

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ РОБОТИ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ НА ПРИКЛАДІ СТВОРЕНОЇ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СИГНАЛУ ТА ЗАВАДИ

Розглядається задача вибору найкращого методу фільтрації на прикладі імітаційної моделі сигналу та завади.

The problem of selecting the best method of filtering an example of a simulation model of signal and noise.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ

Проведемо аналіз ефективності та якості роботи цифрових фільтрів на прикладі створеної імітаційної моделі сигналу та завади.

Ми не будемо вдаватися в деталі роботи різних фільтрів, яких до теперішнього часу розроблено у величезній кількості для обробки одновимірних $f(x)$ і двовимірних $f(x, y)$ сигналів, спотворених завадою.

У працях [2,4] реалізовано багато алгоритмів фільтрації, прив'язаних до завдань обробки зображень [3]. У подальших прикладах будуть використані описані в [5] цифрові згладжуючі фільтри з кінцевою пам'яттю, розроблені і випробувані для фільтрації одновимірних сигналів. Застосуємо позначення параметрів у наведених прикладах.

n_0 , n - початковий та кінцевий такти сигналу;

$x = n_0$, n - поточний такт сигналу;

$u(x)$ - значення вихідного сигналу на такті x ;

$z(x)$ - значення спотвореного завадою сигналу на такті x ;

$uc(x)$ - результат обробки сигналу z фільтром.

Розглядаються також два види завад, які спотворюють сигнал:

$sf = 1$ - адитивна завада,

$sf = 2$ - мультиплікативна завада.

Через sgf позначено середньоквадратичне відхилення завади.

В цих позначеннях спотворений завадою сигнал запишеться у вигляді: якщо $sf = 1$, то $z = u + sqf * \text{randn}(1, n)$; якщо $sf = 2$, то $z = u * (1 + sqf * \text{randn}(1, n))$.

Особливість фільтра з кінцевою пам'яттю полягає в тому, що весь діапазон спостереження від n_0 до n розбивається на інтервали тривалістю L , які називаються періодами квантування. На кожному періоді квантування відфільтрований сигнал uc представляється поліномом одного і того ж степеня g , параметри якого знаходяться за методом

¹⁴ Українська академія друкарства

найменших квадратів і результат фільтрації видається на кінцевому такті кожного періоду квантування. Для отримання значення uc в проміжних точках використовується метод ковзаючого вікна з інтервалом дискретизації dsk . Також на основі фільтра з кінцевою пам'яттю реалізований медіанний фільтр [3], що визначає вибіркоче середнє значення на інтервалі L , зміщене щодо кінця інтервалу на $-(L + 1)/2$ тактів. Параметри L і r можна змінювати, підбираючи найбільш ефективний спосіб фільтрації. Основні труднощі при вирішенні завдання фільтрації полягає у неможливості в спостережуваному сигналі z відокремити один від одного вихідний сигнал u і заваду. При цьому завжди потрібно пам'ятати, що будь-який фільтр не тільки не може повністю усунути заваду, але спотворює і сам сигнал. Тому оцінка якості використовуваного фільтру зводиться до знаходження двох видів помилок у сигналі u , званих динамічної помилкою, що відбиває спотворення фільтром вихідного сигналу u , і випадковою помилкою, що відбиває неповне усунення завади.

Для оцінки якості результату фільтрації uc зазвичай трактують різницею $\varepsilon = z - uc$ як оцінку завади, знаходячи для неї оцінки математичного очікування $\mu\varepsilon$ і дисперсії $S^2\varepsilon$. На підставі цих оцінок знаходяться коефіцієнти варіації, обчислюється відношення сигнал / шум та будуються різні критерії перевірки якості оцінки uc . Однак вважати ε оцінкою завади можна лише умовно, як деяку гіпотезу, яка вимагає перевірки. З методами такої перевірки можна познайомитися за наявними публікаціями. Однак завжди залишаються сумніви в достовірності отриманих результатів.

У даному випадку пропонується для перевірки ефективності використовуваного методу фільтрації побудувати імітаційну модель, що виробляє сигнал u , що відображає властивості реально існуючого сигналу. При цьому передбачається, що при сучасному рівні розвитку науки і знання закономірностей, що вивчаються в механіці, електротехніці, теплотехніці, гідравліці та інших дисциплінах, кваліфікованому спеціалісту цілком доступно розібратися в конструкції та функціонуванні пристрою, який виробляє потрібний нам сигнал u , і дати математичний опис процесу $fn(x)$, який виробляє цей сигнал. Це і буде модель вихідного сигналу. Знаючи умови, в яких працює досліджуванний пристрій, можна скласти уявлення і про характер завад, що спотворюють сигнал u .

У цьому випадку нам не потрібно будувати і перевіряти гіпотези про близькість відфільтрованого сигналу uc до сигналу u . Досить обчислити різницевий сигнал $\varepsilon = u - uc$. Оскільки вважається, що в відфільтрованому сигналі uc математичне сподівання для перешкоди дорівнює нулю, то значення $\mu\varepsilon$, отримане по обмеженій ділянці сигналу

тривалістю L , буде характеризувати динамічну помилку, а величина $s^2 \varepsilon$ - дисперсію випадкової помилки.

2. ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ФІЛЬТРА

Наведені приклади ілюструють використання пропонованого методу на найпростіших штучно створених прикладах з використанням цифрового фільтру з кінцевою пам'яттю методом ковзного вікна і з використанням медіанного фільтра.

Рисунки 1 – 5 ілюструють ефективність різних методів усунення завади для одновимірного сигналу при різних видах завад і різних способах фільтрації.

На рис. 1 наведені вихідний сигнал u для $n_0 = 1$ і $n = 120$ і той же сигнал z , спотворений адитивною завадою з параметром $sqf = 0.25$.

На рис. 2 до сигналів u і z доданий результат обробки uc сигналу z фільтром з кінцевою пам'яттю з параметрами $L = 30$, $r = 3$ та з використанням ковзного вікна з параметром $dck = 3$. На рисунку добре помітна значна відмінність сигналу uc від вихідного сигналу u , що дозволяє зробити висновок про невисоку якість використаного фільтра.

На рис. 3 показана обробка сигналу z медіанним фільтром з параметрами $L = 13$, $dck = 3$. Порівняння сигналів u і uc показує, що випадкова помилка практично відсутня, але є невелика динамічна помилка. Якість фільтрації хороша.

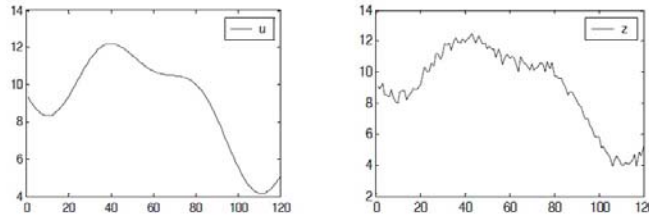


Рис. 1. u – вихідний сигнал, z - сигнал u , спотворений завадою, $n_0 = 1$ і $n = 120$, $st=1$ - адитивна завада, $sqf=1$

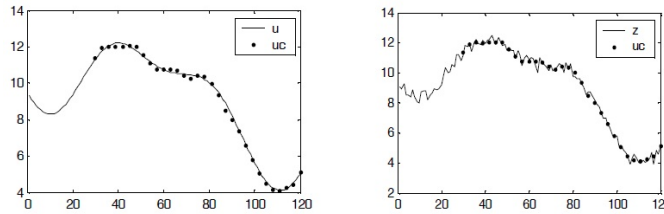


Рис. 2. Цифровий згладжуючий фільтр з кінцевою пам'яттю $l=30$, $r=3$, $dck=3$, uc - сигнал z , оброблений фільтром

На рис. 4 і 5 ті ж самі операції пророблені для випадку спотворення сигналу u мультиплікативною завадою з $sqf = 0.05$. Знову найкращі результати дав медіанний фільтр, проте гірше, ніж у попередньому випадку. Можливо, слід випробувати інші методи фільтрації.

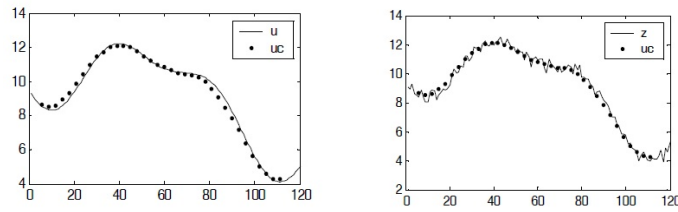


Рис. 3. Медіанний фільтр, $L=13$, $r=0$, $dck=3$

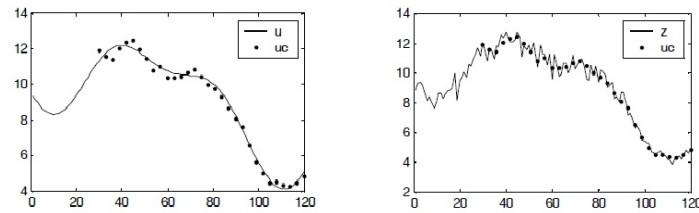


Рис. 4. Цифровий згладжуючий фільтр з кінцевою пам'яттю, $L=30$, $r=3$, $dck=3$, $st=2$ - мультиплікативна завада, $sqf=0.05$

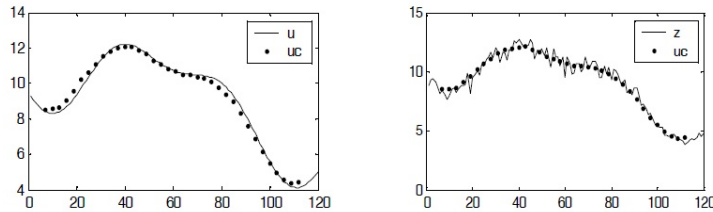


Рис. 5. Медіанний фільтр, $L=15$, $r=0$, $dck=3$

3. ВИСНОВОК

Запропоновано метод перевірки ефективності процедури фільтрації спотвореного завадою сигналу, заснований на побудові імітаційної моделі реального сигналу і вибору найбільш ефективного фільтра знайомих у використанні. Метод перевірений на штучно створених моделях одно- та двовимірних сигналів і усуненні завади цифровим фільтром з кінцевою пам'яттю з використанням ковзного вікна та медіанного фільтра. При практичному застосуванні цього методу можуть

виникнути труднощі з побудовою імітаційної моделі, яка досить добре відбиває властивості реального сигналу і характеру завади, що спотворює сигнал.

1. Кипхан Г. *Энциклопедия по печатным средствам информации.* - М.: МГУП, 2003.- с.145-161. 2. Воскобойников Ю.Е., Гочаков А.В., Колкер А.Б. *Фильтрации сигналов и изображений: фурье и вейвлет алгоритмы.* монография.-Новосибирск:НГАСУ,2010.-188с. 3. Білінський В.В. *Методи обробки зображень в комп'ютеризованих системах.*-Вінниця:ВНТУ, 2010.-271.с 4. Лем А. *Аналоговые и цифровые фильтры. Расчет и реализация.*- М: МИР, 1982.-302с. 5. Макс Ж. *Методика и техника обработки сигналов при физических измерениях.*-М: МИР, 1983.- 312с. 6. У. Претт. *Цифровая обработка изображений.*-М:МИР, 1982.-312.