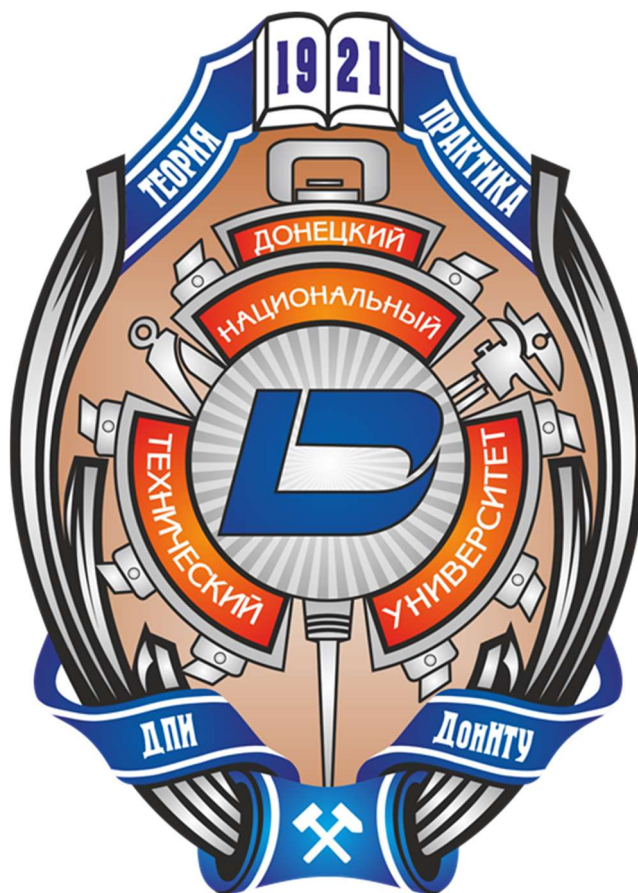


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**



ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

4 (30)

Донецк – 2022

УДК 004.3+004.9+004.2+51.7+519.6+519.7

**ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА, № 4 (30), 2022,
Донецк, ДонНТУ.**

Выпуск подготовлен по материалам IV Международной научно-практической конференции «Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем» (ПИИВС - 2022), проведенной 29 – 30 ноября 2022 г., а также другим результатам научно-технической деятельности аспирантов, соискателей и научных работников.

Статьи посвящены вопросам приоритетных направлений научно-технического обеспечения в области информатики, кибернетики, вычислительной техники и инженерного образования.

Материалы предназначены для специалистов народного хозяйства, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

Редакционная коллегия

Главный редактор: Павлыш В. Н., д.т.н., проф.

Зам. глав. ред.: Мальчева Р. В., к.т.н., доц.

Ответственный секретарь: Лёвкина А. И.

Члены редакционной коллегии: Аверин Г. В., д.т.н., проф.; Аноприенко А. Я., к.т.н., проф.;
Звягинцева А. В., д.т.н., доц.; Зори С. А., д.т.н., доц.; Карабчевский В. В., к.т.н., доц.;
Привалов М. В., к.т.н., доц.; Скобцов Ю. А., д.т.н., проф.; Федяев О. И., к.т.н., доц.;
Шелепов В. Ю., д.ф-м.н., проф.

Рекомендовано к печати ученым советом ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» Министерства образования и науки ДНР. Протокол № 7 от 29 декабря 2022 г.

Свидетельство о регистрации СМИ: серия ААА № 000145 от 20.06.2017.

Приказ МОН ДНР № 135 от 01.02.2019 о включении в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК ДНР.

Контактный адрес редакции

ДНР, 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, ГОУ ВПО «ДонНТУ»,
4-й учебный корпус, к. 36., ул. Кобозева, 17.

Тел.: +7 (856) 301-07-35, +7 (949) 334-89-11

Эл. почта: infcyb.donntu@yandex.ru

Интернет: <http://infcyb.donntu.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

Компьютерные науки

Неравенства в комплексной области и гипотеза Римана <i>Филер З. Е.</i>	5
--	---

Информатика и вычислительная техника

Выбор среднегеометрического корня системы модального управления электроприводом тележки мостового крана из условия обеспечения демпфирования колебаний груза <i>Павлыш В. Н., Бажутин Д. В.</i>	12
Моделирование пустотной структуры угольного пласта <i>Павлыш В. Н., Перинская Е. В., Бельков Д. В.</i>	18
Исследование способов передачи информации в системах сбора и обработки данных в MATLAB <i>Краснокутский В. А., Достлев Ю. С.</i>	24
Семиотическая модель и ситуационное управление как форма представления и семантика концептуальной модели физических предметных областей САПР <i>Григорьев А. В.</i>	32
Анализ новостного фона криптовалют <i>Котица А. В., Савкова Е. О.</i>	41
Информационно технологические системы подготовки принимаемых решений по запросам и реализации горно-шахтного оборудования <i>Криводубский О.А., Павлюк Е.Н.</i>	50
<u>Об авторах</u>	59
<u>Требования к статьям, направляемым в редакцию научного журнала «Информатика и кибернетика»</u>	61

УДК 517.165+517.5

Неравенства в комплексной области и гипотеза Римана

З. Е. Филер

д.т.н., к.ф.-м.н., профессор, г. Нетания, Израиль

zalmenfilier3319@gmail.com

Аннотация

Рассматривается знак $\zeta(z)$ функции в точках критической полосы. Используется представление об упорядочении в области комплексных чисел $z_1 < z_2 \Leftrightarrow \operatorname{Re}(z_1) < \operatorname{Re}(z_2)$ и при $\operatorname{Re}(z_1) = \operatorname{Re}(z_2)$ с $\operatorname{Im}(z_1) < \operatorname{Im}(z_2)$. Так как область, где $\zeta(z) < 0$ вмещает подобласть, где $\operatorname{Re}(z) < 0$, выделение последней может быть осуществлено на ПЭВМ. Точки пересечения границ областей $\operatorname{Re}(z) < 0$ и $\operatorname{Im}(z) < 0$ и являются корнями $\zeta(z)$. Отличие действительной части корня от $1/2$ невозможно, так как корню $z_1 < 1/2$ соответствует корень $z_2 = 1 - z_1$ в этой же полосе. Но он будет лежать в полосе, где $\zeta(z) > 0$, а не равно нулю. Если же $z_1 > 1/2$, то $1 - z_1$ будет лежать в области, где $\zeta(z) < 0$, что невозможно, если $\zeta(z_2) = 0$. Поэтому $z_2 = z_1 = 1/2$.

Введение

Во время учёбы в 10-м классе вечерней школы в 1950-51 учебном году З. Филер познакомился с доказательством леммы Даламбера о существовании точки в окрестности точки, в которой модуль комплексной функции отличен от 0, где модуль меньше. Подумалось, что математики могут решать неравенства для комплексных функций, но это просто не изучают в школе. Но, учась в университете и затем преподавая в ВУЗах, он таких работ не нашёл. В 1999 г. он опубликовал работу [1], в которой содержалось представление о комплексных решениях неравенств, в частности квадратных. В 2003 г. это опубликовано в журнале [2]. Это было использовано в преподавании в курсе «Числовые системы». Он обнаружил позднее, что А. В. Кужель рассматривал такую возможность в [3], даже привёл пример линейного неравенства, но не указал ни метода, ни ответа. Филер вместе со своим учеником С.П. Ткаченко предложили использовать метод действительной невязки [3], но он не давал полной картины: область, где функция больше нуля вместе с областью, где она меньше нуля и корнями, не заполняла всю плоскость (рис. 1).

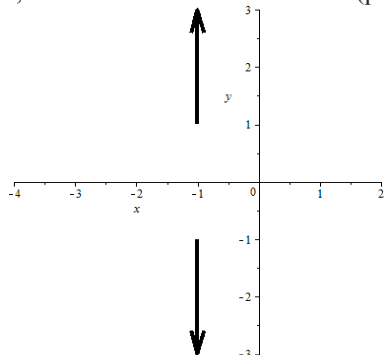


Рисунок 1 – Решение неравенства $x^2 + 2x + 2 < 0$ с невязкой $r \in \mathbb{R}$

Противоположное неравенство $x^2 + 2x + 2 > 0$ имеет решение в форме креста вдоль оси абсцисс и куском прямой $x = -1$ от точки $(-1; -1)$ до точки $(-1; 1)$. Вместе с корнями функции $x^2 + 2x + 2$ эти прямые не заполняют плоскость. Построенная методом комплексной невязки $r = s + it$ область решений неравенств с корнями заполняют всю плоскость.

Цель работы. Использовать неравенства для поиска корней, в том числе для нетривиальных корней дзета-функции.

Материалы и методы

На рис. 2 зелёным цветом показано решение, полученное методом действительной невязки, красным – корни, синим – область выполнения неравенства; белая часть плоскости решение противоположного неравенства, полученное методом комплексной невязки. «глубины» показаны оттенком синего цвета и «высоты» – другого.

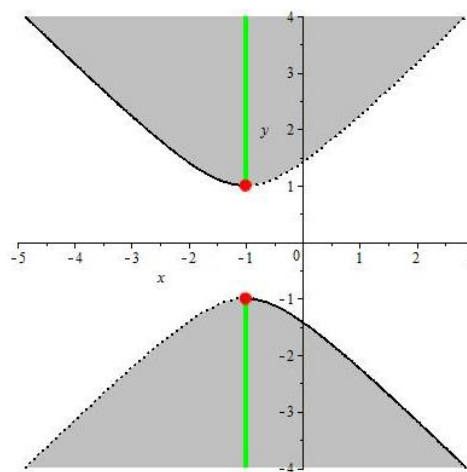


Рисунок 2 – Решение неравенства $x^2 + 2x + 2 > 0$ с невязкой $r \in \mathbb{C}$

Неравенство $f(z) < 0$ равносильно уравнению $f(z) + r = 0$ с параметром $r > 0$, неравенство $f(z) > 0$ – уравнению $f(z) - r = 0$. Это даёт возможность рисовать график функции $w = \text{Ref}(x+iy)$, на котором будут выделяться «глубины» оттенком синего цвета и «высоты» – другого. Так построен график на рис. 3. Линия $\text{Ref}(x+iy) = 0$ будет отделять «море» от «суши»; на ней будут находиться и корни функции $f(x+iy) = 0$. Их можно выделить, взяв пересечение областей, где лежат границы областей $\text{Ref}(z) < 0$ и $\text{Imf}(z) < 0$. Хотелось бы найти простой способ изображения, как

средний рис.3. Рассмотрим картину для линейной функции $w = az + b$ с комплексными значениями a, z и b . Она эквивалентна системе действительных функций $w_1 = a_1x - a_2y + b_1$ и $w_2 = a_2x + a_1y + b_2$. Их графики при $w = 0$ – взаимно перпендикулярные прямые, пересекающиеся в корне функции w (рис. 4). Область, в которой функция $f(z) = (1-i)z - (3+2i) < 0$, не закрашена. Корень – общая точка границы красной и синей областей, т.е. где $\text{Ref}(z) > 0$ и $\text{Imf}(z) > 0$ (она дважды закрашена).

На рис. 5 изображены области знакопостоянства функции z^2 .

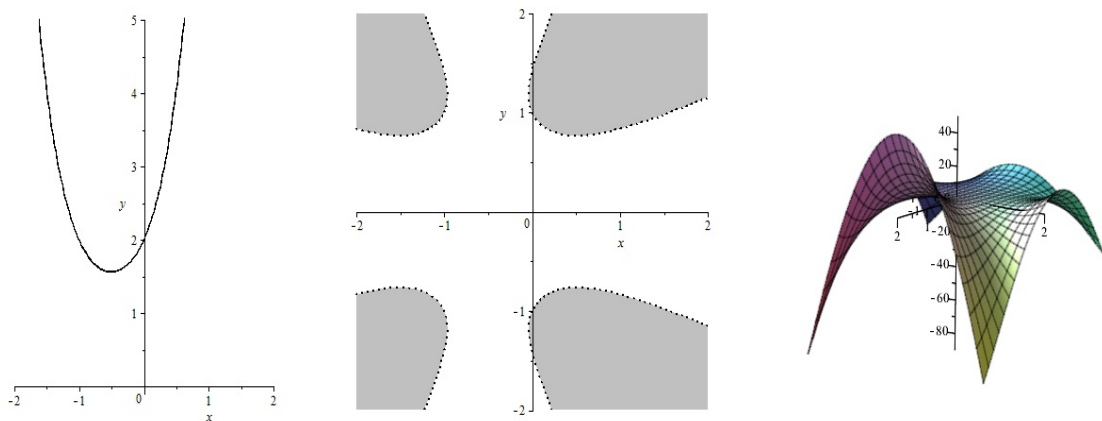


Рисунок 3 – Графики функции $f(x) = x^4 + 2x^3 + 3x^2 + 2x + 2$ в R , где она больше 0; в C , где $\text{Ref}(x+iy) < 0$; и функции $w = \text{Ref}(x+iy)$

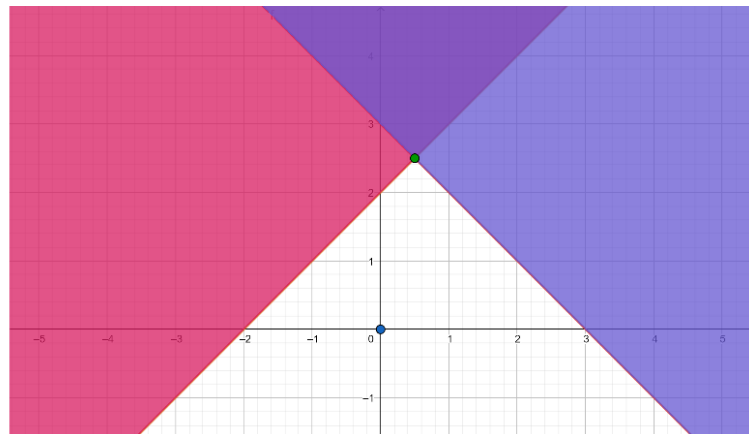


Рисунок 4 – Решение уравнения $(1-i)z = 3+2i$ в C

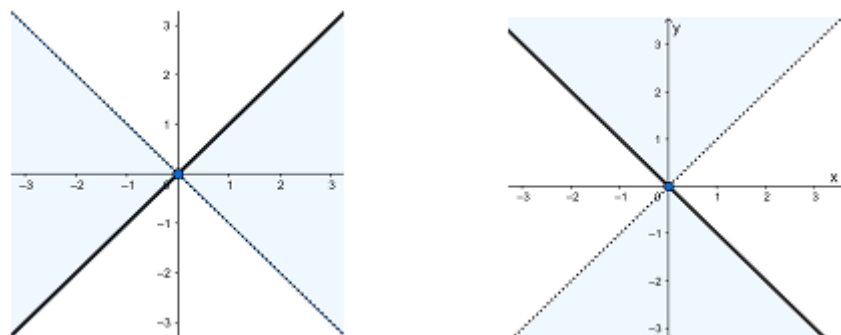


Рисунок 5 – Решения неравенств $z^2 > 0$ (слева) и $z^2 < 0$ (справа)

Корень этой функции - общая точка их границы $z=0$. Жирным выделена часть границы областей, принадлежащая к соответствующему решению. Объединение их вместе с точкой O – корнем, даёт всю комплексную плоскость.

О корнях дзета-функции Римана

Известно, что громадное множество «первых» её нетривиальных корней имеют действительную часть $x=1/2$. Ординаты корней лежат на последовательных листах многозначной обратной функции Римана. Представить их расположение на плоском листе можно с помощью рис. 6.

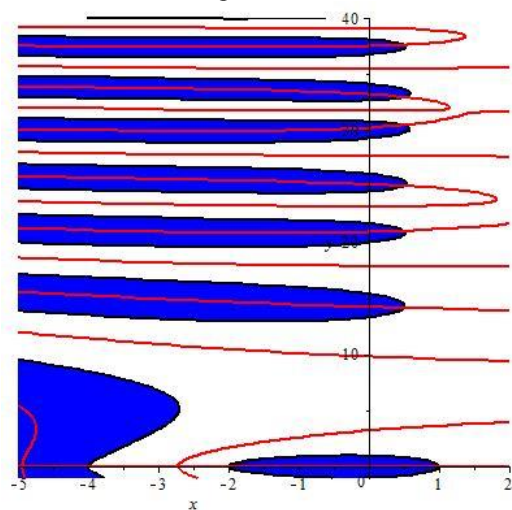


Рисунок 6 – Расположение корней

Все корни в полосе $0 < x < 1$, $y > 14$ являются точки пересечения границ областей, где $\text{Re}(\zeta(z)) < 0$ (синего цвета) с линиями $\text{Im}(\zeta(z)) = 0$ (коричневого цвета), которые поворачиваются при $x \approx 1/2$. А.С. Чуйков на компьютере, проработавшем десятки часов, получил картину, изображённую на рис. 7. Если есть корень z_1 , то в силу теоремы о симметрии нулей функции $\zeta(z)$, будет и ещё один корень $z_2 = 1 - z_1$ с тем же y . Но он лежит уже в «белой» части, где $\zeta(z)$ положительна и возрастает на отрезке $(0; 1)$ и пересекает поверхность границей графика $\text{Im}(\zeta(z)) < 0$ при $x = 1/2$ (рис. 8). График этой функции в диапазоне около 10000 изображён на рис. 7.

Рассмотрим ситуацию вокруг корня. Он лежит в точке z_1 пересечения около правого конца области, в которой $\text{Re} \zeta(z)$ отрицательна. В силу симметрии корней, существует ещё один корень $z_2 = 1 - z_1$. Чтобы лучше уяснить ситуацию с поиском комплексных корней, покажем его на примере функции

$$w = \exp(z) = \exp(x + iy) = \exp(x)(\cos y + i \sin y),$$

где $\text{Re}(e^z) = e^x \cos y < 0 \Rightarrow \cos y < 0$;
 $\text{Im}(e^z) = e^x \sin y < 0 \Rightarrow \sin y < 0$.

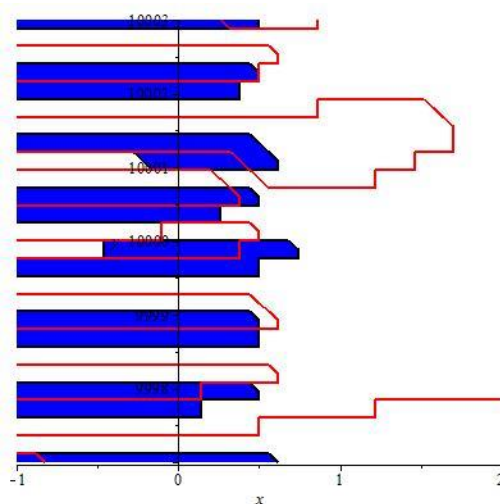
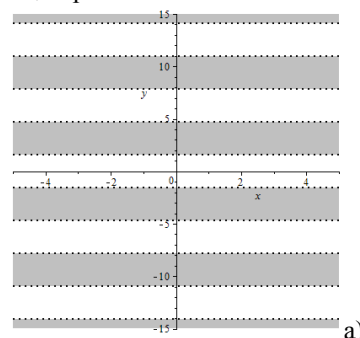
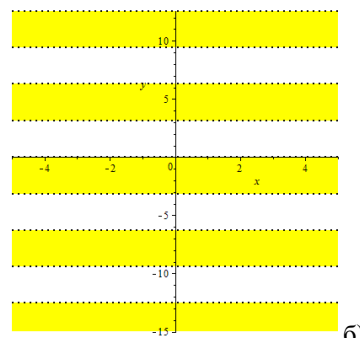


Рисунок 7 – График $\text{Re}(\zeta(z)) < 0$, $y_k \approx 10^4$

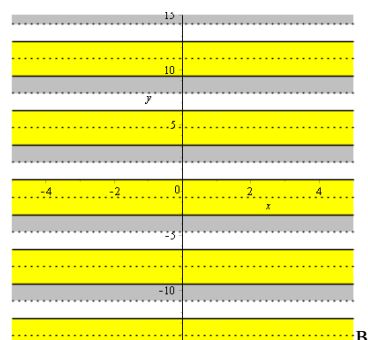
На рис. 8 видно, что границы этих областей не пересекаются. Ясно, что модуль этой функции равен $e^x > 0$.



а)



б)



в)

Рисунок 8 – Графики: а) $\text{Re}(\exp(z)) < 0$;
б) $\text{Im}(\exp(z)) < 0$; в) на одном рисунке

Трёхмерный график функции $\text{Re}(\exp(z))$ показан на рис. 9. Лучшее представление даёт плоский график, на котором изображены «глубины» и «суша», как на топографической карте. Там не изображена область $y > 0$ ввиду симметрии относительно оси ОХ функции $z^2 + 1$ (рис. 10).

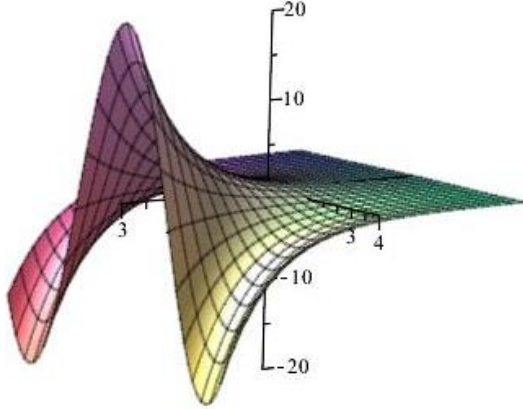


Рисунок 9 – Функция $\text{Re}(\exp(z))$

Исследование структуры областей возле корней дзета-функции

Аналогичный характер имеет график действительной части дзета-функции в районе каждого $\text{Re}(\zeta(z)) + a < 0$; $a > 0$ – «глубины», $a < 0$ – «высоты». На рис. 11. представлена соответствующая картина в окрестности 4 – го корня, где область $\text{Re}(\zeta(z)) < 0$ – выделена темным цветом, а $0 < \text{Re}(\zeta(z))$ – показана светлым. Корень – пересечение линий – $\text{Re}(\zeta(z)) = 0$ (границы тёмной и светлой областей) и линией $\text{Im}(\zeta(z)) = 0$ – красный цвет. Показана также зона «глубин», где $\text{Re}(\zeta(z)) < -0,5$ и зоны «высот», в которой $0,2 < \text{Re}(\zeta(z)) < 0,5$ (светло-желтая) и $0,5 < \text{Re}(\zeta(z))$. Видно, что корень в точке $z = \frac{1}{2} + iy_4$, $y_4 \approx 30,5$. Таким образом, если верно, что аналогичная структура сохраняется для всех нетривиальных корней $\zeta(z)$, то теорема Римана доказана. Но как это доказать? Возможно, с помощью финитизации вдоль оси ОУ.

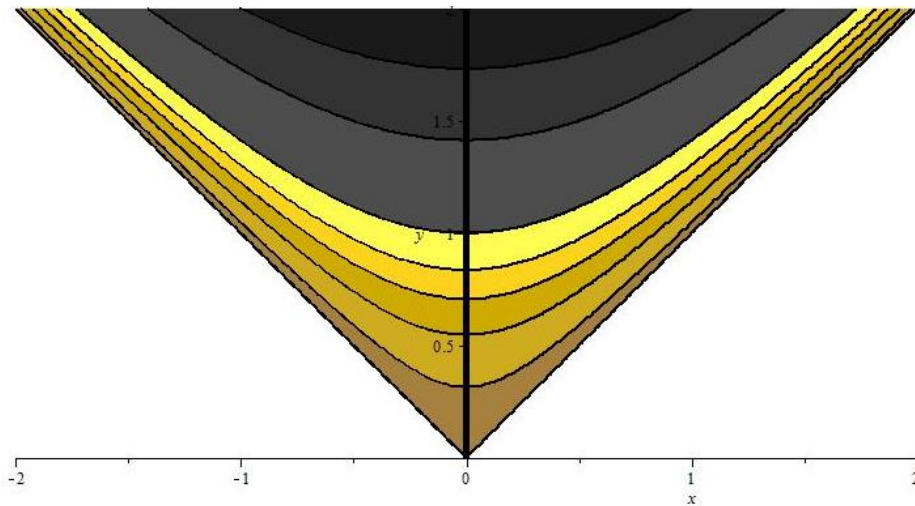


Рисунок 10 – Корень у подножия «гор» и на кромке у залива «моря»

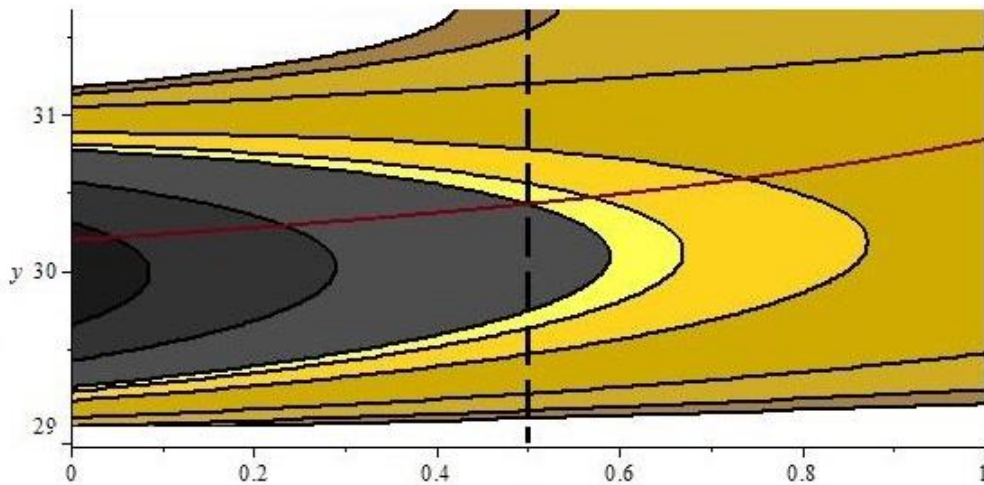


Рисунок 11 – «Залив» и «суша» возле 4-го корня ζ -функции Римана

Результаты и обсуждение

Нам неизвестны попытки использовать *неравенства* в комплексной области для исследования положения корней дзета-функции Римана. Как пишет автор [1], "... великая головоломка, впервые сформулированная в той работе 1859 г., по-прежнему остается нерешенной — она противостоит атакам лучших умов планеты так же твердо, как когда Риман писал о своих «недолгих бесплодных попытках» доказать ее в далекие времена, когда аналитическая теория чисел только-только родилась. Каковы же перспективы на сегодняшний день, когда усилия расколоть орешек ГР [гипотеза Римана] прилагаются уже пятнадцатое десятилетие?" Эта книга написана ещё пару десятилетий тому.

Нам известно использование компьютера вместе с аналитическими методами в работе [8], которую её автор считает доказательством теоремы Римана. Он в аннотации пишет: «В данной статье в среде Maple наглядно иллюстрируются основные идеи доказательства гипотезы Римана. Для понимания достаточно знать, что такое комплексное число и иметь самое элементарное понятие о дзета-функции Римана. Можно даже не знать, что такое интеграл и знак суммирования, воспринимая их в тексте как красивые иероглифы. Можно, наверно, сразу же перейти к части 2. Компьютерные эксперименты, обращаясь к части 1. Введение за пояснениями. Желающие ознакомиться с математическим доказательством могут найти его на сайте riemann.ucoz.net, там же есть и видеолекция». Его доказательство использует интегральное представление функции Римана:

$$\int_1^{\infty} \frac{\{x\}}{x^{s+1}} dx = \frac{1}{s-1}.$$

Он использует только мнимую часть равенства ($s = \sigma + it$) и утверждает «Изучение другого уравнения этой системы логической необходимости для доказательства не имеет», доказывая, что оно имеет единственный корень. Он рассматривает это равенство в области *известного* корня. Там и рисунок (у нас рис.12).

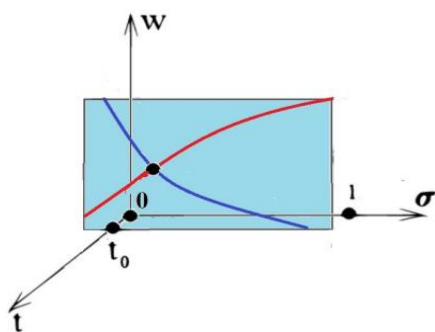


Рисунок 12 – из статьи [8]

На нём есть и плоскость с корнем. В статье [9] рассматривается вопрос о *кратности* корней. У нас и в [7] этот вопрос не возникает. Рис. 5 может помочь в поиске таких корней.

Для функции $f = z^4 + z^2$, имеющей двукратный корень $z=0$, ситуация изображена на рис. 13. Там угол между касательными в т. О составляет $\pi/2$. Пунктирные линии – $\text{Im}f(z)=0$. Пунктирная гипербола не пересекается с гиперболой – границей области $\text{Ref}=0$.

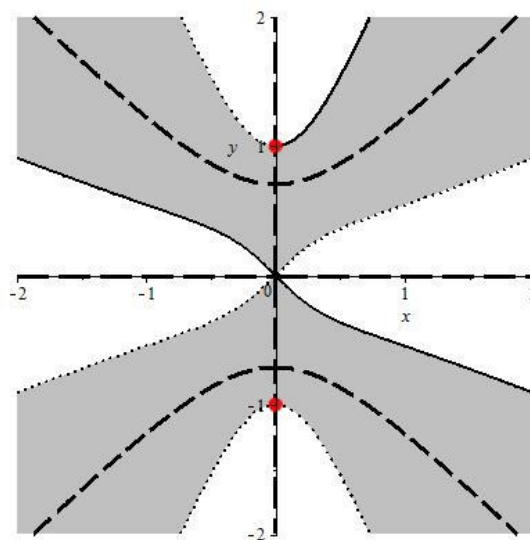


Рисунок 13 – 2-х кратный корень $z^4 + z^2$

Аналогична ситуация с 3-кратным корнем функции $z^4 + z^3$ показана на рис. 14. Трёхкратный корень $x=0$ лежит на пересечении 3 пунктирных линий $\text{Im}f(z)=0$.

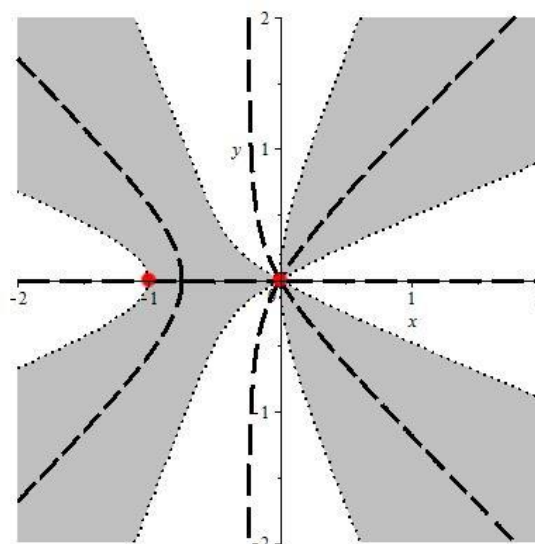


Рисунок 14 – 3-х кратный корень $z^4 + z^3$

Автор выражает благодарность А. Чуйкову, Й. Щтеренбергу и В. Беловодскому за помощь в построении рисунков и оформлении текста доклада.

Выводы

1. Метод комплексной невязки позволяет структурировать область решений неравенств, их «глубину» и «высоту» в точках области. Показаны примеры расслоения таких областей.

2. Показано расположение областей $\operatorname{Re}f(z)<0$ и $\operatorname{Im}f(z)<0$, когда корней нет.

3. С помощью такого расслоения и предположения о существовании корня z_k , действительная часть которого отлична от $1/2$, учитывая симметрию корней относительно прямой $x=1/2$, показано, что есть только один корень $z_k=1/2+iy_k$ ζ -функции при каждом y_k .

4. Учитывая доказательство Г. Харди бесконечности множества нулей ζ -функции, теорема Римана нами доказана, если сохраняется структура областей возле **всех** «далёких» корней.

Литература

1. Дербишир, Дж. Простая одержимость. Бернхард Риман и величайшая нерешённая проблема в математике / Дж. Дербишир — Москва: Астрель, 2010. — 464 с.

2. Ерёмин, А.Ю. О вычислении дзета-функции Римана в комплексной области/ А.Ю. Еремин, И.Е. Капорин, М.К. Керимов // Журнал вычислительной математики и математической физики, 1985. — Т. 25, № 4. — С.500-511.

3. Кужель, О. В. Розвиток поняття про число. Ознаки подільності. Досконалі числа / О. В. Кужель. — Киев.: Вища школа, 1974. — 80 с.

4. Ткаченко, С. П. Комплексні розв'язки квадратної нерівності / С. П. Ткаченко, З. Ю.Філер // Математика в школі, 2003. — №2. — С. 47-49.

5. Філер, З. Ю. Неравенства в комплексной области / З. Ю. Філер — Современные проблемы естественных наук. — Харків: ХДУ, 2014. — Т.1(2) — С. 194-199.

6. Філер, З. Ю. Рівняння та нерівності в науці та навчанні / З. Ю. Філер // Матеріали міжвузівської регіональної конференції «Математика, її застосування та викладання» (Кіровоград, 24-25.09.1999 року). — РВГ ІЦ КДПУ, 1999. — С. 141-145.

7. Філер, З. Ю. Методика пошуку комплексних розв'язків нерівностей способом невязки/ З. Ю. Філер, А. С. Чуйков // Журнал ФМО, 2021. — №5. — С. 72-79.

8. Мусин, Н. М. Компьютерные эксперименты с дзета-функцией Римана / Н. М. Мусин // Журнал естественно-научных исследований, 2017. — Т.2, №2. — С.47-52.

9. Карацуба, А. А. О нулях дзета-функции Римана на критической прямой / А.А. Карацуба // Труды МИАН, 1985. — № 167. — С. 167—178.

Філер З.Е. Неравенства в комплексной области и гипотеза Римана. Рассматривается знак $\zeta(z)$ функции в точках критической полосы. Используется представление об упорядочении в области комплексных чисел $z_1 < z_2 \Leftrightarrow \operatorname{Re}(z_1) < \operatorname{Re}(z_2)$ и при $\operatorname{Re}(z_1) = \operatorname{Re}(z_2)$ с $\operatorname{Im}(z_1) < \operatorname{Im}(z_2)$. Так как область, где $\zeta(z) < 0$ вмещает подобласть, где $\operatorname{Re}(z) < 0$, выделение последней может быть осуществлено на ПЭВМ. Точки пересечения границ областей $\operatorname{Re}(z) < 0$ и $\operatorname{Im}(z) < 0$ и являются корнями $\zeta(z)$. Отличие действительной части корня от $1/2$ невозможно, так как корню $z_1 < 1/2$ соответствует корень $z_2 = 1 - z_1$ в этой же полосе. Но он будет лежать в полосе, где $\zeta(z) > 0$, а не равно нулю. Если же $z_1 > 1/2$, то $1 - z_1$ будет лежать в области, где $\zeta(z) < 0$, что невозможно, если $\zeta(z_2) = 0$. Поэтому $z_2 = z_1 = 1/2$.

Ключевые слова. упорядочение области комплексных чисел, выделение области $\operatorname{Re}(z)$ на ПЭВМ, доказательство от противного гипотезы Римана.

Filer Z.E. Inequalities in the complex domain and the Riemann hypothesis. The sign $\zeta(z)$ of the function at the points of the critical band is considered. The representation of the ordering in the domain of complex numbers $z_1 < z_2 \Leftrightarrow \operatorname{Re}(z_1) < \operatorname{Re}(z_2)$ and at $\operatorname{Re}(z_1) = \operatorname{Re}(z_2)$ with $\operatorname{Im}(z_1) < \operatorname{Im}(z_2)$. Since the area where $\zeta(z) < 0$ accommodates the subdomain where $\operatorname{Re}(z) < 0$, the allocation of the latter can be carried out on a PC. The points of intersection of the boundaries of the regions $\operatorname{Re}(z) < 0$ and $\operatorname{Im}(z) < 0$ and are the roots of $\zeta(z)$. It is impossible to distinguish the real part of the root from $1/2$, since the root $z_1 < 1/2$ corresponds to the root $z_2 = 1 - z_1$ in the same band. But it will lie in the band where $\zeta(z) > 0$, and not equal to zero. If $z_1 > 1/2$, then $1 - z_1$ will lie in the region where $\zeta(z) < 0$, which is impossible if $\zeta(z_2) = 0$. Therefore, $z_2 = z_1 = 1/2$.

Keywords. ordering of the domain of complex numbers, allocation of the domain $\operatorname{Re}(z)$ on a PC, proof of the opposite.

Статья поступила в редакцию 25.11.2022
Рекомендуется к публикации профессором Зори С. В.

УДК 621.3.078.4+519.876.5

Выбор среднегеометрического корня системы модального управления электроприводом тележки мостового крана из условия обеспечения демпфирования колебаний груза

В. Н. Павлыш, Д. В. Бажутин

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

dv.bazhutin@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы выбора среднегеометрического корня системы модального управления электроприводом тележки мостового крана, синтезированной для обеспечения эффективного демпфирования колебаний груза. Приведены зависимости максимального ускорения и максимальной скорости от среднегеометрического корня системы для различных значений длины подвеса. Показано, что путем изменения среднегеометрического корня в функции частоты собственных колебаний груза достигается сохранение показателей качества переходных процессов на приемлемом уровне в широком диапазоне изменения длины подвеса.

Введение

Системы модального управления хорошо зарекомендовали себя в области подавления упругих колебаний [1, 2, 3], поскольку методика их синтеза позволяет добиться оптимального переходного процесса с точки зрения требований к режиму работы механических узлов промышленных установок. Качество демпфирования и быстродействие системы зависит от выбора методики распределения полюсов замкнутой системы на комплексной плоскости [4]. Одной из наиболее распространенных методик для решения этой задачи является полиномиальный синтез, который предусматривает принудительное формирование характеристического полинома замкнутой системы в соответствии с некоторым желаемым полиномом, который обеспечивает заранее известные динамические характеристики замкнутой системы [5, 6].

В основе полиномиального синтеза лежат т.н. «стандартные нормированные полиномы», для которых характерно специфическое расположение корней в пределах окружности единичного радиуса [7]. В статье [8] приводится анализ динамики системы модального управления, синтезированной для демпфирования упругих колебаний двухмассовой электромеханической системы при использовании стандартных характеристических полиномов. Особенностью таких полиномов является единичные коэффициенты при старшей и нулевой степени оператора Лапласа:

$$G(p) = p^n + \gamma_{n-1}p^{n-1} + \dots + \gamma_1p + 1. \quad (1)$$

Такой подход позволяет получить универсальные выражения, которые можно использовать для получения желаемого быстродействия путем умножения корней стандартного полинома на желаемую величину среднегеометрического корня (СГК) Ω_0 , в результате чего выражение (1) примет вид:

$$G(p) = p^n + \gamma_{n-1}\Omega_0 p^{n-1} + \dots + \gamma_1\Omega_0^{n-1}p + \Omega_0^n. \quad (2)$$

Величина среднегеометрического корня определяет быстродействие системы в целом, а для системы демпфирования колебаний также и перерегулирование. Поэтому важно оценивать, насколько высоким можно принимать быстродействие системы модального управления с целью недопущения больших значений перерегулирования. В [9] приведен анализ динамики системы модального управления мостовым краном с точки зрения качества демпфирования колебаний груза при различных значениях среднегеометрического корня.

В [10] показано, что величина среднегеометрического корня рассматриваемой системы должно изменяться в функции длины подвеса, и приведено эмпирическое выражение, позволяющее сохранить удовлетворительное качество демпфирования колебаний при изменении длины подвеса в широком диапазоне значений. Однако, более подробный анализ временных диаграмм показывает, что использование этого выражения не исключает ухудшение качества регулирования полностью. Кроме того, рассмотренный подход требует

наличия базового значения СГК, которое было получено эмпирически. Таким образом, актуальной научно-технической задачей является разработка методики выбора среднегеометрического корня системы модального управления электроприводом тележки мостового крана, обеспечивающей демпфирование колебаний груза, из условий соблюдения требований к системе электропривода и сохранения формы переходных процессов при изменении длины подвеса.

Целью работы является исследование зависимости максимальных значений скорости тележки и ее линейного ускорения от величины среднегеометрического корня при различных значениях длины подвеса и разработка рекомендаций по выбору этого значения.

Модель исследуемой системы

Структурная схема исследуемой системы модального управления электроприводом перемещения грузоподъемной тележки мостового крана приведена на рис.1. Динамика объекта регулирования в данной системе представлена в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений, рассмотренных в [6].

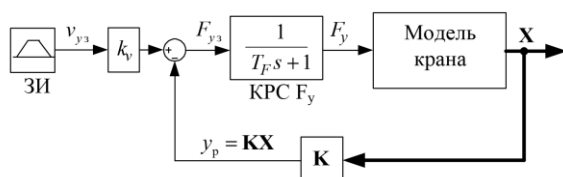


Рисунок 1 – Структурная схема системы модального управления

Дополнительно в системе модального управления учтен контур регулирования тягового усилия электропривода в виде апериодического звена с постоянной времени $T_F = 0.002$ с. Коэффициент k_v вводится для компенсации коэффициента усиления замкнутой системы модального управления. Также на рисунке обозначены: ЗИ – задатчик интенсивности, КРС F_y – замкнутый оптимизированный контур регулирования тягового усилия электропривода, v_{y3} – задание на скорость, F_{y3} и F_y – соответственно, заданное и истинные значения тягового усилия, X – вектор состояния системы, y_p – задающее воздействие, K – коэффициенты модального регулятора, полученные по методике [6] и вычисляемые по формуле (3):

$$K = \begin{bmatrix} \frac{\Omega_0^3 ML}{g} \\ g(M + m) - \Omega_0^2 \gamma_1 LM \\ -M\Omega_0 L(\gamma_2 g - \Omega_0^2 L) \\ g \end{bmatrix}^T. \quad (3)$$

Все исследования будем проводить при следующих значениях параметров модели: масса тележки $M=2000$ кг, масса груза $m=4000$ кг, длина подвеса $L=12$ м, СГК $\Omega_0=1,9$ рад/с. В качестве желаемого характеристического полинома примем полином Бесселя, поскольку он обеспечивает достаточно низкое перерегулирование при достаточно высоком быстродействии. Параметры задатчика интенсивности выбраны исходя из обеспечения разгона до заданной скорости 0.4 м/с с ускорением $0,5$ м/с².

Анализ формы переходных характеристик

При синтезе системы управления электроприводом тележки мостового крана из условия обеспечения демпфирования колебаний груза необходимо обращать внимание на два численных показателя переходных процессов.

Во-первых, пиковое значение ускорения не должно превышать допустимого по технологическим требованиям значения для исключения возникновения режима пробуксовки.

Во-вторых, чем выше максимальное значение скорости на начальном этапе разгона, тем выше быстродействие системы, однако тем менее благоприятным для электропривода будет такой режим работы. С одной стороны, если скорость превысит номинальное значение, привод будет работать либо в режиме ослабления поля, либо с повышенным напряжением. В первом случае будет иметь место ухудшение динамических показателей, а во втором – перегрев и снижение КПД привода. С другой стороны, в этом случае на этапе разгона может присутствовать участок с изменением направления вращения, что отрицательно сказывается на механике привода, в особенности на редукторах и соединительных муфтах.

Проведем анализ формы графиков скорости и ускорения с учетом работы задатчика интенсивности, которые приведены на рис. 2.

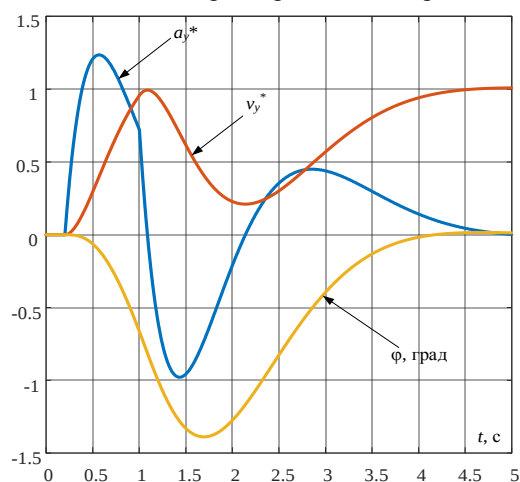


Рисунок 2 – Графики переходных процессов в исследуемой системе

Для наглядности графики скорости и ускорения приведены в относительных единицах. В качестве базовых значений приняты заданное значение ускорения в задатчике интенсивности и заданное значение скорости. Поскольку на практике стремятся достичь максимальной производительности механизмов, заданное значение ускорения будем считать максимальным. Также примем допущение, что заданное значение скорости соответствует номинальной частоте вращения вала двигателя.

На полученных графиках скорость достигает заданного значения, но не превышает его, но пиковое значение ускорения на 23% выше максимального значения. Это свидетельствует о том, что величина СГК выбрана некорректно.

Дополнительно проведем анализ формы переходной функции исследуемой системы, полученной при подаче на ее вход скачкообразного задания на скорость. Результаты моделирования приведены на рис. 3.

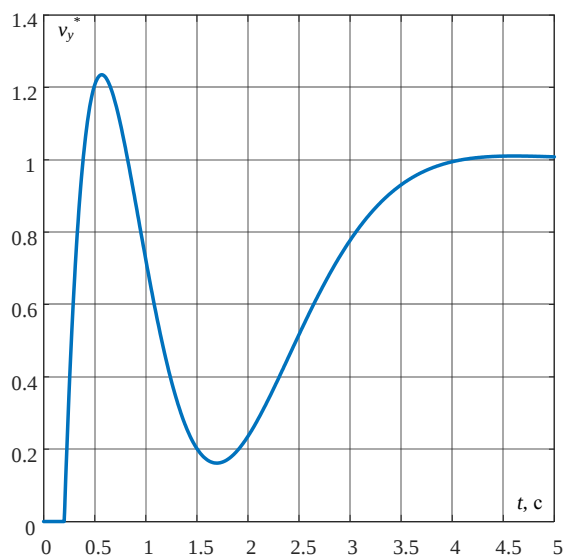


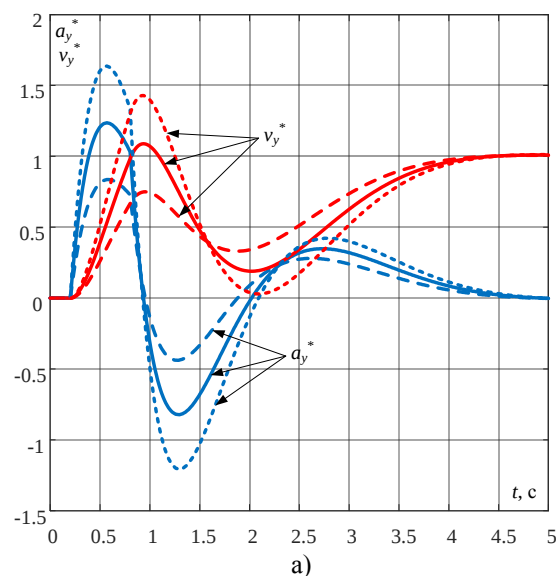
Рисунок 3 – График переходной функции системы

Из приведенных графиков очевидно, что при линейном характере изменения задания на скорость переходный процесс по ускорению приобретает форму переходного процесса по скорости при скачкообразном изменении задания. Исходя из этого можно сделать вывод, что максимальное значение ускорения в рабочем режиме привода можно оценить по максимальному значению скорости на переходной функции.

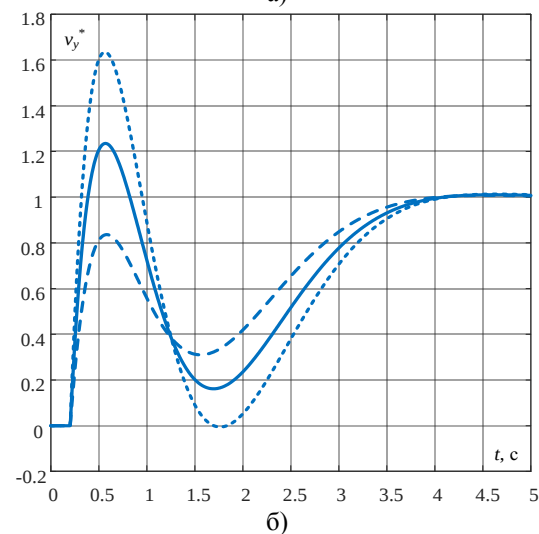
С учетом того, что величина СГК зависит от частоты собственных колебаний груза, необходимо сравнить максимальные значения скорости и ускорения для фиксированного значения СГК и нескольких длинах подвеса. Результаты такого исследования приведены на рисунке 4.

Из графиков видно, что длительность переходных процессов в трех рассмотренных

случаях изменяется незначительно, что определяется постоянным значением среднегеометрического корня. При увеличении длины подвеса максимальное значение скорости также растет и наоборот. Следовательно, при изменении длины подвеса необходимо также изменять быстродействие системы путем изменения СГК из условия обеспечения выполнения технологических требований относительно значений скорости и ускорения.



а)



б)

Рисунок 4 – Переходные процессы при линейном (а) и скачкообразном (б) изменении задания на скорость при длине подвеса 16 м (пунктир), 12 м (сплошная линия), 8 м (штриховая линия)

Анализ влияния величины СГК на показатели качества переходных процессов

Проведем исследование зависимости максимальных значений ускорения $a_{y\max}$ и скорости $v_{y\max}$ от величины СГК. Результаты моделирования при различных значениях длины подвеса приведены на рис. 5.

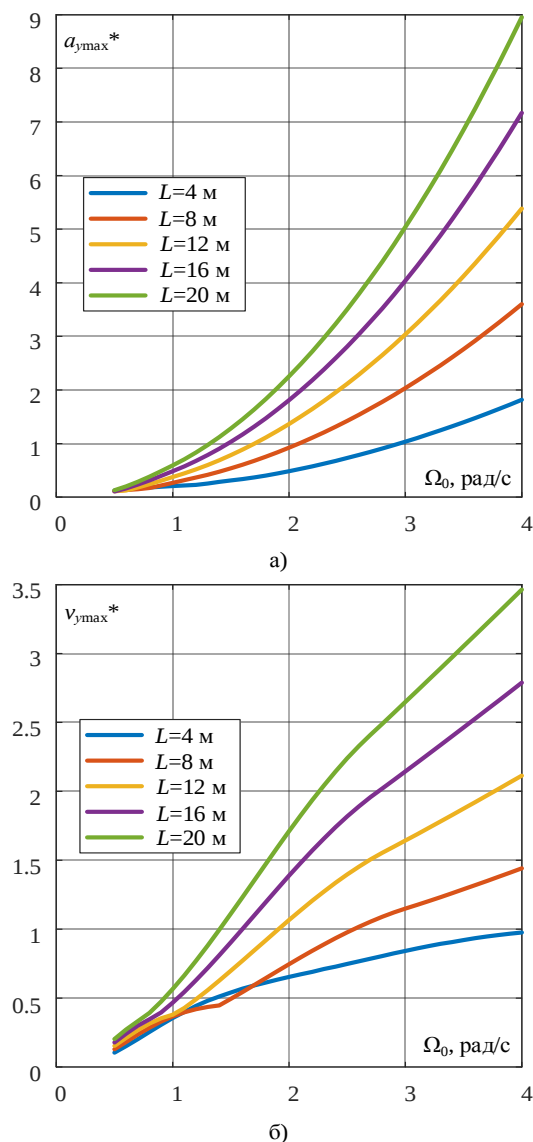


Рисунок 5 – Зависимости максимальных значений ускорения (а) и скорости (б) при различных значениях длины подвеса

Для удобства анализа все значения приведены к базовым: 0,4 м/с и 0,5 м/с² соответственно. Графические зависимости, приведенные на рис. 5, показывают, что максимальные значения ускорения и скорости значительно изменяются при различных значениях длины подвеса. Например, при значении СГК 2 рад/с при длине подвеса $L = 20$ м пиковое ускорение составляет 226% от заданного значения, а при $L = 4$ м – 48%. Очевидно, что величина СГК должна быть обратно пропорциональной длине подвеса. В частности, для $L = 20$ м пиковое ускорение будет равно номинальному при $\Omega_0 = 1,32$ рад/с, а при $L = 4$ м – 2,95 рад/с. Одновременно с этим максимальное значение скорости v_{max} при тех же условиях составляет 90% и 83% от заданного значения соответственно. Из этого можно сделать вывод, что при строгом соблюдении критерия

ограничения ускорения скорость на начальном этапе будет гарантированно меньше предельно допустимого значения. Несмотря на некоторое снижение быстродействия такой случай является предпочтительным.

Представленные на рис. 5 зависимости не позволяют более точно оценить значение СГК, обеспечивающее ограничение пикового ускорения. Для большей наглядности построим их в другом масштабе – по горизонтальной оси будем откладывать значение СГК, отнесенное к частоте собственных колебаний груза:

$$\Omega_c = \sqrt{\frac{g}{L}}. \quad (4)$$

Полученные графические зависимости приведены на рис.6.

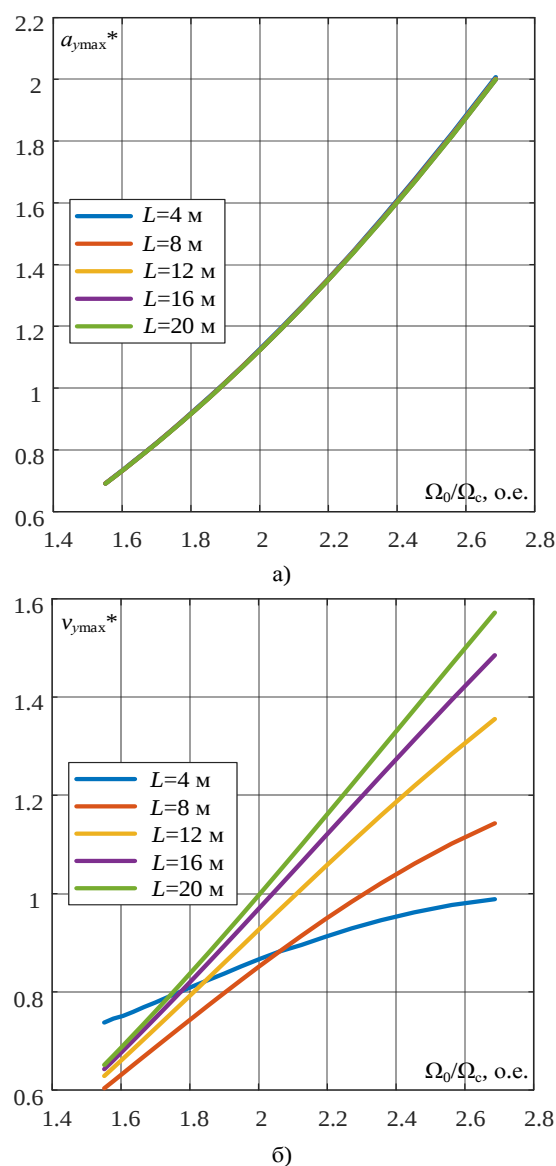


Рисунок 6 – Зависимости максимального значения ускорения (а) и скорости (б) от СГК, приведенного к собственной частоте колебаний груза

Как показано на рис. 6, а, величина $a_{y\max}$ при различных значениях длины подвеса изменяется практически идентично. В частности, при $\Omega_0 \approx 1,88 \Omega_c$ пиковое ускорение равняется максимальному значению, следовательно, данное значение СГК можно использовать при синтезе систем модального управления электроприводом тележки мостового крана независимо от значения длины подвеса.

На рис. 6, б показано, что при таком подходе пиковое значение скорости на начальном этапе разгона будет снижаться с уменьшением длины подвеса.

Проанализируем зависимости $a_{y\max}$ и $v_{y\max}$ от длины подвеса L . Полученные графические зависимости приведены на рис. 7.

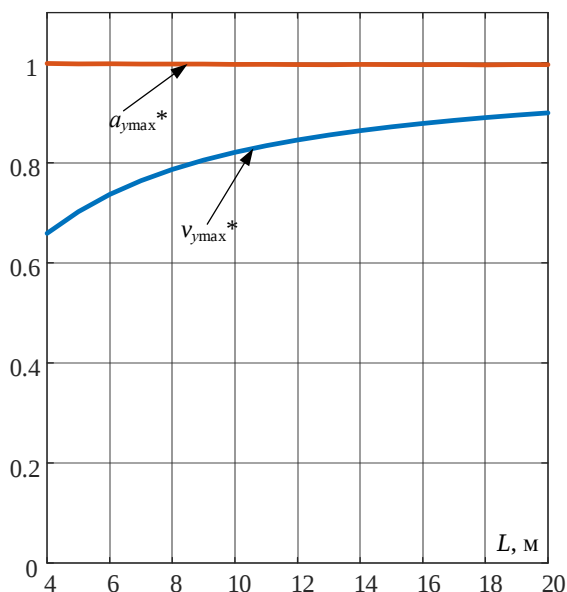


Рисунок 7 – Зависимости максимального значения ускорения и скорости от длины подвеса

Их анализ показывает, что условия ограничения ускорения и скорости движения тележки выполняются, из чего можно сделать вывод о корректности предложенной методики выбора СГК.

Выводы

Выбор значения среднегеометрического корня характеристического полинома системы модального управления электроприводом тележки мостового крана необходимо выполнять с учетом максимально допустимых значений ускорения и линейной скорости перемещения тележки с грузом.

Максимальное ускорение, выбранное из соображений безопасности эксплуатации мостовых кранов, ограничивает максимальное значение СГК. При этом пиковое значение ускорения не зависит от длины подвеса, если величину СГК изменять пропорционально частоте

собственных колебаний груза.

Однако при таком подходе наблюдается снижение максимального значения скорости на начальном этапе разгона, что можно охарактеризовать как снижение быстродействия.

Целью дальнейших исследований может быть анализ быстродействия систем при изменении предельного значения ускорения при разгоне и торможении привода исходя из обеспечения более быстрого протекания переходных процессов по скорости движения грузоподъемной тележки.

Литература

1. Moustafa, K. A. F. Feedback control of overhead cranes swing with variable rope length / K. A. F. Moustafa // American Control Conference Baltimore, Mariland, June 1994. – PP. 691-695.
2. Park, H. A feedback linearization control of container cranes: varying rope length / H. Park, D. Chwa, K.-S. Hong // International Journal of Control, Automation, and System, 2007. - Vol. 5, No. 4, Aug. 2007. – PP. 379-387.
3. Анисимов, А. А. Параметрическая оптимизация электромеханических систем с регуляторами и наблюдателями состояния / А. А. Анисимов, С. В. Тарарыкин, В. В. Аполлонский // Вестник Ивановского государственного энергетического университета, 2016. – № 2. – С. 21-26.
4. Захватов, В. И. Полиномиальный регулятор с динамическим изменением коэффициентов / В. И. Захватов, С. Л. Подвальный, А. В. Михайлуков // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения, 2020. – Т. 1. – № 1(38). – С. 53-62.
5. Ишматов, З. Ш. Синтез методом полиномиальных уравнений систем электропривода, инвариантных к параметрическим и внешним возмущениям / З. Ш. Ишматов, М. А. Волков, Е. А. Гурентьев // Электротехника, 2007. – № 11. – С. 30а-37.
6. Пахомов, А. Н. Модальное управление асинхронным электроприводом тележки мостового крана с наблюдающим устройством / А. Н. Пахомов, А. А. Федоренко, П. Н. Чертыков // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии, 2022. – Т. 15. – № 5. – С. 583-592.
7. Характеристики стандартных распределений корней в синтезе систем управления для электромехатронных модулей / С. К. Лебедев, А. Р. Колганов, Н. Е. Гнездов, Д. М. Зенкин // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии: Материалы международной научно-технической конференции : (XVIII Бенардосовские чтения), Иваново, 27–29 мая 2015 года. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, 2015. – С. 83-86.

8. Задорожня, И. Н. Анализ свойств систем автоматического управления двух-массовым электроприводом при синтезе параметров на основе стандартных характеристических полиномов / И. Н. Задорожня, Н. А. Задорожний // Электротехника и электроэнергетика, 2014. – № 2. – С. 54-58.

9. Helma, V. Active anti-sway crane control using partial state feedback from inertial sensor / V.

Helma, M. Goubej // 23rd International Conference on Process Control (PC), 2021. – PP. 137-142

10. Толочко, О. И. Гашение колебаний перемещаемых мостовыми кранами грузов при переменной длине каната / О. И. Толочко, Д. В. Бажутин // Завалишинские чтения'16: сборник докладов. – СПб: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2016. – С. 250-255.

Павлыш В. Н., Бажутин Д. В. Выбор среднегеометрического корня системы модального управления электроприводом тележки мостового крана из условия обеспечения демпфирования колебаний груза. В статье рассмотрены вопросы выбора среднегеометрического корня системы модального управления электроприводом тележки мостового крана, синтезированной для обеспечения эффективного демпфирования колебаний груза. Приведены зависимости максимального ускорения и максимальной скорости от среднегеометрического корня системы для различных значений длины подвеса. Показано, что путем изменения среднегеометрического корня в функции частоты собственных колебаний груза достигается сохранение показателей качества переходных процессов на приемлемом уровне в широком диапазоне изменения длины подвеса.

Ключевые слова: мостовой кран, система модального управления, среднегеометрический корень, демпфирование колебаний груза.

Pavlysh V., Bazhutin D. Estimation of a mean geometric root of a state-feedback control system for a gantry crane trolley electric drive in terms of payload sway suppression. The article shows the problems of mean geometric root estimation for a state-feedback control system for a gantry crane trolley electric drive designed to effectively eliminate payload sway. The dependencies of maximum acceleration and velocity from the system mean geometric root for various cable length values are presented. It is shown that varying the value of mean geometric root as a function of payload swing eigenfrequency ensures acceptable values of transient quality for a wide range of cable length variation.

Keywords: gantry crane, state-feedback control, mean geometric root, payload sway elimination.

Статья поступила в редакцию 15.12.2022
Рекомендована к публикации профессором Аноприенко А.Я.

Моделирование пустотной структуры угольного пласта

В. Н. Павлыш, Е. В. Перинская, Д. В. Бельков
Донецкий национальный технический университет
elenaperinskaya@mail.ru

Аннотация

На характере движения жидкости сказываются все свойства угольного пласта как фильтрующей среды. Для исследования течения жидкости в неоднородной среде угольного пласта необходимо использовать модель его пустотной структуры, предложенную в статье. В основу разработки модели положены следующие предположения. Трещины и поры соединяются между собой микропорами. Микропоры являются ответвлением от крупных пор. Исследования фильтрации и капиллярного равновесия, визуальные и микроскопические наблюдения, основанные на этих предположениях, привели к представлениям о пустотной структуре угля, как трещиновато-пористой блочной среде. Эта среда имеет иерархический характер.

Введение

Важным средством борьбы с опасными явлениями в шахтах является предварительная обработка угольных пластов жидкостями. На характере движения жидкости сказываются все свойства угольного пласта как фильтрующей среды [1-3]. Поэтому для создания математических моделей течения жидкости в неоднородной среде угольного пласта необходимо использовать модель его пустотной структуры.

Возможны [4] две модели пустотной структуры. В первой модели трещины и поры всех размеров распределены в угле случайным образом. Их диаметры в направлении движения жидкости значительно изменяются. Трещины и поры соединяются между собой микропорами. Такая модель использована в работах [5, 6], где угольный пласт представляется как сильно сцементированная сплошная среда с трещиновато-пористой структурой и случайно распределёнными фильтрационными параметрами. Во второй модели пустотность представляется в виде разветвленной системы пор и трещин. Микропоры являются ответвлением от крупных пор. Исследования фильтрации и капиллярного равновесия, визуальные и микроскопические наблюдения, основанные на этой модели, привели к представлениям о пустотной структуре угля, как трещиновато-пористой блочной среде [7, 8]. Эта среда имеет иерархический характер. Мелкие блоки вложены в более крупные блоки, а те, в свою очередь, вложены в ещё более крупные блоки. Таким образом, в пустотной структуре угольного пласта на разных масштабных уровнях наблюдается самоподобие (масштабная инвариантность). Это свойство является

серьезным аргументом в пользу причисления ископаемых углей к естественным фракталам [8,9].

Целью статьи является моделирование пустотной структуры угольного пласта. Задачи работы: разработка BML-модели пустотной структуры угольного пласта в среде программирования R, мультифрактальный анализ в среде Octave пустотной структуры угольного пласта, полученной с помощью BML-модели.

Изложение основного материала исследований

В данной статье для моделирования пустотной структуры угольного пласта предлагается модель BML (Biham-Middleton-Levine). Она известна как самоорганизующаяся модель транспортного потока на основе детерминированного клеточного автомата. Подвижные элементы представлены точками на решетке со случайным стартовым положением. Модель BML является двумерной аналогией движения по правилу 184.

Правило 184 – модель, в которой подвижные элементы подобно частицам движутся в одном направлении, останавливаясь и продолжая движение в зависимости от наличия элементов впереди. Эта модель является наиболее простым примером применения клеточных автоматов к моделированию потоков и служит основой для других, более сложных, моделей. Состояние автомата описывается одномерным массивом ячеек, каждая из которых содержит значение 0 или 1. На каждом шаге к автомату применяется набор правил, приведённый в табл. 1.

Таблица 1 – Правило 184

Текущий шаблон	11 1	11 0	10 1	10 0	01 1	01 0	00 1	00 0
Новое состояние центральной ячейки	1	0	1	1	1	0	0	0

Первая строка таблицы содержит состояния трёх ячеек – центральной, для которой необходимо вычислить состояние, левой и правой, которые определяют новое состояние центральной ячейки (шаблон). Во второй строке содержатся новые состояния центральной ячейки в зависимости от её окрестности. Значения новых состояний дали название этому правилу – 101110002₍₂₎ = 18410.

Модель имеет следующие правила перехода: если ячейка i не пуста, а $(i + 1)$ – пуста, то на следующем шаге ячейка $(i + 1)$ оказывается занята. Значение ячейки i для новой итерации определяется её левым соседом, для которого схема определения состояния аналогична.

Если первоначальная конфигурация автомата 110101001, то первые несколько итераций будут выглядеть, как показано в табл. 2. Эволюция автомата в данном случае является аналогией движения автомобилей по однопослойной дороге с максимальной скоростью, равной одной ячейке в единицу времени. Шаблоны 011 и 111 означают заторное состояние потока, при котором автомобиль, на пути которого оказался другой автомобиль, не может продолжать движение и остаётся на своём месте до тех пор, пока впереди не образуется свободное пространство [10].

Таблица 2 – Пример эволюции по правилу 184

Итерация	Конфигурация
0	0110101001
1	0101010100
2	0010101010
3	0001010101
4	0000101010
5	0000010101
...	...

Математически правила перехода для каждой клетки можно записать:

- ускорение и торможение:

$$v_i(t) = \min(g_i(t-1), 1), \quad (1)$$

- перемещение:

$$n_i(t) = n_i(t-1) + v_i(t). \quad (2)$$

В транспортном потоке различают три состояния: свободный поток, плотный поток и затор. При свободном движении, когда дорога не загружена, водители придерживаются желаемой скорости, свободно переходя на соседние полосы. Корреляции в движении отдельных автомобилей подавлены, и средняя скорость машин определяется только средним расстоянием между ними. В плотном потоке водители уже не могут свободно маневрировать, и вынуждены согласовывать свою скорость со скоростью потока.

Машины мешают друг другу разогнаться до оптимальной скорости, но поток не переходит в состояние затора. В таком потоке формируются большие кластеры автомобилей, которые перемещаются по автомагистрали как единое целое. BML-модель позволяет получать фазы затора, свободного и кооперативного движения в плотном потоке.

Аналогия между структурой транспортного потока и пустотной структурой угольного пласта показана в табл. 3.

Таблица 3 – Аналогия между структурой транспортного потока и пустотной структурой угольного пласта

Структура транспортного потока	Пустотная структура угольного пласта
Подвижный элемент	Текучее вещество, заполняющее пустоты
Свободный поток	Пористая структура
Плотный поток	Трешиновато-пористая структура
Затор	Трешиноватая структура

Реализованная в среде R BML-модель структуры угольного пласта позволяет в зависимости от значения параметра density (концентрация пустот) получать различные пустотные структуры угольного пласта.

На рис. 1 показаны результаты моделирования пористой структуры при значении density=0,3. Синим цветом показаны поры, заполненные текучим веществом, белым цветом – неувлажненные участки пласта. Показано, что при низкой концентрации пустот подвижность текучего вещества стремится к нулю, т.е. влажность пласта незначительна.

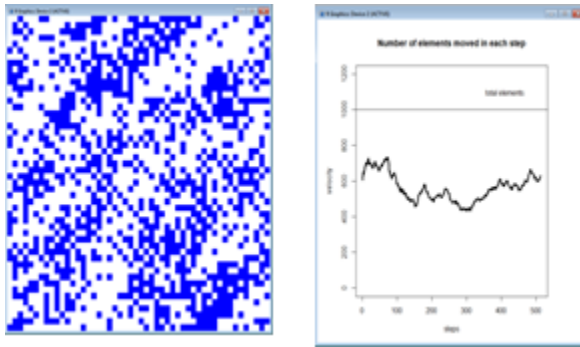


Рисунок 1 – Моделирование пористой структуры при density= 0,3

На рис. 2 показаны результаты моделирования трещиновато-пористой структуры при значении density=0,4. Показано, что при значительной концентрации пустот текучее вещество обладает подвижностью достаточной для образования влажных кластеров.

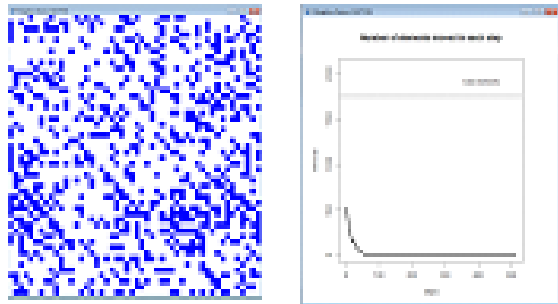


Рисунок 2 – Моделирование трещиновато-пористой структуры при density= 0,4

На рис. 3 показаны результаты моделирования трещиноватой структуры при значении density=0,7. Показано, что при высокой концентрации пустот текучее вещество обладает значительной подвижностью по трещинам и пласт имеет высокую влажность.

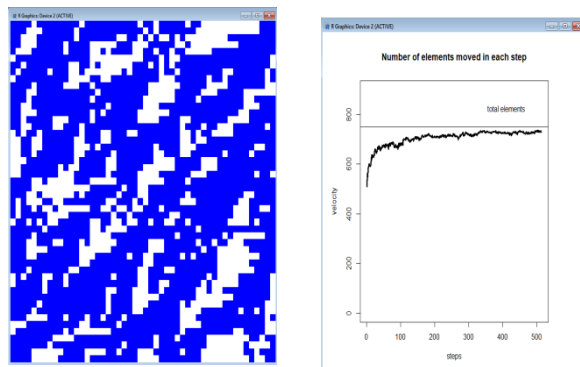


Рисунок 3 – Моделирование трещиноватой структуры при density= 0,7

В работе [6] предложено использовать мультифрактальный подход к описанию структур пространственной самоорганизации

углей, поскольку ансамбль микродефектов пласта растет как мультифрактальный (статистически самоподобный) кластер.

В данной статье для исследования фрактальности пустотной структуры угольного пласта, полученной с помощью BML-модели, в среде Octave выполнен мультифрактальный анализ трещиновато-пористой и трещиноватой структур. Метод мультифрактального анализа сводится к следующим шагам [7].

1. Для исследуемого ряда $x(i)$, $i=1, 2, \dots, N$ следует выделить флуктуационный профиль, где ν - среднее значение.

2. Полученные значения $y(i)$ разделяются на непересекающихся сегментов равной длины s . При этом следует учесть, что длина ряда N не всегда кратна шагу s . Поэтому, чтобы не исключать из анализа последний участок, содержащий число элементов, меньшее s , следует повторить процедуру деления, начиная с противоположного конца ряда. В результате получаем сегментов длины s .

3. Используя метод наименьших квадратов, для профиля $y(i)$, отвечающего каждому из этих сегментов, вычислить локальный тренд, представляющий полином, степень которого обеспечивает заданную точность. Затем для сегментов по формуле (1) определяется дисперсия:

$$F^2(\nu, s) = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \{y[(\nu-1)s+i] - y_\nu(i)\}^2. \quad (1)$$

Для $\nu = N_s + 1, \dots, 2N_s$ используется формула (2):

$$F^2(\nu, s) = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \{y[N - (\nu - N_s)s + i] - y_\nu(i)\}^2. \quad (2)$$

Усредняя значения, полученные по (1), (2) и деформированные произвольным показателем q , вычисляются моменты:

$$F_q(s) = \left\{ \frac{1}{2N_s} \sum_{\nu=1}^{2N_s} [F^2(\nu, s)]^{q/2} \right\}^{1/q}. \quad (3)$$

При $q \rightarrow 0$ вместо (3) нужно использовать формулу (4):

$$F_0(s) = \exp \left\{ \frac{1}{4N_s} \sum_{\nu=1}^{2N_s} \ln[F^2(\nu, s)] \right\}. \quad (4)$$

При положительных показателях q основной вклад в сумму по ν дают сегменты, отвечающие большим отклонениям $F^2(\nu, s)$, а при отрицательных доминируют вклады малых флуктуаций.

Самоподобное поведение, означающее наличие дальнедействующих степенных корреляций, представляется степенной зависимостью моментов (3), (4):

$$F_q(s) \propto s^{h(q)}. \quad (5)$$

При фиксированном значении q эта зависимость в двойных логарифмических координатах представляет собой прямую линию. При больших значениях s зависимость $F_q(s)$ не имеет статистической информативности, поскольку число сегментов N_s , используемых в процедуре усреднения (3), (4), становится малым. При обработке ряда нужно исключить значения $s > N/4$, а также малые сегменты ($s < 6$), для которых теряет статистическую достоверность усреднение (1), (2) по каждому из сегментов.

Если ряд экспериментальных данных является монофракталом, то обобщенный показатель Херста $h(q)$ в равенстве (5) принимает единственное значение $h(q)=H$. В случае мультифрактального ряда показатель h зависит от q . Для стационарных рядов $h(0)$ определяет топологическую размерность пространства, содержащего фрактальное множество, $h(1)$ – меру его беспорядка, $h(2)$ – показатель дальних корреляций.

В рамках стандартной фрактальной идеологии используется не только обобщенный показатель Херста $h(q)$, но массовый показатель $\tau(q)$ и мультифрактальный спектр $f(\alpha)$. Этот переход достигается преобразованиями Лежандра:

$$\tau(q) = qh(q) - 1, \quad (6)$$

$$\alpha = \tau'(q), f(\alpha) = q\alpha - \tau(q). \quad (7)$$

Для монофрактальных объектов функция $\tau(q)$ является прямолинейной зависимостью, которая с переходом к мультифракталам выгибается, сохраняя прямолинейные участки. Наиболее ярко строение самоподобного объекта представляется формой мультифрактального спектра $f(\alpha)$, ширина которого дает набор фрактальных размерностей. Для монофракталов функция $f(\alpha)$ имеет δ -образную форму.

Программная реализация метода мультифрактального анализа выполнена в среде Octave.

На рис. 4-7 показаны результаты, полученные при исследовании трещиноватой структуры для $\text{density}=0,7$.

На рис. 8-11 показаны результаты, полученные при исследовании трещиновато-пористой структуры для $\text{density}=0,4$.

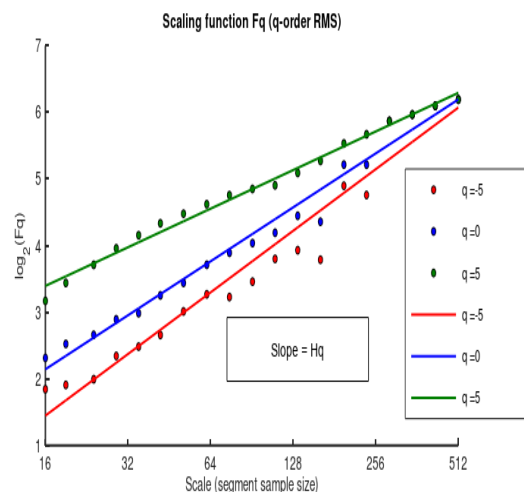


Рисунок 4 – Функция скейлинга для $\text{density}=0,7$

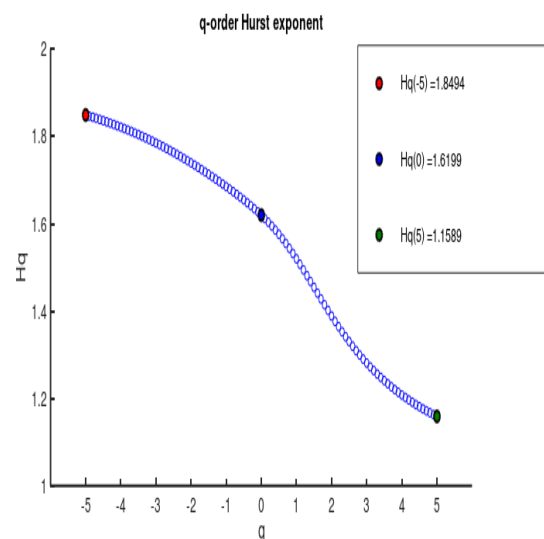


Рисунок 5 – Экспонента Херста для $\text{density}=0,7$

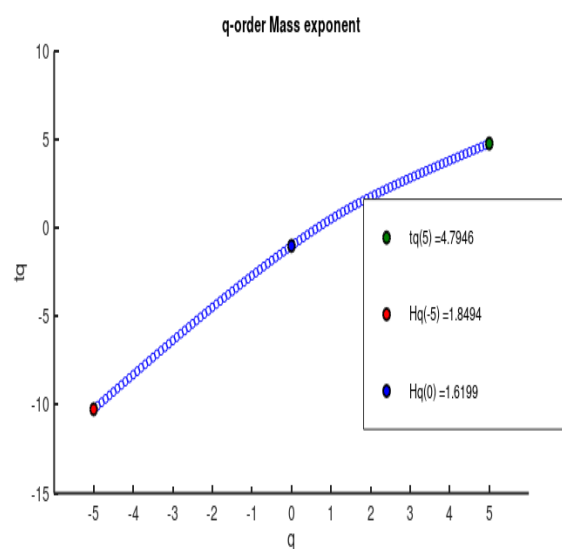


Рисунок 6 – Массовая экспонента для $\text{density}=0,7$

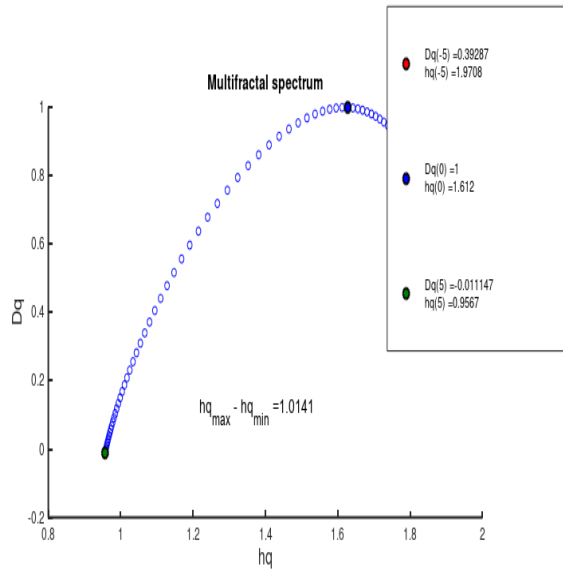


Рисунок 7 – Мультифрактальный спектр для $density = 0,7$

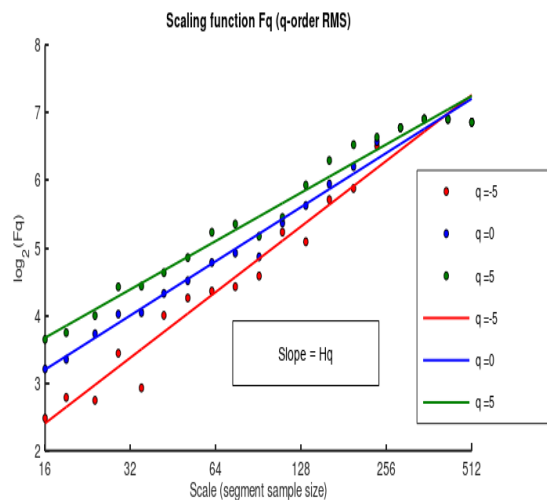


Рисунок 8 – Функция скейлинга для $density = 0,4$

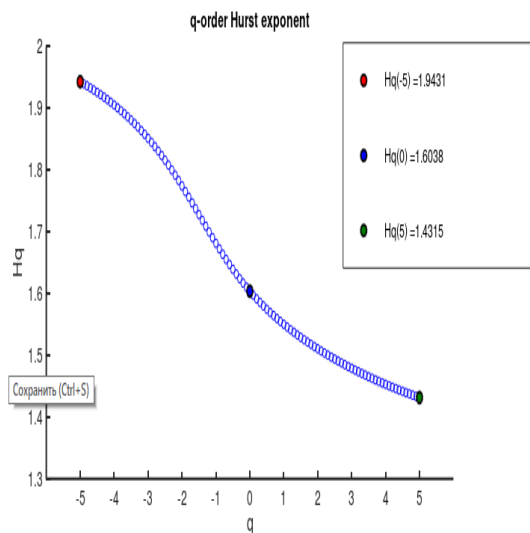


Рисунок 9 – Экспонента Херста для $density = 0,4$

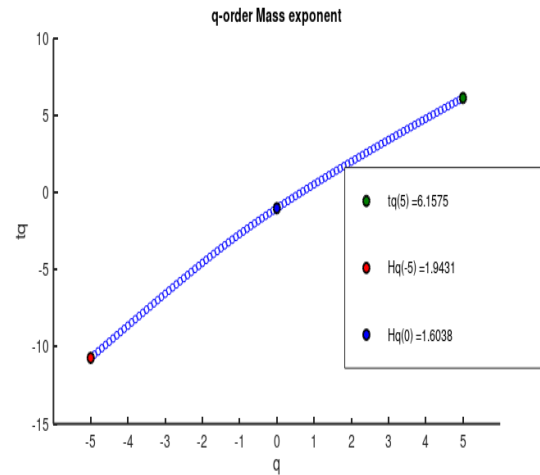


Рисунок 10 – Массовая экспонента для $density = 0,4$

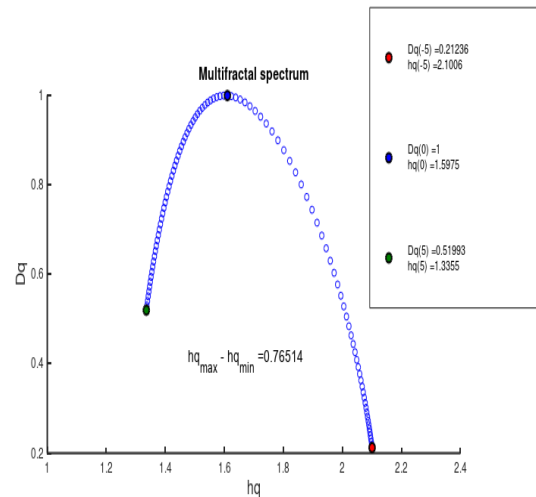


Рисунок 11 – Мультифрактальный спектр для $density = 0,4$

Выводы

1. Разработана BML-модель пустотной структуры угольного пласта.
2. Программная реализация модели выполнена в среде программирования R.
3. При работе программы в зависимости от параметра $density$ получены следующие результаты: на интервале изменения $density$ от 0,1 до 0,3 пласт имеет пористую структуру, на интервале изменения $density$ от 0,4 до 0,6 пласт имеет кластерную трещиновато-пористую структуру, на интервале изменения $density$ от 0,7 до 0,9 пласт имеет трещиноватую структуру.
4. Выполнен мультифрактальный анализ пористой и трещиновато-пористой структур угольного пласта, полученных с помощью BML-модели. Получены следующие результаты: при трещиноватой структуре мультифрактальный спектр шире, чем при трещиновато-пористой структуре.

Литература

1. Прогрессивные технологические решения по комплексному освоению ресурсного потенциала угольных месторождений: монография / В. В. Мельник, В. Н. Павлыш, С. С. Гребенкин и др. ; // под общ. ред. В. В. Мельника, В. Н. Павлыша ; Донецк : ВИК, 2015. – 340 с.
2. Геомеханическое обоснование рациональных технологических решений по управлению состоянием массива горных пород при подземной добыче угля: монография / В. В. Мельник, В. Н. Павлыш, С. С. Гребенкин и др. ; // под общ. ред. В. Н. Павлыша, В. В. Мельника. – Донецк : ВИК, 2015.–327 с.
3. Павлыш, В. Н. Исследование процесса напорной фильтрации жидкости в анизотропной среде методом математического моделирования (на примере увлажнения угольного пласта) / В. Н. Павлыш, И. В. Тарабаева // Вестник ДонНУ. Сер. А: Естественные науки. – ГОУВПО «ДонНУ», 2017. – № 2. - С.75-83.
4. Булат, А. Ф., Дырда, В. И. Фракталы в геомеханике. / Монография. – Киев: «Наукова думка», 2005. – 358 с.
5. Математические модели и алгоритмы управления процессами динамического воздействия на анизотропные подземные массивы / В. Н. Павлыш, Л. А. Лазебная // Проблемы искусственного интеллекта, 2019. - № 2(13). – С. 4-13.
6. Лазебная, Л. А. Принципы формирования математической модели процесса

гидравлического воздействия на угольный пласт с учетом особенностей его структуры и управления параметрами. // Информатика и кибернетика. - Донецк, ДонНТУ, 2020.– № 2 (20). - С. 40–47.

7. Применение фрактального подхода и теории перколяции при исследованиях ископаемых углей. [Электронный ресурс] / А. В. Астахов, А. А. Белый, В. И. Минаев, А. В. Подыногина, Д. Л. Широчин. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-fraktalnogo-podhoda-i-teorii-perkolyatsii-pri-issledovaniyah-iskopaemykh-ugley>

8. Малинников, В.А. Мультифрактальный подход к описанию структур пространственной самоорганизации сложных природных систем и его применение для описания поверхностной структуры углей и оценки предрасположенности их к внезапным выбросам. [Электронный ресурс] / В. А. Малинников, О. Н. Малиникова, Д. В. Учаев. – Режим доступа: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/3718?show=full>

9. Kantelhardt, J.W., Zschiegner S.A., Koscielny-Bunde E., Bunde A. Multifractal Detrended Fluctuation Analysis of Nonstationary Time Series. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/physics/0202070.pdf>

10. Долгушин, Д. Ю., Мызникова Т. А. Применение клеточных автоматов к моделированию автотранспортных потоков. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://b-ok.org/book/3255641/dc8bb3>

Павлыш В.Н., Перинская Е.В., Бельков Д.В. Моделирование пустотной структуры угольного пласта. На характере движения жидкости сказываются все свойства угольного пласта как фильтрующей среды. Для исследования течения жидкости в неоднородной среде угольного пласта необходимо использовать модель его пустотной структуры, предложенную в статье. В основу разработки модели положены следующие предположения. Трещины и поры соединяются между собой микропорами. Микропоры являются ответвлением от крупных пор. Исследования фильтрации и капиллярного равновесия, визуальные и микроскопические наблюдения, основанные на этих предположениях, привели к представлениям о пустотной структуре угля, как трещиновато-пористой блочной среде. Эта среда имеет иерархический характер.

Ключевые слова: пустотная структура угольного пласта, самоподобие, модель BML (Biham-Middleton-Levine).

Pavlysh V.N., Perinskaya E.V., Belkov D.V. Modeling of the void structure of the coal seam. The nature of the fluid movement is affected by all the properties of the coal seam as a filter medium. To study the flow of a liquid in a heterogeneous environment of a coal seam, it is necessary to use the model of its void structure proposed in the article. The development of the model is based on the following assumptions: micropores interconnect Cracks and pores. Micropores are an offshoot of large pores. Studies of filtration and capillary equilibrium, visual and microscopic observations based on these assumptions, led to ideas about the hollow structure of coal as a cracked-porous block medium. This environment is hierarchical environment.

Keywords: hollow structure of the coal seam, self-similarity, BML model (Biham-Middleton-Levine).

Статья поступила в редакцию 25.11.2022
Рекомендуется к публикации профессором Зори С. В.

УДК 62-5, 681.5.015, 004.942

Исследование способов передачи информации в системах сбора и обработки данных в MATLAB

В. А. Краснокутский, Ю. С. Достлев

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
kras_v_a@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена исследованию применения пакета MATLAB для обработки и анализа данных, поступающих от внешних устройств в реальном времени. Рассмотрены вопросы организации передачи данных через интерфейс последовательного порта. Приведены практические схемы и алгоритмы передачи аналоговых данных для обработки их средствами пакета MATLAB. В качестве устройства связи между внешним устройством и пакетом MATLAB используется платформа Arduino на микроконтроллере ATmega32. Показаны эффективные возможности проектирования систем цифровой обработки данных в интерактивном режиме с использованием простых систем сбора данных в реальном времени.

Введение

MATLAB – язык высокого уровня для научно-технических вычислений [1]. Он объединяет в себе численные расчеты, визуализацию и программирование. Благодаря открытой архитектуре в MATLAB включают дополнительные специализированные пакеты Toolboxes, содержащие наборы функций для различных задач. Пакеты предоставляют полный набор возможностей для разработки, анализа и тестирования моделей аналоговых и цифровых систем, систем связи и передачи информации и др.

MATLAB является прекрасным средством для научных разработок, а также для обучения студентов по специальностям, связанным с информационными технологиями. При решении прикладных задач с помощью MATLAB легко выполняются:

- математические расчеты;
- разработка алгоритмов;
- моделирование;
- анализ данных и визуализация;
- научная и инженерная графика;
- разработка приложений.

При разработке устройств цифровой обработки сигналов удобно использовать реальные сигналы прототипов плат таких устройств [2, 3, 4]. Для этого необходимо обеспечить обмен данными между системой MATLAB и внешним устройством. В MATLAB такая связь осуществляется с помощью интерфейса RS_232 последовательного порта персонального компьютера (ПК) [5]. Однако в современных компьютерах последовательные порты (COM) для подключения внешних

устройств практически не используются. Периферийные устройства в настоящее время подключаются через интерфейс USB.

Целью работы является исследование возможностей подключения MATLAB к внешнему устройству и передачи данных между ними. Для выполнения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач:

- разработать структуру устройства связи MATLAB с внешним устройством;
- выбрать платформу устройства связи;
- разработать тестовые программы;
- проверить работу системы связи.

Структура устройства связи

Структурная схема устройства связи приведена на рис.1.

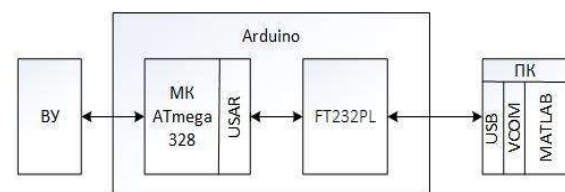


Рисунок 1 – Структурная схема устройства связи

В качестве платформы для подключения внешнего устройства (ВУ) используется Arduino nano [6]. Это простая плата для разработки электронных устройств, которая состоит из микроконтроллера (МК) ATmega 328 [7], элементов обвязки для подключения различных схем. Загрузка программы в микроконтроллер осуществляется с помощью программы Boot Loader, которая зашита в память

микроконтроллера и не требует внешнего программатора. Устройство программируется через USB из среды программирования Arduino IDE. Среда программирования - это бесплатная программа, которая обеспечивает написание программы, трансляции и загрузки исполняемого файла в микроконтроллер Arduino. Язык программирования устройств Ардуино основан на C/C++, скомпонован с библиотекой AVR Libc и позволяет использовать любые ее функции [8]. Кроме того, разработано множество библиотек, которые работают с большим количеством периферийных устройств, подключаемых к микроконтроллерам. Использование библиотек позволяет во многих случаях скрыть от разработчика особенности аппаратной и программной реализации функций управления устройством. Но, в то же время, ничем не ограничиваются возможности самостоятельной разработки программ для управления периферийными устройствами.

Микроконтроллер имеет встроенный 10 разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), что позволяет вводить и осуществлять предварительную обработку аналоговых сигналов. Связь микроконтроллера ATmega 328 с персональным компьютером осуществляется с помощью последовательного порта USART. Сигналы последовательного порта Tx и Rx поступают на микросхему FT232RL, которая является преобразователем интерфейса USB в последовательный интерфейс USART [9,10]. Для работы с микросхемой FT232RL необходимо в персональный компьютер (ПК) загрузить драйвер, который создает виртуальный последовательный COM - порт, через который осуществляется связь с MATLAB. Драйвер для разных операционных систем доступен на сайте производителя микросхемы. Теперь MATLAB может обращаться к плате Arduino, как к последовательному порту.

Работа MATLAB с последовательным портом

Для работы с последовательным портом необходимо выполнить следующий ряд действий [5]:

- создать объект последовательного порта;
- подключиться к устройству;
- настроить свойства последовательного порта;
- выполнить операции записи и чтения данных;
- отключить устройство.

Объект последовательного порта для определенного COM-порта создается с

помощью функции `serial('COM4')` с указанием номера порта, в нашем случае виртуального.

Используя функцию `fopen` подключить объект последовательного порта к устройству. Далее следует настройка свойств объекта порта. Важно, чтобы свойства портов MATLAB и Arduino были одинаковыми. Значения свойства присваиваются с помощью функции `set` или точечной нотации.

Теперь вы можете записывать данные в устройство с помощью функции `fprintf` или `fwrite`, а также считывать данные с устройства с помощью функций `fgetl`, `fgets`, `fread`, `fscanf` или `readasynch`.

Когда объект последовательного порта больше не нужен, вы должны отключить его от устройства с помощью функции `fclose`, удалить из памяти с помощью функции `delete` и удалить его из рабочей области с помощью команды `clear`.

В простом примере обмена данными показаны все рассмотренные действия:

```
s = serial('COM3');
set(s,'BaudRate',9600);
fopen(s);
fprintf(s,'%f');
out = fscanff(s);
fclose(s)
delete(s)
clear s
```

В табл.1 и табл. 2 Приведены основные функции их назначение для записи данных в последовательный порт и чтения данных из последовательного порта.

Таблица 1 – Функции записи данных

Имя	Назначение функции
<code>fprintf</code>	Запись текста в устройство
<code>fwrite</code>	Запись двоичных данных в устройство

Таблица 2 – Функции чтения данных

Имя	Назначение функции
<code>fgetl</code>	Чтение одной строки с отбрасыванием терминатора
<code>fgets</code>	Чтение одной строки включая и терминатор
<code>fread</code>	Чтение двоичных данных
<code>fscanf</code>	Считывание данных с устройства и форматирование в виде текста

При работе с последовательным портом необходимо учитывать, что при передаче данных MATLAB не взаимодействует непосредственно с последовательным портом, он передает данные через два буфера (рис. 2). Один буфер - входной, другой - выходной.

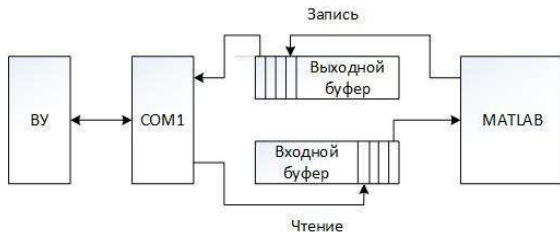


Рисунок 2 – буферизация при передаче данных по последовательному порту

Входной буфер (InputBufferSize) - это компьютерная память, выделенная объектом последовательного порта для хранения данных, которые должны быть считаны с устройства. Буфер вывода (OutputBufferSize) - это память компьютера, выделенная объектом последовательного порта для хранения данных, которые должны быть записаны на устройство.

При записи в устройство MATLAB помещает данные в выходной буфер, образуя очередь. Последовательный порт COM выбирает из буфера очередной байт данных с начала очереди, таким образом, реализуя процедуру: первый пришел – первый ушел. Если выходной буфер заполняется быстрее, чем опустошается, то может произойти переполнение буфера и потеря данных.

Чтение данных осуществляется через входной буфер. И в этом случае может возникнуть аналогичная ситуация переполнения буфера с потерей информации.

Значения размеров входного и выходного буфера определяются свойствами InputBufferSize и OutputBufferSize соответственно. Установить размер буферов можно командой set:

```
Set(s, 'InputBufferSize', 1024);  
Set(s, 'OutputBufferSize', 1024);
```

По умолчанию значение размеров буферов равно 512. Изменять размер буферов может понадобиться при передаче большого объема данных или при непрерывной передаче данных.

Ввод аналоговых данных в MATLAB

Микроконтроллер ATmega 32P содержит десяти-разрядный АЦП с 8 каналами, который может использоваться для измерения аналоговых сигналов и передачи их значений через последовательный порт в MATLAB. В языке программирования Arduino содержится простая в использовании функция аналогового ввода analogRead(pin). Эта функция считывает преобразованный АЦП сигнал с заданного вывода pin микроконтроллера. При частоте синхронизации микроконтроллера 16 МГц время преобразования составляет 100 мкс что соответствует частоте 10 кГц. Аналоговые

сигналы измеряются, как правило, с постоянным интервалом времени (шагом).

Реализовать процесс измерения с заданным шагом можно разными способами, в том числе и теми средствами, которые предлагаются в программном обеспечении Arduino. Это программы millis(), micros(), delay(), delayMicroseconds(). В этих программах задействован таймер/счетчик 0 (Timer/Counter0), который исполняет роль системных часов.

Для ввода аналоговых сигналов необходимо проводить измерение сигналов с постоянным шагом с наименьшими затратами времени на организацию запуска АЦП. Стандартные средства Arduino не позволяют сделать это должным образом. Поэтому, целесообразно разработать специальную программу работы АЦП, минимизирующую «накладные» расходы, связанные с организацией процесса измерения.

Для построения временной диаграммы измерения аналогового сигнала используется таймер/счетчик1 (Timer/Counter1), который запускает АЦП на измерение. АЦП работает в режиме автозапуска по сигналу от таймера/счетчика 1. Сигнал запуска АЦП от таймера вырабатывается, когда код счетчика совпадет с кодом в регистре сравнения OCR1B.

В этом регистре хранится код интервала времени запуска АЦП. После запуска АЦП устанавливает в единицу бит занятости ADSC (ADC Start Conversion). По окончании измерения флаг устанавливается в ноль и происходит ввод кода измеренного напряжения.

Определение момента окончания преобразования АЦП можно осуществлять двумя способами: путем сканирования состояния бита ADSC или с помощью прерываний. Какой использовать способ зависит от конкретной задачи.

Разработка и исследование алгоритмов ввода аналоговых сигналов в MATLAB (рис. 1) осуществлялась на макетной плате Arduino – папо. Для повышения входного сопротивления измерительной схемы и согласования уровней входного сигнала с динамическим диапазоном АЦП разработан усилитель АЦП. В качестве источника входного аналогового тестового сигнала использовался генератор синусоидального сигнала с частотой 100Гц, построенный по схеме Вина.

Пример простой тестовой программы ввода аналоговых данных в MATLAB от Arduino по последовательному каналу представлен в табл. 3. Программа оформлена в виде М-файла и работает совместно с программой Arduino показанной в табл.4.

В программе MATLAB задаются параметры частоты квантования сигнала 4000 Гц и количество точек измерения сигнала.

Таблица 3 – Тестовая программа MATLAB

```

1 % тестовая программа ввода аналоговых
  сигналов
2 % в MATLAB Программа работает
  совместно с
3 % matlab_arduino_ADC_Test.ino
4 Fs=4000; % частота квантования в Гц
5 n_point=256; % количество точек
  измерения
6 s=serial('COM4');
7 set(s,'BaudRate',115200);
8 fopen(s);
9 pause(2);
10 fprintf(s,'%f');
11 out1=fread(s,n_point,'int16');
12 d = out1*4.73/1023;
13 %построение графика
14 Ts=1/Fs;
15 t=0:Ts:Ts*(n_point-1);
16 plot(t,d(1:n_point));
17 title('Input Signal');
18 pause
19 % Преобразование Фурье
20 Y=fft(d,Nf);
21 f=((0:Nf/2)/Nf)*Fs;
22 stem(f,abs(Y(1:(Nf/2)+1)),'.')
23 title(' БПФ','FontName','Arial Unicode MS')
24 zoom on;
25 fclose(s);
26 delete(s);
27 clear s;

```

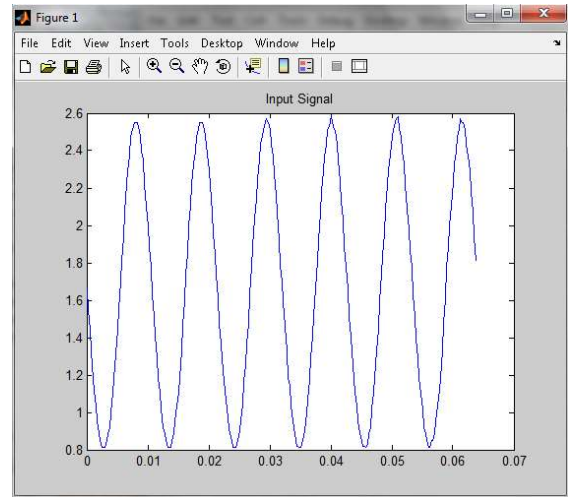


Рисунок 3 –Измеренный сигнал

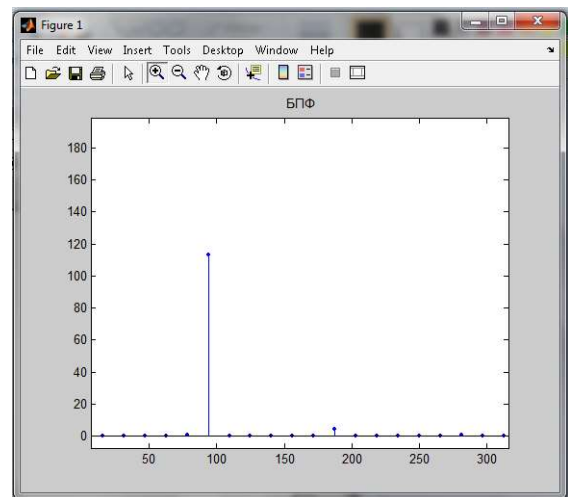


Рисунок 4 – ДПФ измеренного сигнала

Далее создается объект COM – порта с указанием номера порта (виртуального). Важно, чтобы номера портов в MATLAB и Arduino совпадали и были одинаково настроены. В нашем случае они соответствуют стандартным настройкам, принятых по умолчанию, за исключением скорости передачи (BaudRate) – 115200.

Открываем порт функцией `fopen(s)` и делаем необходимую паузу 2с. Затем MATLAB посылает запрос Arduino на измерение сигнала путем отправки строки с командой '!'.

Далее вводим `n_point` двоичных данных в формате INT16, преобразуем в формат с плавающей запятой и выводим график измеренного сигнала (рис. 3). После ввода сигнала можно выполнить обработку сигнала, например, с помощью дискретного преобразования Фурье (рис. 4) [11].

Программа Arduino, принимает строку с командой '!', распознает ее и запускает процесс измерения и ввода 256 значений аналоговых данных в буферный регистр. После окончания приема данных они передаются по последовательному каналу в MATLAB. Таким образом, происходит сначала измерение 256 точек, а потом передача в MATLAB для дальнейшего анализа.

Таблица 4 – Тестовая программа Arduino

```

// тестовая программа ввода аналоговых сигналов
// в MATLAB Программа работает совместно с
// matlab_arduino_ADC_Test.m.
#include <LiquidCrystal.h>
#include "avr/io.h"
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
String string2;
unsigned char buff[520];
volatile unsigned int j;
unsigned int i, n_byte;
unsigned int n_point; // количество измерений
unsigned long int fclk = 16000000;
//параметры теста
unsigned int p0=1; //Гц-0,кГц - 1
unsigned int p1=4; // Fs
unsigned int p2=256; //кол.точек изм.
//*****
void setup() {
  Serial.begin(115200); // открыть последовательный
  порт
  lcd.begin(16, 2); // установка LCD
  lcd.print("Matlab ADCint4");
  i = 0;

```

```
j=0;
n_point=p2;
n_byte=n_point*2;
// Инициализация АЦП
cli();
ADMUX = (1<< REFS0); //VREF = AVCC,Chanel 0
ADCSRA = (1<<ADEN)|(1<<ADSC)|(1<<ADPS1);
ADCSRB = (1<<ADTS2)|(1<<ADTS0); //режим
запуска АЦП
// Инициализация Таймера 1
OCR1A = 0;
TCNT1=0; // Сброс таймера
TCCR1A = (1<< COM1B0); // Переключение OCR1B
TCCR1B = (1<< WGM12); // Mode CTC
// Расчет кода регистра сравнения с таймером
if(p0==0){ OCR1B = fclk/p1-78;}
else { OCR1B = 16000/p1-78;}
TCNT1=0; // сброс таймера1
TIFR1 |= (1 << OCF1B); // сброс флага прерывания
OCF1B
ADCSRA |= (1<<ADIFSC); // разрешение прерывания
АЦП
sei(); // разрешение глобальных прерываний
}
void loop() {

if (Serial.available() > 0) //если буфер не пуст, то
{
string2 = Serial.readStringUntil('\n');
if(string2 == "!")
{
j=0;
TCCR1B |= (1<<CS10); // Пуск таймера 1
// Ожидание измерения n_point точек
while(j <= (n_byte)) {}
// Останов Таймера 1
TCCR1B &= ~(1<<CS12)&~(1<<CS11)&~(1<<CS10);
// передача n_byte в последовательный порт
Serial.write(buf,n_byte);
}
}
}

// Программа обработки прерывания от АЦП
ISR (ADC_vect)
{
TCNT1=0; // сброс таймера1
TIFR1 |= (1 << OCF1B); // сброс флага прерывания
OCF1B
buf[j] = ADCL; buf[j+1] = ADCH;
j=j+2;
}
```

Обеспечение синхронного запуска АЦП осуществляется с помощью таймера 1 (таймер 0 занят для системных нужд Arduino). Запуск АЦП происходит при совпадении кода таймера с кодом, записанным в регистр сравнения таймера OCR1B. При этом АЦП должен работать в соответствующем режиме автозапуска.

После завершения измерения АЦП происходит прерывание, устанавливается флаг прерывания ADIFSC и управление передается и программе обработки прерывания

ISR(ADC_vect). В этой программе осуществляется ввод данных с АЦП и запись их в буферный регистр buf и наращивается счетчик количества проведенных измерений j. Предварительно надо сбросить таймер 1 в ноль так, как он автоматически не сбрасывается в этом режиме. Также необходимо сбросить флаг прерывания таймера OCF1B, хотя прерывания по таймеру запрещены, но установившись в единицу при совпадении кодов таймера и регистра сравнения OCR1B, не даст запустить АЦП в следующем цикле.

Время, затрачиваемое на обращение к программе обработки прерывания порядка 7 мкс. Это время задержки включения таймера на новый цикл измерения. Его можно учесть в коде регистра сравнения OCR1B в виде поправки.

Временная диаграмма работы АЦП с прерываниями показана на рис. 5.

На временной диаграмме счет таймера 1 показан наклонной прямой. Код таймера увеличивается до тех пор, пока не станет равным коду в регистре OCR1B, определяя тем самым период квантования сигнала $T_{кв}$. Сигналом от таймера запускается АЦП и по окончании измерения происходит прерывание и управление передается на программу обработки прерывания, которая читает измеренный код и наращивает счетчик количества измеренных точек. По достижении счетчиком заданного количества измерений останавливается таймер и данные передаются в MATLAB.

В устройстве связи на Arduino используется жидкокристаллический индикатор LCD 1620, на который выводится информация о параметрах ввода сигнала и состоянии прибора.

Для работы с последовательным портом используются библиотечные функции Arduino:

- Serial.begin(115200) - открыть порт;
- Serial.available() – проверка буфера;
- Serial.readStringUntil() – чтение строки;
- Serial.write() – запись двоичных (бинарных) данных.

Все они должны быть согласованы по форматам передаваемых данных с программами MATLAB.

Использование графических пользовательских интерфейсов GUI

Рассмотренный подход в цифровой обработке реальных сигналов обладает большой гибкостью в применении средств MATLAB. Для каждого конкретного исследуемого объекта можно разработать отдельный М-файл, который включает передачу ряда параметров в устройство связи на Arduino: частоту квантования, число измеряемых точек, режимы измерения данных и др. Программа MATLAB должна содержать модули цифровой обработки сигналов, реализующие алгоритмы

ДПФ, различные виды фильтрации (БИХ и КИХ) с возможностью их синтеза и др [12]. Управление может осуществляться с помощью флагов. Установка соответствующего флага в 1 означает наличие опции, 0 – отсутствие. Таким образом, можно подобрать оптимальные алгоритмы обработки сигнала. Этот подход в исследовании сигналов предусматривает изменение в программе и требует определенных усилий в программировании и затрат времени. Для упрощения и наглядности работы с реальными объектами целесообразно использовать графические интерфейсы пользователей (GUI), для разработки которых используется среда разработки графических пользовательских интерфейсов MATLAB GUIDE.

GUIDE предоставляет набор инструментов, значительно упрощающий процесс проектирования и создания GUI. Используя редактор макетов GUIDE легко компоновать GUI, щелкая и перетаскивая компоненты GUI - такие как панели, кнопки, текстовые поля, ползунки, меню и так далее - в область макета. Программирование графического интерфейса пользователя. GUIDE автоматически генерирует М-файл, который управляет работой графического интерфейса пользователя.

На рис. 6 представлен GUI, построенный на основе рассмотренного теста, Он содержит органы управления в виде кнопок, меню, ползунков, текстовых полей, поясняющих назначение органов управления.

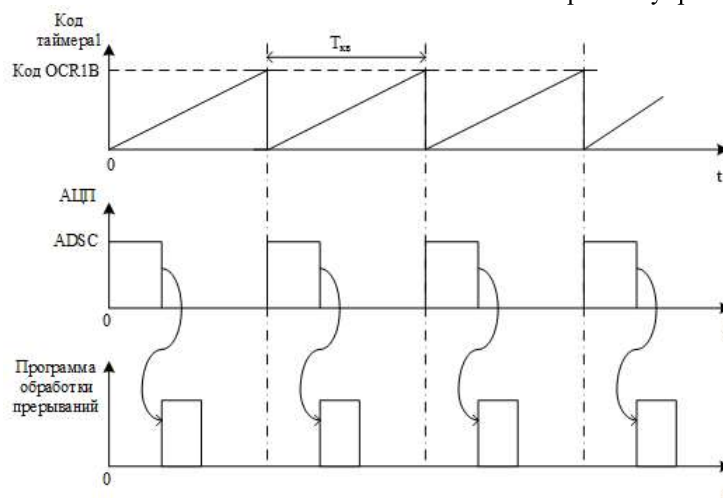


Рисунок 5 – Временная диаграмма работы АЦП по прерываниям

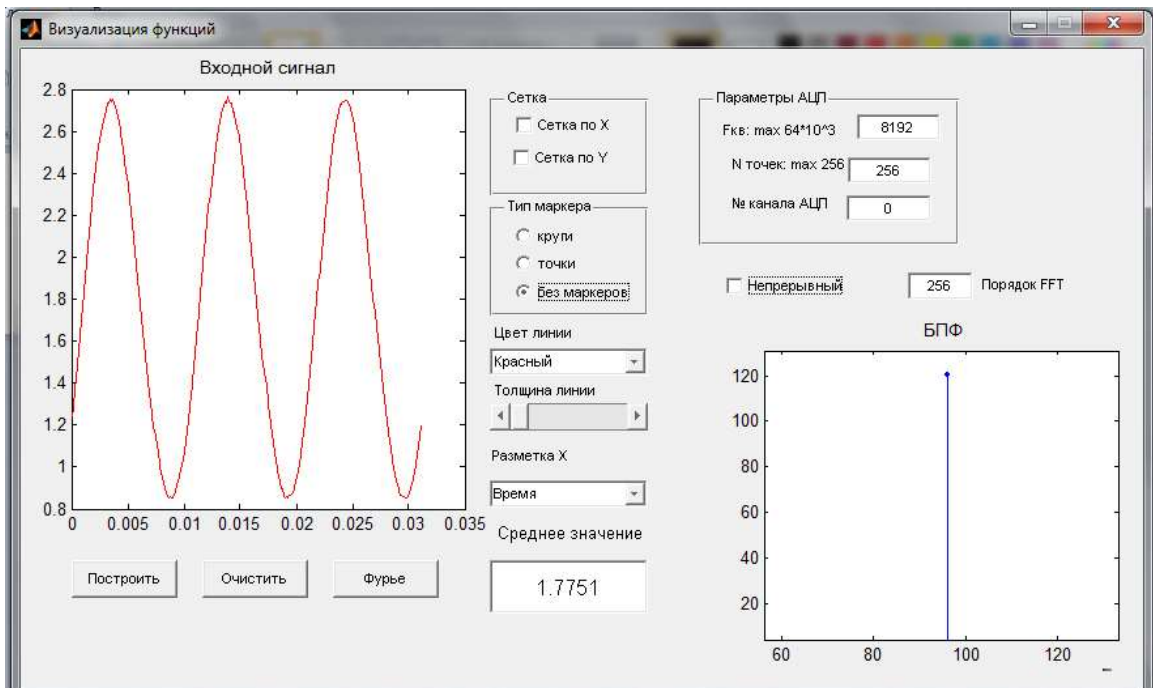


Рисунок 6 – Пример графического интерфейса пользователя (GUI) системы ввода аналоговых сигналов.

Так с помощью окон «Параметры АЦП» задаются параметры работы измерительного устройства: шаг квантования сигнала, количество точек измерения, номер канала АЦП. Также можно задать порядок ДПФ. Для лучшего восприятия графиков измеренных сигналов можно в графическом окне показать сетку по осям X и Y, графики выводить с различными маркерами. С помощью ниспадающего меню «Цвет линии» можно выбрать цвет линий графиков. Толщина линий графиков плавно изменяется с помощью ползунка. Разметка по оси X может быть выполнена по времени или выборкам сигнала.

Запуск системы на измерение сигнала осуществляется по нажатию кнопки «Построить». Параметры измерения сигнала передаются в измерительное устройство на Arduino, происходит его настройка и запускается процесс определения значений заданного количества точек. После окончания измерения массив данных передается в MATLAB и выводится в окно графика сигнала.

ДПФ сигнала можно посмотреть, нажав на кнопку «ДПФ». Очистка окон графиков осуществляется с помощью соответствующей кнопки.

В рассмотренном GUI для обработки сигнала использовался только один алгоритм ДПФ, однако не трудно реализовать и любые другие алгоритмы и выбирать нужные из списка.

В статье не рассмотрены вопросы ввода, отображения, и обработки входных данных в реальном времени в темпе их поступления. Такой режим работы системы требует дополнительных исследований.

В системе введен дополнительный режим работы «Непрерывный», позволяющий постоянно выводить графики сигнала на экран в темпе поступления заданного числа точек измерения.

Выводы

Рассмотренные способы ввода аналоговых сигналов в MATLAB позволяет строить системы анализа и обработки реальных сигналов, используя все вычислительные возможности системы. Использование в системе реального сигнала, а не его модели, позволяет повысить достоверность исследования и сокращает время проектирования систем ЦОС.

Устройство можно использовать в качестве осциллографа и регистратора аналоговых сигналов.

Особенно представляет интерес использование системы в учебном процессе в курсах Микроконтроллеры, Компьютерная электроника, Цифровая обработка сигналов, в

постановках междисциплинарных курсовых проектах.

Целью дальнейших исследований может быть анализ временных соотношений при различных способах организации измерения и передачи данных по последовательному каналу. Особый интерес представляет потоковый ввод данных, и их отображение в графическом окне в реальном времени.

Литература

1. Ануфриев, И. Е. MATLAB 7 / И. Е. Ануфриев, А. Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова. - СПб.: БХВ - Петербург, 2005. - 1104 с: ил.
2. Краснокутский, В. А. Исследование алгоритмов частотной фильтрации сигналов системы контроля концентрации метана / В. А. Краснокутский, М. В. Выростков // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия "Информатика, кибернетика и вычислительная техника" (ИКВТ-2007). – Донецк: ДонНТУ, 2007. – Вып. 8 (120). - С. 160-168.
3. Краснокутский, В. А. Исследование алгоритмов цифровой фильтрации системы контроля состояния рудничной атмосферы / В. А. Краснокутский, О. В. Гомозов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка". - Донецьк: ДонНТУ, 2008.- Вип. 9 (132). – С. 152–156.
4. Краснокутский, В. А. Цифровая частотная фильтрация сигналов системы контроля концентрации метана / В. А. Краснокутский, М. В. Выростков // Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы. Материалы восьмого научно-практического семинара. – Донецк: ДонНТУ, 2007. – Том 3. – С. 148–154.
5. MATLAB® The Language of Technical Computing External Interfaces Version 7 Available at: <https://www.mn.uio.no/astro/english/services/it/help/mathematics/matlab/apixt.pdf>.
6. Петин, В. А. Практическая энциклопедия Arduino / В.А. Петин, А. А. Биняковский. - М.: ДМК Пресс, 2017. - 152 с.
7. 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash/ Available at: <https://www.microchip.com/content/dam/mchp/documents/MCU08/ProductDocuments/DataSheets/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328PDatasheet.pdf>.
8. Прокопенко, В. С. Программирование микроконтроллеров ATMEL на языке C. – К. «МК-Пресс», СПб.: «КОРОНА_БЕК», 2012. – 320 с., ил.

9. Агуров, П. В. Интерфейсы USB. Практика использования и программирования.- СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 576 с.: ил
10. FT232R USB UART IC Datasheet Version 2.16. Available at: https://ftdichip.com/wp-content/uploads/2020/08/DS_FT232R.pdf.

11. Смит, Стивен. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников / Стивен Смит; пер. с англ. А. Ю. Линовича. - М.: Додэка-XXI, 2012. - 720 с.

Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. - СПб.: Питер, 2002. - 608 с: ил.

Краснокутский В.А., Достлев Ю. С. Исследование способов передачи информации в системах сбора и обработки данных в MATLAB. Статья посвящена исследованию применения пакета MATLAB для обработки и анализа данных, поступающих от внешних устройств в реальном времени. Рассмотрены вопросы организации передачи данных через интерфейс последовательного порта. Приведены практические схемы и алгоритмы передачи аналоговых данных для обработки их средствами пакета MATLAB. В качестве устройства связи между внешним устройством и пакетом MATLAB используется платформа Arduino на микроконтроллере ATmega32. Показаны эффективные возможности проектирования систем цифровой обработки данных в интерактивном режиме с использованием простых систем сбора данных в реальном времени.

Ключевые слова: MATLAB, аналоговый сигнал, передача данных, Ардуино, устройство ввода аналоговых сигналов, последовательный порт, графический интерфейс пользователя.

Krasnokutskiy V., Dostlev Yu. A study of methods of transferring information in data collection and processing systems in MATLAB. This article explores the application of MATLAB package for processing and analyzing data from external devices in real time. Issues of organizing data transfer through the serial port interface are considered. Practical schemes and algorithms of analog data transfer for their processing using MATLAB package are given. Arduino platform on ATmega32 microcontroller is used as a communication device between an external device and MATLAB package. Efficient capabilities of designing digital data processing systems in interactive mode using simple real-time data acquisition systems are shown.

Keywords: MATLAB, analog signal, data transmission, Arduino, analog input device, serial port, graphical user interface, GUI

Статья поступила в редакцию 08.12.2022
Рекомендуется к публикации профессором Зори С. А.

УДК 004.896

Семиотическая модель и ситуационное управление как форма представления и семантика концептуальной модели физических предметных областей САПР

А. В. Григорьев

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
grigorievalvl@gmail.com

Аннотация

В статье рассматривается задача построения комплекса методов и средств автоматизации построения интеллектуальных САПР. Обосновывается актуальность применения основных положений семиотической модели и ситуационного управления, предложенных Поспеловым Д.А., как инструментальных средств программного синтеза в САПР. Дается краткая характеристика методов построения интеллектуальных средств, предназначенных для извлечения, формализации и повторного использования экспертных методик проектирования сложных объектов физической природы с позиций семиотической модели и ситуационного управления. Показывается преимущества и результаты практического применения предлагаемого подхода.

Введение

В настоящее время онтологии [1, 2] как инструменты создания интеллектуальных систем имеют широкую область применения [1-15]. Неформально, онтология представляет собой некоторое описание взгляда на мир, применительно к некоторой конкретной области интересов [7]. Это описание состоит из терминов и правил использования этих терминов, ограничивающих их значения в рамках конкретной области [7, 8]. На формальном уровне онтология – это система, состоящая из набора понятий и утверждений об этих понятиях, на основе которых можно описывать классы, отношения, функции и индивиды [7]. В области создания онтологий в настоящее время различают следующие типы онтологий [7, 9, 14, 15]:

- общие онтологии;
- онтологии задач;
- предметные онтологии.

Онтологии верхнего уровня ориентированы на создание ряда понятий, общих для нескольких предметных областей.

Они содержат одни те же концепты: сущность, явление процесс, объект, роль, пространство и время, материя, событие и т.д. [7].

Существует ряд редакторов онтологий (РО), показывающих высокую эффективность при решении задач создания экспертных систем того или иного назначения: Ontolingua, Protege, OntoSaurus, OntoEdit, OilEd, WebOnto, WebODE и т.д. Однако, по прежнему актуальной задачей является, с одной стороны, все большее

обобщение инструментов онтологий, не зависящих от предметной области, а, с другой стороны, все большая унификация их по специфике тех или иных предметных областей.

Так, практически все существующие РО полноценно не обеспечивают ни учета специфики САПР, ни - потребности упрощения процесса построения ЭС именно в САПР, где есть своя специфика понятий, что делает их учет при создании более совершенных РО актуальной задачей [16].

САПР, как область применения онтологического подхода, предполагает одновременно как обобщенный подход ко всем техническим предметным областям, так и - специализированный подход к многочисленным предметным областям.

В частности, с точки зрения общего подхода, спецификой САПР является то, что комплекс моделей объекта проектирования [17] составляет ярко выраженную систему взаимосвязанных уровней знаний о действительности, поскольку оперирует системой моделей различного уровня абстракции, представляющие модель объекта проектирования в процессе проектирования в различной степени детализации, от чисто структурных моделей - до моделей, построенных с использованием дифференциальных уравнений в частных производных.

Кроме того, модели в САПР имеют ярко выраженную физическую природу, поскольку строятся в тех или иных разделах физики.

С другой стороны, имеет место ярко выраженная потребность упростить процесс построения ЭС средствами редакторов онтологий, сделав его доступным экспертам в ПрОб, в данном случае - проектировщикам.

Эффективность проектирования в любой предметной области во многом определяется наличием и степенью развития средств, позволяющих проектировщику формализовать и повторно использовать экспертные методики проектирования различных изделий. Методики проектирования призваны упростить решение задачи проектирования, исходя из требований технического задания (ТЗ). Эффект состоит в сокращении времени и трудоемкости процесса принятия проектных решений. Необходимы средства, позволяющие создавать методики проектирования, сохранять их, редактировать и - применять. Подобные средства можно отнести к области программного синтеза.

В составе многообразного комплекса методов, алгоритмов, моделей и инструментальных средств, которые можно привлечь к решению данной задачи, очень существенную роль играют методы, предложенные в свое время Пospelовым Д.А. В частности, к ним можно отнести семиотическую модель (СМ) и «ситуационное управление» [18, 19, 20]. Исследование применимости данных теорий в области построения интеллектуальных САПР и их развитие и сейчас является важной и актуальной задачей.

Цель предлагаемой работы:

1) Обосновать актуальность применения основных положений семиотической модели и «ситуационного управления», предложенных Пospelовым Д.А., в области построения инструментальных средств программного синтеза для нужд САПР;

2) Дать краткую характеристику методам построения интеллектуальных средств, имеющих форму генераторов программ и предназначенных для извлечения, формализации и повторного использования экспертных методик проектирования сложных объектов физической природы, построенных автором с использованием семиотической модели и – принципов «ситуационного управления»;

3) Оценить преимущества и практическую применимость такого подхода.

1. Обоснование актуальности применения основных положений семиотической модели и ситуационного управления в области интеллектуальных САПР

1.1. Физическая семантика предметных областей в САПР

Физическая семантика предметной области предполагает наличие модели пространства и времени, совокупности потенциалов, связанных потоками (токами) посредством координат взаимодействия (емкость, индуктивность, сопротивление, источники потоков и напряжения), а также наличие законов сохранения. Физическая семантика предметных областей, свойственная САПР, выражается через два аспекта. Это - процедурная модель САПР и – метод аналогий предметных областей. Рассмотрим их детальнее.

1) Процедурная модель САПР [17] задает САПР как систему типичных абстрактных уровней (АУ), объединяющих ряд типичных проектных процедур (ПП), определенных над типичными же моделями объекта проектирования: (см. рис. 1).

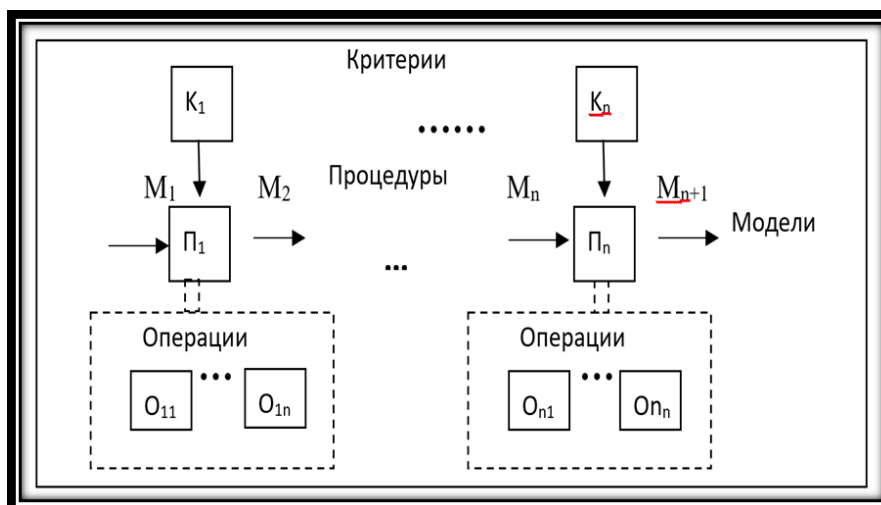


Рисунок 1 – Вид окна с исходными данными

Различают ПП изобретения, синтеза, моделирования, документирования.

Все существующие модели могут быть отнесены к одному из АУ: структурный, логический, системный, количественный. Данные АУ отличаются:

- детальностью представления моделей пространства и времени, моделей структуры объекта проектирования и моделей его функций;

- сложностью привлекаемого математического аппарата.

2) Метод аналогий [17] позволяет сводить ПрОб друг к другу, т.е. – унифицировать методы построения САПР в любой ПрОб или же – свести их к одной из ПрОб. В настоящее время такой универсальной ПрОб является электротехника (см. табл. 1).

Табл. 1. Фазовые переменные в различных ПрОб

Системы, тип движения	Фазовые переменные	
	типа I	типа U
Электрические	Ток I	Напряжение U
Механические, поступательное	Сила F	Скорость V
Механические упругое	Сила F	Деформация
Механические, вращательное	Вращательный момент M	Угловая скорость Ω
Гидро	Поток (расход) q	Давление P
Пневмо	Поток (расход) q	Давление P
Тепло	Тепло поток q	Температура T

Т.о., задача построения ИО для создания интеллектуальных САПР предполагает решение трех задач:

- создание системы абстрактных уровней представления моделей объектов проектирования различной сложности, связанных отношениями достижимости;

- обеспечение возможности взаимного сведения друг к другу моделей объектов проектирования, построенных в различных предметных областях, но имеющих один абстрактный уровень представления;

- обеспечение логического синтеза требуемой модели некоторого абстрактного уровня по техническому заданию, методы обеспечения которого учитывают физическую семантику предметной области.

1.2. Краткий анализ основных положений теории семиотической модели и ситуационного управления, предложенных Пospelовым Д.А. с точки зрения физической семантики предметной области

СМ представляет собой открытую формальную систему и имеет форму восьмерки [18, 19, 20]:

$$F = \langle T, C, A, P, r, b, g, d \rangle,$$

где T - множество базовых элементов системы, на которых строятся все выражения в F ; C - множество правил построения синтаксически правильных формул, определяющих среди всех возможных выражений из базовых элементов те, которые синтаксически правильны; A - множество аксиом F , образующее подмножество в множестве синтаксически

правильных формул, которым априорно присваивается статус истинности; P - множество правил вывода, или семантические правила, (позволяющие получать из аксиом новые синтаксически правильные формулы, которым можно приписывать статус истинности); r, b, g, d - правила изменения, соответственно для T, C, A и P .

Для конструктивности семиотической модели требуется реализация следующих классов процедур: $P1$ - определения принадлежности данного элемента множеству T ; $P2$ - идентификации различия элементов множества T ; $P3$ - определения синтаксической корректности элементов, построенных посредством правил C . Процедуры $P1, P2$ и $P3$ должны быть конструктивными, т.е. завершаться через определенное число шагов. Конструктивная СМ является разрешимой, если существует конструктивная процедура $P4$, дающая однозначный ответ на вопрос - является ли данный синтаксически корректный элемент семантически верным. СМ может рассматриваться как форма представления концепции "возможных миров" Крипке. Проблема построения разрешимой СМ в общем случае пока не решена.

Т.о., основные положения теории семиотической модели как инструментального средства построения концептуальных предметных областей хорошо соответствуют задаче построения системы взаимосвязанных баз знаний методик проектирования объектов проектирования различных абстрактных уровней представления объектов проектирования. Никакие прочие известные

подходы, методы и модели не могут обеспечить решение данной задачи.

Главные принципы «ситуационного управления» [18, 19, 20]:

- принятие решений об управлении объектом выполняется в рамках модели пространства и времени, заданных на том или ином уровне абстрактного представления;

- применение событийного подхода к оценке сложившейся ситуации и трактовке принимаемых решений.

Т.о., принципы «ситуационного управления» хорошо соответствуют задаче динамического логического синтеза моделей мира с физической семантикой, выполняемого по техническому заданию.

Выводы:

- семиотическая модель есть единственно возможная форма представления концептуальной модели предметных областей (онтологии) с физической семантикой;

- принципы «ситуационного управления» могут применяться как семантика процесса логического вывода в концептуальной модели физических предметных областей, представленной в форме семиотической модели.

2. Краткая характеристика предлагаемого подхода к построению КМ ПрОб

На основе применения теорий семиотической модели и «ситуационного управления» автором предложен ряд решений трех задач, перечисленных в пункте 1.1.

Дадим краткую характеристику методам построения интеллектуальных средств, имеющих форму генераторов программ и предназначенных для извлечения, формализации и повторного использования экспертных методик проектирования сложных объектов физической природы с позиций семиотической модели и ситуационного управления.

Краткая суть подхода: Разработка методов и инструментальных средств автоматизации процессов извлечения, формализации и повторного использования экспертных методик проектирования сложных объектов различной природы *на основе технологии интеллектуального программного синтеза* с возможностью адаптации на [21, 22, 23]: 1) семантику предметной области; 2) уровень квалификации эксперта-проектировщика в инженерии знаний; 3) полноту реализации существующей САПР; 4) язык представления модели объекта проектирования в САПР.

Область применения: Создание, модификация и применение интеллектуальных

систем автоматизированного проектирования сложных объектов физической природы.

Краткая характеристика предложенного комплекса методов:

- 1) физическая семантика предметной области как основа модели мира [Григорьев 2000a];

- 2) построение системы взаимосвязанных формальных моделей объекта проектирования для различных уровней абстракции на основе семиотической модели предметной области [24, 25, 26, 27];

- 3) построение системы формальных проблемно-независимых языков спецификаций, предназначенных для описания моделей различных абстрактных уровней [26, 25, 26, 27];

- 4) представление методики проектирования как системы вложенных модулей знаний, определенных для различных типов структурных и функциональных блоков [28];

- 5) построение единичного модуля знаний методики проектирования для объекта некоторого типа на базе технологии программного синтеза [28];

- 6) использование теоретико-множественных операций (ТМО) над порождающими грамматиками как инструмента построения генераторов программ [26, 27];

- 7) использование системы НЕ-факторов как инструментов декомпозиции моделей и – как инструментов представления методик проектирования [29, 30, 31];

- 8) адаптация системы формальных языков на требуемую предметную область на основе использования принципа аналогии физических областей [31, 32];

- 9) специфика вывода – построение процедуры П4 семиотической модели предметной области как инструмента вывода в пространстве и времени в соответствии с принципами «ситуационного управления» [33, 34];

- 10) метод программирования в ограничениях как базовый метод представления функциональных зависимостей [35, 36, 37].

Базовые принципы подхода:

- 1) Структурный принцип: модуль знаний привязан к структурной или функциональной модели типа блока;

- 2) Грамматический принцип: модуль знаний типа блока призван синтезировать по ТЗ языковую модель;

- 3) Принцип применения программирования в ограничениях [35, 36, 37]: а) формулы входят в язык описания модели и синтезируются по ТЗ как текст; б) формулы трактуются как ограничения.

Более детально и формально перечисленные методы и принципы изложены в выше названных работах автора.

На рис. 2 и рис. 3 показаны как возможные режимы создания методик проектирования, так и, в частности, технология

их создания и применения для проблемно-ориентированной САПР, не обладающей собственной базой знаний методик проектирования, что предполагает построение некоторой специализированной надстройки.

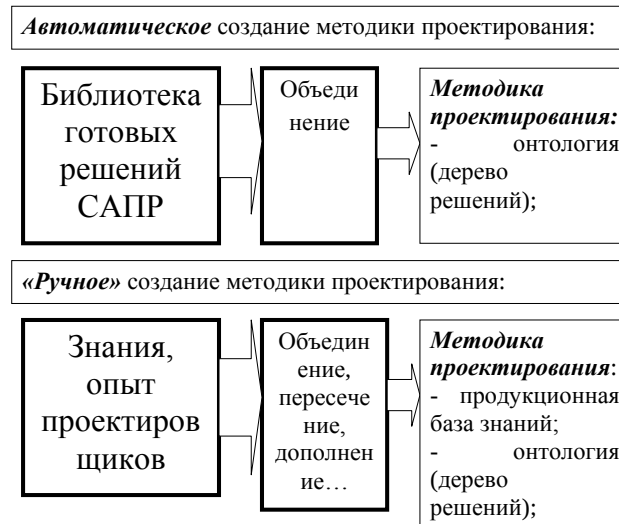


Рисунок 2 - Режимы создания методик проектирования



Рисунок 3 - Функциональная схема технологии

3. Преимущества и результаты практического применения предлагаемого подхода

Перечислим преимущества предлагаемого подхода:

1) Возможность применения различных алгоритмов обучения методикам проектирования, ориентированным на различные уровни квалификации эксперта в предметной области (проектировщика), выполняющего роль инженера по знаниям (низкий, средний, высокий);

2) Возможность оперировать модулями знаний, а именно - выполнять над ними теоретико-множественные операции (объединение, пересечение, вычитание, дополнение);

3) Наличие возможности адаптироваться на различные предметные области.

4) Возможность проводить синтез моделей последовательно, через ряд связанных уровней абстракции (УА), от простых уровней – к сложным.

Предлагаемый подход использовался при моделировании методик проектирования в ряде предметных областей (табл. 2).

Табл. 2. Основные программные комплексы

Организация - заказчик	Наименование, назначение и форма программного комплекса	Предметная область, Язык представления моделей, Связанные абстрактные уровни
ДонНТУ, г. Донецк	Инструментальная оболочка «Мета-эвристическая оболочка»	Автоматизация построения интеллектуальных САПР технических систем, ДеСиМ Структурный, Функционально-логический
ПАО Энергопроект, г. Донецк	Интеллектуальный САПР «СПРУТ» с открытой базой знаний методик проектирования	Проектирование парогазовых установок в энергетике, ЛИСП Структурный, Количественный (макромодель)
ПО им. Королева, г. Киев	Интеллектуальный САПР «ЕМУЛАТ» со встроенными методиками проектирования	Проектирование микропроцессорных систем на базе СМПК Am2900, ДеСиМ Структурный, Функционально-логический
ОКБ «Контур», г. Пятигорск	Инструментальная оболочка «ИнтерНАМ»	Проектирование средств вычислительной техники на базе любых СМПК, ДеСиМ Структурный, Функционально-логический
ДонНТУ, г. Донецк	Интеллектуальная надстройка над САПР бизнес-планов ProjectExpert	Проектирование бизнес-планов, HTML Структурный, Функционально-логический, Количественный (макро-модель)
Инициативная разработка, г. Донецк	Интеллектуальная надстройка над САПР радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) OrCAD, Vivado...	Проектирование радиоэлектронной аппаратуры, VHDL (см. рис. 4) Структурный, Функционально-логический

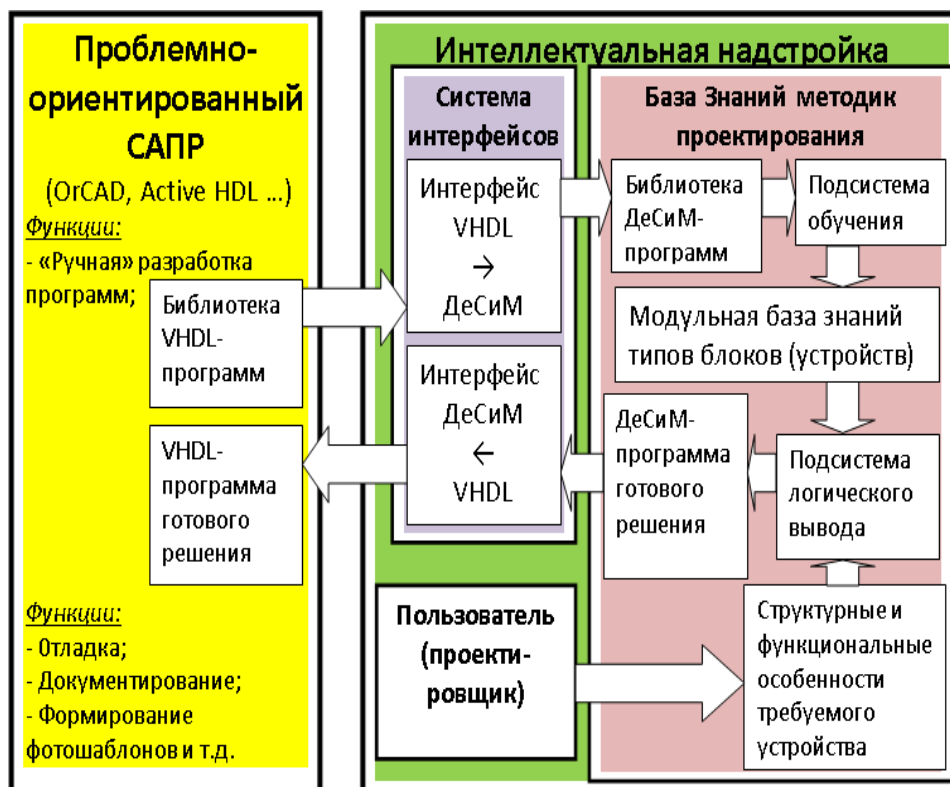


Рисунок 4 – Структура программного комплекса для извлечения и повторного использования методик проектирования РЭА, построенного в форме интеллектуальной надстройки над САПР РЭА и предназначенного для синтеза VHDL-программ

Примечание 1: ДеСиМ – авторский язык формальных спецификаций с семантикой языков описания цепей из предметной области «электротехника». Предполагает построение интерфейса «язык ДеСиМ – язык проблемно-ориентированного САПР» на базе принципа аналогий.

Примечание 2: САПР EMULAT обеспечивает последовательный синтез: 1) моделей аппаратуры (структурный УА); 2) моделей микропрограмм и – модели системы команд процессора (два связанных подуровня функционально-логического УА).

Примечание 3: Надстройка над САПР бизнес-планов ProjectExpert обеспечивает синтез моделей объектов в пространстве-времени на основе принципов «ситуационного управления».

Заключение

В предлагаемой работе:

1) Обоснована актуальность применения основных положений семиотической модели и ситуационного управления, предложенных Поспеловым Д.А., в области построения инструментальных средств программного синтеза в САПР;

2) Дана краткая характеристика методов построения интеллектуальных средств, имеющих форму генераторов программ и предназначенных для извлечения, формализации и повторного использования экспертных методик проектирования сложных объектов физической природы с позиций семиотической модели и ситуационного управления;

3) Показаны преимущества и результаты практического применения предлагаемого подхода.

Литература

1. Gruber, T. R. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing, 1993.
2. Gruber, T. What is an Ontology? <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html> (дата обращения: 22.11.2022).
3. Артемьева, И. Л. Концепция оболочки для разработки решателей задач на основе моделей онтологий / И. Л. Артемьева, Д. А. Крылов // Искусственный интеллект, 2005. - Т.3. - С. 109-116.
4. Грук, А. В., Клещев А.С. Инструментальные средства интеллектуальной поддержки процесса приобретения различных видов знаний. Модель процесса. - Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2000. - 32 с.
5. Рыбина, Г. В. Основы построения интеллектуальных систем М.: Финансы и статистика, Инфра-М, 2010. 432 с.
6. Гаврилова, Т. А., Кудрявцев Д. В., Муромцев Д. И. Инженерия знаний. Модели и методы: Учебник. — СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 324 с.: ил.
7. Валькман, Ю. Р. От онтологии проектирования к когнитивной семиотике / Ю.Р. Валькман, В.Б. Тарасов. // Онтологии проектирования. – 2018. – Т. 8, №1(27). С. 8-24.
8. Редозубов, А. Д. Формализация смысла. Часть 1. // Онтологии проектирования. - 2021. Т. 11, Номер: 2 (40). С. 144-153
9. Клещев, А. С., Шалфеева Е.А. Определение структурных свойств онтологий // Изв. РАН. Теория и системы управления, 2008. №2. С. 69-78.
10. Рыбина, Г. В. Интеллектуальная технология построения обучающих интегрированных экспертных систем: новые возможности // Открытое образование. 2017. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnaya-tehnologiya-postroeniya-obuchayuschih-integrirovannyh-ekspertnyh-sistem-novye-vozmozhnosti> (дата обращения: 22.11.2022).
11. Рыбина Г. В. Интеллектуальные системы: от А до Я. Серия монографий в трех книгах. Книга 3. Проблемно-специализированные интеллектуальные системы. Инструментальные средства построения интеллектуальных систем. М.: ООО "Научтехлит-издат", 2015.
12. Рыбина, Г. В. Обучающие интегрированные экспертные системы: некоторые итоги и перспективы // Искусственный интеллект и принятие решений. 2008. № 1. С. 22-46.
13. Рыбина, Г. В. Рабочее место для построения интегрированных экспертных систем: комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ // Новости искусственного интеллекта. 2005. №3. С. 69-87.
14. Шалфеева, Е. А. Измерение структурных свойств для оценивания, сравнения и выбора онтологий // Информатика и системы управления. - Благовещенск: АмГУ, 2008. - №4(18), С. 106-115.
15. Шалфеева, Е. А. Каталог структурных свойств онтологий. Свойства структуры стандартных связей // Владивосток: ИАПУ ДВО РАН. Препринт. 2007. 38 с.
16. Григорьев, А. В. Семиотическая концептуальная модель предметной области как основа инструментальной среды для построения интеллектуальных САПР // В сборнике: Гибридные и синергетические интеллектуальные системы. Материалы IV Всероссийской Поспеловской конференции с

международным участием. Под ред. А.В. Колесникова. 2018. - С. 395-406.

17. Петренко, А. И., Семенков, О. И. Основы построения систем автоматизированного проектирования. – К.: Вища школа, 1984. – 296.

18. Поспелов, Д. А. Ситуационное управление: Теория и практика. — М.: Наука. - Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. –288 с.

19. Кандрашина, Е. Ю., Литвинцева Л. В., Поспелов Д. А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах / Под ред. Д. А. Поспелова. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1989. — 328 с. — (Пробл. искусств. интеллект).

20. Искусственный интеллект. Справочник в трех томах. М.: Радио и связь, 1990. / под ред. В. Н. Захарова, Э. В. Попова, Д. А. Поспелова, В. Ф. Хорошевского.

21. Григорьев, А. В. Состав параметров адаптации на проблемную область в инструментальной оболочке для автоматизации построения интеллектуальных САПР. Наукові праці ДонНТУ. Серія ІКОТ-2011. Випуск 14(185).- Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», С. 252-261.

22. Григорьев, А. В. Пути создания интеллектуальных САПР при различных уровнях квалификации экспертов /Научно-теоретический журнал «Искусственный интеллект», №3, 2005. – Донецк: ИПИИ МОН и НАН Украины «Наука и образование», 2005. – с. 758–763.

23. Григорьев, А. В. Способы представления экспертных методик проектирования в интеллектуальных САПР. Анализ подходов и перспективы развития // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'18». Научное издание в 3-х томах. Таганрог: Изд-во Ступина С.А., 2018. – Т.1. – С. 148-155.

24. Григорьев, А. В. Семантика модели предметной области для интеллектуальных САПР. // Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия "Информатика, кибернетика и вычислительная техника", (ИКВТ-2000) выпуск 10. - Донецк, ДонГТУ, 2000. - С. 148-154.

25. Григорьев, А. В. Комплекс моделей САПР как система взаимосвязанных уровней знаний о действительности. Научные труды ДонГТУ. Серия ИКВТ-2000, выпуск 10. - Донецк, ДонГТУ, 2000. С. 155-167.

26. Григорьев, А. В. Комплекс средств и методов работы с формальными грамматиками в семиотической концептуальной модели предметной области интеллектуальных САПР // В журн. «Информатика и кибернетика», No 1(7), 2017, ДонНТУ, Донецк. - С. 46-72.

27. Григорьев, А. В. Специфика выполнения теоретико-множественных операций над контекстно-свободными грамматиками в условиях различных форм дополнительных семантических правил в семиотической модели интеллектуальных САПР / Научные труды ДонНТУ. Серия МАП – 2006. Выпуск 5 (116). – Донецк: ДонНТУ, 2006. – С. 91-104.

28. Григорьев, А. В. Теоретико-множественные операции над грамматиками как механизм работы со знаниями в интеллектуальных САПР. Вісник СХУ імені В. Даля, N 2(48). Луганск, ВУТУ, 2002. С. 186-194.

29. Григорьев, А. В. Модульный подход к представлению методик проектирования в интеллектуальных САПР // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2018): сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, Том. 1. 14-18 ноября 2018 г. – Донецк, ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2018. – С. 269-273.

30. Нариньяни А.С. Недоопределенность в системах представления и обработки знаний // Техн. кибернетика, 1986, № 5, С. 3–28.

31. Григорьев, А. В. Представление недоопределенности знаний в инструментальной оболочке для построения САПР. Искусственный интеллект. N 1, 1999. — С. 96-106.

32. Григорьев, А. В., Морозова О. В. Построение двухсторонних трансляторов в задаче создания интеллектуальных надстроек над проблемно-ориентированными САПР. - Сборник трудов XI международной научной конференции им. Т.А. Таран.- Киев: Просвита, 2011. - С. 68-75.

33. Григорьев, А. В. Организация пространственного и временного логического вывода в концептуальной модели интеллектуальных САПР / А. В. Григорьев // Научные труды Донецкого государственного университета: Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника. – 2008. – № 9(132) .– С. 296-311.

34. Григорьев, А. В. Управление движением объектов в семиотической модели предметной области. Наукові праці національного технічного університету. Серія «Обчислювальна техніка та автоматизація». Випуск 48: Донецк: ДонНТУ, 2002. - С.280-287.

35. Григорьев, А. В. Семиотическая модель базы знаний САПР. Научные труды Донецкого государственного технического университета Серия: Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем, выпуск 10: Донецк, ДонГТУ, 1999. — С. 30-37.

36. Григорьев, А. В. Программирование в ограничениях как метод численного решения дифференциальных уравнений в инструментальной оболочке для создания интеллектуальных САПР // Донбасс – 2020: Наука і техніка – виробництву: Матеріали II науково-практичної конференції. м. Донецьк, 3-

4 лютого 2004 р. – Донецьк, ДонНТУ Міністерства освіти і науки, 2004. – С. 524-532.

37. Григорьев, А. В. Методы построения функций в специализированной оболочке для создания интеллектуальных САПР // Искусственный интеллект. – Донецк, 2001 – №3 – С. 40–53.

Григорьев А.В. Семиотическая модель и ситуационное управление как форма представления и семантика концептуальной модели физических предметных областей САПР. В статье рассматривается задача построения комплекса методов и средств автоматизации построения интеллектуальных САПР. Обосновывается актуальность применения основных положений семиотической модели и ситуационного управления, предложенных Поспеловым Д.А., как инструментальных средств программного синтеза в САПР. Дается краткая характеристика методов построения интеллектуальных средств, предназначенных для извлечения, формализации и повторного использования экспертных методик проектирования сложных объектов физической природы с позиций семиотической модели и ситуационного управления. Показывается преимущества и результаты практического применения предлагаемого подхода.

Ключевые слова: семиотическая модель, ситуационное управление, концептуальная модель предметной области, САПР.

Grigoriev A.V. Semiotic model and situational control as a form of representation and semantics of the conceptual model of CAD physical subject areas. The article deals with the problem of constructing a set of methods and means of automating the construction of intelligent CAD systems. The relevance of the application of the main provisions of the semiotic model and situational management, proposed by Pospelov D.A., as tools for program synthesis in CAD, is substantiated. A brief description is given of methods for constructing intellectual tools designed to extract, formalize and reuse expert methods for designing complex objects of physical nature from the standpoint of a semiotic model and situational control. The advantages and results of the practical application of the proposed approach are shown.

Key words: semiotic model, situational management, conceptual domain model, CAD

Статья поступила в редакцию 11.12.2022
Рекомендуется к публикации профессором Зори С. А.

УДК 621.3.078.4+519.876.5

Анализ новостного фона криптовалют

А. В. Копица, Е. О. Савкова

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

helen-savkova@rambler.ru

Аннотация

Данная статья посвящена анализу новостного фона для прогнозирования цен криптовалют с учетом эмоциональной окраски, связанных с ними новостей. Для этого был определен источник новостей, разработан алгоритм их получения и формирования базы для хранения извлеченной информации. Предложена методика обработки новостей, в результате чего появляется возможность классифицировать новости на категории с различной оценкой тональности текста. В результате разработано программное приложение для анализа новостного фона. С помощью данного приложения производится сбор новостей в автоматическом режиме из новостного источника, связанного с криптовалютными биржами, а затем с помощью выбранного классификатора выполняется автоматическая оценка новостей. Результаты исследований в дальнейшем могут быть использованы для разработки системы более точного прогнозирования цен криптовалют.

Введение

В наше время множество людей покупают и продают акции, валюту, фьючерсы, опционы и т.д. Одно из основных допущений теории принятия решений состоит в том, что человек делает рациональный выбор. Рациональный выбор означает, что человек принимает решение в результате упорядоченного процесса мышления.

В 70-е годы появились работы, в которых систематически демонстрировалось отклонение поведения людей от рационального.

Авторами наиболее известных работ были психологи: А.Тверский, П.Словик, Б.Фишхоф, Д.Канеман и др.

Многочисленные эксперименты продемонстрировали отклонение поведения людей от рационального, определили эвристики, которые используются при принятии решений.

Известный физик Ньютон был большим любителем играть на бирже, но делал он это видимо не из расчета рационального поведения людей. Играл он не очень удачно. Даже совсем неудачно. Один раз, после крупного проигрыша, он произнес знаменитую фразу: – Я могу прогнозировать движение космических тел, но не могу прогнозировать безумство людской толпы (движение цен и поведение спекулянтов).

Каковы же тогда причины в этой нерациональности человеческого поведения? Причинами нерациональности человеческого поведения являются:

1) недостаток информации у ЛПР (лицо, принимающее решение) в процессе выбора;

2) недостаточный опыт ЛПР: он находится в процессе обучения и поэтому меняет свои предпочтения;

3) ЛПР стремится найти решение, оптимальное с точки зрения совокупности критериев (целей), строго упорядоченных по важности, но не может его найти;

4) различие между объективно требуемым временем для реализации планов и субъективным горизонтом планирования ЛПР.

Именно поэтому и необходимо разрабатывать инструменты для определения возможных действий людей на основании их поведения, а благодаря веку информационных технологий, прогнозирование поведения людей становится не такой сложной задачей, поскольку люди подвергаются влиянию поступающим к ним новостей, а в свою очередь за счет этого принимают решения. Так же если научиться связывать новости с ценами на биржах, можно привести торговлю к большей осознанности. Поэтому создание инструмента позволяющего прогнозировать цены на бирже с учетом новостей, является необходимым.

Влияние новостей на биржу

В основе каждого рынка лежит равновесие спроса и предложения. Участники рынка обеспечивают спрос или предложение, основываясь на собственном эмоциональном восприятии происходящих событий, освещение которых они получают из новостной и/или текстовой информации. Информационные (и в первую очередь новостные) потоки оказывают существенное влияние на котировки рынка, а степень влияния зависит от характера и типа

информационного события.

Традиционные методы технического анализа, эффективно работающие на коротких временных интервалах, не принимают во внимание влияния эмоционального восприятия участниками рынка информационного потока. Фундаментальный анализ (к которому относят и анализ информационного потока — эмоциональный анализ) рассматривает в основном регулярно публикуемые финансовые показатели компаний, т. е. статистическую информацию, имеющую тенденцию к запаздыванию. Таким образом, методы традиционных методологий (технический и фундаментальный анализ) прогнозирования котировок рынка ценных бумаг ориентированы на количественные данные. Тем не менее сегодня в практике анализа рынка ценных бумаг существует много работ, использующих качественные данные, такие как текстовая и новостная информация, которая может быть извлечена из новостных статей, блогов, аналитических отчетов, социальных опросов. Обычно доступ к внутрикорпоративной информации отсутствует, поэтому для анализа особенностей деятельности той или иной компании рассматривается информация из регулярно публикуемых финансовых отчетов, аналитических прогнозов, новостных статей, отражающая некоторые особенности деятельности компаний [1].

Анализ новостей способен выявить особенности компании, которые традиционный финансовый анализ выявить не может. Причина этого в том, что лица, принимающие решения эмоциональны, и, следовательно, субъективны. Причем их реакция на одни и те же события может быть совершенно различной (поведенческая экономика). Изучение текстовой и новостной информации позволяет сформировать более полное суждение о финансовой состоятельности участника рынка. Ручное отслеживание новостного потока и его последующий анализ является весьма затруднительным для аналитика, поэтому применение методов интеллектуального анализа и создание инструментальных средств их поддержки — востребованная задача.

Сбор данных

В начале надо решить задачу выбора источника новостей для анализа. Поскольку работа проводится с криптовалютными биржами, то был выбран самый популярный новостной агрегатор с веб-приложением доступным по адресу <https://ru.tradingview.com>.

Извлечение данных из сайтов называется веб-скрапингом. Это полезная практика, когда доступная вам информация доступна через веб-приложение, которое не предоставляет

соответствующий API (как в нашем случае). Для извлечения данных из современных веб-приложений требуется некоторая нетривиальная работа, но зрелые и хорошо продуманные инструменты, такие как Selenium и BeautifulSoup решают подобные задачи [2].

Так как веб-приложение не имеет собственного API извлекать новости приходится методом обхода всех страниц. Использование BeautifulSoup не считается возможным, поскольку в веб-приложении предусмотрена защита от ботов для обхода страниц вне зависимости от настроек метода. Был выбран более требовательный, но эффективный инструмент, предназначенный для тестирования, но подходящий также для нашей задачи - Selenium. Данный инструмент является средством, запускающим браузер и осуществляющий переходы путем имитации действий человека, что, в итоге, не позволяет определить это как работу бота.

Определившись с инструментом, мы можем получить все новости по такому алгоритму:

1) Запускается браузер с помощью selenium через специальный драйвер.

2) Происходит обход всех страниц со списком кратко описанных новостей до последней страницы с новостями для получения точного диапазона страниц.

3) Происходит обход с последней страницы и до первой включительно по блокам html страницы из которых извлекаются новости в базу данных в формате: - дата новости; - заголовок; -ссылка на полную новость.

4) По списку ссылок на полные новости, которые мы храним в БД, определяем в какие записи не был внесен полный текст и обходим их как описано в пункте 3, только извлекается полная новость и если есть дата и время, то обновляется запись в БД с полученными данными.

Собранная база новостей позволяет проводить анализ текста, предварительно проведя обработку и токенизацию текста. За счет этого мы также сможем определять привязку криптовалют к новостям.

Предварительная обработка и токенизация текста

Одной из главных проблем анализа текстов является большое количество слов в документе. Если каждое из этих слов подвергать анализу, то время поиска новых знаний резко возрастет и вряд ли будет удовлетворять требованиям пользователей. В то же время очевидно, что не все слова в тексте несут полезную информацию. Кроме того, в силу гибкости естественных языков формально различные слова (синонимы и т. п.) на самом

деле означают одинаковые понятия. Таким образом, удаление неинформативных слов, а также приведение близких по смыслу слов к единой форме значительно сокращают время анализа текстов. Устранение описанных проблем выполняется на этапе предварительной обработки текста [1, 3].

На этапе предварительной обработки текста действия выполняются в 4 этапа.

Этап 1 - текст приводится к нижнему регистру.

Этап 2 - удаляются знаки препинания и спецсимволы, т.е. такие элементы, как запяты, точки, дефисы, знаки восклицания, знаки вопроса, различные скобки, кавычки и математические знаки. При необходимости список можно расширять;

Этап 3 – удаляются стоп-слова. К стоп-словам (или шумовым словам), как правило, относят предлоги, союзы, междометия, частицы и другие части речи, которые часто встречаются в тексте, являются служебными и не несут смысловой нагрузки – являются избыточными. Типовыми удаляемыми стоп-словами являются: -служебные части речи (предлоги, союзы, частицы); -самостоятельные части речи (местоимения). Следует отметить, что стоп-слова являются контекстно зависимыми – для текстов различной тематики стоп-слова могут отличаться. Как и в случае со спецсимволами, необходимо проанализировать исходный текст и выявить стоп-слова, которые не вошли в типовой набор;

Этап 4 - проводится лемматизация. У всех слов происходит объединение времени, объединение единственного и множественного числа.

Для последующей обработки очищенный текст разбивается на составные части – токены. Процесс разбиения называется токенизацией. При анализе текста на естественном языке применяется разбиение на символы, слова и предложения. Разбивая обработанный текст на слова можно провести частотный анализ текста, который так же может позволить трейдеру понять какие слова сейчас на слуху (в топе). Частотный анализ текста, связанного с новостями про криптовалюты представлен на рис. 1.



Рисунок 1 – Частотный анализ текста в виде

облака слов

На рисунке слова, выделенные разным цветом, разделяются друг от друга. Размером слова в свою очередь указывается частота слова в тексте (чем чаще слово встречается, тем больше его размер). Расположение слов не имеет никакого значения.

Обучение модели, определяющей оценку новости

Классификация текстов (документов) — задача компьютерной лингвистики, заключающаяся в отнесении документа к одной из нескольких категорий на основании содержания документа. Анализ тональности текста — задача компьютерной лингвистики, заключающаяся в определении эмоциональной окраски (тональности) текста и, в частности, в выявлении эмоциональной оценки авторов по отношению к объектам, описываемым в тексте.

Для того чтобы мы могли качественно определять тональность текста нам необходимо обучить модель классификации для выполнения необходимых задач. Определим для начала этапы, которые необходимо выполнить для обучения модели классификации текстов:

- 1) Получение набора новостей;
- 2) Предварительная обработка новостей;
- 3) Определение возможных типов новостей по фону(тональности);
- 4) Ручная оценка 20-30% новостей;
- 5) Разбиение выборки на обучающую и тестовую, из новостей, которые имели оценку.
- 6) Выбор классификатора или конвейера классификаторов для обучения модели.
- 7) Обучение классификатора на предварительно обработанных новостях со связанными оценками.
- 8) Выбор главного классификатора (на основании метрик) для следующей работы с ним.

Выполнение первых двух пунктов
детально описаны ранее.

Этап 3. Обозначим минимальный набор типов новостей по фону и определим количественную шкалу для оценки. Шкала представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Шкала оценок новостей

№	Численное значение	Качественное значение
1	2	очень позитивная
2	1	позитивная
3	0	нейтральная
4	-1	негативная
5	-2	очень негативная

После этого для обучения необходимо оценить 20% (порядка 600) новостей в соответствии с типами, определенными ранее. В качестве эксперта в данном случае выступает автор, при этом вручную просматриваются (вычитываются) все новости выбранной части набора данных и выставляется его субъективная оценка.

После того как выборка новостей полностью оценена, весь набор данных разбивается на тренировочную и тестовую выборки в соотношении 80 к 20. Тестовый набор данных будет применяться для тестирования правильности работы классификатора.

Этап 4. Выберем классификаторы и дополнительные инструменты для обучения модели классификации. Опишем используемые средства для моделей.

Используемые классификаторы:

- SGDClassifier;
- KNeighborsClassifier;
- LinearSVC.

Дополнительные используемые средства:

- TfidfVectorizer;
- CountVectorizer;
- SelectKBest;

Классификатор стохастический градиентный спуск (SGDClassifier) - классификатор стохастического градиентного спуска в основном реализует простую процедуру обучения SGD, поддерживающую различные функции потерь и штрафы за классификацию.

Стохастический градиентный спуск (SGD) — это простой, но очень эффективный подход к подгонке линейных классификаторов и регрессоров под выпуклые функции потерь, такие как (линейные) машины опорных векторов и логистическая регрессия. Несмотря на то, что SGD существует в сообществе машинного обучения уже давно, совсем недавно он привлек значительное внимание в контексте крупномасштабного обучения.

SGD успешно применяется для крупномасштабных и разреженных проблем машинного обучения, часто встречающихся при классификации текста и обработке естественного языка. Учитывая разреженность данных, классификаторы в этом модуле легко масштабируются на проблемы с более чем 10^5 учебными примерами и более чем 10^5 функциями [4].

Классификация на основе соседей (NeighborsClassifier) — это тип обучения на основе экземпляров или необобщающего обучения: он не пытается построить общую внутреннюю модель, а просто сохраняет экземпляры обучающих данных. Классификация вычисляется простым

большинством голосов ближайших соседей каждой точки: точке запроса назначается класс данных, который имеет наибольшее количество представителей среди ближайших соседей точки.

Существует два разных классификатора ближайших соседей: KNeighborsClassifier реализует обучение на основе k ближайших соседей каждой точки запроса, где k - целочисленное значение, указанное пользователем. RadiusNeighborsClassifier реализует обучение на основе количества соседей в фиксированном радиусе r каждой тренировочной точки, где r — это значение с плавающей запятой, указанное пользователем [5].

Метод классификации опорных векторов (LinearSVC) — это мощные, но гибкие контролируемые методы машинного обучения, используемые для классификации, регрессии и обнаружения выбросов. LinearSVR обладает большей гибкостью в выборе функций штрафов и потерь. Он также лучше масштабируется для большого количества выборок [6].

CountVectorizer — данный метод используется для преобразования заданного текста в вектор на основе частоты каждого слова, которое встречается во всем тексте. Это полезно, когда имеется несколько текстов и мы хотим преобразовать каждое слово в каждом тексте в векторы (для использования в дальнейшем анализе текста) [7].

TfidfVectorizer — данным методом основан на принципе Term Frequency – Inverse Document Frequency (Частота термина – обратная частота документа). Это один из наиболее важных методов, используемых для поиска информации, чтобы показать, насколько важно конкретное слово или фраза для данного документа. Давайте возьмем пример, у нас есть строка и мы должны извлечь из нее информацию, тогда мы сможем использовать этот подход. Значение tf-idf увеличивается пропорционально количеству раз, когда слово встречается в документе, но часто компенсируется частотой слова в корпусе, что помогает скорректировать тот факт, что некоторые слова появляются чаще в целом.

В TF-IDF используются два статистических метода: первый - частота терминов, а другой - обратная частота документов. Частота термина относится к общему количеству раз, когда данный термин t появляется в документе doc из общего количества всех слов в документе и обратного показателя частоты документа о том, сколько информации предоставляет слово. Он измеряет вес данного слова во всем документе. IDF показывает, насколько распространенным или редким является данное слово во всех

документах. TF-IDF может быть вычислен как $tf * idf$ [8].

Выбор К лучших (SelectKBest) - это метод, при котором выбираются те функции в данных, которые вносят наибольший вклад в целевую переменную. Другими словами, выбираются лучшие прогнозы для целевой переменной [9];

Для того чтобы выбрать лучший классификатор для определения новостного фона нам необходимо результаты работы классификации оценить метриками [10, 11].

Для понимания принципов работы метрик оценки классификации можно обратиться внимание на рис. 2. .

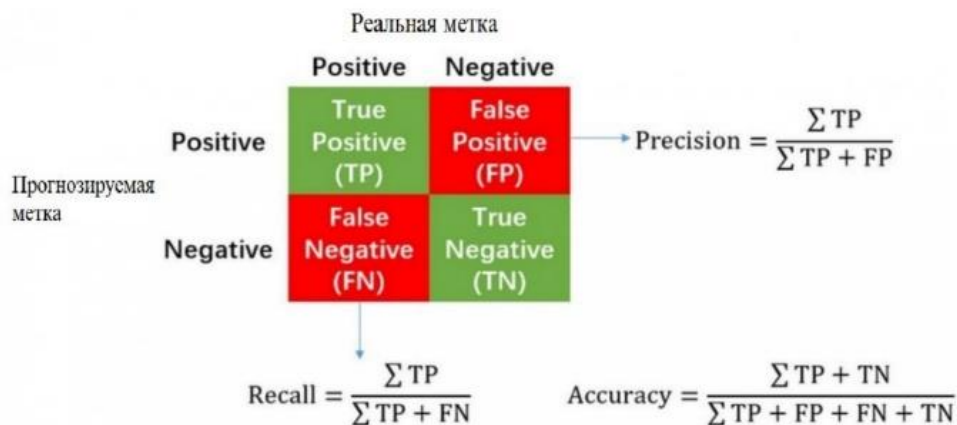


Рисунок 2 – Диаграмма, описывающая метрики

Positive и Negative - это предсказания нашей модели, а True и False- это оценка того, правильно ли определила модель наш класс.

Метрики оценки классификатора:

- Precision (точность);
- Recall (полнота);
- F1-score.

Precision - отношение TP к TP + FP. Это доля объектов, названных классификатором положительными и при этом действительно являющимися положительными.

Recall - отношение TP к TP + FN. Это то, какую долю объектов положительного класса из всех объектов положительного класса нашёл алгоритм.

Можно также подчеркнуть суть этих метрик, с ростом recall уменьшается precision, и наоборот.

Модели очень удобно сравнивать, когда их качество выражено одним числом. В случае пары Precision-Recall существует популярный способ скомпоновать их в одну метрику - взять их среднее гармоническое. Данный показатель эффективности исторически носит название F1-меры (F1-score). Оценка F1 достигает своего лучшего значения при 1 (идеальная точность и отзывчивость) и худшего при 0.

Результаты обучения разных моделей классификации и метрики приведены в таб. 2.

Выбор модели классификации проводится на основании взвешенного среднего используемых метрик, а также равномерности отношения к разным оценкам. Поскольку в 3-ей модели взвешенное среднее для 3-х метрик имеет лучший результат, а также довольно равномерно

распределены оценки (нет особого перевеса к какой-то оценке), то мы можем использовать данную модель классификации в дальнейшей работе. В результате работы классификатора для новости присваивается оценка, к типу которой новость относится (табл. 2).

Тестирование модели

Для проверки работы классификатора, выполнено тестирование на реальных данных. На основании обученного классификатора на предыдущем этапе, был проведен эксперимент. В базе данных были удалены все оценки у новостей, а затем с помощью модели были определены и занесены в БД автоматические оценки 3 тысяч новостей. Экспертом были проверены и исправлены неправильно классифицированные новости. Неправильно было классифицировано около 5% новостей, что считается допустимым и можно сказать, что модель работает достаточно хорошо.

Под неправильной классификацией подразумевается то, что эксперт, пересмотрев все новости 5% новостей посчитал неверно классифицированными и вручную обозначил их принадлежность. Было решено, что на большем количестве новостей нет необходимости переобучать классификатор, поскольку, это не даст скорее всего значительного прироста при классификации, однако значительно замедлит работу классификатора.

Для выполнения анализа было разработано приложение, примеры результатов работы которого представлены на рис. 3 и рис. 4.

Таблица 2 – Классификаторы с метриками

№	Описание	Метрики				
		тип оценки новости	Оценка классификатора			support (кол-во объектов каждого класса)
			precision	recall	f1- score	
1	TfidfVectorizer, SGDClassifier (random_state=42)	-2	0.40	1.00	0.57	4
		-1	0.76	0.70	0.73	204
		0	0.40	0.57	0.47	35
		1	0.83	0.81	0.82	298
		2	0.00	0.00	0.00	0
		Взвешенное среднее:	0.77	0.75	0.76	541
2	TfidfVectorizer (), KNeighborsClassifier (n_neighbors=10)	-2	0.20	0.50	0.29	4
		-1	0.69	0.68	0.68	191
		0	0.54	0.40	0.46	67
		1	0.75	0.78	0.76	279
		2	0.00	0.00	0.00	0
		Взвешенное среднее:	0.70	0.69	0.69	541
3	TfidfVectorizer (ngram_range=(1, 2)) SGDClassifier (penalty='elasticnet', class_weight='balanced', random_state=42)	-2	0.50	0.56	0.53	9
		-1	0.72	0.77	0.74	176
		0	0.62	0.52	0.56	60
		1	0.84	0.82	0.83	296
		2	0.00	0.00	0.00	0
		Взвешенное среднее:	0.77	0.77	0.77	541
4	TfidfVectorizer () SelectKBest (chi2, k=1000) LinearSVC ()	-2	0.20	1.00	0.33	2
		-1	0.66	0.72	0.69	172
		0	0.42	0.57	0.48	37
		1	0.86	0.75	0.80	332
		2	0.00	0.00	0.00	0
		Взвешенное среднее:	0.76	0.73	0.74	541
5	CountVectorizer () TfidfTransformer () RandomForestClassifier (n_estimators=100, random_state=0)	-2	0.00	0.00	0.00	0
		-1	0.61	0.80	0.70	143
		0	0.26	0.65	0.37	20
		1	0.93	0.72	0.81	378
		2	0.00	0.00	0.00	0
		Взвешенное среднее:	0.83	0.74	0.76	541
6	CountVectorizer () TfidfTransformer () SGDClassifier ()	-2	0.40	0.00	0.00	0
		-1	0.73	0.70	0.72	196
		0	0.38	0.51	0.44	37
		1	0.84	0.79	0.81	303
		2	0.00	0.00	0.00	0
		Взвешенное среднее:	0.77	0.74	0.75	541

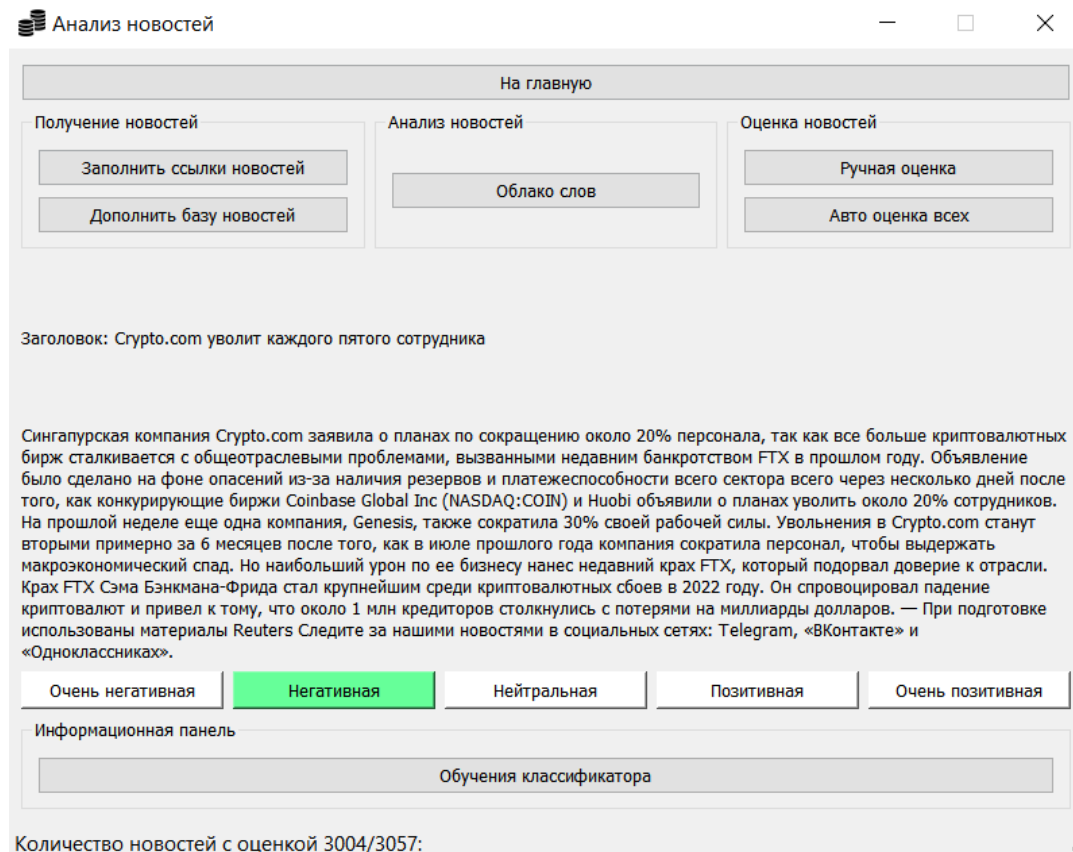


Рисунок 3 – Определение негативной оценки моделью

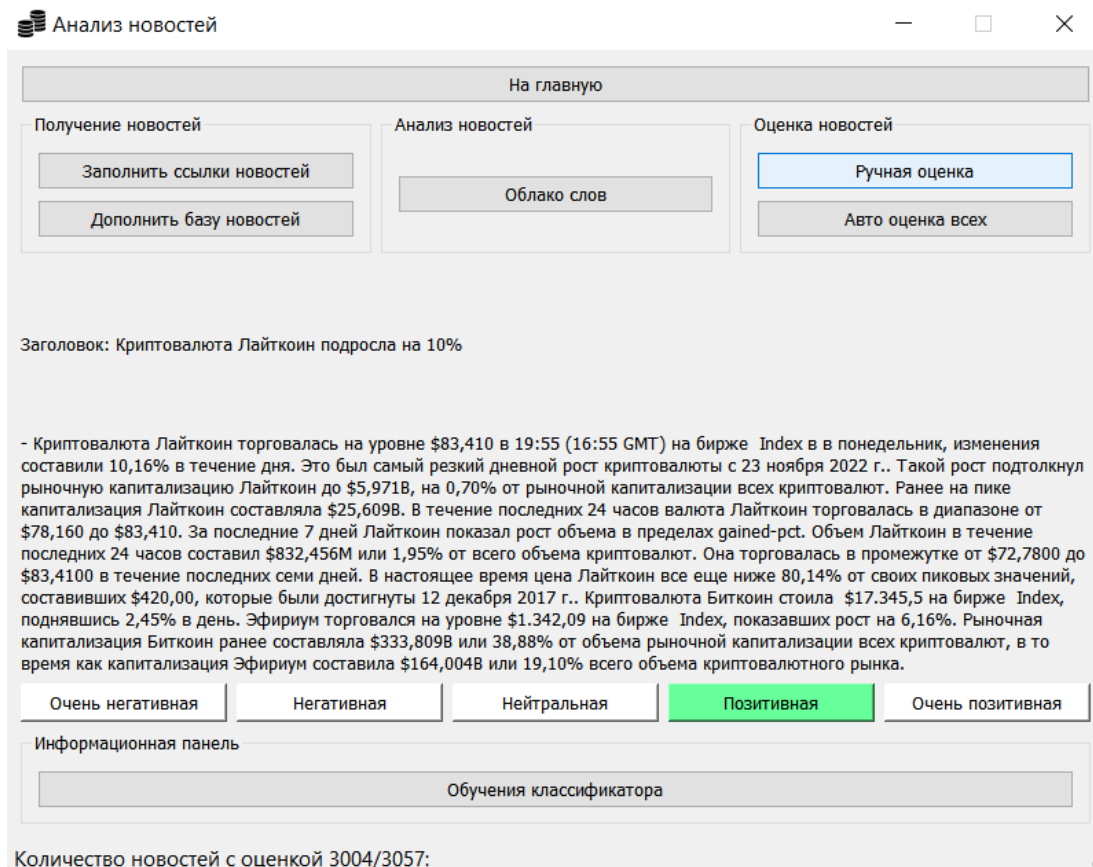


Рисунок 4 – Определение позитивной оценки моделью

Блок «Получение новостей» предназначен для сбора ссылок на новости в БД, а также сбор самих новостей по этим ссылкам.

Блок «Анализ новостей» предназначен для проведения частотного анализа слов, представленного в виде облака слов.

После нажатия на кнопку «Обучение классификатора» осуществляется процесс обучения классификатора на основании новостей с оценкой из БД, а также в консоли приложения выводились метрики оценки работы всех классификаторов, которые ранее были сведены в таблицу 2.

Блок «Оценка новостей» предназначен для оценки новостей как в ручном, так и в автоматическом режиме. После нажатия на кнопку «Ручная оценка» из БД выбирается новость без оценки и с помощью классификатора определяется возможная принадлежность этой новости и кнопка с подписью вероятной оценки подсвечивается зеленым светом и в этот же момент сама новость выводится выше, что также можно увидеть на рис. 3, 4.

С помощью классификатора эксперту проще проводить оценку новостей в ручном режиме, а из-за того, что результаты достаточно точны, классификацию можно использовать полностью в автоматическом режиме.

Заключение

В условиях глобализации экономики необходимо глубокое понимание изменения котировок рынка ценных бумаг как финансового инструмента, влияющего на различные стороны жизни миллионов людей.

Негативность отсутствия подобных инструментов наглядно продемонстрировал финансовый кризис 2008 г.

Отмечая определенные успехи, достигнутые в прогнозировании котировок рынка ценных бумаг, нельзя не обратить внимания, на то, что учет социальной реакции на различные события увеличил бы эффективность прогнозирования.

Одним из перспективных направлений в данной области является интеллектуальный анализ текста как основа будущего жизнеспособного инструментального решения прогнозирования изменений рынка. Тем более, что исходные текстовые данные широко доступны в Интернете в режиме реального времени.

В результате проведения анализа и оценки новостей нам открывается возможный горизонт дальнейших действий.

Поскольку в рассматриваемом случае были оценены новости, мы их можем связать с ценами в день новости и использовать в дальнейшем в задаче прогнозирования многомерного временного ряда.

Хотелось бы подчеркнуть, что расширение формата анализа новостей может позволить прогнозировать даже более глобальные события, даже не относящиеся к финансовому сектору, например войны, пандемии, кризисы и т.д.

Разработанное приложение полноценно демонстрирует проведение анализа с удовлетворительной погрешностью (около 5% новостей неправильно классифицированы), что позволяет сделать вывод о возможности использовать это приложение в практических целях.

Список используемых источников

1. Андрианова, Е. Г., Новикова, О. А. Роль методов интеллектуального анализа текста в автоматизации прогнозирования рынка ценных бумаг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://scyberleninka.ru/article/n/rol-metodov-intellektualnogo-analiza-teksta-v-avtomatizatsii-prognozirovaniya-rynka-tsennyh-bumag> (дата обращения: 18.11.2022).
2. Gigi Sayfan. Современный веб-скрапинг с BeautifulSoup и Selenium. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://code.tutsplus.com/ru/tutorials/modern-web-scraping-with-beautifulsoup-and-selenium--cms-30486> (дата обращения: 18.11.2022).
3. Частотный анализ русского текста и облако слов на Python. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: habr.com/ru/post/517410/ (дата обращения: 18.11.2022).
4. Метод Стохастического градиентного спуска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scikit-learn.ru/1-5-stochastic-gradient-descent/> (дата обращения: 18.01.2023).
5. Метод ближайших соседей в задачах классификации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scikit-learn.ru/1-6-nearest-neighbors/> (дата обращения: 18.01.2023).
6. Метод опорных векторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tutorialspoint.com/scikit_learn/scikit_learn_support_vector_machines.htm (дата обращения: 18.01.2023).
7. Использование CountVectorizer для извлечения объектов из текста. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/using-countvectorizer-to-extracting-features-from-text/> (дата обращения: 18.01.2023).
8. Извлечение функций с помощью TF-IDF. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/sklearn-feature-extraction-with-tf-idf/> (дата обращения: 18.01.2023).
9. Выбор функций для контролируемых моделей с использованием SelectKBest [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://runebook.dev/ru/docs/scikit_learn/modules/ge

nerated/sklearn.feature_selection.selectkbest (дата обращения: 18.01.2023).

10. Лабинцев, Е. Метрики в задачах машинного обучения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/328372/> (дата обращения: 18.01.2023)

11. Осовский, Н. Precision и recall. Как они соотносятся с порогом принятия решений? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/661119/> (дата обращения: 18.01.2023).

Копица А. В., Савкова Е. О. Анализ новостного фона криптовалют. Данная статья посвящена анализу новостного фона для прогнозирования цен криптовалют с учетом эмоциональной окраски, связанных с ними новостей. Для этого был определен источник новостей, разработан алгоритм их получения и формирования базы для хранения извлеченной информации. Предложена методика обработки новостей, в результате чего появляется возможность классифицировать новости на категории с различной оценкой тональности текста. В результате разработано программное приложение для анализа новостного фона. С помощью данного приложения производится сбор новостей в автоматическом режиме из новостного источника, связанного с криптовалютными биржами, а затем с помощью выбранного классификатора выполняется автоматическая оценка новостей. Результаты исследований в дальнейшем могут быть использованы для разработки системы более точного прогнозирования цен криптовалют.

Ключевые слова: криптовалюта, новость, классификация, прогнозирования, анализ, метрика, новостной фон.

Kopitsa A., Savkova E. Analysis of the news background of cryptocurrencies. This article is devoted to the analysis of the news background for predicting the prices of cryptocurrencies, taking into account the emotional coloring of the news related to them. To do this, a news source was identified, an algorithm for obtaining them and forming a database for storing the extracted information was developed. A method of news processing is proposed, as a result of which it becomes possible to classify news into categories with a different assessment of the tonality of the text. As a result, a software application has been developed to analyze the news background. With the help of this application, news is collected automatically from a news source associated with cryptocurrency exchanges, and then an automatic news assessment is performed using the selected classifier. The research results can be used in the future to develop a system for more accurate prediction of cryptocurrency prices.

Keywords: cryptocurrency, news, classification, forecasting, analysis, metric, news background.

Статья поступила в редакцию 15.12.2022
Рекомендована к публикации профессором Аноприенко А.Я.

УДК 656.078.81/.87

Информационно технологические системы подготовки принимаемых решений по запросам и реализации горно-шахтного оборудования

Е. Н. Павлюк, О. А. Криводубский

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
luxury.l@yandex.ru, oleg.krivodubski.dn@gmail.com

Аннотация

В современных условиях России, деятельность горнорудных предприятий осложняется введением санкций на поставку оборудования. Это определяет необходимость создания отечественного оборудования, как основу импортозамещения. Статистические данные, характеризующие выход из строя импортных горнодобывающих устройств за период квартал, полгода, год являются основой для определения видов и количества выходящей из строя импортной техники с оценкой возможности ее замещения на основании которой могут формироваться заказы, отечественным предприятиям, которые проектируют и выпускают горно-шахтное оборудование.

Введение

Одной из важнейших задач, стоящих перед наукой в настоящее время является создание качественного оборудования, позволяющее переводить отечественную промышленность на общемировой уровень и даже превышать его. Как правило, в предыдущие периоды горнодобывающая промышленность России использовала высокотехнологическое оборудование западных образцов. При этом перспективное проектирование и изготовление отечественных образцов оборудования, как правило ориентировалось на зарубежные аналоги. Введение санкций на поставку импортного оборудования, является основанием для определения количественных и качественных показателей отечественного оборудования, призванного замещать импортное оборудование. Актуальным является разработка математической модели, позволяющей оценивать количественные и качественные оборудования, используемого на отечественных предприятиях. Разрабатываемые математические модели являются инструментарием в системах принятия решений, определяющих задания фирмам способным производить это оборудование. методические основы прикладного анализа позволяют кроме оценок количества импортзаменимого оборудования учитывать качественные показатели заказываемых в промышленности образцов.

В дальнейшем исследовании инструментарий принятия решений, излагаемый в работе позволяет рекомендовать решения, касающиеся качественных показателей заказываемого оборудования: прочность, высокие сроки ремонтного и межремонтного обслуживания, производительность, уровень автоматизации, оснащённость программным и

интеллектуальным обеспечением, доступность обучения работе на этом оборудовании, надежность элементов. Кроме вышеперечисленных качеств инструментарий системы подготовки принимаемых решений может быть использован для определения высококачественных технических показателей эксплуатации оборудования: высота и ширина охвата, обрабатываемого материала, охват груди забоя, крупность частиц, условия транспортировки и погрузки добываемого материала, эксплуатационная износостойкость элементов оборудования, периодичность текущего обслуживания оборудования, себестоимость выпуска этих образцов оборудования, доход и прибыль, показатели экономической эффективности, его использования.

В настоящее время происходит очередной переход в области выбора образцов отечественного горно-шахтного оборудования, позволяющего эффективно реализовать технологические процессы, существующие на отечественных горнодобывающих предприятиях. Для реализации данного перехода необходимо определить возможности отечественных предприятий способных успешно реализовать программу импортозамещения в соответствии с рекомендациями, вырабатываемыми системой подготовки принимаемых решений. При этом Актуальным является определение условий и объемов финансирования этих разработок, государственных и частных инвесторов способных финансировать эти разработки.

В основе данной работы лежит классическая постановка и методология синтеза оптимальных систем управления [1]. Рассматриваемая система подготовки принимаемых решений как образец оптимальной системы управления характеризуется в виде

системы с неполной информацией об объекте. Это определяется тем, что в современной практике при создании такой системы невозможно собрать статистический материал, полностью характеризующий потребности горнодобывающих предприятий в соответствующем оборудовании в том числе подпадающему под санкции. В соответствии с этим интервалы квантования квартал, полгода, год предназначены для статистического пополнения информации о количестве оборудования подлежащего замене. При этом предлагаемая система позволяет вырабатывать управляющее воздействие о заказах, создании и эксплуатации отечественного оборудования на эти периоды. Система позволяет корректировать плановые задания на проектирование и изготовление горношахтного оборудования в указанные периоды квантования, пополняя информации об объекте управления. Таким образом предлагаемый в работе инструментарий системы управления рассматривается как составная часть дуальной системы управления, когда управляющее воздействие является и изучающим объектом управления.

При создании инструментария используются принципы системного анализа [2] подкрепляющий методологический материал работы [13] за счет использования аппарата прикладной математики включающий в себя математический анализ, функциональный анализ, конструктивные теории функций, численные методы решения оптимизационных задач. Для создания математических моделей различного вида использованы методические положения работ [30].

Разработка системы принимаемых решений включает в себя разделы:

- анализ характеристик горнодобывающего оборудования отечественного и импортного производства;
- классификация переменных;
- определение временных характеристик показателей - переменных;
- исследования взаимосвязи показателей (нелинейность);
- разработка математических моделей;
- параметрическая модификация моделей;
- проверка адекватности моделей по обучающей выборке;
- физическая и формальная постановка задачи управления и оптимального управления;
- выбор численного метода решения моделей и поиска экстремума функционала цели управления;
- разработка алгоритмов и программного обеспечения системы управления;
- выбор и реализация базы данных и базы знаний;
- включение системы вычислительную сеть

в России;

- опытно промышленное испытание системы управления;
- проверка адекватности системы управления по контрольной статистической выборке;

Каждая из перечисленных совокупностей составных частей научного исследования характеризуется своими особенностями.

Анализ характеристик объекта управления «в большом» должен базироваться в совокупности технических и эксплуатационных характеристик горношахтного оборудования в совокупность поступающей из базовой вычислительной сети России как «облачной системы». Экономические показатели, характеризующие стоимость готового оборудования и разрабатываемого импортзамещения требуют индивидуального подхода с получением информации от фирм, эксплуатирующих это оборудование, институтов, проектирующих новые образцы и предприятий изготавливающих проектирование оборудования. В соответствии с этим база данных разрабатываемая системой управления должна содержать разделы и подразделы, характеризующие эти показатели для большой совокупности видов применяемого горношахтного оборудования, а база знаний системы должна содержать правила пополнения этих данных.

Классификация переменных включает в себя входных и выходных управляющих переменных, при этом совокупность показателей технологического характера относящихся к эксплуатационной деятельности (производительность, технологические возможности, специализация) составляет основы разделов и подразделов баз данных. Отдельно в базу данных заносятся показатели оборудования, подчиненного секционному ограничению. Отдельным разделам базы данных являются характеристики заказов на продукцию импортзамещение [11, 12], характеристики проектных организаций и предприятий, предназначенных для горношахтного оборудования. В разделы базы данных так же заносятся экономические показатели, характеризующие себестоимость стоимость амортизация эксплуатируемого замещающего и проектируемого горношахтного оборудования.

Анализ временных характеристик относятся к периоду оценки выделенных интервалов квартал, полгода, год, показателей выхода оборудования из строя и импортзамещения, то есть процесс управления этими показателями носит стационарный характер. Для решения задач проектирования и изготовления новых образцов необходимо учитывать их временные показатели на более

мелких интервалах и процесс может рассматриваться как не стационарный.

Исследование взаимосвязи показателей может осуществляться физически, математически и экономически. Математическая составляющая позволяет оценивать взаимосвязи по коэффициентам взаимной корреляции показателей рассчитанным по поступающим статистическим данным. В соответствии с этим определяется тип создаваемой математической модели: линейные и нелинейные.

В соответствии с предыдущими исследованиями осуществляется постановка задач моделирования в виде математических выражений, связывающих входные и выходные переменные как параметрических структур. Методически предполагается разработка статических статистических моделей и в перспективе детерминированных динамических моделей.

На основании собранных статистических данных показателей за истекший период осуществляется их параметрическая идентификация и проверяется адекватность этих моделей по соответствующим критериям.

Постановка задачи оптимальных решений включает в себя задачи организационно-технического и экономического характера. Предусматривается формализация этих постановок задач в виде соответствующих функционалов цели те есть система управления рассматривается как полифункциональная.

Экспериментальное значение функционалов цели определяется с помощью численных процедур с определением численных значений управляющих переменных соответствующим экстремальных значений функционала целей.

Инструментарий подготовки принимаемых решений содержит входящий в алгоритм системы содержит математические модели, функционалы целей, численные процедуры решений уравнения моделей и экстремальных задач, созданный алгоритм предусматривает заполнение базы данных системы и разделов базы знаний, позволяющих пользоваться этими данными.

Включение инструментария принимаемых решений в базу данных России проблематично относительно перспективных возможностей создания облачной сети страны. Опытной промышленной эксплуатацией предлагаемого инструментария системы подготовки принимаемых решений может быть реализована по структурным составляющим технологического и экономического характера.

Постановка и реализация задачи моделирования

В современных условиях дефицита оборотных средств предприятия различного вида

сопровождающимся случайным характером спроса на реализуемое оборудование. Существенную роль играет принятие решений по закупки и реализации оборудования на плановый период месяц [3, 4]. Это определяется тем что количество закупаемого и реализуемого оборудования должно быть сбалансированным до минимального уровня нереализованного оборудования [9]. Такая постановка вопроса является актуальной поскольку при отсутствии сбалансированности предприятия вынуждены сокращать цены и соответственно доходы на нереализованное оборудование [15, 19] последующие плановые периоды уменьшая цену реализации ниже закупочной проводя аукционную политику [20, 21].

В основе алгоритма принятия тактических решений лежит случайный характер движения оборудования через фирмы. Это обуславливает применение статистического аппарата на базе которого разрабатывается совокупность регрессионных полиномов характеризующие количественные и ценовые показатели закупаемого оборудования. Такая совокупность полиномов характеризует математическую модель прогноза перечисленных показателей тактической деятельности предприятий, так как коэффициенты полиномов учитывают случайный характер, изменения рыночных соотношений базируясь на статистическом материале, сформированном из предыдущих показателей предприятий.

Взаимное влияние показателей [26, 27], характеризующих количественную и ценовую составляющие деятельность предприятий за каждый месяц является существенной характеристикой торгово-закупочной деятельности поэтому прогноз деятельности предприятий осуществляется с помощью линейных статических статистических моделей [8], созданных с помощью методов прикладного регрессионного анализа. Эти модели позволяют предприятиям принимать решения с точностью прогноза определяемой адекватностью моделей.

Для создания математической модели проведено классификацию переменных на входные и выходные составляющие, для каждого из которых сформированы статистические выборки их значений за предыдущие периоды. Осуществлена постановка задачи математического моделирования [28, 29] и определены виды уравнений, характеризующих количественные и стоимостные значения каждой группы оборудования относительно общего значения выходных показателей [23, 25]. Статистическая совокупность значений входных и выходных показателей является основой для создания информационных матриц [6, 16], характеризующих соотношение численных значений выходных переменных, и соответствующих им значений входных

переменных.

Создание математической модели включает в себя совокупность процедур, подчиненных основам математической статистики и содержит дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализ [14].

Дисперсионный анализ позволяет оценивать среднестатистический разброс показателей статистического материала, сформированного по совокупности движения. Регрессионный анализ подчиняется алгоритму:

$$B = (\bar{U}^T \cdot \bar{U})^{-1} \cdot \bar{U}^T \cdot \bar{y}, \quad (1)$$

где $B = (b_0, b_1, \dots, b_n)$ – вектор параметров модели; (2)

$\bar{U}$ – информационная матрица статистических данных характеризующая деятельность предприятий;

$\bar{U}^T$ – транспонированная информационная матрица;

$\bar{y}$ – вектор значений выходной переменной.

Для полинома вида (3) каждого B рассчитываются коэффициенты значимости t_j фактора, характеризующие степень влияния входных переменных на выходной. Значимость подчиняется условию. Коэффициент значимости позволяет оценить силу влияния каждого фактора x на выходную переменную y и направление влияния, в зависимости от его знака.

В качестве выходных переменных приняты обобщенные показатели [17, 24] видов оборудования как по группам, так и по их совокупности.

В качестве входных показателей [28, 18] приняты количественные оценки характеризующий каждый вид оборудования в группе. В соответствии с этим расчеты, осуществляемые в комплексе регрессионного анализа, включают в себя определение численных значений параметров (коэффициентов) модели вида (1).

Регрессионные модели-полиномы представлены в виде (2).

товаров за предыдущие периоды, их вариацию, граничные размеры интервалов изменения количественных показателей, наибольшее и наименьшее значение каждого показателя статистических выборок.

Корреляционный анализ предназначен для определения взаимного влияния показателей друг на друга и соответственно, определения нелинейности будущих членов регрессионного полинома.

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i, \quad (3)$$

где b – вектор параметров; n – номер фактора.

Факторы модели не удовлетворяющему этому условию исключаются из состава полинома на последующих шагах регрессионной процедуры. В связи с тем, что информационная матрица формируется за счет статистических показателей [10, 13] движения оборудования за месяц из двух с половиной предыдущих лет, программой предусмотрено статистическая оценка адекватности модели по (обучающей) выборке предоставленной в виде матрицы. Адекватность оценивается по четырем статистическим оценкам основным, из которых является остаточная дисперсия, масштабированная характеризующие погрешность прогноза по модели.

Эта оценка подчинена условию $S_{1z}^2 \rightarrow 0$. В соответствии с перечисленными особенностями программного обеспечения представлена группа уравнений, математической модели предназначенной для прогноза закупки и реализации горно-шахтного оборудования.

Проведен анализ характеристик объекта управления, выделены показатели [5, 7] которые в дальнейшем рассматриваются как совокупность входных и выходных переменных моделей [10]. Выделены четыре основные группы оборудования и их обозначения, как входных и выходных переменных [1, 13] моделей [25, 28] которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Группы оборудования

№ п/п	Наименование групп товаров	Группы	входные переменные	выходные переменные	Количество	Стоимость
1.	Отечественные	Γ_1	x^1	y^1	z_{11}	z_{21}
2.	Импортные	Γ_2	x^2	y^2	z_{12}	z_{22}
3.	Подверженное санкциям	Γ_3	x^3	y^3	z_{13}	z_{23}
4.	Оборудование отечественного замещения	Γ_4	x^4	y^4	z_{14}	z_{24}

Для каждой группы товаров (Γ) в зависимости от ее наполнения выделенных подгруппы товаров (ПГ) можно записать в выражении:

$$\Gamma = \bigcup_{i=1}^4 \text{ПГ}_i \quad (4)$$

Наименование подгрупп оборудования, показатели количества и дохода приведены в таблицах 2, 6, 10, 14.

Таблица 2 - Наименование подгрупп оборудования в группе оборудования «Отечественные»

№ п/п	Наименование подгрупп товаров	Подгруппа	Количество	Стоимость
1.	Бульдозеры	ПГ ₁	y_1^1	y_2^1
2.	Одноковшовые экскаваторы	ПГ ₂	y_3^1	y_4^1
3.	Колесные погрузчики	ПГ ₃	y_5^1	y_6^1

Подгруппы оборудования, приведенные в табл. 2, содержат в себе ассортимент оборудования [18], который представлен в таблицах 3, 4, 5, 6, 7.

Модель первой подгруппы (ПГ₁) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 3.

Таблица 3 - Наименование оборудования в подгруппе «Бульдозеры».

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Бульдозеры	y_1^1	y_2^1
1.	Б10М	x_{11}^1	x_{21}^1
2.	Б11	x_{12}^1	x_{22}^1
3.	ДСТ-УРАЛ D14	x_{13}^1	x_{23}^1
4.	ЧЕТРА T25	x_{14}^1	x_{24}^1

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы оборудования, приведенные в таблице 3, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₁.

Уравнение прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₁

$$y_1^1 = -97.21957 + 1.70393x_{11} + 1.15880x_{12} + 3.19501x_{13} + 3.43767x_{14}. \quad (5)$$

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 5.3508, 5.2137, 5.2162, 3.6802. \quad (6)$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы Бульдозер Б10М.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,17$

Уравнение характеризующее доход от реализации этого оборудования представлено в виде:

$$y_2^1 = -4467.47559 + 3.78853x_{21} + 2.09800x_{22} + 2.21062x_{23} + 0.92106x_{24} \quad (7)$$

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 8.2292, 5.6967, 4.2955, 5.1706 \quad (8)$

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает доход с оборудования группы Бульдозер Б10М.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,15$

Модель второй подгруппы (ПГ₂) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 4.

Таблица 4 - Наименование оборудования в подгруппе «Одноковшовые экскаваторы»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Одноковшовые экскаваторы	y_3^1	y_4^1
1.	МТП-71А	x_{31}^1	x_{41}^1
2.	ЭО-4224	x_{32}^1	x_{42}^1
3.	ЭО-6123А-1	x_{33}^1	x_{43}^1

Коэффициент значимости:

$t_j \geq 5.3546, 3.2799, 7.4017. \quad (10)$

Как следует из совокупности показателей, наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы Экскаватор ЭО-6123А-1.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,2$.

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы оборудования, приведенные в таблице 4, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₂.

Уравнение, прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₂:

$$y_3^1 = -3326.33813 + 1.56220x_{31} + 1.36378x_{32} + 2.21001x_{33}. \quad (9)$$

Уравнение, характеризующее доход от реализации этого оборудования, представлено в виде:
 $y_4^1 = -5179.22119 + 2.13166x_{41} + 2.98379x_{42} + 1.63504x_{43}$. (11)

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 6.7842, 6.2195, 4.9326$. (12)

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает доход с оборудования группы Экскаватор МТП-71А.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,18$.

Модель третьей подгруппы (ПГ₃) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 5.

Таблица 5 - Наименование оборудования в подгруппе «Колесные погрузчики»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Колесные погрузчики	y_5^1	y_6^1
1.	Кировец К-702МА-ПК6	x_{51}^1	x_{61}^1
2.	Орел-погрузчик ТО-25	x_{52}^1	x_{62}^1
3.	Технокор МДСУ 5000	x_{53}^1	x_{63}^1

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных, характеризующих группы оборудования, приведенные в таблице 5, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₃.

Уравнение, прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₃:

$y_5^1 = -78.91557 + 1.40936x_{51} + 1.53114x_{52} + 3.49623x_{53}$. (13)

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 8.4181, 7.3317, 8.8734$. (14)

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы Технокор МДСУ 5000.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,19$

Уравнение, характеризующее доход от реализации этого оборудования, представлено в виде:
 $y_6 = -135.03444 + 2.74673x_{61} + 1.22011x_{62} + 0.86169x_{63}$. (15)

Коэффициент значимости:
 $t_j \geq 6.5838, 8.0023, 7.6147$. (16)

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает доход с оборудования группы Технокор МДСУ 5000.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,22$.

Модель второй группы (Г₂) подчинена совокупности подгрупп оборудования приведенных в табл. 6.

Таблица 6 - Наименование подгрупп оборудования в группе оборудование «Импортные»

№ п/п	Наименование подгрупп товаров	Подгруппа	Количество	Стоимость
1.	Бульдозеры	ПГ ₄	y_1^2	y_2^2
2.	Одноковшовые экскаваторов	ПГ ₅	y_3^2	y_4^2
3.	Колесные погрузчики	ПГ ₆	y_5^2	y_6^2

Подгруппы оборудования «Импортные» содержат в себе ассортимент оборудования который представлен в таблицах 7, 8, 9.

Модель первой подгруппы (ПГ₄) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 7.

Таблица 7 - Наименование оборудования в подгруппе «Бульдозеры»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Бульдозеры	y_1^2	y_2^2
1.	Hbxg shehwa TY165-3	x_{11}^2	x_{21}^2
2.	Caterpillar D5R2	x_{12}^2	x_{82}^2
3.	Zoomlion ZD160-3	x_{13}^2	x_{23}^2
4.	Komatsu D65	x_{14}^2	x_{24}^2

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных характеризующие группы оборудования, приведенных в таблице 7, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₄.

Уравнение прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₄:
 $y_1^2 = -148.45802 + 0.87540x_{11} + 1.99500x_{12} + 2.40480x_{13} + 2.46629x_{14}$. (17)

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 4.3799 + 6.8278 + 5.3701 + 3.9592. \quad (18)$$

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы Caterpillar D5R2.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,18$.

Уравнение характеризующее доход от реализации этого оборудования представлено в виде:

$$y_2^2 = -491.42896 + 5.73828x_1 + 1.37101x_2 + 1.39672x_3 + 1.26278x_4. \quad (19)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 6.8342, 5.9217, 3.8277, 6.2268. \quad (20)$$

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает доход с оборудования группы Hbxg shehwa TY165-3. Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,18$

Модель второй подгруппы (ПГ₅) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 8.

Таблица 8 - Наименование оборудования в подгруппе «Одноковшовые экскаваторы»

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Одноковшовые экскаваторы	y_3^2	y_4^2
1.	Cukurova 884	x_{31}^2	x_{41}^2
2.	Swampking SK160ABC	x_{32}^2	x_{42}^2
3.	Zoomlion ZE245E	x_{33}^2	x_{43}^2
4.	Sunward SWE 210	x_{34}^2	x_{44}^2

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных характеризующие группы оборудования, приведенных в таблице 8, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₅.

Уравнение прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₅

$$y_3^2 = -11.89630 + 0.33906x_1 + 0.29097x_2 + 0.46881x_3 + 0.58443x_4. \quad (21)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 5.9740, 4.2852, 5.5002, 3.6000. \quad (22)$$

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы Cukurova 884.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,19$

Уравнение характеризующее доход от реализации этого оборудования представлено в виде:

$$y_4^2 = -488.92413 + 7.27175x_{41} + 2.32044x_{42} + 1.21432x_{43} + 1.13919x_{44}. \quad (23)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 4.5788, 4.8721, 5.4110, 6.3376. \quad (24)$$

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает доход с оборудования группы Sunward SWE 210.

Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,20$.

Модель третьей подгруппы (ПГ₆) подчинена совокупности оборудования приведенных в табл. 9.

В соответствии с классификацией входных и выходных переменных характеризующие группы оборудования, приведенных в таблице 9, осуществлен расчет показателей математических моделей, характеризующих подгруппу ПГ₆.

Таблица 9 - Наименование оборудования в подгруппе «Колесные погрузчики» (материал автора).

№ п/п	Наименование товаров в подгруппе	Кол-во	Стоимость
	Колесные погрузчики	y_5^2	y_6^2
1.	XCMG LW300FN	x_{51}^2	x_{61}^2
2.	CASE 1121F	x_{52}^2	x_{62}^2
3.	SEM 655D	x_{53}^2	x_{63}^2

Уравнение прогнозирующее количество оборудования подгруппы ПГ₆

$$y_5^2 = -462.24338 + 2.01581x_{51} + 1.42281x_{52} + 2.64748x_{53}. \quad (25)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 6.3827, 5.0704, 6.5996. \quad (26)$$

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает реализация оборудования группы SEM 655D. Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,24$

Уравнение характеризующее доход от реализации этого оборудования представлено в виде:

$$y_6^2 = -4745.49707 + 35.01508x_{61} + 1.64829x_{62} + 1.17371x_{63}. \quad (27)$$

Коэффициент значимости:

$$t_j \geq 6.0462, 3.7968, 7.1686. \quad (28)$$

Как следует из совокупности показателей наибольшее влияние оказывает доход с оборудования группы SEM 655D. Адекватность уравнения по обучающей выборке $S_{1z}^2 = 0,29$

Выводы

Современная экономика деятельности России деятельность горнодобывающих предприятий осложняются введением санкций на поставку оборудования от западных партнеров. Весомая доля закупаемого оборудования приходится на такие фирмы как Cat, Komatsu, Liebherr, Liebherr, Caterpillar, Hitachi Group, Tong Hyung, Halla, Nissan. Санкционные ограничения затрагивают не только поставку этих машин, но и их комплектующих. В данной работе рассматривается долевое соотношение различных видов горно-шахтного оборудования отечественного и импортного оборудования функционирующих на отечественных горнодобывающих предприятиях.

Для оценивания этого соотношения предлагается инструментарий принятия решений в виде математических моделей. В качестве образца принята малая доля горношахтного оборудования предназначено для проведения горнорудных работ. Методически инструментарий может быть использован для аналогичного оценивания всех возможных видов горношахтного оборудования. Результаты решений, прогнозируемых по модели, могут быть использованы в государственной программе импортозамещения с условиями государственного и инвестиционного финансирования, определяющего экономические условия проектирования и изготовление отечественного горношахтного оборудования, имеющего технические и эксплуатационные характеристики не ниже импортных образцов.

В основе подключения проектно-конструкторских и технологических организаций к решению проблемы импорт замещения лежат статистические данные, накапливаемые в «облачных» системе России которые отражают состояние горнодобывающего оборудования на каждый квартал и год

Литература

1. Хорешок, А.А., Кузнецов В.В., Борисов А.Ю. Обоснование геометрических параметров дискового инструмента для исполнительных органов проходческих комбайнов // Горное оборудование и электромеханика, 2008. - № 2. - С. 11-13.
2. Хорешок, А.А., Кузнецов В.В., Борисов А.Ю. Прогнозирование максимального объема разрушенного материала дисковым инструментом //

Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011. - № 9. - С. 299-304.

3. Li F., Cai Z., Kang Y. A Theoretical Model for Estimating the Wear of the Disc Cutter//Applied Mechanics and Materials, 2011. - Т. 90-93. - PP. 2232-2236.

4. The Transport Needs of the Mining Industry WORKING GROUP SUMMARY. Online publication pdf. www.liikennevirasto.fi. Finnish Transportation Agency, HELSINKI, 2013.

5. Кантович, Л. И., Хазанович Г. Ш., Волков В. В., Воронова Э. Ю., Отроков А. В., Черных В. Г. Машины и оборудование для горностроительных работ. - М.: Горная книга, 2013. - 445 с.

6. Коссов, Е. Е., Старовойт В. А. Выбор характеристик магистральных и маневровых тепловозов. В: Повышение топливной экономичности тепловозов. Труды ВНИИЖТ, 1991. - 238 с.

7. Бурый, Г.Г., Потеряев И.К., Скобелев С.Б., Ковалевский В.Ф. Повышение производительности одно ковшового гидравлического экскаватора за счет ковша новой конструкции // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2019. - Вып. 9. - С. 12-19.

8. Березовский, Н.И., Нагорский А.В. Горные машины и оборудование: в 2-х ч. Минск: БНТУ, 2012. Ч. 1: Проектный расчет эксплуатационных параметров бульдозера. - 143 с.

9. Пестриков, С.А., Иванов, Н.К., Шаякбаров И.Э. Внедрение инновационных решений в сфере транспортных услуг // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2017. - Вып. 5. - С. 157-164.

10. Poderni R.Yu. Gornaya promyshlennost'. 2013. - no 4. - PP. 48-54.

11. Очистные комбайны для выемки угля длинными очистными забоями. — Режим доступа: https://www.zeppelin.ua/upload/pdf/longwall_shearers.pdf

12. Зарубежная техника наступает на отечественные разрезы и карьеры. Горнопромышленный портал России. — Режим доступа: <http://www.miningexpo.ru/articles/118>

13. Рыжков, А.А., Карненко С.М, СукачевА.Б. Импортозависимость в угольной промышленности и перспективы импортозамещения горно-шахтного оборудования, 2017. — № 2 (132). - С. 66-70.

14. Цветков, В.Н. Новое поколение мощных карьерных экскаваторов // Горное оборудование и электромеханика, 2006. - №2.

15. Кулешов, А.А. Оценка потребности в горной технике для открытых горных работ на перспективу//Горные машины и автоматика, 2002.

16. Григорьев, М.С., Ковалёва, Т.Е., Тутов, С.С. Анализ конструкции и особенности шагающего экскаватора, применяемого в горной промышленности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2020. - Вып. 6. - С. 251- 254.

17. Novyi kar'ernyi ekskavator Cat-6020. Construction and Road Building Machinery, 2015. - No. 4. - PP. 59–60. (rus)
18. Roxborough F. F., Phillips H. R. Rock excavation by disc cutter//International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 1975. -Т. 12. - № 12. -PP. 361-366.
19. Gavrishchev, S.E., Burmistrov, K.V., Kornilov S.N., Tomilina N.G. Justification of rock haulage flow charts using open pit mine hoisters in hybrid open pit/underground mining. Gornyy zhurnal, 2016. - no 5. - PP. 41—47. [In Russ].
20. Carabassa V.D., Nabais D.C., Roiloa S.R., Rodríguez-Echeverría D.S. Revegetation of abandoned copper mines: The role of seed banks and soil amendments. Web Ecology, 2013. - Vol.28. – no 4. - PP. 420—422.
21. Komatsu D575A — самый большой бульдозер в мире! [Электронный ресурс] - URL: <http://interesnie-fakti.net/komatsu-d575a-samyj-bolshoj-buldozer-v-mire/> (дата обращения: 15.01.2021 г.)
22. Интернет-сайт Могилевского автомобильного завода, [электронный источник]. - Режим доступа: <http://www.moaz.ru/skreper.htm> (дата обращения: 15.03.2022), свободный. Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
23. Интернет-сайт компании Caterpillar Inc., [электронный источник]. - Режим доступа: http://www.cat.com/ru_RU/products/new/equipment/wheel-tractor-scraper.html.
24. Komatsu Ltd.: сайт. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.komatsu.ru>. (дата обращения: 20.10.2021).
25. Дрейпер Н., Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Вильямс, 2016. – 912 с.
26. Фельдбаум, А.А., Основы теории оптимальных автоматических систем. - М.: Физматгиз, 1963. - 552 с.
27. Симагина, С.Г. Математическое моделирование оптимизации выбора объектов закупок // Вестник Московского университета МВД России № 1, 2006. – С. 101-104.
28. Чичик И.А., Семенов Д.А., Определение возможности применения регрессионных зависимостей для прогнозирования основных параметров перспективных моделей гусеничных бульдозеров/ Дальневосточный федеральный университет, Россия, International Journal of Humanities and Natural Sciences, vol. 5-1 (44), 2020, DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10461
29. Джеймс, Г., Уиттон, Хастис Т., Тибширани Р. / Введение в статистическое обучение с примерами на языке R. Пер. с англ. С.Э. Мастицкого. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 450 с : ил.
30. Регель, В. Р., Слуцкер, А. И., Томашевский, Э. Е. Математическое моделирование // Кинетическая природа. прочности твердых тел. - М.: Наука, 1974. - 567 с.

Криводубский О.А., Павлюк Е.Н. Информационно технологические системы подготовки принимаемых решений по запросам и реализации горно-шахтного оборудования. В современных условиях России, деятельность горнорудных предприятий осложняется введением санкций на поставку оборудования. Это определяет необходимость создания отечественного оборудования, как основу импортозамещения. Статистические данные, характеризующие выход из строя импортных горнодобывающих устройств за период квартал, полгода, год, являются основой для определения видов и количества выходящей из строя импортной техники с оценкой возможности ее замещения, на основании которой могут формироваться заказы отечественным предприятиям, которые проектируют и выпускают горно-шахтное оборудование.

Ключевые слова: горно-шахтное оборудование, математическая модель, система подготовки принимаемых решений, оформление, математическая статистика.

Krivodubsky Oleg, Pavlyuk Elena: Information technology systems for the preparation of decisions made on requests and the implementation of mining equipment. In modern conditions of Russia, the activities of mining enterprises are complicated by the imposition of sanctions on the supply of equipment. This determines the need to create domestic equipment as the basis for import substitution. Statistical data characterizing the failure of imported mining devices for the period of a quarter, half a year, a year are the basis for determining the types and quantity of imported equipment that fails with an assessment of the possibility of its replacement on the basis of which orders can be formed for domestic enterprises that design and manufacture mining equipment.

Key words: mining equipment, mathematical model, decision-making system, design, mathematical statistics.

Статья поступила в редакцию 25.11.2022
Рекомендуется к публикации профессором Зори С. В.

Об авторах

Бажутин Денис Владимирович - старший преподаватель кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок факультета интеллектуальной электроэнергетики и робототехники ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

Бельков Дмитрий Валерьевич - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта факультета интеллектуальных систем и программирования ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

Григорьев Александр Владимирович - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

Достлев Юрий Сергеевич – старший преподаватель кафедры компьютерной инженерии факультета интеллектуальных систем и программирования ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

Копица Алексей Витальевич – магистрант кафедры автоматизированных систем управления факультета информационных систем и технологий ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет».

Краснокутский Владимир Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры компьютерной инженерии факультета интеллектуальных систем и программирования ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

Криводубский Олег Александрович - доктор технических наук, доцент, профессор кафедры программной инженерии им. Л. П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

Павлыш Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры и заведующий кафедрой прикладной математики и искусственного интеллекта факультета интеллектуальных систем и программирования ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», председатель Совета Д 01.024.04 по защите докторских и кандидатских диссертаций, член Совета Д 01.008.01 по защите докторских и кандидатских диссертаций.

Павлюк Елена Николаевна – аспирант кафедры программной инженерии им. Л.П. Фельдмана факультета интеллектуальных систем и программирования ГОУВПО

«Донецкий национальный технический университет».

Перинская Елена Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта факультета интеллектуальных систем и программирования ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет».

Савкова Елена Осиповна - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизированных систем управления факультета информационных систем и технологий ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет».

Филер Залмен – доктор технических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, г. Нетания, Израиль.

**Требования к статьям,
направляемым в редакцию научного журнала
«Информатика и кибернетика»**

Редколлегией принимаются к рассмотрению статьи, в которых рассматриваются важные вопросы в области информатики и кибернетики. Научный журнал издаётся с 2015 года, периодичность издания – 4 раза в год.

В журнале предусмотрены следующие рубрики:

- информатика и вычислительная техника;
- компьютерные и информационные науки;
- инженерное образование.

В соответствии с номенклатурой специальностей научных работников МОН ДНР первые две рубрики соответствуют следующим укрупненным группам специальностей научных работников:

05.01 – «Инженерная геометрия и компьютерная графика»,

05.13 – «Информатика, вычислительная техника и управление».

С 01.02.2019 Научный журнал включён в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (приказ МОН ДНР № 135) по группам специальностей 05.01.00 и 05.13.00.

Рубрика «Инженерное образование» предназначена опубликования сотрудниками научно-методических статей.

Журнал также включён в базу данных РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) (лицензионный договор № 425-07/2016 от 14.07.2016).

Статьи, представляемые в данный сборник, должны отвечать следующим требованиям. **Содержание статьи** должно быть посвящено актуальным научным проблемам и включать следующие необходимые элементы:

- постановку проблемы в общем виде, её связь с важными научными и практическими задачами;
- анализ последних исследований и публикаций, в которых решается данная задача и на которые опирается автор, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается статья;
- формулировка цели статьи и постановка задач, решаемых в ней;
- изложение основного материала с полным обоснованием полученных научных результатов;
- выводы и перспективы последующих исследований в данном направлении.

Каждый элемент должен быть выделен соответствующим названием раздела, например, «введение», «постановка задачи», «цель и задачи работы», «цель статьи», «цель исследования», «цель разработки», «анализ ... », «сравнительная оценка ... », «разработка ... », «проектирование ... », «программная реализация», «тестирование ... », «полученные результаты», «выводы», «литература». Разделы «введение», «выводы», «литература» являются обязательными. Включать в названия разделов нумерацию не разрешается.

В основном тексте статьи формулируются и обосновываются полученные авторами утверждения и результаты. Выводы должны полностью соответствовать содержанию основного текста. Языки публикаций: русский, английский.

Объём статьи, формат страницы

Для оформления статьи следует использовать листы формата А4 (210х297 мм) с полями по 2,5 см со всех сторон. Нумерацию страниц выполнять не нужно.

Рекомендуемый объём статьи – 6-12 страниц. Рукописи меньшего объёма могут быть рекомендованы к публикации в качестве коротких сообщений.

Последняя страница текста статьи должна быть заполнена не менее чем на две трети, но содержать не менее трёх пустых строк в конце.

Форматирование текста

Подготовка статьи осуществляется в текстовом редакторе Microsoft Office Word.

Весь текст статьи оформляется шрифтом Times New Roman 10 пт с одинарным междустрочным интервалом, если ниже в требованиях не сказано иного. Абзацный интервал «перед» – 0 пт, «после» – 0 пт.

На первой строке с выравниванием по левому краю располагается УДК.

Заголовок (название) статьи оформляется шрифтом Times New Roman 14 пт, полужирное начертание, с выравниванием по центру (без абзацных отступов). Заголовок статьи следует печатать с прописной буквы без точки в конце, переносы слов не допускаются. Абзацный интервал «перед» – 12 пт, «после» – 12 пт.

После названия статьи следует информация об авторах, которая выравнивается по центру (без абзацных отступов). На одной строке указываются инициалы и фамилии всех авторов через запятую. Между двумя инициалами ставится пробел. С новой строки указывается название вуза (организации) и город (для каждого автора, если не совпадают). На следующей строке указываются адреса электронной почты (один адрес либо каждого автора – по желанию). Адрес электронной почты оформляется в виде гиперссылки.

К тексту аннотации применяется курсивное начертание, с выравниванием по ширине, отступы слева и справа по 1 см. Заголовок «Аннотация» выделяется полужирным начертанием. Объём аннотации – 450-550 символов (без пробелов). Абзацный интервал «перед» – 12 пт, «после» – 12 пт.

Основной текст статьи разбивается на две колонки шириной по 7,5 см (промежуток между столбцами – 0,99 см), выравнивается по ширине. Абзацный отступ первой строки – 1 см. Автоматический перенос слов не применяется.

Заголовки разделов выполняются шрифтом Arial 10 пт, полужирное курсивное начертание. Абзацный отступ отсутствует, интервал перед абзацем – 12 пт, после абзаца – 6 пт. Для заголовка «Введение» установить интервал «перед» – 0 пт, «после» – 6 пт.

Таблицы в тексте статьи

Название следует помещать над таблицей с абзацного отступа (1 см) в формате: слово «Таблица», пробел, номер таблицы, пробел, тире, пробел, название таблицы. Название таблицы записывают с прописной буквы без точки в конце строки и выравнивают по ширине. В ячейках таблицы устанавливается выравнивание текста по центру по вертикали. По горизонтали текст выравнивается по центру либо по левому краю. Границы ячеек таблицы должны быть только чёрного цвета, толщина линии – 1 пт. На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте статьи, при ссылке следует писать слово «табл.» с указанием её номера, например, «... данные приведены в табл. 5». Таблицы нумеруются в пределах статьи. Таблица располагается сразу после ссылки на неё, если это возможно (например, после окончания абзаца). Если же таблица не помещается на текущей странице, то она должна быть расположена в начале следующей страницы (или колонки). При необходимости допускается включение в статью таблицы, ширина которой превышает ширину колонки. В этом случае таблица и её название размещаются по центру страницы. Таблица не должна выступать за границы полей страницы. Таблица и её название отделяются от основного текста статьи одной пустой строкой до и после.

Рисунки в статье

Ссылки на иллюстрации по тексту статьи обязательны и оформляются в виде «... на рис. 2» и т. п. Рисунок и его подпись выравниваются по центру колонки (без абзацных отступов), положение рисунка – «в тексте». Размещается рисунок после его первого упоминания в тексте, если это возможно (например, после окончания абзаца). Если же иллюстрация не помещается на текущей странице, то она должна быть расположена в начале следующей страницы (или колонки). При необходимости допускается включение в статью рисунка, ширина которого превышает ширину колонки. В этом случае рисунок и его подпись выравниваются по центру страницы. Иллюстрация не должна выступать за границы полей страницы. Подпись рисунка оформляется в формате: слово «Рисунок», пробел, номер иллюстрации, пробел, тире, пробел, название рисунка. Название рисунка записывают с прописной буквы без точки в конце строки. Для подписи иллюстрации применяют курсивное

начертание. Иллюстрация и её подпись отделяются от основного текста статьи одной пустой строкой до и после. Не допускается выполнять рисунки с помощью встроенного графического редактора Microsoft Office Word. Если на иллюстрации имеется текст, размер шрифта должен быть не менее чем аналогичный текст, набранный шрифтом Times New Roman 10-го размера. Иллюстрация не должна содержать много незаполненного пространства.

Формулы

Формулы и уравнения рекомендуется набирать с использованием MathType (предпочтительно) или MS Equation. Формулы и математические символы не должны существенно отличаться по размеру от основного текста. Обязательной является нумерация формул, на которые имеется ссылка в тексте статьи. Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, «... согласно формуле (2)». Формулы размещаются по центру колонки, а их номера – по правому краю. Как для строки с формулой, так и для первой строки пояснений (при наличии), абзацный отступ убирается. Первая строка пояснения начинается со слова «где», после которого следует поставить табуляцию на 1 см, затем само пояснение в формате: символ, подлежащий объяснению, пробел, тире, пробел, поясняющий текст, запятая, обозначение единицы измерения физической величины. Пояснения перечисляются через точку с запятой, выравниваются по ширине. Вторая и последующие строки пояснений начинаются с абзацного отступа (1 см). Весь блок текста, связанный с формулой (только формула, несколько формул подряд или формула с пояснениями), отделяется от основного текста одной пустой строкой до и после. Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак « $\times$ ». Формулы и математические уравнения могут быть записаны в тексте документа, если их высота не превышает высоту строки. При этом следует учитывать, что знаки математических операций отделяются от чисел или символов пробелами с обеих сторон. Например, «Если учесть, что $y < 0$ и $2x + y = 1$, то из формулы (3) можно выразить $x \dots$ ». К символам, которые приведены в формуле, при дальнейшем их употреблении (в том числе в пояснениях к формуле) должно применяться курсивное начертание. При этом к любым числам (верхние и нижние индексы, содержащие цифры и т.п.), а также к математическим знакам курсивное начертание не применяется. Не допускается вставлять формулы, выполненные в виде рисунков.

Перечисления: оформление списков

Основной текст статьи может содержать перечисления, оформленные в виде маркированного списка. В качестве маркера элемента списка разрешается использовать только короткое тире «—». Каждый элемент перечисления записывается с новой строки с абзацного отступа, равного 1 см. После символа короткого тире текст располагается с отступом в 1,5 см от левой границы строки, выравнивается по ширине, при переносе на новые строки располагается без отступов. Нумерованные и многоуровневые списки включать в статью не разрешается.

Литература

В тексте статьи обязательны ссылки на все литературные источники, номер источника указывается в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Рекомендуемое количество источников, на которые ссылается автор, не менее 10. Перечень источников приводится в порядке их упоминания в статье. Библиографическое описание каждого литературного источника оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100–2018. Перечень литературных источников оформляется в виде нумерованного списка. В качестве маркеров элементов списка используют порядковые арабские цифры с точкой. Каждый источник представляет собой отдельный элемент перечисления, записывается с новой строки с абзацного отступа, равного 1 см. После порядкового номера с точкой текст располагается с отступом в 1,5 см от левой границы строки, выравнивается по ширине, при переносе на новые строки располагается без отступов.

В конце статьи обязательно приводятся аннотации на русском и английском языках, каждая заканчивается перечнем 5-6 ключевых слов.

К тексту аннотации применяется курсивное начертание, с выравниванием по ширине, отступы слева и справа по 1 см. Слово «Аннотация» опускается. Текст аннотации начинается с ФИО авторов и названия статьи, выделяемых полужирным начертанием. Аннотация на русском языке совпадает с аннотацией, приведенной в начале статьи. В тексте аннотации на английском языке после фамилии автора указывается только первая буква имени с точкой. Абзацный интервал «перед» – 12 пт, «после» – 12 пт. Ключевые слова оформляются с новой строки аналогично тексту аннотации. Заголовок «Ключевые слова:» (англ. «Keywords:») выделяется полужирным начертанием. Ключевые слова перечисляются через запятую.

Порядок представления статьи и сопроводительные документы

В редакцию необходимо представить:

- файл с текстом статьи;
- файл, содержащий фамилию, имя и отчество авторов полностью; ученую степень, ученое звание; место работы с полным указанием должности, подразделения и наименования организации, города (страны); номера телефонов и e-mail для связи;
- экспертное заключение о возможности публикации статьи, подписанное руководителем и заверенное печатью организации, в которой работает автор статьи;
- выписка из заседания кафедры или письмо организации с просьбой об опубликовании и указанием, что изложенные в статье результаты ранее не публиковались.

Статьи и сопроводительные документы следует высылать на электронный адрес infcyb.donntu@yandex.ru.

К сведению авторов

Если статья оформлена с нарушением указанных выше требований и правил, редакция после предварительного рассмотрения может отклонить статью.

На рецензирование статьи направляются членам редакционной коллегии журнала. Все статьи публикуются при наличии положительной рецензии.

В статью могут быть внесены изменения редакционного характера без согласования с автором. Ответственность за содержание статьи и качество перевода аннотаций несут авторы.

Публикация статей в научном журнале «Информатика и кибернетика» осуществляется на некоммерческой основе.

Все номера Научного журнала размещаются на сайте <http://infcyb.donntu.ru/>.

CONTENT

Computer sciences

Inequalities in the complex domain and the Riemann hypothesis	
<i>Filer Z. E.</i>	5

Informatics and computer engineering

Estimation of a mean geometric root of a state-feedback control system for a gantry crane trolley electric drive in terms of payload sway suppression	
<i>Pavlysh V. N., Bazhutin D.</i>	12
Modeling of the void structure of the coal seam	
<i>Pavlysh V. N., Perinskaya E. V., Belkov D. V.</i>	18
A study of methods of transferring information in data collection and processing systems in MATLAB	
<i>Krasnokutskiy V., Dostlev Yu.</i>	24
Semiotic model and situational control as a form of representation and semantics of the conceptual model of CAD physical subject areas	
<i>Grigoriev A. V.</i>	32
Analysis of the news background of cryptocurrencies	
<i>Kopitsa A., Savkova E.</i>	41
Information technology systems for the preparation of decisions made on requests and the implementation of mining equipment	
<i>Krivodubsky O., Pavlyuk E.</i>	50
<u>About Authors</u>	59
<u>Requirements to articles which are sent to the editors office of the scientific journal “Informatics and Cybernetics”</u>	61

Электронное периодическое издание

Научный журнал

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

(на русском, английском языках)

№ 4 (30) - 2022

Ответственный за выпуск Р. В. Мальчева

Технический редактор Р. В. Мальчева

Компьютерная верстка Р. В. Мальчева

Подписано к выпуску 15.12.2022. Усл. печ. лист. 7,6. Уч.-изд. лист. 5,2.
Адрес редакции: ДНР, 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, ГОУ ВПО «ДонНТУ»,
4-й учебный корпус, к. 36, ул. Кобозева, 17.
Тел.: +7 (856) 301-07-35, +7 (949) 334-89-11
E-mail: infcyb.donntu@yandex.ru, URL: <http://infcyb.donntu.ru>