

УДК 629.1

ПРОБЛЕМИ ФІЛЬТРАЦІЇ СИГНАЛІВ У СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЗБОРУ ДАНИХ

М.Г. Михалевич, доц., к.т.н.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Подано алгоритм обробки даних, що надходять від датчиків частоти обертання у реальному часі, дано порівняльну оцінку щодо поширених фільтрів. Наочно подано переваги попередньої обробки даних у разі потреби у їх перетворенні на прикладі диференціювання сигналу.

Ключові слова: фільтрація, медіанний фільтр, диференціювання сигналу датчика частоти обертання, швидкість обробки даних, монотонність зміни даних у певному інтервалі.

ПРОБЛЕМЫ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ

Н.Г. Михалевич, доц., к.т.н.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Представлен алгоритм обработки данных, которые поступают от датчиков частоты вращения в реальном времени, дана сравнительная оценка относительно распространённых фильтров. Наглядно показаны преимущества предварительной обработки данных при необходимости их преобразования на примере дифференцирования сигнала.

Ключевые слова: фильтрация, медианный фильтр, дифференцирование сигнала датчика частоты вращения, скорость обработки данных, монотонность изменения данных в определённом интервале.

PROBLEMS OF SIGNAL FILTRATION IN SYSTEMS OF CONTROL AND DATA MONITORING

M. Mikhalevich, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng.),
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. An algorithm for processing data coming from rotation speed sensors in real time is presented, and comparative assessment in reference to widespread filters is carried out. The advantages of data pre-processing when it is necessary to convert it on example of signal differentiation are graphically shown.

Key words: filtering, median filter, differentiation of signal of rotation rate sensor, speed of data processing, monotony of data alteration within a particular interval.

Вступ

Сучасний автомобіль має багато агрегатів та пристроїв, що керуються електронікою. Системи керування, що мають зворотний зв'язок, повинні забезпечувати фільтрацію сигналу зворотного зв'язку. Відсутність фільтрації може призвести до нестійкої роботи

системи керування чи помилки під час її роботи. В інформаційних системах відсутність фільтрації може спричинити зайві, неінформативні коливання вимірюваної величини. Значні відхилення даних від реальних величин можуть бути причиною масштабування графіка під час перегляду даних у режимі реального часу та ускладнення їх сприйняття.

Аналіз публікацій

Відповідно до задач, які виконує система керування та керований агрегат, пропонується встановлювати різні види фільтрів та частоту опитування датчиків [1].

Однак для антиблокувальної системи керування відношення часу блокування колеса до часу реакції виконавчих механізмів не велике, тому час прийняття рішення має дуже велике значення [2]. Керуючі дії в таких системах, як антиблокувальна система гальм, пропонується виробляти одразу ж після отримання сигналу зворотного зв'язку. Так, у роботі [2] пропонується в антиблокувальній системі не застосовувати фільтрацію сигналу зворотного зв'язку, а використовувати вартівний алгоритм, який відсіює неправдиві значення сигналу. З іншого боку, сигнали, що надходять до електронного блока, мають не тільки різкі відхилення від норми (рис. 1), а й несуттєві коливання, які ускладнюють їх подальшу обробку та перетворення.

Мета і постановка завдання

Метою цієї роботи є вибір раціональної комбінації дій під час процесу фільтрації сигналу та порівняльний аналіз різних видів фільтрів на прикладі сигналу частоти обертання колеса, що є пропорційним швидкості руху автомобіля.

Порівняльний аналіз даних після застосування різних фільтрів

Під час роботи різноманітних систем керування чи спостереження відбувається обробка входних сигналів. Зазвичай достатньо простого фільтра для того, щоб зменшити шуми та подати дані для аналізу чи подальшої обробки та формування керувального впливу. Однак, в деяких випадках, є необхідність у специфічній обробці сигналу. Наприклад диференціювання швидкості руху транспортного засобу для отримання його прискорення (вже згадана антиблокувальна система). У деяких системах керування автоматичною коробкою передач є потреба в отриманні другої похідної. В обох випадках шуми, які наявні у початковому сигналі, збільшуються. Цей ефект дуже добре можна помітити під час обробки сигналу з датчика частоти обертання (рис. 1), який вимірюється індуктивним датчиком частоти обертання колеса. Та-

кий датчик застосовують як в антиблокувальній системі, так і в автоматичних коробках передач. Як видно з рис. 2, похідна від необробленого сигналу частоти обертання має дуже зашумлений вигляд. Тому працювати з таким сигналом дуже складно як людині, так і бортовому комп'ютеру.

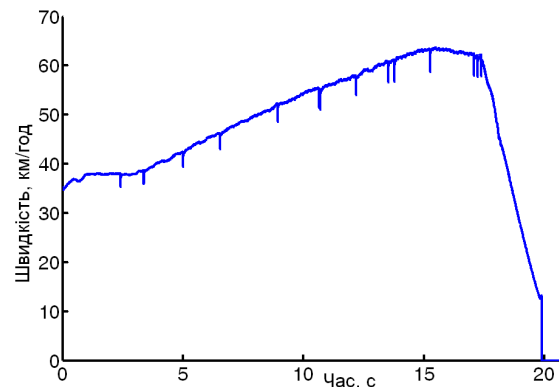


Рис. 1. Сигнал швидкості руху, що вимірюється за допомогою індуктивного датчика частоти обертання без обробки фільтром

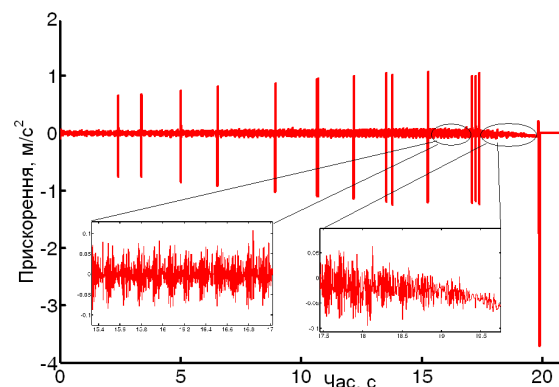


Рис. 2. Вигляд сигналу від датчика частоти обертання колеса після диференціювання

Паралельно зі швидкістю руху було записано сигнал від датчика прискорення, так само не обробленого фільтром (рис. 3). Датчик прискорення було встановлено близько до центру мас транспортного засобу, тому дані, що з нього надходили, можна вважати частиною робочого процесу руху транспортного засобу та порівнювати з ними результати диференціювання даних з датчика частоти обертання колеса того ж транспортного засобу.

Спробуємо підібрати фільтр, який забезпечить можливість коректного диференціювання та порівняємо результат із даними, що надійшли з датчика прискорення.

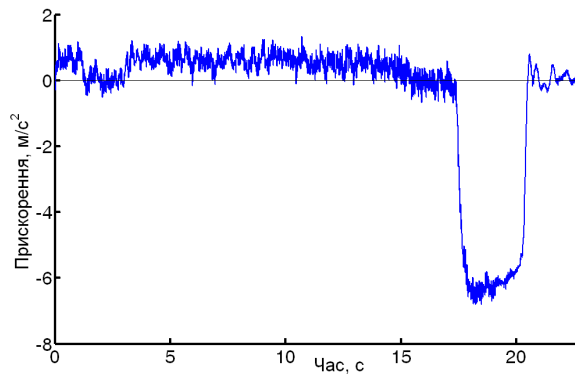


Рис. 3. Вигляд сигналу від датчика прискорення

Користуючись оглядом літературних джерел, будемо аналізувати ефективність застосування таких фільтрів:

- медіанний;
- Кальмана [3];
- Баттерворта;
- Савицького-Голея [4].

Якщо розглянути дані, що зображені на рис. 1, більш детально (рис. 4), то можна побачити не тільки значні відхилення (випади) сигналу, а й системні його коливання. Для забезпечення коректного диференціювання необхідно забезпечити певну монотонність зміни сигналу частоти обертання колеса на відповідних режимах руху.

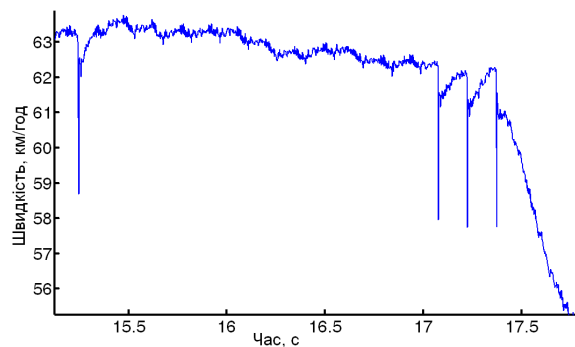


Рис. 4. Збільшена частка сигналу від датчика швидкості

Значні випади сигналу дуже добре фільтруються медіанним фільтром. Цей фільтр є нелінійним, і для відсіювання N значень, що не є реальними для відповідного процесу, необхідна ширина вікна $2 \cdot N + 1$ значень. Під час фільтрації дані у межах вікна сортується у порядку зростання, а як достовірне береться центральне, за положенням, значення у масиві. Саме це приводить до зсуву даних на N тактів відлічування. Зазвичай в потоку даних

з'являється не більше одного значення зі значним відхиленням, тому вони фільтруються медіанним фільтром з розміром вікна у три значення.

Наступним етапом необхідно забезпечити монотонність протікання процесу в певних межах, наприклад під час розгону – монотонне наростання швидкості, а під час гальмування – монотонне зниження швидкості. Там можливо уникнути коливань похідної, зазначених на рис. 2. Для цього під час попередньої обробки даних зменшимо їх кількість шляхом сортування в окремий масив кожного p -'ятого вимірювання. Фільтрація нерозрідженого сигналу після диференціювання дає негативну картину. Тому застосовуємо фільтр до окремого масиву розріджених даних (рис. 5). Треба зазначити, що під час підготовчих операцій та фільтрування зсув фільтрованих даних відбувається лише на один такт, оскільки під час медіанної фільтрації з шириною вікна 3 фільтрується середнє значення вікна. Однак, враховуючи розрідження даних блока керування, для обробки доступне лише кожне p -'яте значення, тому сумарне спізнення буде шість тактів, що знаходиться у межах 0,027–0,04 с, на швидкості 20 км/год та зменшується з підвищенням швидкості руху (0,0068–0,0094 с на швидкості 80 км/год). Таким чином, цього часу достатньо для обробки сигналу навіть для антиблокувальної системи, де блокування колеса відбувається впродовж 0,1 с.

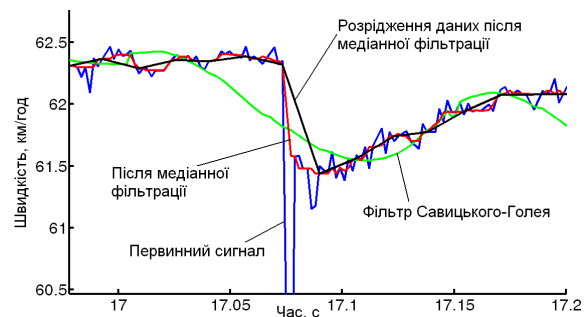


Рис. 5. Порівняння прямого застосування фільтра з попередньою обробкою сигналу

Наступним етапом є застосування цифрового фільтра до розрідженого масиву даних (рис. 6) та його подальше диференціювання (рис. 7). Завдяки розрідженню частина некоректних даних не обробляється фільтром, що позитивно впливає на кінцевий вигляд графіка. Для коректної подальшої обробки крива повинна монотонно зростати або зменшуватися на ділянці відповідного режиму руху.

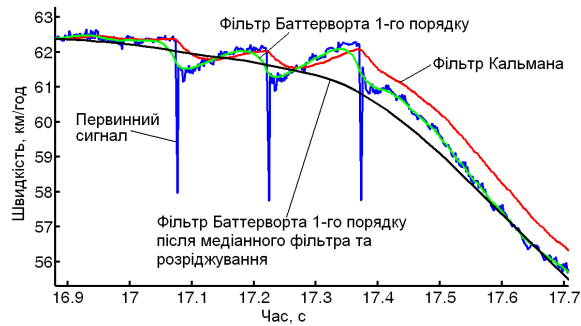


Рис. 6. Порівняння прямого застосування фільтра та фільтрацією після попередньої обробки сигналу

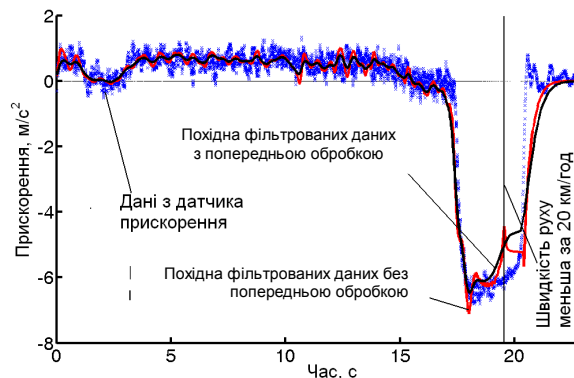


Рис. 7. Порівняння похідних із сигналом від датчика прискорення

Таким чином, на рис. 7 видно меншу похибку в алгоритмі з попередньою обробкою даних щодо вимірюного сигналу з датчика прискорення, а також більш плавну зміну процесу (рис. 6), що відповідає його фізичній суті. Значна відмінність у показниках між розрахованими та виміряними даними є істотною за межею руху зі швидкістю, меншою за 20 км/год. Цей поріг узгоджено у міжнародних правилах для автомобілів з антиблокувальною системою, які оснащено датчиками саме такого типу. Як видно з рис. 1, датчик частоти обертання колеса перестав видавати

значення на швидкості, меншій за 15 км/год, що і спричинило викривлення даних.

Висновки

Розглянутий алгоритм обробки даних, що надходять від датчиків частоти обертання у реальному часі, дозволяє отримати коректний результат у разі потреби наступних перетворень із масивом даних. Попередня обробка даних не спричиняє значних зсувів та забезпечує достатню швидкість їх обробки, що дозволяє використовувати цей алгоритм у системах керування у реальному часі.

Література

1. Жиль Ж. Теория и техника следящих систем / Ж. Жиль, М. Пелегрин, П. Декольн; пер с англ. А. М. Баткова, А. С. Ускова, М. И. Агеевой. – М.: МАШГИЗ, 1961. – 804 с.
2. Реализация интеллектуальных функций в электропневматическом тормозном управлении транспортных средств: монография / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, В.А. Богомоллов и др. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 450 с.
3. Браммер К. Фільтр Кальмана-Бюси. Детерминированное наблюдение и стохастическая фиксация / К. Браммер, Г. Зифлинг. – М.: Наука, 1982. – 200 с.
4. Savitzky–Golay filter [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Savitzky%E2%80%93Golay_filter. – Заголовок з екрану.

Рецензент: О.В. Бажинов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 06 червня 2016 р.