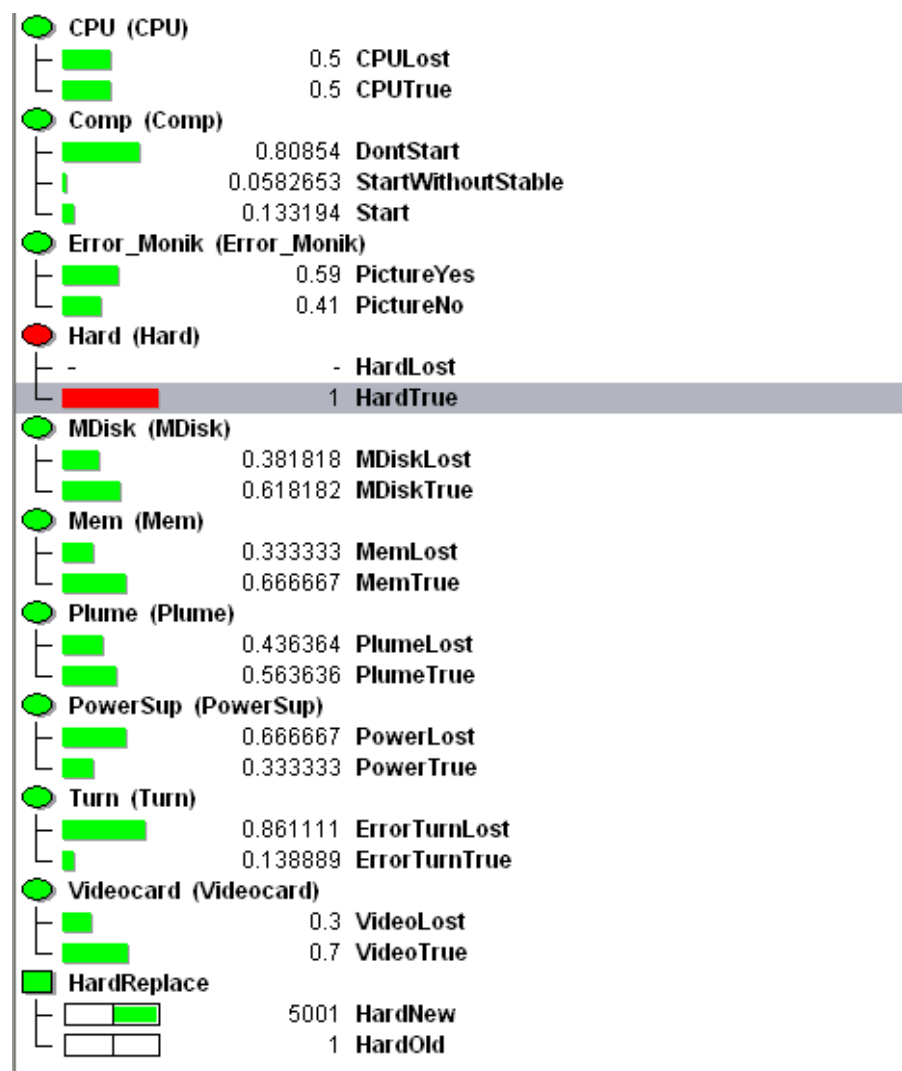


Рисунок 4. Пересчет значений при поступлении новых свидетельств.

То есть, замена оборудования положительно складывается на шанс включения и исправной работы компьютера.

Выводы. Данная экспертная система имеет все основные функции любой информационной системы. В результате анализа предметной области о диагностике компьютерных неисправностей была построена модель представления знаний на основе байесовской сети доверия, которая была реализована в виде готового Nugin-модуля, способного прогнозировать работоспособность компьютера с учетом состояния его комплектующих.

Список литературы.

1. Хабаров С.П. Пушкарева Л.Г. Представление знаний в информационных системах. Использование среды PLE при проектировании баз данных и знаний [Электронный ресурс] : – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2019. – 66 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/117636>. — Загл. с экрана.
2. Кравченкова И.С., Хабаров С.П., Кривицкий С.В. Разработка экспертной системы определителя древесных и кустарниковых пород по листьям. В книге: Цифровые технологии в лесном секторе материалы Всероссийской научно-технической конференции. СПбГЛТУ им. С. М. Кирова; СПбПУ Петра Великого. Санкт-Петербург, 2020. С. 83-86.
3. Хабаров С.П. Интеллектуальные информационные системы. PROLOG – язык разработки интеллектуальных и экспертных систем: учебное пособие – СПб.: СПбГЛТУ, 2013. 2013.– 140 с.
4. Заяц А.М., Хабаров С.П. Построение нейронной сети классификации ирисов Фишера на базе JavaScript // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. Вып. 226. С. 233–247. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.226.233-247
5. Думов М.И., Хабаров С.П. Нейроклассификатор Ирисов Фишера. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2019660450 от 06.08.2019г. Заявка №2019618555 от 12.07 2019г.
6. AgenaRisk Bayesian network tool [Электронный ресурс] – URL: <http://www.agenarisk.com>
7. Hugin [Электронный ресурс] – URL: <http://www.hugin.com>

ИММИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МАРШРУТИЗАЦИИ МЕЖДУ УЗЛАМИ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ

Кравченкова И.С.

Научный руководитель: Хабаров С.П.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург*

Аннотация. В статье описывается построение графической модели простейшей маршрутизации между узлами беспроводной сети. Рассматриваются варианты передачи датаграмм при построении различных маршрутов между узлами.

Ключевые слова: маршрутизация, беспроводная сеть, иллюз, симулятор, моделирование.

Введение. Маршрутизация – это важнейший процесс в IP-сетях. Для того чтобы любой узел сети мог найти в ней любой другой узел, должен быть определен механизм, согласно которому был бы описан и найден маршрут, по которому пакет должен двигаться в сети от одного узла к другому узлу. Отличие маршрутизации в беспроводных, особенно в самоорганизующихся и Ad Hoc сетях [1], состоит в том, что функции маршрутизации возлагаются на каждый из узлов беспроводной сети, а не только на маршрутизаторы, как в проводных сетях [2]. В связи с этим исследование процессов маршрутизации в беспроводных сетях представляется достаточно актуальной задачей.

Существует множество способов, как реализации, так и исследования процессов маршрутизации. Одним из таких способов является построение имитационных моделей и их исследование с использованием мощных графических сетевых симуляторов, таких как:

- коммерческий программный продукт PacketTracer, выпускаемый фирмой CiscoSystems (<http://www.packettracer.info>).
- коммерческий продукт GNS3 (<http://www.gns3.net>);
- а также бесплатный OMNeT++ [3].

Система OMNeT++ подходит для моделирования любых сетей, основой которых являются дискретные события. Процесс удобно отображается в виде объектов, которые обмениваются сообщениями. Имитационные модели в совокупности с языком высокого уровня NED собираются в крупные компоненты и представляют собой большие системы [4,5]. Система имеет развитые графические инструменты для создания моделей и оценки результатов в режиме реального времени.

Постановка задачи. Основной целью данного исследования является построение имитационной модели и изучение на ней процессов простейшей маршрутизации между узлами беспроводной сети. Для исследования была построена модель, включающая в свой состав пять беспроводных узлов, два из которых, а именно hostA и hostB, находятся вне зоны радио доступа между собой. Для возможности их сетевого взаимодействия между собой требуется обеспечить передачу пакетов от hostA до hostB через ряд промежуточных узлов, которые должны играть роль маршрутизаторов.

Методика и результаты исследования. При отсутствии ограничений на дальность радио доступа между хостами, пакеты перемещаются по наиболее короткому пути передачи непосредственно к конечному узлу (рис. 1).

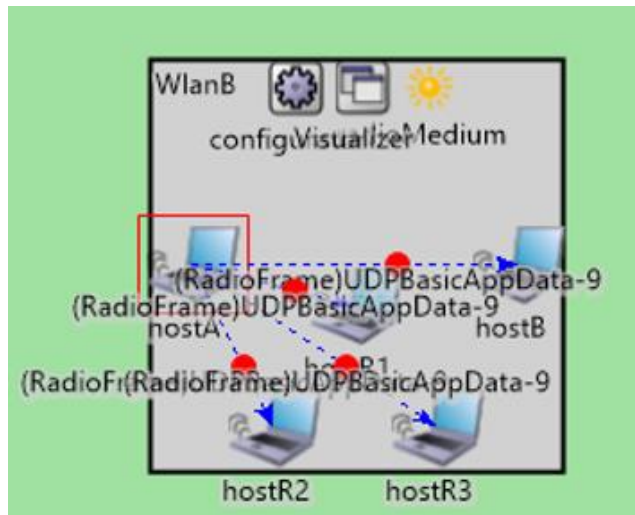


Рисунок 1. Режим отсутствия ограничений по дальности связи

Однако, при ограниченной мощности приема-передатчика каждого из узлов будет наблюдаться совсем иная ситуация, когда радио сигнал с узла hostA будет доступен лишь узлам hostR1 и hostR2 и недоступен для hostR3 и hostB. Для организации полноценной связи между всеми узлами этой сети потребовалось выполнить настройку маршрутизации между узлами,

Для исследования моделей с маршрутизацией на прикладном уровне узла hostA моделировалась работа UDP клиента, посылающего в случайные моменты времени ($T_{сред} = 10мс$) сообщения длиной 1000 байт на UDP сервер, работающий на прикладном уровне узла hostB. При этом для статической конфигурации IPv4, с назначением адресов и добавлением маршрутов, был использован, входящий в INET Framework модуль *IPv4NetworkConfigurator*.

В исследуемой модели сети уже присутствует экземпляр этого модуля под именем *configurator*. Его можно сконфигурировать с использованием спецификацию XML и ряда других параметров. Сообщив конфигуратору диапазон сетевых адресов для сети 192.168.1.0, он всем узлам сети назначит IP-адреса из этого диапазона. В частности, таблица маршрутизации для узла hostB будет иметь вид, представленный на рис. 2.

```
(IPv4Route *) WlanB.hostB.routingTable.routes
├── Fields Contents (0)
└── routes (IPv4Route *)
    ├── elements[6] (inet:IPv4Route *)
    │   ├── [0] = dest:192.168.1.1 gw:192.168.1.5 mask:255.255.255.255 metric:0 if:wlan0(192.168.1.2) REMOTE MANUAL
    │   ├── [1] = dest:192.168.1.3 gw:192.168.1.4 mask:255.255.255.255 metric:0 if:wlan0(192.168.1.2) REMOTE MANUAL
    │   ├── [2] = dest:192.168.1.4 gw:* mask:255.255.255.255 metric:0 if:wlan0(192.168.1.2) DIRECT MANUAL
    │   ├── [3] = dest:192.168.1.5 gw:* mask:255.255.255.255 metric:0 if:wlan0(192.168.1.2) DIRECT MANUAL
    │   ├── [4] = dest:192.168.1.0 gw:* mask:255.255.255.0 metric:2000 if:wlan0(192.168.1.2) DIRECT IFACENETMASK
    │   └── [5] = dest:127.0.0.0 gw:* mask:255.0.0.0 metric:1 if:lo0(127.0.0.1) DIRECT IFACENETMASK
```

Рисунок 2. Таблица маршрутизации для узла hostB.

Из этой таблицы видно, что узел hostB имеет прямой интерфейс для связи с узлами hostR2 (192.168.1.4) и hostR3 (192.168.1.5). Кроме этого в таблице есть маршрут, который сообщает, что узел hostB (192.168.1.2) можно достичь через узел hostR1 (192.168.1.3), используя его как шлюз.

При моделировании отказа одного из узлов, а именно отключении функций маршрутизации на узле hostR1, создается новая конфигурации. При этом связь между узлами не обрывается, а пакеты передаются «в обход» через другие узлы модели, что замедляет процесс передачи данных.

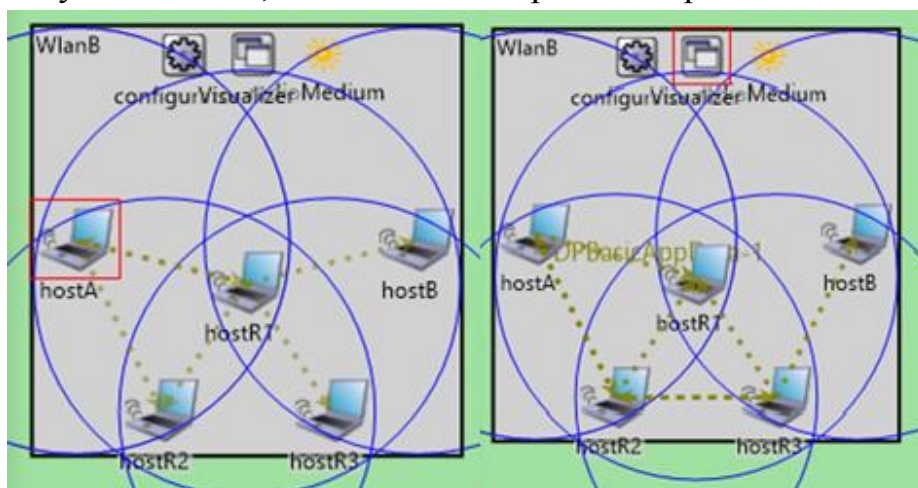


Рисунок 3. Сравнение моделей при рабочем и нерабочем hostR1

Однако, несмотря на изменение маршрута и скорости передачи данных, количество отправленных пакетов остается неизменным, в данном случае 2457 датаграмм. Но стоит заметить, что число полученных пакетов на hostB значительно изменилось. Это связано с тем, что при неработающем узле hostR1, пакеты застревают и встают в очередь, в результате чего скорость прохождения пакетов падает и на hostB поступает всего 430 датаграмм. Был проведен сравнительный анализ длины очереди в буфере сетевого адаптера шлюза hostR1 для двух рассмотренных случаев (рис. 4).

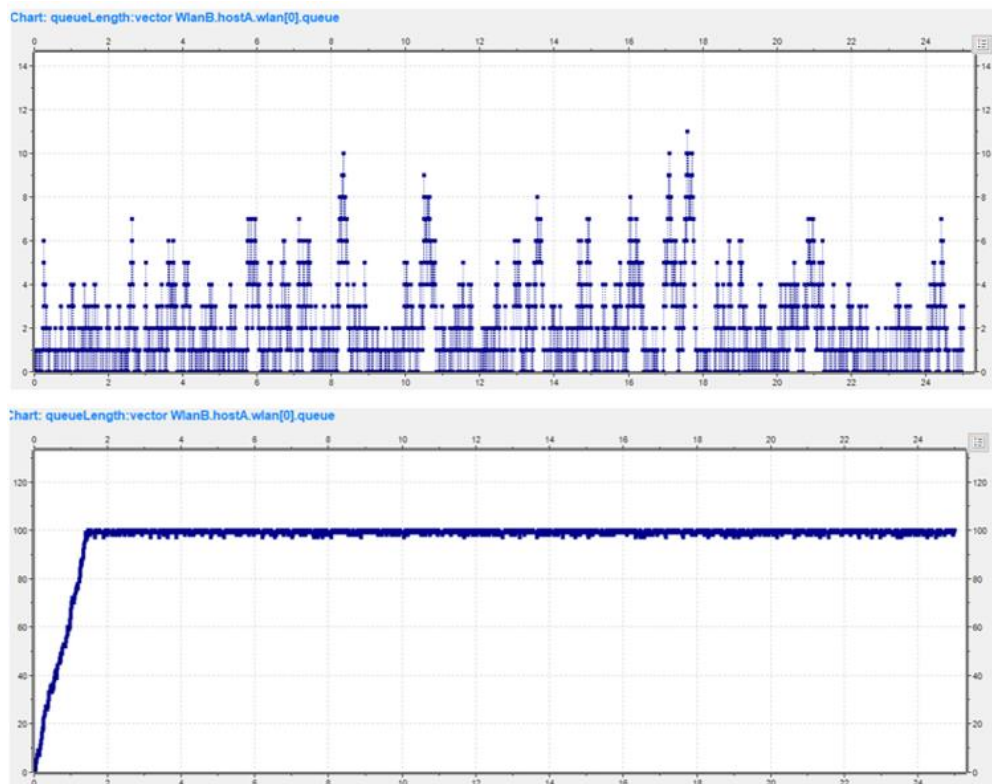


Рисунок 4. Сравнение очереди передачи пакетов при рабочем и нерабочем hostR1

Этот анализ показал, что скорость прохода сообщений по второму варианту маршрутизации гораздо ниже, чем в случае «рабочего» узла hostR1. Это обусловлено более длинным маршрутом прохода сообщений, а также более длительным влиянием интерференционных помех.

При этом, не смотря на отсутствие обрыва связи между узлами и отсутствие потери возможности прохода сообщений, сообщения доходят в гораздо меньшем количестве, т.к. во время передачи не прекращают свою работу узлы, выступающие маршрутизаторами, сигналы которых интерферируют с сигналами, исходящими из узла hostA. Единственные пакеты, которые проходят – это те, которые отправляются с узла hostA на узел hostB в момент простоя узлов host2 и host3 между последовательными передачами. В реальной сети длина буфера, или его объем имеет большое значение для работы сети, особенно если этот адаптер используется в таком устройстве, как шлюз.

Выводы. В представленной работе рассмотрена актуальная задача моделирования беспроводных сетей с помощью графических сетевых симуляторов. Из проведённого исследования становится видно, как имитационное моделирование может быть использовано при проектировании и изучении процессов работы реальных беспроводных сетей.

Список литературы.

1. Хабаров С.П. Моделирование Ethernet сетей в среде OMNeT++ INET framework // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т. 18. № 3. с. 462–472. doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-3-462-472
2. Заяц А.М., Хабаров С.П. Организация беспроводных Ad Hoc и Hot Spot сетей в среде ОС Windows: Учебное пособие. — СПб: Издательство "Лань", 2019. — 220 с.: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/118649>. — Загл. с экрана.
3. Хабаров С.П. Основы моделирования беспроводных сетей в среде OMNeT++: Учебное пособие. — СПб: Издательство "Лань", 2019. — 260 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/119639>. — Загл. с экрана.
4. Думов М.И., Хабаров С.П. Моделирование беспроводных сетей в среде OMNeT++ с использованием INET framework // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 6. С. 1151–1161. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-6-1151-1161
5. Думов М.И., Хабаров С.П. Моделирование работы узлов Wi-Fi сети с учетом интерференционных помех от соседних узлов. // Информационные системы и технологии: теория и практика: сб. научн. тр. Вып 11. — СПб.:СПбГЛТУ, 2019. — с.57-66.

**АНАЛИЗ ЭНЕРГОЗАТРАТ УЗЛОВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ**

Веретенникова К.С.

Научный руководитель: Хабаров С.П.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург*

Аннотация. Исследована работа протокола AODV при ограничениях на зону уверенной связи и наличии препятствий для прохождения сигналов. Указано влияние на его работу длины очереди в буфере трансивера узла. Произведена оценка энергетических затрат узлов при динамической маршрутизации.

Ключевые слова: сетевые технологии, беспроводные сети, имитационное моделирование, среда OMNeT++, пакет INET Framework.

Введение. Одним из методов исследования сложных систем является имитационное моделирование, которое позволяет исследовать различные сценарии работы системы, лучше изучить происходящие в ней процессы. Одной из наиболее популярных сред имитационного моделирования является пакет OMNeT++ [1], который позволяет строить и исследовать модели систем с беспроводными каналами связи между ее узлами. В данной статье исследуется модель беспроводной сети (WLAN), аналогичная используемой в [2]. В ней на площади 500x500 метров имеется 5 беспроводных узлов. Их радиус действия 250 метров. При этом расстояние между hostA и hostB равно 400 метров, но между ними есть еще три узла: hostR1, hostR2 и hostR3, которые могут выполнять функции маршрутизаторов.

Постановка задачи. На основе ряда экспериментов, выполненных на базе исходной модели WLAN [2,5] требуется провести их исследование и проанализировать возможные зависимости и влияние окружающей среды на возможную передачу сигнала, путем добавления к исследуемой модели сети объектов, которые моделируют наличие физических препятствий.

В данной статье основное внимание уделяется анализу работу одного из узлов сети (hostA). Он выполняет передачу UDP датаграмм узлу hostB, причем в сети с динамической маршрутизацией, которая может работать как при прямом взаимодействии узлов, так и при использовании промежуточных узлов. Моделирование и анализ производились с помощью пакета OMNeT и входящего в его состав фреймворка INET.

Описание эксперимента и результаты. В эксперименте использована модель, которая содержала кроме пяти узлов еще и объект-препятствие. При этом передача UDP датаграмм происходила от узла hostA на узел hostB через промежуточные узлы hostR1, hostR2 и hostR3, или их комбинацию.

Отличие данных моделей от рассмотренных в [1,5] является размер буфера сетевого адаптера, который может формировать очередь передачи пакетов на узлах сети. Так, в первом эксперименте ее размер равнялся 10 пакетам, в то время как во втором – 20. При этом отслеживание параметров происходило на узлах hostA, hostB и hostR1.

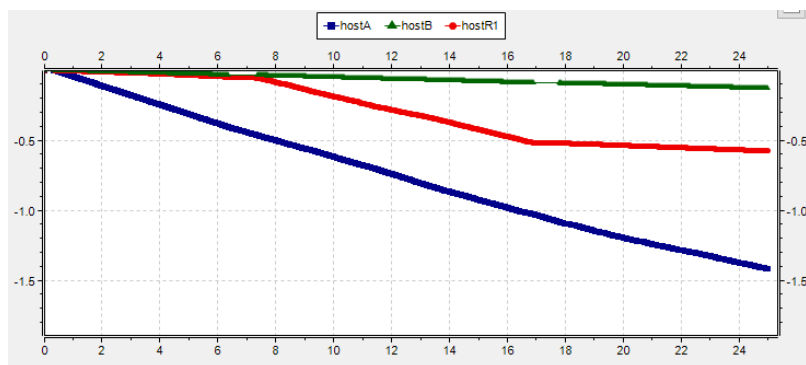


Рисунок 2. Затраты энергопотребления в первом эксперименте

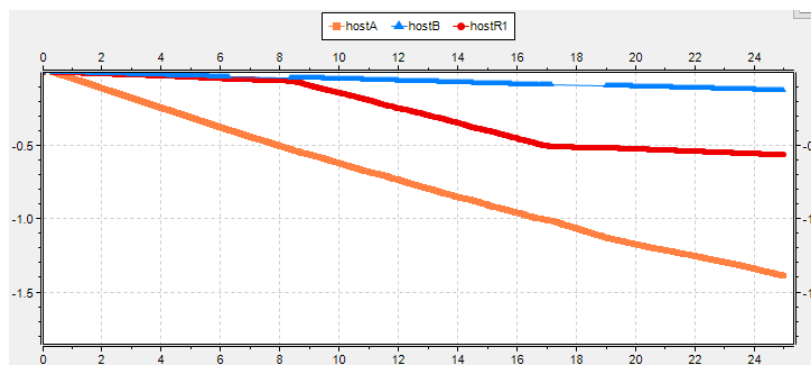


Рисунок 3. Затраты энергопотребления во втором эксперименте

Стоит отметить, что высокое энергопотребление узлов hostA и hostR1 вызвано необходимостью для выполнения работы по маршрутизации пакетов включения в работу основного процессора. Из визуального анализа графиков становится очевидным наличие трех режимов работы узла hostR1:

- 1) отсутствие включенности в процесс маршрутизации;
- 2) подключение к работе сети для участия в процессе передачи данных, в этот момент график энергопотребления этого узла становится практически параллельным графику энергопотребления на узле hostA;
- 3) отключение от сетевого взаимодействия, когда узел hostR1 перестает быть участником передачи данных.

В процессе работы AODV происходит динамическая маршрутизация по требованию, что означает, что он формирует новый маршрут лишь в случае необходимости, в отличие от классических превентивных протоколов. Это позволяет избежать дополнительных затрат на избыточное нахождение маршрутов, но также создает проблему обрыва маршрута.

В рамках первого эксперимента было установлено, что скорость поиска нового маршрута при обрыве связи между узлами hostA и hostR1 равна 0.04 секунды. В то время как при увеличении длины очереди на шлюзе поиск того же маршрута при обрыве связи составил уже 0.02 секунды. Это становится ясно после анализа данных получаемых из консоли событий, которые дают краткую информацию о происходящих процессах.

```

#72357 17.784776521096 hostA --> hostR2 myUDP-1583 inet::ApplicationPacket:1000 bytes
#72357 17.784776521096 hostA --> hostR3 myUDP-1583 inet::ApplicationPacket:1000 bytes
#72371 17.793648521096 hostA --> hostB AODV-RERR inet::AODVRERR:28 bytes
#72371 17.793648521096 hostA --> hostR1 AODV-RERR inet::AODVRERR:28 bytes
#72371 17.793648521096 hostA --> hostR2 AODV-RERR inet::AODVRERR:28 bytes
#72371 17.793648521096 hostA --> hostR3 AODV-RERR inet::AODVRERR:28 bytes
#72386 17.794550521096 hostA --> hostB AODV-RREQ inet::AODVRREQ:24 bytes
#72386 17.794550521096 hostA --> hostR1 AODV-RREQ inet::AODVRREQ:24 bytes
#72386 17.794550521096 hostA --> hostR2 AODV-RREQ inet::AODVRREQ:24 bytes

```

Рисунок 3. Фрагмент консоли событий

Так на рис. 3 представлен фрагмент консоли, отображающий работу протокола AODV. Как видно из данного рисунка, после ряда неудачных попыток отправить необходимый пакет, hostA включает работу протокола AODV для поиска нового маршрута, для чего формируется ряд запросов:

- AODV-RERR – для формирования сообщения о нарушении маршрута передачи данных,
- AODV-RREQ – для запроса на построение нового маршрута
- AODV-RREP – для подтверждения создания нового маршрута.

Проведенные эксперименты показали, что данный процесс ускоряется при увеличении длины очереди на шлюзе, уменьшая при этом количество необходимых на осуществление данной операции запросов.

При этом часть пакетов при прохождении данного маршрута оказываются потерянными. Так, при проведении первого эксперимента было с узла hostA отправлено 2472 пакета, в то время как hostB получил лишь 922 пакета. Во втором случае было отправлено также 2472 пакета, но получено лишь 875 пакетов. Это связано с тем, что часть пакетов были утеряны в момент нарушения маршрута, так как hostA продолжал их отсылать, не получая уведомления о доставке.

Выводы. Проведенное имитационное моделирование позволило провести сравнительную оценку представленных моделей и сделать вывод о том, что протокол AODV является достаточно эффективным протоколом для динамической маршрутизации, на работу которого оказывает влияние размер буфера сетевых адаптеров, который вызывает ограничение длины очереди пересылаемых узлом пакетов. Так же следует отметить, что длина очереди пропорционально влияет на скорость обнаружения обрыва маршрута – чем больше буфер адаптера, тем скорее будет обнаружен разрыв маршрута.

Результаты исследования энергетических затрат на каждом из узлов показали отсутствие зависимости расхода мощности на узлах от длины очереди, и расход этой мощности в обоих случаях является практически линейным. Исключением является узел hostB, который растрчивает свою

мощность лишь в период получения пакета, а в моменты, когда маршрут был оборван, затраты энергии снижаются практически до нуля. Однако в момент, когда обнаружен обрыв связи и выполняется поиск нового маршрута для передачи данных, происходят скачки увеличения потребления мощности.

Список литературы.

1. Хабаров С.П. Основы моделирования беспроводных сетей. Среда OMNeT++: Учебное пособие. СПб: Издательство «Лань», 2019. 260 с.: ил 5.
2. Хабаров С.П. Моделирование Ethernet сетей в среде OMNeT++ INET framework // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т. 18. № 3. С. 462–472. doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-3-462-472
3. Богатырев В.А. Оптимальное резервирование системы разнородных серверов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007. № 12. С. 30–36.
4. Богатырев В.А., Богатырев С.В. Объединение резервированных серверов в кластеры высоконадежной компьютерной системы // Информационные технологии. 2009. № 6. С. 41–47.
5. Думов М.И., Хабаров С.П. Моделирование беспроводных сетей в среде OMNET++ с использованием INET framework // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 6. С. 1151–1161. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-6-1151-1161

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВЫПУСКНЫМИ КВАЛИФИКАЦИОННЫМИ РАБОТАМИ

Моргоев И.Д.

Научный руководитель: Мустафаева Д.Г., Леонтьев А.В.

*Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет), Владикавказ*

Аннотация. Отсутствие в современном высшем образовании централизованного подхода по управлению процессом написания выпускных квалификационных работ (ВКР) поднимает проблему эффективного управления ресурсами (временными и трудовыми) дипломного руководителя и студентов. Данная статья раскрывает механизмы планирования работ с точки зрения стратегического, тактического и оперативного управления.

Ключевые слова: выпускная квалификационная работа, метод критического пути, управление проектами, планирование.

Цели и задачи управления

Темой данной статьи является создание модели планирования системы управления ВКР, которая будет учитывать специфику образовательной сферы и позволит наиболее эффективно решать главные задачи управления ВКР.

Главными задачами управления ВКР являются: оптимизация управления и контроля написанием дипломных проектов, минимизация рисков срыва сроков выполнения проекта, контроль написания дипломного проекта со стороны дипломного руководителя, осуществление образовательной деятельности в течение всего цикла обучения [1].

Все эти задачи получили свое отражение в виде целевой функции управления дипломными проектами (1).

$$F_i(T) = \lim_{T \rightarrow 0} w_i(T) \rightarrow 100\% + \begin{cases} w_i(T) < 100, \varepsilon(t') = 0 \\ w_i(T) = 100, \lim_{t' \rightarrow 0} \varepsilon(t') \rightarrow \max \end{cases} \quad (1)$$

где $w_i(T)$ – функция выполнения i -го задания проекта;

$\varepsilon(t')$ – дополнительная нагрузка, не относящаяся к проекту (не равна 0, когда задание проекта выполнено на 100% раньше времени окончания), измеряется в процентах, характеризует, насколько выполнено дополнительное задание

В рамках решения задачи планирования, оптимизации и контроля работ, а также минимизации срыва сроков выполнения ВКР, целесообразно использовать модель планирования комбинированного характера. В рамках реализации этой модели, планирование осуществляется в трех видах:

- стратегическое планирование;
- тактическое планирование;
- оперативное планирование.

Стратегическое планирование в системе управления ВКР

Целью стратегического планирования является успешное завершение проекта до наступления крайнего срока (срока защиты ВКР). Так же, в рамках выполнения этой задачи необходимо осуществить контроль и расстановку приоритетов в выполнении заданий ВКР.

Система управления дипломными проектами имеет детерминированный характер работы и сетевую структуру, так как все ключевые этапы реализации ВКР определяются в соответствии с учебной программой направления подготовки, поэтому примерный план работ универсален и применим ко всему множеству дипломных проектов. Следовательно принципы стратегического планирования формализуемы и применимы ко всем ВКР.

Сетевую модель планирования работ ВКР можно представить в виде конечного, ориентированного графа $G(W,A)$, состоящего из множества событий W и дуг $(i,j) (\in W)$ (A – количество дуг в графе).

На основании топологии сетевой модели дипломного проекта рассчитываются временные показатели методом критического пути. Основными параметрами являются максимальная длительность проекта T , вычисляемая по (2), резерв времени выполнения задания, вычисляемый по (3).

$$T = \sum_1^n \max_i \bar{t}_i \quad (2)$$

$$\Delta t_i = t_i^+ - t_i^-, i = \overline{1, n} \quad (3)$$

При $\Delta t_i = 0$ задание получает наивысший приоритет, так как для его выполнения не предусмотрено резервного времени.

Эти показатели должны отслеживаться системой в течение всей работы над ВКР. Так, при $T=0$ и $w_i(T) < 95\%$, система должна сигнализировать об отставании сроков реализации ВКР дипломному руководителю для благотворного воздействия на студента, а также перестроить работу системы, назначая всем заданиям одинаковый высокий приоритет, а резервное время отводя на невыполненное задание.

Что касается расстановки приоритетов при выполнении заданий ВКР, то задания относящиеся к критическому пути имеют более высокий приоритет в выполнении, чем прочие задания, так как они имеют нулевой резерв времени ($\Delta t_i = 0$).

Тактическое планирование в системе управления ВКР

Тактический уровень планирования должен включать в себя прогнозирующую структуру, предназначение которой в расчёте и прогнозировании сроков выполнения заданий студентом. Именно на основании данных прогноза выявляются преуспевающие студенты, с которыми следует либо интенсивными темпами реализовывать ВКР, либо, исходя из главных задач высшего образования – "осуществления образовательной деятельности в течение всего цикла обучения", помимо работы над дипломным проектом осуществлять иную деятельность (например, выполнять различные кейсы, научные или исследовательские работы, в ходе которых повышается образованность и пополняется портфолио достижений как студента, так и преподавателя). Данный подход укладывается в методологию Lean (бережливое производство). С точки зрения этой методологии время – это ресурс, который должен постоянно использоваться и приносить результат, простой в работе – это временные потери.

Выявление преуспевающих студентов и осуществление с ними данной дополнительной работы очень важно, потому что к моменту написания ВКР большую часть образовательной программы студент освоил, и поэтому должен иметь необходимые компетенции для успешного осуществления этой работы.

С другой стороны, важно выявить и неуспевающих студентов, все усилия которых необходимо направить только на написание ВКР, а также осуществлять в их отношении оперативную помощь для успешного написания ВКР.

Помимо четкой градации между статусами студента, "успевающий" и "неуспевающий", необходимо гибко и динамично отслеживать текущее состояние проекта и обеспечивать возможность изменения статуса по результатам выполнения работ ВКР.

Успеваемость студента оценивается по таким показателям как средняя оценка успеваемости и производительность выполненных заданий в течение проекта.

Написание ВКР осуществляется в соответствии с положением о дипломной работе, в рассчитанные сроки выполнения ключевых этапов и требованиями к содержанию дипломного проекта. Система должна знать эти сроки, а положение следует считать эталонной моделью выполнения дипломного проекта, при котором $w_i(T) = 100\%$, а $\varepsilon(t') = 0$.

Зная производительность, вычисленную по (4), конкретного студента и эталонной модели, можно определить количественную успеваемость студента по (5). Если значение успеваемости положительно, то студент успевает выполнять задания, и, соответственно, при неуспеваемости, этот параметр будет отрицательным [2].

$$PR = \frac{v}{t_i} \quad (4)$$

где v – объем выполненного задания, измеряется в %-ах;

t_i – время выполнения i -го задания.

$$\Delta pr_i = \frac{v_{\phi}}{t_{\phi}} - \frac{v_{\text{эт}}}{t_{\text{эт}}} \quad (5)$$

где Δpr_i – разница производительности выполнения работы эталонного и фактического значений.

Для получения общей картины успеваемости студента следует использовать среднее значение производительности (6). Если оно отрицательное, то $\varepsilon(t') = 0$, и вся деятельность должна быть направлена на достижения $w_i(T) = 100\%$.

$$pr_{cp} = \frac{\sum_1^{i-1} ysr_i + (sr - 3)}{i} \quad (6)$$

Имея среднюю производительность выполненных заданий, можно спрогнозировать, время требующееся данному студенту для выполнения следующих заданий. Тогда ysr будет иметь среднее значение выполненных ранее заданий, и из (3) необходимо выразить значение t_ϕ , которое обозначено как t_{np} и вычисляется по (7).

$$t_{np} = \frac{100\%}{\left(\sum_1^{i-1} ysr_i / i + (sr - 3)\right) + \frac{100\%}{t_{em}}} \quad (7)$$

Оперативное планирование в системе управления ВКР

Оперативное планирование реализации заданий ВКР сложно формализуемая задача, поэтому на оперативном уровне управление дипломным проектом всецело лежит на дипломном руководителе, однако во главу угла этой деятельности ставятся "гибкие" походы управления, описанные в [3].

В результате исследования получена модель планирования работ системы управления ВКР, которая позволяет эффективно осуществлять планирование, оптимизацию и контроль за ходом выполнения заданий ВКР со стратегической, тактической и оперативной точек зрения. При этом, данная система сочетает в себе как самостоятельное, неподконтрольное дипломному руководителю принятие решений (в случае возможной катастрофы ВКР), так и функции системы поддержки принятия решения дипломным руководителем, что, несомненно, должно оказать благотворное влияние на правильность решений и повысить качество ВКР.

Список литературы

1. Мустафаева Д.Г., Леонтьев А.В., Моргоев И.Д. – Применение информационных технологий в управлении дипломными проектами. – Достижения и приложения современной информатики, математики и физики. – Уфа: изд-во Башкирского государственного университета. – 2019. – С. 140 – 146.
2. Анализ методологий управления проектами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://infostart.ru/public/296315/>.
3. Мустафаева Д.Г., Леонтьев А.В., Моргоев И.Д. – Применение гибких подходов к управлению процессом написания выпускной квалификационной работы. – II Всероссийская научно-практической конференции "Современные научно-технические и социально-гуманитарные

исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации". – Владикавказ. – 2020.

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «УМНОГО ДОМА» НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

Шурыкин А.С.

Научный руководитель: Фомченкова Л.В.

филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Смоленск

Аннотация. В статье предложена архитектура шлюзной сети умного дома, основанная на блокчейне, которая противостоит возможным атакам на шлюз «умных домов». Данная архитектура шлюза «умный дом» основана на цепочки блоков, сможет смягчить проблемы в существующей архитектуре централизованной сети безопасности и противостоять возможным атакам на шлюз интеллектуальных домов.

Ключевые слова: интернет вещей, умный дом, безопасность.

С развитием информационных и коммуникационных технологий и распространением сенсорных технологий функции и роли умных домов постоянно развиваются. Умный дом – это частный дом, который отправляет и получает данные в режиме реального времени. Он предоставляет автоматизированные и интеллектуальные услуги с помощью различных домашних устройств, таких как телевизоры, светильники и холодильники. Эти машины являются частью домашней системы связи между устройствами и другими средами без вмешательства человека [1]. Интернет вещей и сетевое окружение этих умных домов становятся важными факторами. В частности, сетевая структура «умного дома», которая состоит в основном из встроенных компьютеров, подключена к различным устройствам на основе Интернета, связь переходит от проводной к беспроводной. В отличие от того, как пользователи управляют каждым устройством, теперь можно управлять другими устройствами через шлюзы как внутри, так и за пределами «умного дома». Ожидается, что более эффективная и систематическая конфигурация сети «умного дома» станет возможной благодаря коммерциализации 5G, технологии мобильной связи следующего поколения, конвергенции различных отраслей и разработке аппаратного обеспечения. По данным исследовательской компании Gartner по мировому рынку, к 2020 году число устройств для умного дома вырастет до 25 млрд. единиц. Согласно данным Stratecast, темпы роста мирового рынка умных домов к 2025 году превысят 7

млрд. долларов США [1]. В связи с этим необходимость повышения безопасности «умных домов» стала очень актуальной.

Существуют различные подходы к решению данной проблемы. Например, управление обновлениями ПО встроенных устройств с использованием блокчейна, аутентификация с применением цифровых подписей, применение алгоритмов шифрования с использованием закрытых ключей, а также объединение схемы защиты конфиденциальности с машинным обучением. Однако данные механизмы опираются на централизованную методологию, которая может привести к проблеме единой точки отказа. Поэтому они не обеспечивают решения для безопасности «умного дома», в котором небольшое количество встроенных устройств соединены друг с другом. С этой позиции разработка архитектуры для улучшения безопасности «умного дома» представляет собой актуальную научную задачу.

В интеллектуальных домах различные устройства интернет вещей подключены друг к другу, и эти соединения сосредоточены на шлюзах. Роль шлюзов в «умных домах» значительна, однако его централизованная структура представляет множество уязвимостей безопасности, таких как целостность, сертификация и доступность. В некоторых случаях бытовые приборы, такие как умные телевизоры и холодильники, которые являются основными компонентами «умных домов», могут быть взломаны для отправки вредоносных писем, таких как фишинговые и спам-сообщения. Эти умные домашние устройства часто подвергаются риску из-за использования незашифрованных паролей в их беспроводных сетях, что делает их основной целью хакеров в качестве средства для DDoS атак. Чтобы устранить эти уязвимости безопасности, в этой статье была предложена архитектура шлюзной сети умного дома, основанная на блокчейне, которая противостоит возможным атакам на шлюз умных домов. Предполагается, что данная архитектура шлюза «умный дом» основана на цепочки блоков, сможет смягчить проблемы в существующей архитектуре централизованной сети безопасности и противостоять возможным атакам на шлюз интеллектуальных домов.

В последнее время блокчейн используется во многих приложениях следующего поколения и стал подходом для обеспечения безопасности на широком спектре платформ, таких как Интернет вещей, умный город и многие другие [2]. Основная причина этого заключается в том, что блокчейн предоставляет децентрализованные и не требующие доверия решения, в которых распределенные в режиме онлайн регистры используются для хранения данных в сети децентрализованным образом. Распределенный

регистр предоставляет приложениям возможность работать децентрализованно, не полагаясь на доверенного или централизованного посредника. С помощью блокчейна данные обмениваются проверяемым способом среди ненадежных лиц, которые подключены к одноранговой сети.

Шлюз «умный дом», основанный на предложенной цепочке блоков, имеет три уровня: уровень устройства, уровень шлюза и уровень облака. Уровень устройств, состоит из датчиков и устройств, которые собирают и отслеживают данные в среде «умного дома» через различные неоднородные вычислительные сети Интернет вещей, настроенные в «умном доме». Второй уровень, уровень шлюза, хранит данные, генерируемые уровнем устройства, и предоставляет их пользователям по мере необходимости. Третий уровень, облачный уровень, регистрирует идентификатор шлюза и данные, обрабатываемые каждым шлюзом в блокчейне. Блоки являются общими, так что пользователям может быть предоставлена информация в любое время и в любом месте. Конструкция предлагаемой сети представлена на рисунке 1.

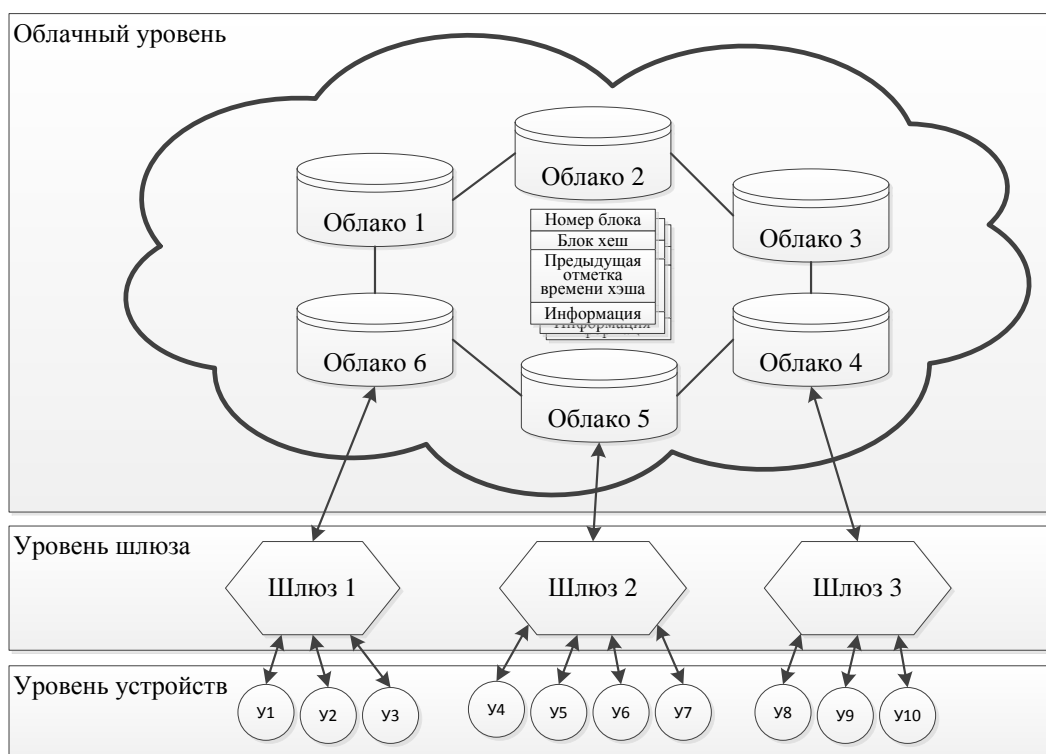


Рисунок 1. Конструкция предлагаемой сети

На рисунке 2 показана блок-схема предлагаемой архитектуры, которая позволяет собирать данные с устройств в конце, регистрировать их в блокчейне и соответствующим образом представлять пользователям. Для того чтобы данные собирались и передавались пользователю, собранные данные подвергаются обработке и форматированию хеш-значений,

создаются блоки и периодически проверяются для поддержания целостности данных. Анализ данных и обеспечение качества должны проводиться постоянно, чтобы предоставить пользователям только необходимую информацию.

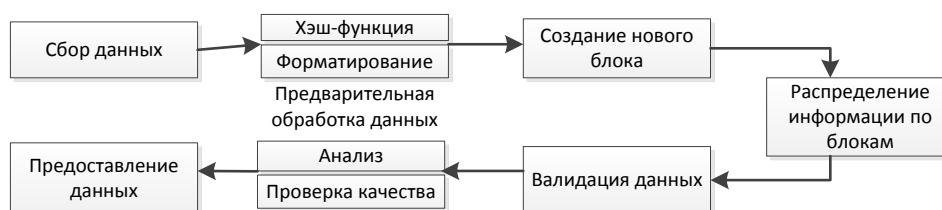


Рисунок 2. Методологическая схема облачной архитектуры на основе блокчейна для шлюза «умный дом»

В таблице 1 представлена сравнение предложенного подхода с существующими подходами безопасности «умного дома».

Таблица 1. Сравнение предложенной подхода с существующими подходами безопасности «умного дома»

Методология	Архитектура безопасности	Предлагаемый подход	Минусы
Управление и проверка сертифицированных устройств с использованием интернет-провайдера [3]	Централизованная	Использование блокчейна для управления и проверки сертифицированных устройств	Не обеспечивает безопасность внутренней интернет-среды из-за отсутствия данных пользователя для анализа
Проверка потока конфиденциальных данных с помощью Wireshark (программа-анализатор трафика для компьютерных сетей) для устройств [3]	Централизованная	Использует программное обеспечение Wireshark	Не может быть совместимым с другим программным обеспечением, поэтому не может обеспечить целостность данных
Управление обновлениями прошивки встроенных устройств с помощью	Централизованная	Обеспечить масштабируемое решение с	Не обеспечивает решение безопасности для небольшого «умного

блокчейна [3]		использован ием блокчейна	дома», в котором небольшое количество встроенных устройств подключены друг к другу
Архитектура шлюзной сети «умного дома» основанная на блокчейне	Децентрализо ванная	Поддержка децентрализ ованного решения с использован ием блокчейна	Имеет ограничения в командах дополнительной вычислительной сложности при работе блокчейна

Таким образом, была предложена архитектура шлюза для защиты от несанкционированного доступа к данным на основе цепочки блоков для существующей среды шлюза «умный дом». Эта архитектура обеспечивает решения для минимизации проблем конфиденциальности и аутентификации неоднородных Интернет вещей и централизованных шлюзов, составляющих «умный дом». Кроме того, технология блокчейн используется для поддержания целостности данных, хранящихся в шлюзе. Однако данная архитектура имеет ограничения в командах дополнительной вычислительной сложности при работе блокчейна. Данная проблема может быть решена за счет использования концепции мобильных периферийных устройств для разгрузки вычислений.

Список литературы.

1. Соловьев М. М. «Интеллектуальное здание. Понятие и принципы» // Строительная инженерия, 2019. №3. С. 10.
2. Сивараман В., Гарахейли Х.Х., Вишванат А, Борели Р., Механи О. Безопасность на уровне сети и контроль конфиденциальности для устройств IoT умного дома. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М , 2018. - 253 с.
3. Гоппе П., Нин Дж. Конфиденциальная аутентифицированная связь в среде умного дома, сохраняющая конфиденциальность. [Электронный ресурс]: URL: <https://doi.org/10.1109/TDSC.2019.2914911> (06.05.2020).

СЕКЦИЯ 7. ИСТОРИЯ МАТЕМАТИКИ

ИСТОРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ

Грецкая А.Н.

Научный руководитель: Бронникова Л.М.

Алтайский Государственный Педагогический Университет, Барнаул

Аннотация. В статье рассмотрены роль и возможности использования исторических задач в процессе обучения математике учащихся основной школы. Определены преимущества использования данного задачного материала для развития учащихся. Приведены примеры задач и некоторые методические аспекты их решения.

Ключевые слова: задача, старинные задачи, история математики, обучение математике в основной школе.

Формирование у школьников заинтересованности к математике, как правило, зависит от методики преподавания, от грамотного подхода к построению процесса обучения. Но в процессе изучения данного предмета зачастую отсутствует исторический материал. Школьники не в полной мере осознают сущность дисциплины, роль математиков не только в развитии математики, но и общественной жизни, а сведения исторического характера (биография учёных, история великих открытия, решение исторических задач и др.) способствуют решению данной проблемы [5].

В настоящей статье рассмотрим роль и возможности исторических задач в процессе обучения математике учащихся основной школы. Современные учебные материалы содержат незначительный объем такого методического обеспечения, поэтому от учителя требуются дополнительные усилия для того, чтобы продемонстрировать учащимся причины возникновения и развития математики как абстрактной дедуктивной науки.

В современной методической науке под задачей принято понимать специализированный текст, содержащий определённую жизненную или вымышленную ситуацию и численные элементы. Другими словами, текстовая задача – это словестная модель процесса, события и т.д. Текстовая модель содержит в себе описание количественных и функциональных характеристик события.

Старинные задачи по математике – текстовые задачи с историческим содержанием (исторические факты и сведения, задачи, составленные древними учеными, актуальные задачи для образования 150 и более лет назад) [3].

Отметим некоторые преимущества использования исторических задач в образовательном процессе основной школы. Существование старинных задач в наше время – результат работы разных народов планеты. Во время составления задач наши предки глубоко продумывали условие и логику задания. Данные задачи наполнены смыслом, они достаточно остроумны и занимательны, в них, как правило, собраны находки поколений. Исторические задачи по математике возможно решать не только на уроках, но и во внеурочной деятельности. В процессе решения задачи учащийся должен усваивать исторический аспект задания, знакомиться со старинным вариантом решения, его логикой, предлагать современный вариант решения.

Приведем некоторые примеры исторических задач, рассмотрение которых мы считаем целесообразным в процессе обучения математике учащихся основной школы.

Задача 1. Летела стая гусей, а навстречу им ещё гусь. Гусь говорит: «Здравствуйте, сто гусей». А ему отвечают: «Нас не сто гусей, а меньше. Если бы нас было столько, да ещё столько, да ещё полстолька, да ещё четверть столька, да ты, гусь вот тогда нас было бы сто гусей».

Учителю целесообразно сначала сообщить учащимся, что решая эту задачу, египетский математик Ахмес, сказал бы: «Считай с четырёх». Это значило: «Считай, что в стае было 4 гуся». Тогда в соответствии с условием задачи имеем: $4 + 4 + 2 + 1 = 11$ гусей. Но так как нужно получить не 11, а 99 гусей, то $(100 - 1 = 99; 99 : 11 = 9)$, то наше предположительное значение (число 4) необходимо увеличить в 9 раз. Получим ответ 36 гусей. Поскольку вначале делается неправильное предположение, что число гусей равно 4, этот способ называют теперь «Правилом ложного положения» или «фальшивым правилом».

После обсуждения всех исторических аспектов рекомендуется решение задачи современными методами. Проанализировав условие задачи учащиеся переводят его на алгебраический язык (Таблица 1).

Таблица 1.

Вспомогательная таблица для решения задачи 1

На родном языке	На языке алгебры
Сколько в стае гусей?	x
Если нас столько, да ещё столько,	$x + x$
да ещё полстолька,	$x + x + \frac{1}{2}x$
да четверть столька,	$x + x + \frac{1}{2}x + \frac{1}{4}x$

да ты, гусь,	$x + x + \frac{1}{2}x + \frac{1}{4}x + 1$
тогда было бы 100 гусей.	$x + x + \frac{1}{2}x + \frac{1}{4}x + 1 = 100$
Сколько гусей было в стае?	$x = 36$

Среди аналогичных задач, сводящихся к решению уравнений и систем уравнений (линейных, квадратных, дробно-рациональных) могут быть рассмотрены следующие:

Задача 2. Некто подошел к клетке, в которой сидели фазаны и кролики. Сначала он сосчитал головы, их оказалось 15. Потом он подсчитал ноги, их было 42. Сколько кроликов и сколько фазанов было в клетке? [4]

Задача 3. Артели косцов надо было скосить два луга, один вдвое больше другого. Половину дня артель косила большой луг. После этого артель разделилась пополам: первая половина осталась на большом лугу и докосила его к вечеру до конца; вторая же половина косила малый луг, на котором к вечеру ещё остался участок, скошенный на другой день одним косцом за один день работы. Сколько косцов было в артели?

Задача 4. (Древний Китай) Имеется водоем со стороной в 1 чжан = 10 чи. В центре его растет камыш, который выступает над водой на 1 чи. Если потянуть камыш к берегу, то он как раз коснется его. Спрашивается: какова глубина воды и какова длина камыша? [2]

Следует отметить, что исторические задачи в процессе обучения математике учащихся основной школы способствуют формированию широкого понимания природы математики, расширению кругозора учащихся, развитию их мировоззрения. Такие задачи повышают интерес учащихся к изучению самого предмета «математика», поскольку для них ценность математического образования большей частью состоит в широте ее практических возможностях. Кроме того, исторические задачи оказывают положительное влияние на развитие общекультурной компетенции школьника. При решении таких задач, учащиеся знакомятся с историческим наследием, а это способствует формированию нравственных ценностей личности, уважительного отношения к предкам и их трудам, ответственности за хранение культурного наследия и его развитие. Все это свидетельствует о целесообразности использования исторических задач в процессе обучения математике школьников.

Список литературы.

1. Асеев, А. Г. Мотивация поведения и формирования личности / А. Г. Асеев. – Москва, 1976. – 134 с.
2. Балк, М. Д. Математика после уроков. Пособие для учителя / М. Д. Балк, Г. Д. Балк. – Москва : Просвещение, 1971. – 462 с.
3. Рыбников, К. А. Возникновение и развитие математической науки / К. А. Рыбников. – Москва : Просвещение, 1987. – 148 с.
4. Фридман, Л. М. Как научиться решать задачи. Пособие для учащихся / Л. М. Фридман, Е. Н. Турецкий, В. Я. Стеценко. – Москва : Просвещение, 1979. – 126 с.
5. Шарыгин, И. Ф. Математика для школьников старших классов / И. Ф. Шарыгин. – Москва : Дрофа, 1995. – 210 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ЧЕТЫРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Маникаев А.Р., Умов А.Ю.

Научный руководитель: Алексеева С. В.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург*

Аннотация. Статья посвящена особенностям восприятия и представления различных геометрических объектов в четырехмерном пространстве.

Ключевые слова: Флатландия, четвертое измерение, трехмерная гиперплоскость, гиперсфера, гиперконус, тессеракт .

Как известно, декартова прямоугольная система координат состоит из трех взаимно перпендикулярных координатных осей OX , OY и OZ , пересекающихся в одной точке O . Она представляет собой трёхмерное пространство. Но что такое четвёртое измерение? Представим плоскость, населённую двумерными жителями. Существа, которых мы назовём флатландцами (флатландцы – жители Флатландии, живущие в двумерном пространстве и передвигающиеся только по плоскости OXY), живут целиком в двух измерениях – на плоскости OXY . Для них не существует оси OZ , никакого третьего направления, потому что ось OZ направлена перпендикулярно к их реальности. Это направление, вдоль которого они не могут двигаться и видеть, они даже не могут его нарисовать. Им будет трудно понять смысл третьего измерения. Мы тоже столкнёмся со сложностями в понимании четвёртого измерения. Проблема заключается в

том, что в нашем пространстве нет места для высшего измерения. Во Флатландии можно двигаться вправо, влево, вперёд, назад и всё. Движение в другом направлении выбросит вас из реальности. Вы подметите что это невозможно, ведь реальность – это, реальность. Если сказать флатландцам, чтобы они двигались вверх и вниз, они не поймут, потому что они не имеют понятия о том, что такое "верх" и "низ". Мы прекрасно знаем, что это такое, потому что живём в этих измерениях и мы сталкиваемся с той же проблемой. В нашем мире мы знаем о направлениях "влево", "вправо", "вперёд", "назад", и, конечно, "вверх" и "вниз". Но чтобы отправиться в четвёртое измерение, мы должны двигаться в ином направлении, которое перпендикулярно трём остальным, его можно назвать "внутри" и "наружу". Это направление ничего не значит для нас, но мы полагаем, что оно существует в четырёхмерном мире.

Раз мы физически не можем проникнуть в четырёхмерное пространство и даже заглянуть туда, чтобы узнать, как оно выглядит, можем ли мы по крайней мере понять, как наш мир выглядит с точки зрения четвёртого измерения? Перед тем как ответить на этот вопрос, посмотрите, как видят свой мир флатландцы. Так как они живут в двумерной плоскости, они видят одномерную проекцию плоских фигур. Они могут осматривать их со всех сторон. Например, круг во Флатландии виден как линия. Когда круг перемещается к нам, отрезок увеличивается и наоборот. Если флатландцы могут видеть только отрезки прямых, для нас может показаться непонятным, как они отличают одну фигуру от другой? На самом деле это просто. Флатландцы, как и мы, имеют понятие о глубине. У них есть органы осязания. Ощупывая поверхность объекта, они могут выяснить, какова его форма, сколько у него сторон и так далее. Они также могут изучать объект, смотря на него с разных углов. Мы чем-то схожи с жителями Флатландии. Мы видим плоскую проекцию нашего трёхмерного мира, плоские фигуры, но благодаря нашему осязанию можем распознать в них трёхмерный объект. Вот почему мы понимаем, что куб – это куб, посмотрев на него со стороны. Вернёмся к первоначальному вопросу: "Как выглядит наш мир с точки зрения четвёртого измерения?" Если флатландцы видят отрезки прямых, которые они воспринимают как плоские фигуры, а мы видим плоские фигуры, которые воспринимаем как объёмные тела, значит, четырёхмерные существа будут видеть объёмные тела, которые они будут воспринимать как четырёхмерные объекты. Если мы посмотрим на наш мир с точки зрения четвёртого измерения мы увидим "внутренности" нашего мира.. Размышлять о высших измерениях очень тяжело, но это всё же возможно.

Берем нашу трёхмерную систему координат и плющим её, чтобы освободить место для четвёртого измерения вдоль оси OW. Каждая горизонтальная плоскость, которую мы видим в таком представлении 4D пространства, на самом деле является трёхмерной гиперплоскостью. Земля на самом деле не такая плоская, если мы смотрим на неё внутри 3D пространства. Для нас как для трёхмерных существ W-координата есть нуль, точно так же как для флатландцев Z - координата была нулём. Поэтому всё, что мы видим, имеет нулевую W-координату и лежит в этой гиперплоскости. И мы никогда физически не увидим, как на самом деле выглядит четырёхмерный объект, потому что всё, что мы в состоянии увидеть – это 3D сечение или слой 4D объекта, то есть то, как он проходит через нашу гиперплоскость. Мы сталкиваемся с той же проблемой, что и флатландцы. Они не могут видеть, как на самом деле выглядит трёхмерный предмет, только отдельные слои. Сначала давайте посмотрим на 4D объект с математической точки зрения.

Рассмотрим уравнение окружности.

$$x^2 + y^2 = R^2$$

Мы можем построить окружность средствами алгебры, используя теорему Пифагора. Конечно, можно менять её положение на плоскости и размер, изменяя в формуле координаты центра и радиус, но это только в двух измерениях. В трёх измерениях мы имеем дополнительную ось Z. Теперь мы можем использовать теорему Пифагора для трёх измерений.

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2$$

Переход к четвёртому измерению происходит так же: при добавлении в формулу четвёртого слагаемого сфера превращается в гиперсферу. Мы можем использовать эту формулу, чтобы выяснить, как будут выглядеть 3D сечения гиперсферы, когда она будет пересекать наш мир.

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 + (w - w_0)^2 = R^2$$

Поскольку мы видим только то, что находится в гиперплоскости, где координата W = 0, заменим W на нуль в нашем равенстве, получаем

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 = R^2 - w_0^2$$

Таким образом, трёхмерные слои гиперсферы - это сферы и радиус этого сферического слоя зависит от значения координаты W в 4D пространстве. Вернёмся к нашему представлению четырёхмерного пространства. Как мы можем изобразить нашу четырёхмерную гиперсферу? Когда она опускается вдоль оси OW , в конце концов она пересекает нашу гиперплоскость, где W -координата равна нулю, позволяя нам увидеть её трёхмерный срез. Наблюдая, как гиперсфера проходит через наше пространство, как изменяются её слои, мы можем понять её геометрию. Но из-за нашего ограниченного восприятия мы не сразу понимаем, что это четырёхмерная "округлость".

Как будет выглядеть гиперконус, если он пересечёт наше пространство? Определим поверхность 3D конуса как поверхность, которая получается посредством выдавливания из круглого основания в направлении третьей оси и последующего стягивания в точку.

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = (z - z_0)^2$$

Тогда, для четырёхмерный гиперконус можно определить как выдавливание из сферического основания в направлении четвёртой оси и дальнейшее стягивание в точку. Его можно назвать также "сферический конус".

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 - (z - z_0)^2 = (w - w_0)^2$$

Конечно, мы увидим лишь его слои в результате пересечения с нашей гиперплоскостью. Из уравнения заключаем, что, когда ось гиперконуса параллельна оси OW , каждый слой – это, сфера, чей радиус зависит от координаты OW гиперконуса.

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 - (z - z_0)^2 = w_0^2$$

Как будут выглядеть слои, если гиперконус начнёт вращаться? Гиперконус, движущийся и вращающийся в четырёхмерном пространстве, образует гиперконические сечения, переходящие друг в друга. Он пересекает нашу реальность, и мы видим красивые объекты, которые необъяснимы с трёхмерной точки зрения.

Рассмотрим четырёхмерный куб – тессеракт (рис. 1). Чтобы построить тессеракт, начнём с точки. Выдавим её вдоль оси OX и получим отрезок. То же самое сделаем вдоль оси OY образуется квадрат. Потом выдавим квадрат вдоль оси OZ , чтобы получился куб. Наконец, продлим куб перпендикулярно вдоль оси OW , и получим тессеракт.

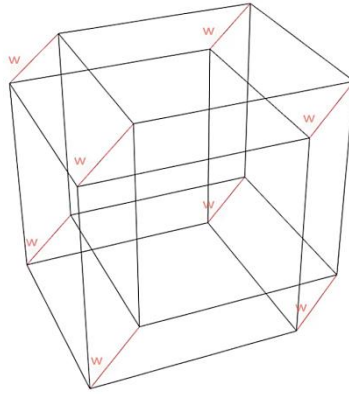
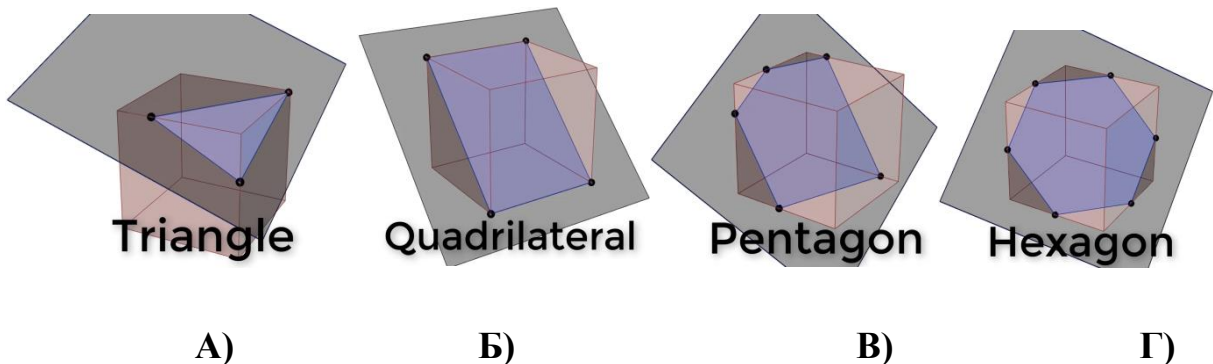


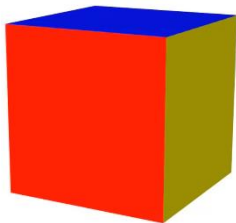
Рисунок 1. Тессеракт

Если квадрат ограничен 1D отрезками, куб - 2D квадратами, значит, гиперкуб ограничен 3D кубами, называемыми ячейками. Их у гиперкуба восемь. Чтобы выяснить, как выглядят трёхмерные срезы гиперкуба, мы должны найти пересечения с нашей гиперплоскостью всех его восьми ячеек, заключающих в себя гиперкуб (рис. 2).



А) Б) В) Г)
 Рисунок 2. Пересечения плоскости у куба бывают только (А) трёх-, (Б) четырёх-, (В) пяти- и (Г) шестиугольниками

Это 3D сечение гиперкуба, который наполовину пересекает нашу реальность. Его можно вращать в любых комбинациях в плоскостях OXY , OXZ и OYZ , как и любой трёхмерный объект. Но ничего интересного не произойдёт, поскольку, происходит лишь вдоль осей OX , OY и OZ .



И ни у одной точки тессеракта координата OW не меняется. Это то же, как если бы куб вращался во Флатландии лишь в плоскости OXY . Координата Z не меняется, и сечение выглядит как обычный квадрат. Для флатландцев не будет ничего необычного. Однако, в четырёхмерном пространстве вращение возможно вдоль шести плоскостей. Всё станет намного интереснее, когда мы

начнём вращать гиперкуб вдоль плоскостей OXW , OYW и OZW . Это не совсем то, что мы ожидаем увидеть, когда что-то вращается. Гиперкуб как будто растягивается, сжимается и меняет цвет. Рассмотрим случаи, когда тессеракт повернут к нам ячейкой, гранью, ребром и вершиной. Мы можем заметить, что тессеракт имеет четыре взаимно перпендикулярных ребра, исходящих из одной вершины, а куб - только три (рис. 3). 3D слои гиперкуба будут выглядеть подобно 2D слоям куба, только на одно измерение выше.

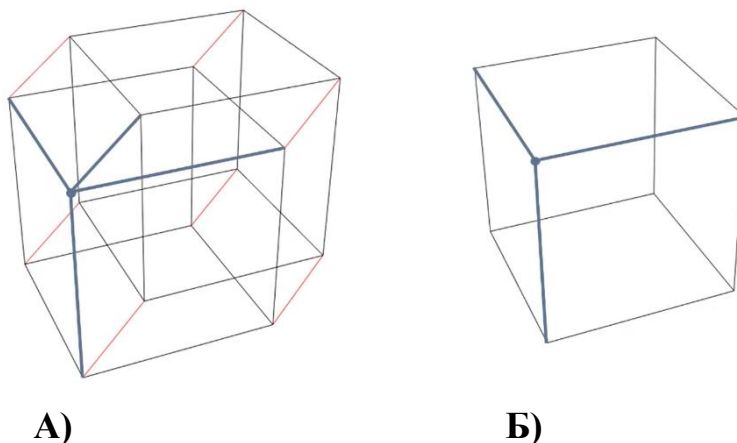


Рисунок 3. Взаимно перпендикулярные ребра, исходящих из одной вершины у а)-тессеракта и б)-куба.

Четырёхмерная геометрия красива и прекрасна, в основном благодаря своей сложности, а также из-за того, что она загадочна. Ведь всё, что мы знаем, находится здесь, в гиперплоскости, где W -координата везде равна нулю. Насколько мы знаем, никто из нас не имеет возможности покинуть её. Мы ограничены, заключены в нашем пространстве. Мы - те же флатландцы относительно четырёхмерного мира. Мы бесконечно тонкие и лишь слой того, что может находиться в четырёхмерной реальности. Осознание этого факта приводит к важным вопросам: *"Возможно наш физический мир является отображением чего-то из высших измерений? Может быть, наше понимание реальности ограничено трёхмерными понятиями?"* Конечно, это может и не соответствовать действительности. Может быть, существует целый мир, проходящий в четвёртом направлении, который мы ещё не исследовали. Новое пространство, новые понятия, может быть даже новая жизнь.

Список литературы.

1. Владимиров Ю. С. Пространство-время: явные и скрытые размерности. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. —

208 с. — (Науку — всем! Шедевры научно-популярной литературы). — ISBN 978-5-397-01072-6.

2. Ибаньес, Рауль. Четвёртое измерение. Является ли наш мир тенью другой Вселенной?. — М.: Де Агостини, 2014. — 160 с. — (Мир математики: в 45 томах, том 6). — ISBN 978-5-9774-0631-4.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВАВИЛОНСКОЙ АСТРОНОМИИ

Черных Н.П., Тихонов И.С.

Научный руководитель: Чудовская Л.А.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет,
Санкт-Петербург.*

***Аннотация.** Вавилонская астрономия в историческом обзоре является одной из наиболее развитых астрономических систем Древнего Мира. Статья посвящена анализу её математических методов, применявшихся для расчёта эклиптической орбиты планет, и основ их графического отображения в системе вавилонской клинописной письменности. **Ключевые слова:** вавилонская астрономия, клинопись, шестидесятеричная система счисления, математические методы.*

Вавилонская астрономия является одной из наиболее древних и менее изученных систем Древнего Мира среди своих аналогов, вроде древнеегипетской, из-за таких характерных особенностей, как отсутствие расшифровки многих клинописных табличек, недостаток материалов, изучающих этот вопрос, и лишь начавшаяся в начале XIX века работа по их изучению ассириологами, как например известный востоковед Гуго Винклер [5]. Последние исследования показали точность расчётов вавилонской астрономии, с наличием собственного звёздного каталога, выпущенного за несколько сотен лет до работы Гиппарха, известного древнегреческого астронома. Ранее существовало мнение, что в своих наблюдениях за движением Солнца, Луны и планет по небосклону, древние вавилонские астрономы использовали обычную арифметику для предсказания будущего положения небесных объектов. Вся же её мнимая сложность обуславливалась их особой системой счисления[1]. Однако, в ходе расшифровки недавно найденных таблиц, предпринятой Матью Оссендрийвером, выяснилось, что наряду с простыми операциями использовались и сложные аналитические методы. Их применение было зафиксировано в астрономических расчётах для вычисления ежедневных перемещений Юпитера относительно

эклиптики, которые предвосхитили развитие аналогичных методов и приемов древнегреческих астрономов[4],[6].

Повлияла на подобную сложность методов математического анализа и ранее упомянутая шестидесятеричная система счисления. У неё есть две гипотезы возникновения – в том, что могло произойти слияние двух более ранних систем счисления, либо из-за их подсчётов количества солнечных дней в году, которое равнялось трёхсот шестидесяти. Вторая гипотеза более вероятна, так как аналогичные значения мы используем не только в современных календарях, но и в градусной мере. Шестидесятеричная система гораздо обширнее, чем привычная нам десятичная, и потому при её расшифровке возникли определённые проблемы. Исторически в своём развитии человечество старалось совершенствовать запись чисел, которыми им приходилось пользоваться по ходу развития ремёсел, у разных народов в разные времена употреблялись самые различные системы счета. В этой же системе счисления числа составлялись из двух видов знаков. Прямой клин использовался для обозначения единиц, а лежащий клин - для обозначения десятков. Клинья в этой системе счисления использовались как цифры. Число 60 снова обозначалось тем же прямым клином, что и 1. Тем же знаком обозначались числа 3600 и 602, 216000 и 603, и все другие степени 60. Именно поэтому вавилонская система счисления являлась шестидесятеричной. Для определения же знака числа, было необходимо разбить изображение этого числа на разряды справа налево. Чередование групп имеющие одинаковые знаки соответствовало чередованию разрядов. Значение числа определялось по составляющим значениям его цифр, но с тем учетом, что цифры в каждом последующем разряде значили в 60 раз больше тех цифр в предыдущем разряде. В конце числа ноль обычно не ставился, но он и не был нулем в нашем понимании, происходя от числа 1[2]. Особенные проблемы начинаются, когда речь идёт об операциях с такими числами. Таблицу умножения в Вавилоне запомнить было практически невозможно из-за подобных недостатков счёта, поэтому вместо практических расчётов использовалась таблица с готовыми значениями, то же самое касалось их исторических форм интегрирования и нахождения производных от арифметических систем.

Когда были обнаружены клинописные таблички, на которых описывались периоды перемещения Юпитера по небу, то там, помимо записи готовых значений, использовались также и некие трапециевидные фигуры, значение которых изначально не было ясно.[4]

Однако по ходу их анализа учёные пришли к выводу - график зависимости кажущейся скорости Юпитера от времени относительно Земли

имеет нисходящий характер, так что площадь под кривой образует трапецию, что заметно при графическом представлении астрономических расчётов эллиптической орбиты планеты. Площадь трапеции, в свою очередь, говорит о расстоянии, на которое планета сместилась вдоль линии эклиптики в течение 60 дней[6]. Таким образом, её можно представить как определённый интеграл по формуле Ньютона-Лейбница, где в системе дней и координат местонахождения Юпитера на небе как осей X и Y, определённый интеграл играет роль смещения планеты вдоль своей эллиптической орбиты, его границами выступают периоды видимого небесного положения, а подынтегральная функция – непосредственная скорость планеты. И, с учётом использования шестидесятеричной системы счисления, можно составить график времени-скорости прохождения орбиты Юпитера, который бы отображал периоды его появления в поле зрения древних астрономов. В целом обширный список клинописных астрономических табличек позволяет говорить о том, что подобные базовые операции использовались и в отношении других планет, за которыми вёлся детальный учёт с использованием всё тех же методов. Они, в условиях несовершенства астрономической науки в целом, при отсутствии технологии изготовления телескопов, представляли большую ценность для математиков и астрономов Вавилона.[3].

Исследования математических методов, используемых в вавилонской астрономии, ведутся до сих пор по ходу обнаружения новых материалов на археологических раскопках, происходящих в тяжелой политической обстановке на территории Ирака. Но в целом можно сделать вывод о том, что они значительно повлияли на дальнейшее развитие математической науки и потому их необходимо изучать ради того, чтобы и дальше выяснять закономерности возникновения методов математического анализа в эпоху, крайне далёкую от нас.

Список литературы.

1. Asger Aaboe. On The Babylonian Origin Of Some Hipparchian Parameters // Centaurus, №4 июль 2007, с. 122 - 125
2. Глейзер Г.И. История математики в школе. М., Просвещение, 1964
3. O. Neugebauer, Astronomical Cuneiform Texts. Lund Humphries, London, 1955
4. M. Ossendrijver, Babylonian Mathematical Astronomy: Procedure Texts (Springer, New York, 2012).
5. Юшкевич А.П. История математики, Том 1, М.,1999.

6. M. Ossendrijver. Ancient Babylonian astronomers calculated Jupiter's position from the area under a time-velocity graph // *Science*, 29 Jan 2016, с. 482-484.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

<i>Алексеева Ю. В.</i> ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАЗМЕРА ШИПОВОГО СОЕДИНЕНИЯ <i>Научный руководитель: Алексеева С. В.</i>	3
<i>М.А. Кальмова, Д.А. Шляхин</i> СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ТЕРМОЭЛЕКТРОУПРУГОСТИ	6
<i>Леонов Д.О.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКЕ <i>Научный руководитель: Антонова У.Ю.</i>	11
<i>Царёв Н. С.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТА КОЛЕСО – РЕЛЬС <i>Научный руководитель: Показкий В. А.</i>	14
<i>Охапкин Т.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ РЯДОВ ФУРЬЕ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СОСТОЯНИЯ СВОБОДНО ОПЕРТОЙ БАЛКИ <i>Научный руководитель: Тарабан М.В.</i>	19
<i>Бубнов Г.А., Петрова Н.А.</i> ОЦЕНКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАВИСИМОСТИ ЗАПАСОВ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА <i>Научный руководитель: Алексеева С.В.</i>	28

СЕКЦИЯ 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

<i>Сергеев Д.М.</i> ФРАКТАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ В ПРИРОДЕ И ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЕ <i>Научный руководитель: Чудовская Л.А.</i>	32
---	----

СЕКЦИЯ 3. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

<i>Емельянов А.В.</i> ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОДАЖ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ CRM-СИСТЕМЫ <i>Научный руководитель: Тихонов С.В.</i>	37
<i>Емельянова Я.А.</i> СТАТИСТИЧЕСКИЙ И КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ <i>Научный руководитель Осечкина Т.А.</i>	43
<i>Николаева А.И.</i> ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТАБУННОГО КОНЕВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) <i>Научный руководитель: Данилова Л.И.</i>	48

Ипанова Е.М. ДЕРЕВО ОТКАЗОВ КАК МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ *Научные руководители: Мушкарова О.М., Михеева М.Ф.* 54

Наумова О.И. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ СМЕРТНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ *Научный руководитель: Снатенков А.А.*58

Забавина А.Е. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ ПО ЦЕНЗУРИРОВАННЫМ ДАННЫМ *Научный руководитель: Осечкина Т.А.* 62

СЕКЦИЯ 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Дьякова С.П. МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ МОНОГОРОДОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА SFA (STOCHASTIC FRONTIER ANALYSIS) *Научный руководитель: Мицель А.А.* 67

Моргоева А. Д. ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ЛЬГОТНОМ ЛЕКАРСТВЕННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ *Научный руководитель: Мустафаева Д. Г.*70

Емельянова В.Р., Наганов А.С. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ *Научный руководитель: Затенко С.И.* 73

Судакова В.А., Шериуков С.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ *Научный руководитель: Чудовская Л.А.* 77

СЕКЦИЯ 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕДИЦИНЕ, БИОТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ.

Имуков А.Ю. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ *Научный руководитель: Зеленский В.А.*82

Ефимов Д. А., Никитина А. Д. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ *Научный руководитель: Алексеева С.В.*84

Пенезева Д.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА *Научный руководитель: Смирнов Ю.Д.* 87

Молодчий И.Н. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСАДКОВ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ ДОВЕРИЯ *Научный руководитель: Хабаров С.П.* 90

Лабес А. И. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ НА ФОНОВОЕ СОСТОЯНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ТРЕВОЖНОСТИ
Научный руководитель: Затенко С. И.96

СЕКЦИЯ 6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

*Алексеева А.А.**, *Ефромеев Н.М.* ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРА И ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ БЛОКОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ **Научный руководитель: Ефромеева Е.В.* 101

Беховская А.А. ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ *Научный руководитель: Губенко Л.А.*105

Игнатъева Т.И. РАСЧЁТ КОНДИЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ СПОРТСМЕНА В БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ ДОВЕРИЯ *Научный руководитель: Хабаров С.П.*.....107

Каримов Б.М. РАЗРАБОТКА БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ ДОВЕРИЯ ПО ДИАГНОСТИКЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОМПЬЮТЕРА В СРЕДЕ HUGIN *Научный руководитель: Хабаров С.П. , Пушкарева Л.Г.*..... 111

Кравченкова И.С. ИММИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МАРШРУТИЗАЦИИ МЕЖДУ УЗЛАМИ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ *Научный руководитель: Хабаров С.П.*118

Веретенникова К.С. АНАЛИЗ ЭНЕРГОЗАТРАТ УЗЛОВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИЯ *Научный руководитель: Хабаров С.П.*.....123

Моргоев И.Д. ПЛАНИРОВАНИЕ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВЫПУСКНЫМИ КВАЛИФИКАЦИОННЫМИ РАБОТАМИ *Научный руководитель: Мустафаева Д.Г., Леонтьев А.В.*.....127

Шурыкин А.С. ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «УМНОГО ДОМА» НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН *Научный руководитель: Фомченкова Л.В.*132

СЕКЦИЯ 7. ИСТОРИЯ МАТЕМАТИКИ

Грецакая А.Н. ИСТОРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ *Научный руководитель: Бронникова Л.М.*137

<i>Маникаев А.Р., Умов А.Ю.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ЧЕТЫРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ <i>Научный руководитель: Алексеева С. В.</i>	140
<i>Черных Н.П., Тихонов И.С.</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВАВИЛОНСКОЙ АСТРОНОМИИ <i>Научный руководитель: Чудовская Л.А.</i>	146
СОДЕРЖАНИЕ	150

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

.....	3
.....	6

СЕКЦИЯ 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

СЕКЦИЯ 3. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

СЕКЦИЯ 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

СЕКЦИЯ 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕДИЦИНЕ, БИОТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ

СЕКЦИЯ 6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

СЕКЦИЯ 7. ИСТОРИЯ МАТЕМАТИКИ

СОДЕРЖАНИЕ

.....	144
-------	-----

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕХНИКИ, ТЕХНОЛОГИЙ И ЭКОНОМИКИ

Материалы Всероссийской научно-практической
студенческой конференции

Санкт-Петербург

10 июня 2020 года

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 11.06.2020. Формат 60×84/16. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 9,75. Тираж 50. Заказ 0948.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного редколлегией,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.