Кроме того, обеспечивается высокая оперативность мониторинга. Беспилотные летательные аппараты позволяют быстро обследовать протяженные участки линий электропередачи и другие объекты инфраструктуры, что особенно важно для удаленных районов. Полученные данные позволяют оперативно реагировать на выявленные дефекты и планировать профилактические работы.

Высокая точность диагностики является еще одним важным преимуществом. Современные датчики позволяют выявлять даже незначительные повреждения, которые невозможно обнаружить при традиционных методах осмотра. Это обеспечивает возможность раннего выявления дефектов и предотвращения аварий.

Таким образом, использование БПЛА является важным направлением развития энергетической отрасли. Их применение позволяет повысить эффективность диагностики, снизить затраты на обслуживание, обеспечить безопасность персонала и повысить надежность функционирования энергетической инфраструктуры.

Литература

1. Министерство энергетики Республики Беларусь. Официальный сайт. – URL: https://minenergo.gov.by (дата обращения: 10.03.2026).
2. Министерство энергетики Российской Федерации. Официальный сайт. – URL: https://minenergo.gov.ru (дата обращения: 10.03.2026).
3. Россети. Применение беспилотных летательных аппаратов для диагностики линий электропередачи. – URL: https://www.rosseti.ru (дата обращения: 10.03.2026).
4. Белэнерго. Цифровизация энергетики и применение современных технологий диагностики. – URL: https://www.belenergo.by (дата обращения: 10.03.2026).
5. Кузнецов, С. В. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга энергетической инфраструктуры / С. В. Кузнецов, А. Н. Григорьев // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2022. – № 5. – С. 420–430.
6. Сытник, В. И. Беспилотные летательные аппараты в геодезии и картографии / В. И. Сытник. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. – 256 с.
7. Шабалин, А. С. Применение беспилотных технологий для диагностики линий электропередачи / А. С. Шабалин // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2023. – № 3. – С. 45–52.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕДИАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИГНАЛАХ

В. А. Марков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. А. Капанский

Исследуется эффективность применения медианной фильтрации для очистки телеметрических сигналов от помех, полученных с повысительной насосной станции г. Гомеля. Проводится сравнительный анализ работы фильтра с различными размерами окна, оценивая качество подавления шумов. Полученные результаты обосновывают необходимость баланса между чистыми данными и сохранением информативности сигнала в системах мониторинга городской инфраструктуры.

Ключевые слова: медианная фильтрация, телеметрический сигнал, импульсные помехи, фильтрация данных, размер окна фильтра.

В современном мире чистые данные без шумов играют ключевую роль в обеспечении безопасности жизнедеятельности человечества. С развитием социальной инфраструктуры количество получаемых данных не только увеличивается, но и ус-

ложняется, что приводит к увеличению риска аварийных ситуаций, без должной фильтрации данных, из-за различных шумов, которые в результате эксплуатации различных приборов могут появиться. Аварии могут иметь серьезные последствия из-за появления большого количества одинаковых помех в данных, которые человеку вручную сложно оценить, делая вопросы надежности и бесперебойности систем фильтрации данных особенно актуальными.

Целью данного исследования является проверка использования медианного фильтра для устранения импульсных помех в потоках данных мониторинговых систем, а также определение оптимальных параметров фильтра для обеспечения максимальной точности при сохранении полезного сигнала.

Для достижения цели ставятся следующие задачи:

1. Исследовать методы фильтрации и детальный разбор алгоритма медианной фильтрации.

2. Определить влияние медианного окна на качество подавления шумов и оценить эффективность работы фильтра путем сравнения графических и цифровых показателей исходного и отфильтрованного сигналов.

В качестве объекта исследования рассмотрена повысительная насосная станция (ПНС) системы централизованного водоснабжения города Гомеля, расположенная по адресу: ул. Бориса Царикова, 55.

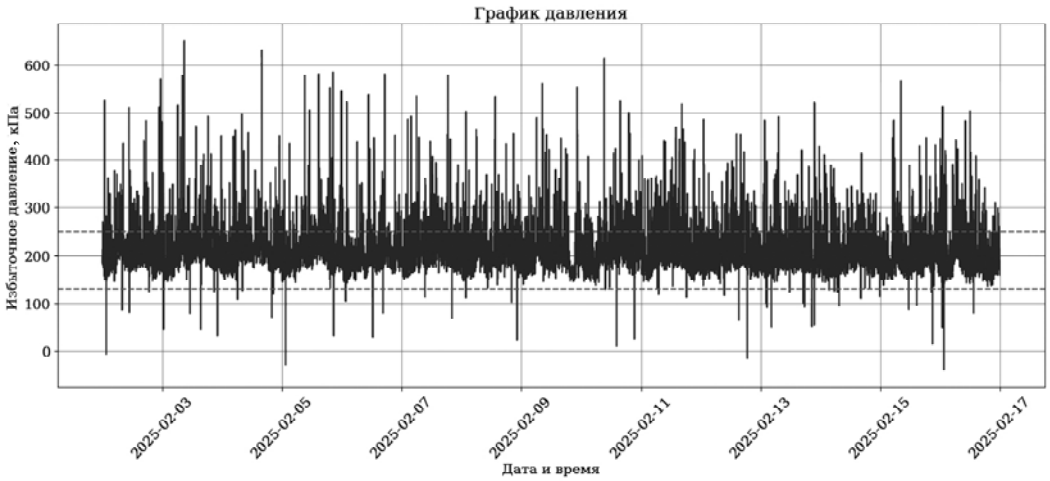


Рис. 1. График исходных данных:
---- – минимальное значение 130; ---- – максимальное значение 250

На рис. 1 представлен график исходных данных с множество шумами. Данные получены с ПНС, которые были записаны на протяжении двух недель и их запись происходила ежеминутно. Объем данных составил 21484 из них 1171 (5,45 %) составили шумы, которые выходили за пределы 130–250 кПа.

Медианный фильтр представляет собой оконный фильтр, последовательно скользящий по массиву сигнала и возвращающий на каждом шаге один из элементов, попавших в окно фильтра. Выходной сигнал y_k скользящего медианного фильтра шириной $2n + 1$ для текущего отсчета k формируется из входного временного ряда ..., x_{k-1}, x_k, x_{k+1}, ... в соответствии с формулой [1]:

$$y_k = med(x_{k-n},\ x_{k-n+1},\ ...,\ x_{k-1},\ x_k,\ x_{k+1},\ ...,x_{k+n-1},\ x_{k+n}),$$

где $med(x_1,...,x_m,...,x_{2n+1}) = x_{n+1}, x_m$ – элементы вариационного ряда, т. е. ранжированные в порядке возрастания значений;

$$x_m : x_1 = \min(x_1, x_2, ..., x_{2n+1}) \le x_{(2)} \le x_{(3)} \le ... \le x_{2n+1} = \max(x_1, x_2, ..., x_{2n+1}).$$

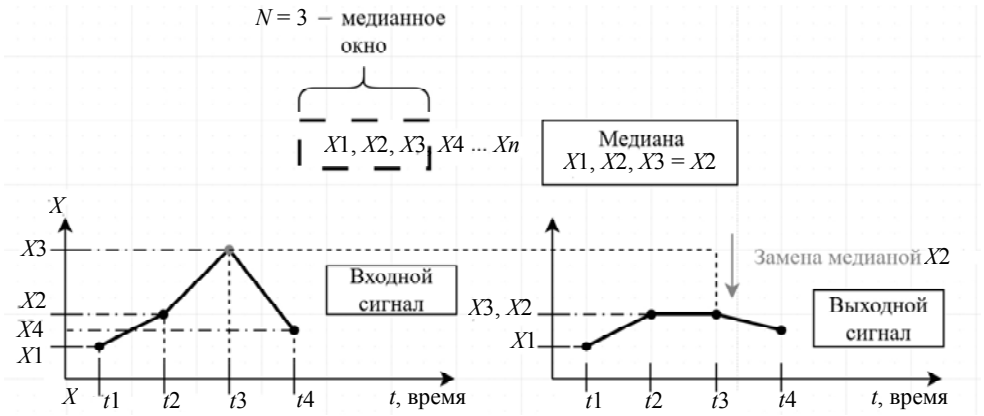


Рис. 2. Принцип действия медианной фильтрации

Таким образом, медианная фильтрация осуществляет замену значений отсчетов в центре окна медианным значением исходных отсчетов внутри окна фильтра.



Рис. 3. График после фильтрации медианой с размером окна 3:
—— – после медианной фильтрации (окно 3); ---- – минимальное значение 130; ---- – максимальное значение 250

Был использован размер окна фильтра 3, после фильтрации данным окном у нас получились следующие значения: средняя абсолютная погрешность (MAE) 5,24 %. Можно отметить, что количество шумов после фильтрации уменьшилось до 184 (0,86 %), доля снижение шума составила 84,22 %. Для окна размером 11 средняя абсолютная погрешность (MAE) 7,39 %. Количество шумов после фильтрации – 0, доля снижения шума составила 100,00 %:

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|y_i - \hat{y}_i\right|,$$

где n – общее количество измерений (точек данных); y_i – истинное (эталонное) значение в i-й точке; $\hat{y}_i$ – полученное значение (после фильтрации или измерений); $\left|y_i - \hat{y}_i\right|$ – модуль разности (абсолютное отклонение).

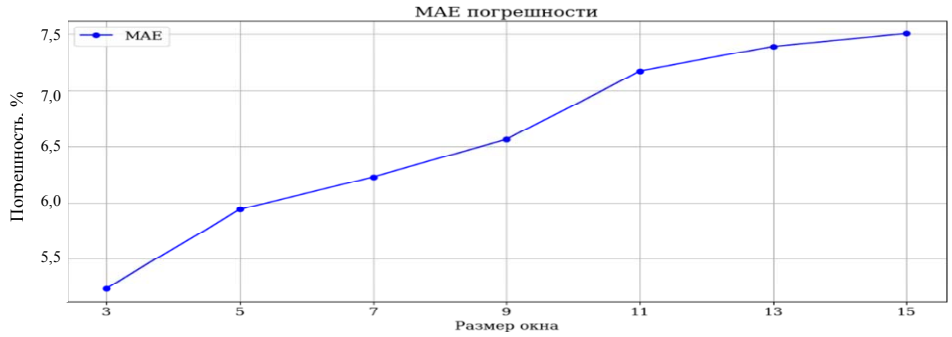


Рис. 4. График погрешности

На графике видно, что с увеличением размера интервального окна фильтра количество шумов уменьшается, однако средняя абсолютная погрешность возрастает и происходит размытие крутых изменений сигнала и скачков, что может привести к аварии, которую мы не сможем увидеть.

Дальнейшая задача исследований: использовать данные с целью получения оптимального соотношения окна фильтра для предотвращения аварий.

Литература

1. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений / Т. С. Хуанг [и др.]. – М. : Радио и связь, 1984. – 224 с.

ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ К ЗНАЧЕНИЯМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИБОРОМ РЕСУРС-UF2

И. М. Гончаров

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. Г. Широков

Представлено влияние прерываний напряжения при отсутствии маркирования результатов измерений на измерение значений показателей несимметрии и несинусоидальности напряжения. Показано, что при этом измеренные значения показателей несимметрии и несинусоидальности напряжения могут быть недостоверными и значительно превышать установленные требования нормативно-технических документов.

Ключевые слова: качество электроэнергии, маркированные данные, коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения.