Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

ООО «Объединённая компания Сибшахтострой»

АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»

ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»

Кузбасский научный центр СО АИН им. А.М. Прохорова

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS’ 2021

ТРУДЫ XIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(с международным участием)

2 – 3 декабря 2021 г.

Новокузнецк
2021

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия

д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор С.М. Кулаков,
д.т.н., профессор Л.П. Мышляев, к.т.н. О.В. Михайлова,
к.т.н., доцент В.А. Кубарев

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве) : AS'2021 : труды XIII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) 2 – 3 декабря 2021 г. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации , Сибирский государственный индустриальный университет ; под общей ред. : С. М. Кулакова, Л. П. Мышляева. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2021. - 417 с. : ил.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам автоматизации управления технологическими процессами и предприятиями, социально-экономическими системами, образованием и исследованиями. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

УДК 658.011.56

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
ООО «Объединённая компания «Сибшахтострой» (г. Новокузнецк)
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления» (г. Новокузнецк)
ООО «ЕвразТехника» (г. Новокузнецк)
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс» (г. Кемерово)
Журналы: «Известия вузов. Чёрная металлургия» (г. Москва, Новокузнецк),
«Вестник СибГИУ» (г. Новокузнецк)

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2021

МЕТОДИКА И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ВЫБОРА И РАСЧЁТА СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ

Гулевич Т.М.[1], Брагин В.М.[1], Макаров Г.В.[2]

[1]Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия
[2]ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», Новокузнецк, Россия

Аннотация. *Применение алгоритмов сглаживания зачастую сводилось к тому, чтобы посредством изобретательного приема превратить задачу сглаживания в задачу фильтрации, примером может служить фильтр Калмана, который обрабатывает последовательность измерений как в прямом, так и в обратном направлении, или же синтез цифрового фильтра на основе известной спектральной характеристики помехи. Эффективное использование таких методов возможно, когда известна вся выборка. Возможность решения задачи сглаживания средствами теории фильтрации позволяет распространить на алгоритмы сглаживания уже имеющийся аппарат анализа устойчивости алгоритмов оценивания, множество различных (в том числе эвристических) приемов решения нелинейных задач, задач с неполной информацией, арсенал адаптивных, робастных и других алгоритмов, где задача сглаживания решается в условиях непараметрической неопределенности.*

Ключевые слова: *фильтрация, сглаживание, традиционные фильтры, цифровые фильтры.*

Abstract. *The smoothing algorithms application has often been reduced to turning the smoothing problem into a filtering problem by an ingenious technique, an example being the Kalman filter, which processes a sequence of measurements in both the forward and backward directions, or the synthesis of a digital filter based on the known spectral characteristic of the disturbance. The effective use of such methods is possible when the whole sample is known. The possibility of solving the smoothing problem by means of filtering theory makes it possible to extend to smoothing algorithms the already available apparatus of analysis of stability of estimation algorithms, many different (including heuristic) methods of solving nonlinear problems, problems with incomplete information, arsenal of adaptive, robust and other algorithms, where the smoothing problem is solved in conditions of nonparametric uncertainty.*

Keywords: *filtering, smoothing, traditional filters, digital filters.*

Применение алгоритмов сглаживания зачастую сводилось к тому, чтобы посредством изобретательного приема превратить задачу сглаживания в задачу фильтрации, примером чего может служить метод двухфильтрового сглаживания. Данный подход является одной из форм оптимального решения задачи сглаживания и использует фильтр Калмана, который обрабатывает последовательность измерений как в прямом, так и в обратном направлении. Эффективное использование этого метода возможно, когда известна вся выборка.

Возможность решения задачи сглаживания средствами теории фильтрации позволяет распространить на алгоритмы сглаживания уже имеющийся аппарат анализа устойчивости алгоритмов оценивания, множество различных (в том числе эвристических) приемов решения нелинейных задач, задач с неполной информацией, арсенал адаптивных, робастных и других алгоритмов.

Наряду с исследованиями, посвященными грубости алгоритмов сглаживания к неточностям параметров системы, все чаще встречаются работы, где задача сглаживания решается в условиях непараметрической неопределенности. Робастный подход, порожденный подобной постановкой, состоит в том, чтобы в условиях неопределенности, например, относительно спектра входного сигнала, заданного лишь своей принадлежностью некоторой области, синтезировать алгоритм сглаживания, отвечающий определенным условиям оптимальности.

Для выделения полезной составляющей сигнала к настоящему времени предложено большое число алгоритмов, которые можно разделить на две группы:

- традиционные, базирующиеся на традиционной теории оценивания, такие как алгоритм скользящего среднего и экспоненциального сглаживания первого – второго порядков;
- робастные (стабильные, помехозащищенные), это алгоритм оценивания медианы,

релейно-экспоненциальное сглаживание первого порядка и др.

Каждый из них имеет свои предпосылки, т. е. предполагает выполнение некоторого комплекса условий в отношении обрабатываемого сигнала [1-2].

Основу робастного (стабильного) сглаживания, обеспечивающего надежное выделение полезного сигнала из результатов измерений, содержащих помеху типа эпизодических грубых «выбросов», составляют алгоритмы оценивания медианы, релейно-экспоненциального сглаживания первого, второго и третьего порядков и, так называемые, адаптивные многоструктурные операторы.

Обработка реальных динамических сигналов и порождаемых ими рядов данных в системах идентификационно-тестовых измерений опирается на многовариантные структуры, включающие совместно с традиционными алгоритмами новые алгоритмы каскадно-медианного многовариантного и параллельного усреднения [3-5]. Такого рода разработки доведены до программно-алгоритмических модулей, составляющих единую основу на всех этапах первичного сглаживания, противоинерционного преобразования, выделения информативных участков и определения оценок параметров динамических сигналов измерительной информации.

При проектировании традиционных дискретных фильтров используются следующие методы:

1) метод билинейного z-преобразования из физически реализуемого аналогового фильтра-прототипа;

2) дискретизация импульсной характеристики аналогового прототипа;

3) расчёт по авторегрессионной модели мигнала, например, методы Юла-Уокера и Левинсона-Дарбина;

4) расчёт полиномиального сглаживателя (сплайн-сглаживателя) с приближением по методу наименьших квадратов;

5) расчёт по частотной характеристике с использованием прямого и обратного ДПФ (БПФ) с использованием окон, так называемое, оконное преобразование Фурье.

Частотному анализу поддаются цифровые фильтры с постоянной структурой. Частотный анализ основан на использовании z-преобразования расчётных формул фильтров во временной области. Чтобы получить комплексную частотную характеристику (КЧХ) из z-записи, нужно z^{-k} заменить на $e^{-k\omega}$. КЧХ представляет собой функцию комплексного аргумента, модуль которой равен АЧХ, а аргумент — ФЧХ [6]. В таблице показан перевод записи традиционных сглаживателей из временной в z-область.

Таблица – Записи традиционных сглаживающих фильтров во временной и частотной области

Вид фильтрации/ сглаживания	Уравнение во временной области	z-преобразование
Скользящее среднее	$y[i] = \frac{1}{M}\sum_{j=0}^{M-1} x\,[i-j]$	$Y(z) = X(z)\frac{1}{M}\sum_{j=0}^{M-1} z^{-j}$
Экспоненциальное среднее первого порядка	$y[i] = \alpha x[i] + (1-\alpha)y[i-1]$	$Y(z) = \frac{\alpha}{1-(1-\alpha)z}X(z)$
Экспоненциальное среднее *k*-го порядка	$y^{(k)}[i] = \alpha y^{(k-1)}[i] + (1-\alpha)y^{(k)}[i-1]$	$Y(z) == \left(\frac{\alpha}{1-(1-\alpha)z}\right)^k X(z)$

На рисунке 1 показаны АЧХ и ФЧХ цифрового сглаживания на основе процедуры экспоненциального среднего первого порядка, рассчитанного для длины окна сглаживания в 5 отсчётов. Оба графика представлены для нормированной частоты, где 1 означает частоту Найквиста (половину частоты дискретизации). АЧХ показывает ослабление ам-

плитуд гармоник на всех частотах вплоть до частоты Найквиста при применении фильтра к обрабатываемому сигналу. ФЧХ показывает вносимый фильтром фазовый сдвиг для каждой частотной составляющей сигнала.

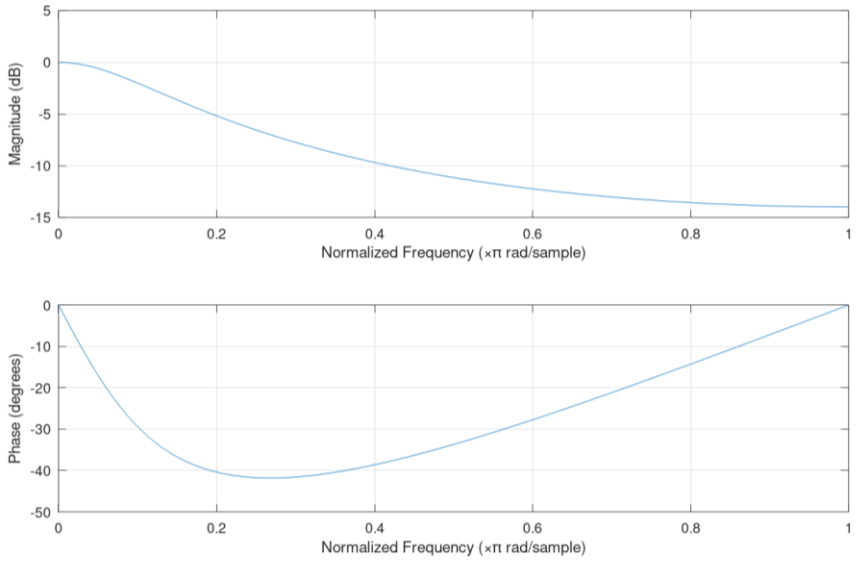


Рисунок 1 – АЧХ и ФЧХ экспоненциального среднего первого порядка

На рисунке 2 показаны ФЧХ традиционных сглаживателей, рассчитанных для базы сглаживания в 5 отсчётов.

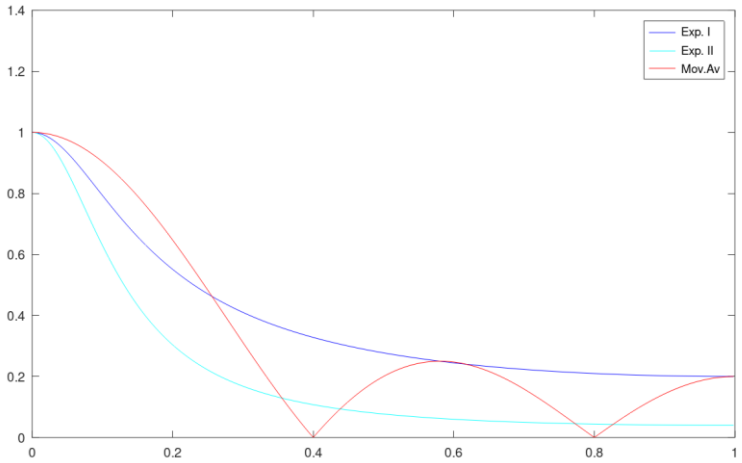


Рисунок 2 – АЧХ скользящего среднего и экспоненциального среднего первого и второго порядков

Если заранее есть возможность оценить частотные характеристики полезной составляющей и помехи сигнала, и они разделены в частотной области, то можно применить фильтр с заданной частотной характеристикой, в идеале прямоугольной формы, чтобы пропустить без искажения полезный сигнал и полностью подавить помеху. Один из очевидных способов это осуществить — сделать дискретное преобразование Фурье (ДПФ), или его оптимизированную версию (БПФ), полученную комплексную частотную характеристику умножить на прямоугольное окно, и сделать обратное преобразование Фурье. Однако на практике этот способ оказывается крайне малоэффективен из-за того, что мы имеем дело с ограниченными по времени отрывками сигнала (неполной информацией о всей протяжённости сигнала), а так как сигнал при использовании Фурье-анализа предполагается периодическим, то в результате при прямом и обратном преобразовании Фурье сильно искажается, «растекается».

Поэтому наибольшее распространение получили свёрточные процедуры фильтрации, которые не подвержены данному эффекту. Данный подход основан на свёртке сигнала с импульсной характеристикой фильтра (в том случае, если она ограничена), или с его рекурсивной формой (если она бесконечна). Стоит отметить, что цифровые фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры) не имеют аналоговых фильтров-прототипов, потому как таковые физически не реализуемы. При использовании свёрточных фильтров невозможно создать цифровой фильтр с реальной импульсной характеристикой во временной области, АЧХ которого имела бы идеальную прямоугольную форму в частотной области, можно только спроектировать по тем или иным критериям фильтр, который наиболее близко приближался бы к желаемому. Существуют разные способы расчёта таких реальных фильтров по заданной частотной характеристике, которые оптимальны по одним критериям, но имеют недостатки по другим. Наиболее часто используются фильтры Баттерворта, Чебышева первого и второго типа, Бесселя и фильтр с характеристикой эллиптического типа. Частотная характеристика фильтра Баттерворта, например, очень плавная, но имеет слабый спад на частоте среза. Фильтр Чебышева первого типа имеет очень крутую характеристику на частоте среза, но обладает тем недостатком, что на полосе пропускания его характеристика пульсирует (не плавная). Это же касается и фильтра Чебышева второго типа, но его характеристика пульсирует на полосе подавления. Эллиптический фильтр имеет максимально крутую частотную характеристику на частоте среза, но пульсирует и на полосе пропускания, и на полосе подавления.

Свёртка сигнала с оператором фильтра:

$$a_0 y[i] = b_0 x[i] + b_1[i-1] + \cdots + b_m x[i-m] - a_1 y[i-1] - a_2 y[i-2] - \ldots - a_n y[i-n] \quad (1)$$

Коэффициенты a_k и b_k образуют фильтр, который в z-области можно записать как

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \ldots + b_m z^{-m}}{a_0 + a_1 z^{-1} + \ldots + a_n z^{-n}} \quad (2)$$

При задании стандартной формы фильтра если коэффициент $a_0 \neq 1$, то вся дробь нормируется для $a_0 = 1$. Фильтры, для которых знаменатель функции передачи (2) не равен 1 (содержит как минимум одно составляющее $z^{-k}, k > 0$), такой фильтр является фильтром с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтром), иначе является фильтром с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтром). Функция передачи КИХ фильтра содержит только числитель, простейший пример — простое скользящее среднее. Для КИХ-фильтров характерно то, что их импульсная характеристика совпадает с их z-преобразованием при замене z^{-1} на задержку $x[k-1]$:

$$y_{impulse}[i] = b_0 + b_1 x[i-1] + \ldots + b_m x[i-m] \quad (3)$$

Таким образом, фильтрация КИХ-фильтром сводится к свёртке обрабатываемого сигнала с его импульсной характеристикой.

На рисунке 3 показаны АЧХ фильтров Баттерворта, Чебышева первого типа и эллиптического, рассчитанных для частоты среза 0,1 от частоты Найквиста [6]. Порядок всех фильтров 3.

Во многих случаях не представляется возможным точно заранее оценить частотные характеристики помехи и полезного сигнала. Если есть основания считать, что, по крайней мере, в измеренном сигнале нет грубых выбросов, не свойственных основной присутствующей в измеренном сигнале помехи (шума), то можно применить сглаживатели на основе полиномиальной аппроксимации (на основе сплайнов). Параметры сплайн-аппроксимации рассчитываются методом наименьших квадратов (МНК) для заданного порядка порядка сплайна. Примером такого фильтра является фильтр Савицкого-Голея.

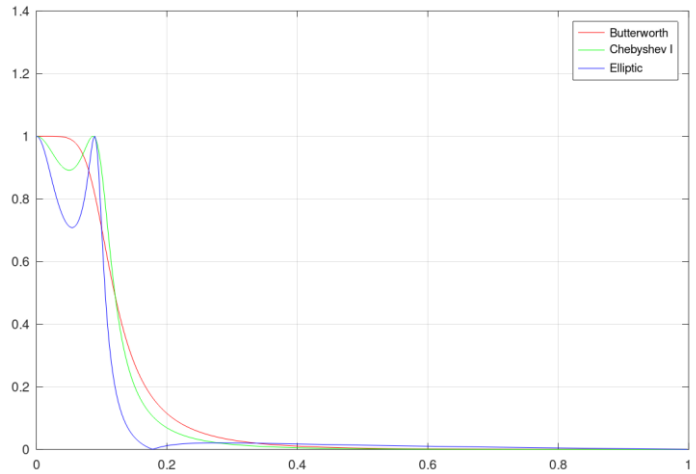


Рисунок 3 – АЧХ цифровых фильтров, полученных из аналоговых прототипов фильтров Баттерворта, Чебышева типа I и эллиптического фильтра

При реализации дискретных фильтров в среде KNIME [7] использованы вставки скриптов на языке Python 3, при этом задействованы библиотеки pandas, numpy и scipy. Библиотека scipy содержит готовые функции для реализации дискретных фильтров в нотации, принятой в математическом пакете Matlab [8]. Данная программа интегрируется в комплекс [9], позволяющий проводить как лабораторные, так и практические занятия с обучающимися не только в традиционной форме, но и с применением дистанционных технологий [10].

Граф обработки разделён на компоненты (модули) для упрощения графического программирования расчётной схемы и управления блоками. Основной граф обработки представлен на рисунке 4. На рисунке часть схемы вынесена в компоненты: Frequency Response — частотная характеристика, Filters Suite — набор фильтров.

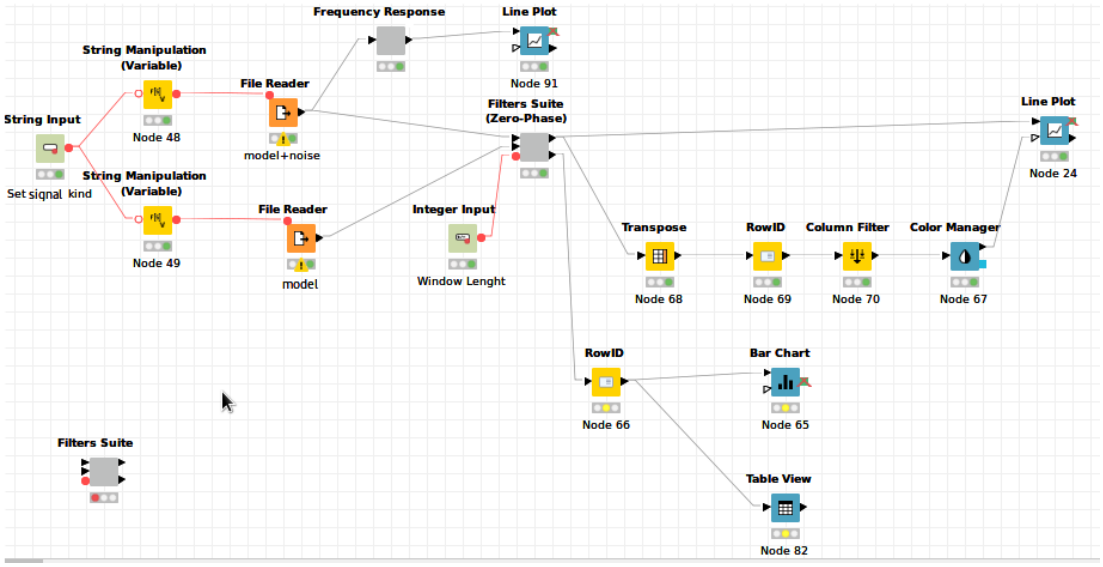


Рисунок 4 – Основной граф обработки сигналов в среде KNIME

Для синтеза фильтра в частотной области примем тот факт, что достаточно плавной характеристики фильтра на частоте среза, то есть будем использовать фильтр Баттерворта, для расчёта его параметров оценим полезную составляющую на частотном спектре обрабатываемого сигнала. Как видно на рисунке 5, когда в качестве модельного сигнала использована синусоида, в спектре просматривается пик на частоте модельной синусоиды, а полезная составляющая сосредоточена в области частот до 0,1. Для устранения высокочастотной помехи применим фильтр низких частот Баттерворта с частотой среза 0,1.

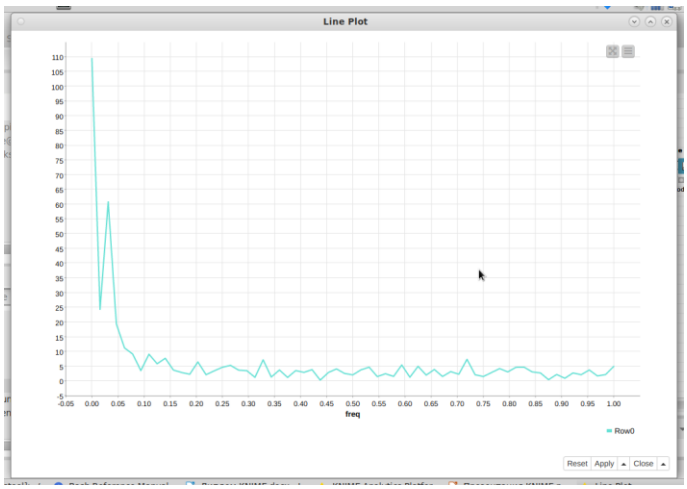
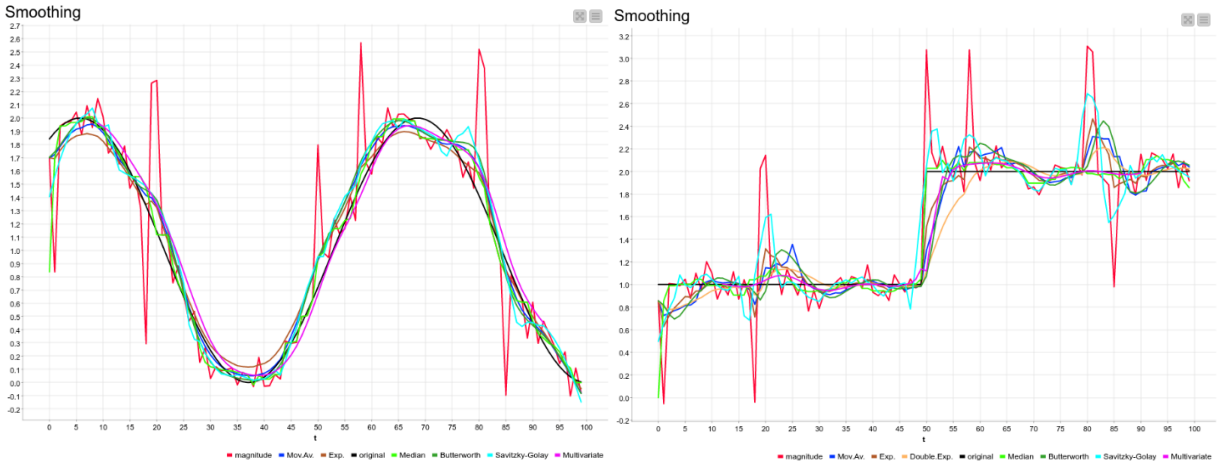


Рисунок 5 – Спектр загруженного сигнала на основе синуса,
freq — нормированная частота

Фильтры, кроме медианной средней, многовариантного и Савицкого-Голея вносят сглаженную кривую существенный фазовый сдвиг, который необходимо устранить перед оценкой эффективности фильтров.



а) б)

Рисунок 6 – Графики сглаживания сигналов, полученных на основе а) синусоиды,
б) step-функции с устранением фазового сдвига

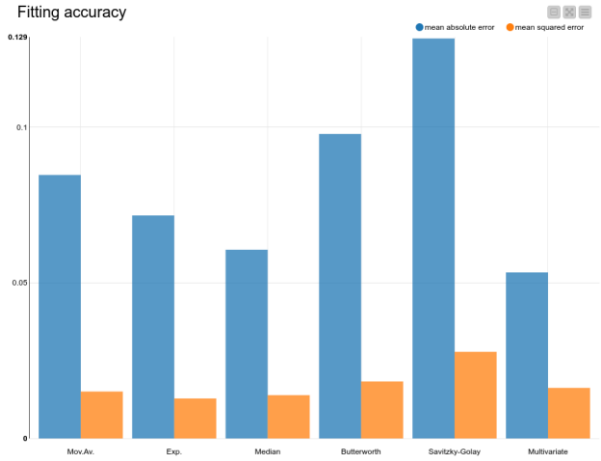
На рисунке 6 приняты следующие обозначения:

«original» — модельный сигнал, «magnitude» — обрабатываемый сигнал, фильтры: «Mov.Av.» - скользящее среднее, «Exp» — экспоненциальное среднее, «Double.Exp.» - двойное экспоненциальное среднее (второго порядка), «Median» — медианное среднее, «Butterworth» — фильтр Баттерворта, «Savitzky-Golay» — фильтр Савитского-Голея, «Multivariate» — многовариантный фильтр.

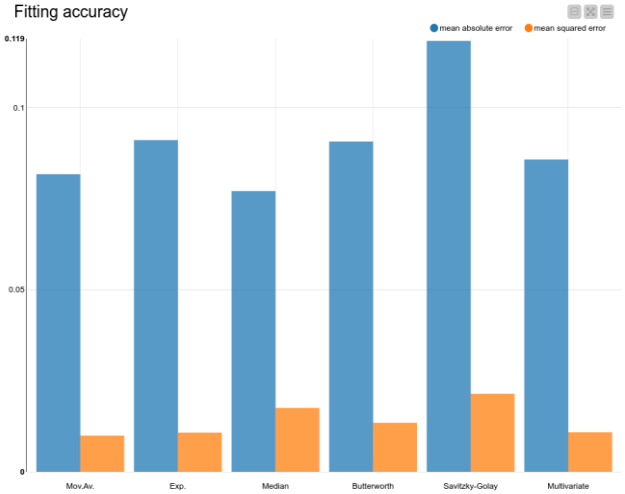
На рисунке 7 представлены результаты сравнения следующих подстроенных фильтров:

1 – скользящее среднее;
2 – экспоненциальный;
3 – медианный;
4 – фильтр Баттерворта;
5 – фильтр Савицкого-Голея;
6 – многовариантного.

Графическое представление результатов точностного анализа.



а)



б)

Рисунок 7 – Среднемодульное и среднеквадратичное отклонение сглаженных кривых от кривой модельного сигнала на основе а) синусоиды, б) step-функции

На рисунке 37приняты следующие обозначения:

«mean absolute error» — среднемодульная ошибка приближения, «mean squared error» — среднеквадратичная ошибка приближения; фильтры: «Mov.Av.» - скользящее среднее, «Exp» — экспоненциальное среднее, «Double.Exp.» - двойное экспоненциальное среднее (второго порядка), «Median» — медианное среднее, «Butterworth» — фильтр Баттерворта, «Savitzky-Golay» — фильтр Савитского-Голея, «Multivariate» — многовариантный фильтр.

К настоящему времени предложено большое число алгоритмов, среди которых можно отметить традиционные простые сглаживатели, базирующиеся на традиционной теории оценивания, робастные, многовариантный фильтр и свёрточные цифровые КИХ и БИХ фильтры. Каждый из них имеет свои предпосылки, т. е. предполагает выполнение некоторого комплекса условий в отношении обрабатываемого сигнала. Традиционные алгоритмы обеспечивают точное выделение полезного сигнала из результатов измерений, робастные – обеспечивают надежное выделение полезного сигнала содержащих помеху типа грубых выбросов. Проектирование свёрточных фильтров во временной и частотной областях позволяет получить более точную их реализацию с заранее установленными свойствами и более глубокое выделение полезного сигнала, но требует при этом больше предварительных знаний и точности оценок о помеховой и полезной составляющих сигнала. Имеется значительная база готовых программных пакетов, библиотек, расчётных модулей для применения рассмотренных цифровых фильтров в различных системах об-

работки сигналов, начиная от лабораторных обучающих стендов до промышленных систем управления технологическими процессами и распределённых систем обработки информации, аналитики и принятия решений.

Библиографический список

1. Гильбо Е. П., Челпанов И. Б. Обработка сигналов на основе упорядоченного выбора. М.: Сов. радио, 1976, 344с.

2. Данильянц Л. Г., Ершов А. А., Авдеев В. П. и др. — Изв. вуз. Черная металлургия, 1978, № 6, с.153 – 158.

3. Авдеев В.П., Кустов Б.А., Мышляев Л.П. Производственно-исследовательские системы с многовариантной структурой. – Новокузнецк: Кузбасский филиал Инж.Академии. 1992. 188с.

4. Даниелян Т.М., Авдеев В.П., Шафир А.М. Обработка информативных участков данных, – Известия ВУЗов, Черная металлургия, 1979, №10, с. 105-110.

5. Даниелян Т.М., Авдеев В.П., Парпаров Я.Г, Первичная обработка информации с помощью ЭВМ //Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1981,– № 7,- с. 14-19.

6. Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных. Теория и практика. - МИР, Москва, 1989 г. - 216 с.

7. KNIME. Software documentation [Электронный ресурс] // URL: https://docs.knime.com/ (дата обращения: 15.06.2021).

8. MathWorks MATLAB documentation. Signal Processing Toolbox [Электронный ресурс] // URL: https://www.mathworks.com/help/signal/index.html (дата обращения: 15.06.2021).

9. Гулевич Т.М. Автоматизированный распределенный лабораторно-практический комплекс по информационно-измерительным технологиям / Гулевич Т.М., Морозов П.А., Макаров Г.В., Федотов А.А. // В сборнике: Автоматизированный электропривод и промышленная электроника. Труды Шестой Всероссийской научно-практической конференции. Под общей редакцией В.Ю. Островлянчика. 2014. С. 140-149.

10. Гулевич Т.М. Автоматизированный лабораторный практикум на базе web-технологий / Гулевич Т.М., Морозов П.А., Макаров Г.В., Чабан М.С. // В сборнике: Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО-2014. Труды международной научно-методической конференции. 2014. С. 345-348.

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ И ТЕСТОВЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Гулевич Т.М., Исаев Э.В.

Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия, eduard-isaev-2000@mail.ru

Аннотация. *Основным предметом исследования в данной работе являются метрологический точностной анализ традиционных и тестовых методов измерения. Цель работы: развитие инженерной методики предельного метрологического анализа тестовых методов. В результате исследования были получены аналитические выражения для предельных значений результирующей погрешности измерения и произведено сравнение полученных результатов.*

Ключевые слова: *образная имитация, методы измерений, моделирование, метрологический анализ, погрешности измерения.*

Abstract. *The main research subject of this work is metrological precision analysis and test measurement methods. Purpose of the work: development of an engineering technique for limiting metrological analysis of test methods. As a result, analytical expressions for the limiting values of the result-*

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 5

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ
Мышляев Л.П., Ивушкин К.А. **7**

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СРЕДСТВ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПАО «ММК»
Спирин Н.А., Лавров В.В., Гурин И.А., Рыболовлев В.Ю., Краснобаев А.В., Шнайдер Д.А. **12**

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИКОЙ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ
Чичерин И.В., Федосенков Б.А. **19**

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ
Чичерин И.В., Федосенков Б.А. **25**

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРЕЦЕДЕНТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДСТОЯЩЕЙ ПЛАВКОЙ СТАЛИ В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ
Кулаков С.М., Койнов Р.С., Тараборина Е.Н., Квашнин К.В. **31**

СЕКЦИЯ 1 АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ 41

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УПРАВЛЯЕМЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ В ЦЕПИ РОТОРА
Островлянчик В.Ю., Кубарев В.А., Маршев Д.А., Поползин И.Ю. **43**

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МРС-РЕГУЛЯТОРА
Колодин А.А., Ёлшин В.В., Овсюков А.Е. **50**

ОБ АЛГОРИТМАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ МНОГОМЕРНЫМИ СТАТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ
Ликсонова Д.И., Медведев А.В. **54**

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ ИЗ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ
Никитенко М.С., Кизилов С.А., Худоногов Д.Ю., Верховцев Д.О., Корец Д.М. **59**

К ВОПРОСУ МОНИТОРИНГА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ РАССТАНОВКИ ЧЛЕНОВ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫХ КОМАНД НА ШАХТАХ 64
КойновР.С., Ляховец М.В., Комаров В.В., Гурьянов П.С. **64**

КОМПЕНСАЦИЯ ЭФФЕКТА ЗАТЕНЕНИЯ БАШНИ ВЕТРОУСТАНОВОК СРЕДСТВАМИ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Чепига А.А., Юсеф А. **69**

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ЗАФИКСИРОВАННЫХ СОБЫТИЙ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА И ТРАНСПОРТА НА ШАХТАХ
Койнов Р.С., Ляховец М.В., Комаров В.В., Гурьянов П.С. **73**

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ СЕРВЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АСУТП ОФ «ШАХТА №12» НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ КЛАСТЕРА ВЫСОКОЙ ДОСТУПНОСТИ
Кулюшин Г.А., Грачев В.В., Раскин М.В., Иванов Д.В., Макаров Г.В. **78**

АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЛОЧНО-СИНХРОННОГО КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОУГОЛЬНОМ РАСТВОРЕ
Немцев А.Ю., Калашников С.Н. **84**

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ УЗЛА В СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЕ
Грачев А.В. **90**

О КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ «INDUSTRIAL 4.0»
Исаев Э.В., Михайлова О.В. **93**

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ
Гусев С.С. **97**

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ
Кожевников А.А. **106**

О РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ
Ефимов Н.Ю. **113**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНОМ ГЕОМАССИВЕ ПРИ ВЗАИМНОМ ВЛИЯНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК
Павлова Л.Д., Петрова О.А., Фрянов В.Н. **116**

СЕКЦИЯ 2 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ **123**

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ОФ «ШАХТА №12» НА БАЗЕ ПАКЕТА AVEVA SYSTEM PLATFORM 2017
Иванов Д. В., Мышляев Л.П., Кулюшин Г.А., Коровин Д.Е., Грачев В.В. **125**

О КОРРЕКТНОСТИ РАСЧЕТА СОСТАВА И СВОЙСТВ КОНЕЧНОГО ШЛАКА В АРМ ТЕХНОЛОГА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ
Спирин Н.А., Гурин И.А., Лавров В.В., Щипанов К.А. **130**

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ СОСТАВА И СВОЙСТВ КОНЕЧНОГО ШЛАКА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ
Спирин Н.А., Гурин И.А., Лавров В.В., Щипанов К.А. **134**

ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ СОСТАВА И ОБЪЕМА ГОРНОЙ МАССЫ В ПРОЦЕССЕ ВЫПУСКА ИЗ ПОДКРОВЕЛЬНОЙ ТОЛЩИ
Кизилов С.А., Никитенко М.С., Никитенко С.М. **140**

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИЕЙ СТАЛЬНЫХ СВАРНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПО КРИТЕРИЮ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ
Веревкин В.И., Веревкин С.В. **146**

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ТЯЖЕЛОСРЕДНОГО ГИДРОЦИКЛОНА КАК КОМПОНЕНТА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПРОИЗВОДСТВА
СкударноваН.В., Макаров Г.В., СвинцовМ.М. **151**

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В АСУТП ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ
Загидулин И.Р., Саламатин А.С., Макаров. Г.В., Коршунов С.Ю. **155**

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛИСТОПРОКАТНОГО ЦЕХА
Фастыковский А.Р., Кадыков В.Н., Мусатова А.И. **159**

ПРИНЦИПЫ ВЕЙВЛЕТ-УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ДОЗИРОВАНИЯ В СМЕСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ 165
Федосенков Д.Б., Сулимова А.А., Симикова А.А., Федосенков Б.А. **165**

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ СИТУАЦИОННОГО ОЦЕНИВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАКАЗОВ НА ПАРТИИ ПРОДУКЦИИ |СТАЛЕПРОВОЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА
Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н. **171**

РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ТАКТОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ СТАЛЕПРОВОЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА
Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н. **178**

РАЗРАБОТКА АСУТП НАГРЕВА ЗАГОТОВОК В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ
Сазонова Г.А., Темнохудов Д.Р., Куликов Е.С. **187**

ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА АНОДНОЙ МЕДИ
Лисиенко В.Г., Чесноков Ю.Н., Лаптева А.В. **191**

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ МЕХАНИЗМОВ НА ПРИМЕРЕ ГИДРОВОЗА КОКСОВОЙ БАТАРЕИ №1 АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
Бабушкин С.В., Клевцов С.А. **194**

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ SCADA-СИСТЕМЫ GENESIS64 В УСЛОВИЯХ ОФ ООО СП "БАРЗАССКОЕ ТОВАРИЩЕСТВО"
Коровин Д.Е., Грачев В.В., Мышляев Л.П., Раскин М.В., Пургина М.В. **197**

ИТЕРАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЯ И АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СИСТЕМЫ, КАК КОМПОНЕНТЫ «УМНОГО ДОМА»
Гусев С.С. **202**

РАЗРАБОТКА АСУТП ВОДОСБРОСОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ
Темнохудов Д.Р., Куликов Е.С., Сазонова Г.А. **209**

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОГРАММНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОЧНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ
Исаев Э.В., Михайлова О.В. **214**

ПОСТРОЕНИЕ АСУТП НА БАЗЕ КОНЦЕПЦИИ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ
Куликов Е.С., Сазонова Г.А., Темнохудов Д.Р. **220**

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РИСКАМИ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ
Сергушин К. В. **224**

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ
Прищепа Я.И. **228**

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ КОВКИ МОДЕЛЬНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-КРЕМНИЙ
Прудников А.Н. **232**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЯ ПРИ НАСТУПЛЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
Гусев С.С. **238**

СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ПЛАВКИ ОСОБОЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ
Авдеев М.К., Девятых Е.А. **246**

СЕКЦИЯ 3 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО И СОЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ **251**

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЙ
Клеванский Н.Н., Красников А.А., Петрова Т.Ю. **253**

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ПОРТАЛА НЕПРЕРЫВНОГО МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
Жилина Н.М., Чеченин Г.И., Власенко А.Е., Сизикова И.Л., Климантова И.П., Захарова Е.В., Якушева О.Н. **260**

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА SCHNEIDER ELECTRIC
Кубарев В.А., Аврангшоев А.Б., Кучик М.М., Сарсембин А.О., Галлямова О.Р. **263**

НОРМИРОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТ В ЗАДАЧАХ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ
Пронин С.Ю., Добрынин А.С. **268**

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СКЛОННОСТИ К ПРОТИВОПРАВНОМУ ПОВЕДЕНИЮ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЁЖИ
Киндяков А.А., Каган Е.С. **274**

РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПОРТАЛА НАУЧНОЙ БИБЛИОТЕКИ НФИ КЕМГУ
Ткачева Е.А. **279**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АИС «ЭЛЕКТРОННАЯ ШКОЛА 2.0» ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ УЧРЕЖДЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
Федосов Н.В. **284**

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ
Резниченко Д. В. **286**

СЕКЦИЯ 4 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИКИ **293**

МЕТОДИКА И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ВЫБОРА И РАСЧЁТА СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ
Гулевич Т.М., Брагин В.М., Макаров Г.В. **295**

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ И ТЕСТОВЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ
Гулевич Т.М., Исаев Э.В. **302**

О ПОВЫШЕНИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕДУРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ, СОДЕРЖАЩЕЙ МНОГОЦЕЛЕВЫЕ ПРОЕКТЫ
Каиркенов Х.К., Байдалин А.Д., Загидулин И.Р., Лейман А.Ф., Зимин В.В. **310**

НЕЧЕТКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И ОБРАБОТКЕ СОЦИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
Каган Е.С., Багдасарян В.А., Киндяков А.А. **316**

МЕХАНИЗМ СТИМУЛИРОВАНИЯ ГИБКИХ ПРОЕКТНЫХ КОМАНД НА ОСНОВЕ ИТЕРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА IT-ПРОЕКТА
Пронин С.Ю., Добрынин А.С. **321**

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА МУЛЬТИСИНУСОИДАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ
Новосельцева М.А., Гутова С.Г., Чуриков И.Ю. **325**

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ НА КОСМИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ
Казанцев М.Е., Попов А.С., Саламатин А.С. **331**

ОБНАРУЖЕНИЕ СУЩЕСТВЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ МЕТОДАМИ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ
Караванов А.В., Кириченко В.Н., Михов Е.Д. **334**

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ API НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НОМЕНКЛАТУРОЙ ТОВАРОВ С ПОМОЩЬЮ GRAPHQL
Стрелков А.В., Истомин А.С. **339**

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ИСХОДНОГО АУСТЕНИТА ЗЕРНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ EBSD
Демьяненко Е.О., Истомин А.С., Карабаналов М.С., Корниенко О.Ю. **343**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ
Киселева Т.В., Маслова Е.В., Бычков А.Г. **349**

МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ЦИФРОВОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ЦИФР
Стародубов А.Н.[1,2], Пылов П.А.[2] **354**

РЕАКТОРЫ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ИХ РОЛЬ В СТАНОВЛЕНИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
Гусев С.С. **358**

АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В СИСТЕМЕ «МЕДИАЛОГИЯ ИНЦИДЕНТ»
Конюхова Е.С. **366**

ОЦЕНИВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТАЛИ В АГРЕГАТЕ КОВШ-ПЕЧЬ
Гизатулин Р.А. **369**

ОСОБЕННОСТИ СИТУАЦИННО-НОРМАТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И НОРМ ВЫРОБОТКИ (НА ПРИМЕРЕ ОТДЕЛЕНИЯ МЕДНЕНИЯ МЕТИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА)
Кулаков С.М., Мусатова А.И. **374**

ОБЗОР ПРОГРАММ КЛАССА SIEM ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТАМИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Барышникова К.В. **379**

ВЫБОР ТАКТИКИ ВЕДЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ВНУТРИУТРОБНОЙ ИНФЕКЦИИ У НОВОРОЖДЁННОГО
Власенко А.Е., Григорьева Е.Ю., Ренге Л.В., Лихачева В.В. **384**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ERP-СИСТЕМЫ SAP/R3 ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ
Ефимова Н.С. **388**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ
Булакина Е.Н., Моисеев В.В., Недзельская О.Н., Бикинеева А.Н., Кетов А.В., Почуфаров Д.О. **391**

ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA. КАК АНАЛИЗИРУЮТ БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ
Кокорев И.С. **398**

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВУМЕРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
Бабушкина О.С., Калашников С.Н. **400**

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИФФУЗИИ КОМПОНЕНТОВ АЛЮМИНИЕВОГО РАСПЛАВА В ЛИТЕЙНОМ МИКСЕРЕ
Мартусевич Е.А., Калашников С.Н. **405**

Научное издание

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS’ 2021

ТРУДЫ XIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(с международным участием)

2 – 3 декабря 2021 г.

Под общей редакцией

д.т.н., проф. С.М. Кулакова,
д.т.н., проф. Л.П. Мышляева

Материалы докладов изданы в авторской редакции.

Подписано в печать 30.11.2021 г.
Формат бумаги 60x84 1/8. Бумага писчая. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 24,41. Уч.-изд. л 26,86. Тираж 300 экз. Заказ № 279

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ