



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **103534** (13) **U**
(51) МПК (2015.01)
H03H 21/00
G06N 7/08 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 04957	(72) Винахідник(и): Кишенько Василь Дмитрович (UA), Новаковська Наталія Геннадіївна (UA), Гетьман Ярослав Віталійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 21.05.2015	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.12.2015	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, вул. Володимирська, 68, м. Київ-33, 01601 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.12.2015, Бюл.№ 24	

(54) АДАПТИВНИЙ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ФІЛЬТР

(57) Реферат:

Адаптивний інтелектуальний фільтр включає аналогово-цифровий перетворювач, блок прямого вейвлет-перетворення, блок зворотного вейвлет-перетворення, причому аналогово-цифровий перетворювач послідовно з'єднаний із сегментатором, блоком прямого вейвлет-перетворення, блоком оцінки якості апроксимації, блоком вибору базисних вейвлетів та базою знань, яка під'єднана до аналогово-цифрового перетворювача та блока трешолдингу, причому блок трешолдингу послідовно з'єднаний з блоком зворотного вейвлет-перетворення, аналізатором Херста шумової компоненти і оптимізатором, а вихід сегментатора під'єднаний до аналізатора Херста шумової компоненти, з блоком трешолдингу з'єднаний вихід оптимізатора, і блок прямого вейвлет-перетворення з'єднаний з блоком вибору базисних вейвлетів, зв'язаного із сегментатором.

UA 103534 U

Корисна модель належить до інформаційних технологій обробки інформації для цілей управління та прогнозування і призначена для відділення корисного сигналу від шумової компоненти в часових рядах технологічних змінних об'єктів управління.

5 Як прототип вибраний пристрій фільтрації сигналів в масштабно-часовій області [патент Російської федерації RU № 2282209], який складається з аналогово-цифрового перетворювача, на вхід якого подається сигнал, що фільтрується, вихід аналогово-цифрового перетворювача послідовно з'єднаний із блоком прямого вейвлет-перетворення, пороговим пристроєм та блоком зворотного вейвлетного перетворення.

10 Але такий пристрій не враховує особливостей дії шумів в частотно-часовому спектрі (локальні змінювання типу сплесків, викиди, змінювання частотного спектру шуму і т.д.), що суттєво знижує ефективність аналізу інформації при прийнятті рішень по управлінню.

Задачею корисної моделі є побудова адаптивного фільтра, який виконує задачу відокремлення шуму від корисного сигналу з урахуванням локальних часових змінювань, як спектра шуму, так і корисного сигналу, оптимізуючи відношення сигнал/шум.

15 Поставлена задача вирішується за рахунок того, що адаптивний інтелектуальний фільтр включає аналогово-цифровий перетворювач, блок прямого вейвлет-перетворення, блок зворотного вейвлет-перетворення. Згідно з корисною моделлю аналогово-цифровий перетворювач послідовно з'єднаний із сегментатором, блоком прямого вейвлет-перетворення, блоком оцінки якості апроксимації, блоком вибору базисних вейвлетів та базою знань, яка
20 під'єднана до аналогово-цифрового перетворювача та блока трешолдингу, причому блок трешолдингу послідовно з'єднаний з блоком зворотного вейвлет-перетворення, аналізатором Херста шумової компоненти і оптимізатором, а вихід сегментатора під'єднаний до аналізатора Херста шумової компоненти, з блоком трешолдингу з'єднаний вихід оптимізатора, і блок прямого вейвлет-перетворення з'єднаний з блоком вибору базисних вейвлетів, зв'язаного із
25 сегментатором.

Причинно-наслідковий зв'язок між запропонованими ознаками та технічним результатом полягає в наступному.

Вхідний сигнал $x(t)$ про технологічні змінні, які надходять від об'єкта управління (фіг. 1) перетворюється аналогово-цифровим перетворювачем, після чого визначається ширина
30 сегмента з урахуванням локальних особливостей сигналу та вибраного базису вейвлетних функцій. Над сегментованим сигналом здійснюється пряме вейвлетне перетворення $W_x^w(\tau, s)$ за формулою:

$$W_x^w(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int x(t) \cdot w \left(\frac{t - \tau}{s} \right) dt, \quad (1)$$

де $x(t)$ - перетворений сигнал; s - параметр масштабу (задає ширину вейвлет-функції); t - час; τ - параметр зсуву (задає зсув вейвлет-функції); w^* - сімейство вейвлет-функцій.

35 Після оцінки якості вейвлет-апроксимації здійснюється вибір базисних вейвлетів, які знаходяться у базі знань, і відбувається корегування параметрів аналогово-цифрового перетворювача і сегментатора.

При вейвлет-аналізі сигнал розкладається на апроксимуючі коефіцієнти, які представляють згладжену основну частину інформації часового ряду, і деталізуючі коефіцієнти, що описують
40 уточнюючу інформацію про часовий ряд на різних рівнях розкладання тобто, височастотні коливання відносно середніх значень.

Згладжування часового ряду полягає в тому, що здійснюють обнулення значень вейвлет-коефіцієнтів розкладання, менших деякого визначеного порогового значення за правилами, що містяться в базі знань, тобто здійснюється процедура трешолдингу. Використовуються різні
45 види трешолдингу: жорсткий та м'який. При жорсткому трешолдингу зберігаються всі коефіцієнти вейвлет-розкладання, які більші чи рівні заданого порогу, а менші коефіцієнти зводяться до нуля. При м'якому трешолдингу разом зі зведенням до нульового значення коефіцієнтів, менших за модулем порогового значення, зменшують і всі інші коефіцієнти на величину порогового значення, яке є змінним в залежності від особливостей сигналу та якості
50 фільтрації. Отримана відфільтрована карта вейвлет-коефіцієнтів піддається зворотному вейвлет-перетворенню, що виконується за формулою:

$$x(t) = \frac{1}{c_w^2} = \int_s \int_w w_x^w(\tau, s) \cdot \frac{1}{s^2} \cdot w \left(\frac{t - \tau}{s} \right) d\tau ds, \quad (2)$$

де $w_x^w(\tau, s)$ - вейвлет-коефіцієнт; $w\left(\frac{t-\tau}{s}\right)$ - вейвлет-функція, при якій був отриманий відповідний вейвлет-коефіцієнт; C_w - константа, яка залежить від типу використовуваної вейвлет-функції; S - параметр масштабу; τ - параметр зсуву.

Для вибору оптимальних параметрів фільтра різниця між відфільтрованим і вхідним сигналом аналізується на персистентність часового ряду за показником Херста. Розрахунок показника Херста здійснюється за формулою:

$$R/S = (aN)^H, \text{ звідси} \quad (3)$$

$$H = \frac{\log(R(s))}{\log(aN)}, \text{ де} \quad (4)$$

H - показник Херста,

S - середньоквадратичне відхилення ряду спостереження X ;

R - "розмах" часового ряду на певному проміжку часу;

N - число періодів спостережень;

a - задана константа,

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - x_{cp})^2}, \text{ де} \quad (5)$$

x_{cp} - середньоарифметичне значення,

$$x_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (6)$$

$$R = \max_{1 \leq U \leq N} (Z_U) - \min_{1 \leq U \leq N} (Z_U), \quad (7)$$

де

Z_U - накопичене відхилення ряду від середнього x_{cp} ,

$$Z_U = \sum_{i=1}^U (x_i - x_{cp}). \quad (8)$$

Враховуючи те, що $H=0,5$ є ознакою абсолютно випадкового шуму оптимізатором здійснюється вибір параметрів трешолдингу шляхом розв'язання задачі оптимізації:

$$|H - 0,5| \rightarrow \min. \quad (9)$$

При досягненні оптимальних значень фільтрації відфільтрований сигнал $x_\phi(t)$ використовується для задач прогнозування та управління (фіг. 2).

Структура адаптивного інтелектуального фільтра представлена на фігурі 3. Аналогово-цифровий перетворювач 1 з'єднаний із джерелом сигналу $x(t)$ і базою знань 4, що дає можливість змінювання параметрів аналогово-цифрового перетворення сигналу в залежності від його особливостей та процедури адаптивної фільтрації. Вихід аналогово-цифрового перетворювача 1 під'єднаний до сегментатора 2, в якому змінюються ширина сегмента даних на основі вибраного сімейства вейвлетів, що сформований блоком вибору базисних вейвлетів 5 на основі процедур, що зберігаються в базі знань 4. Сформований сегмент даних піддається прямому вейвлетному перетворенню в блоці прямого вейвлет-перетворення 3 у відповідності з вибраним базисом вейвлетів, визначеним блоком вибору базисних вейвлетів 5. Вихід блоку прямого вейвлет-перетворення 3 під'єднаний до блоку оцінки якості вейвлетної апроксимації 6, який з'єднаний з блоком вибору базисних вейвлетів 5. Вихід блоку прямого вейвлет-перетворення 3 з'єднаний з блоком трешолдингу 7, в якому формуються параметри трешолдингу у відповідності з алгоритмами, закладеними в базі знань 4. Вихід блоку трешолдингу 7 під'єднаний до входу блока зворотного вейвлет-перетворення 8, що зв'язаний з входом блоку аналізатора Херста 9, на вхід якого надходить сигнал з сегментатора 2. Аналізатор Херста шумової компоненти 9 зв'язаний з оптимізатором 10, який діє на блок трешолдингу 7, змінюючи його параметри.

Запропонований адаптивний інтелектуальний фільтр дає змогу підвищити точність технологічної інформації для прийняття ефективних рішень по управлінню.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Адаптивний інтелектуальний фільтр, що включає аналогово-цифровий перетворювач, блок прямого вейвлет-перетворення, блок зворотного вейвлет-перетворення, який **відрізняється**
- 5 тим, що аналогово-цифровий перетворювач послідовно з'єднаний із сегментатором, блоком прямого вейвлет-перетворення, блоком оцінки якості апроксимації, блоком вибору базисних вейвлетів та базою знань, яка під'єднана до аналогово-цифрового перетворювача та блока
- 10 трешолдингу, причому блок трешолдингу послідовно з'єднаний з блоком зворотного вейвлет-перетворення, аналізатором Херста шумової компоненти і оптимізатором, а вихід сегментатора під'єднаний до аналізатора Херста шумової компоненти, з блоком трешолдингу з'єднаний вихід оптимізатора, і блок прямого вейвлет-перетворення з'єднаний з блоком вибору базисних вейвлетів, зв'язаного із сегментатором.

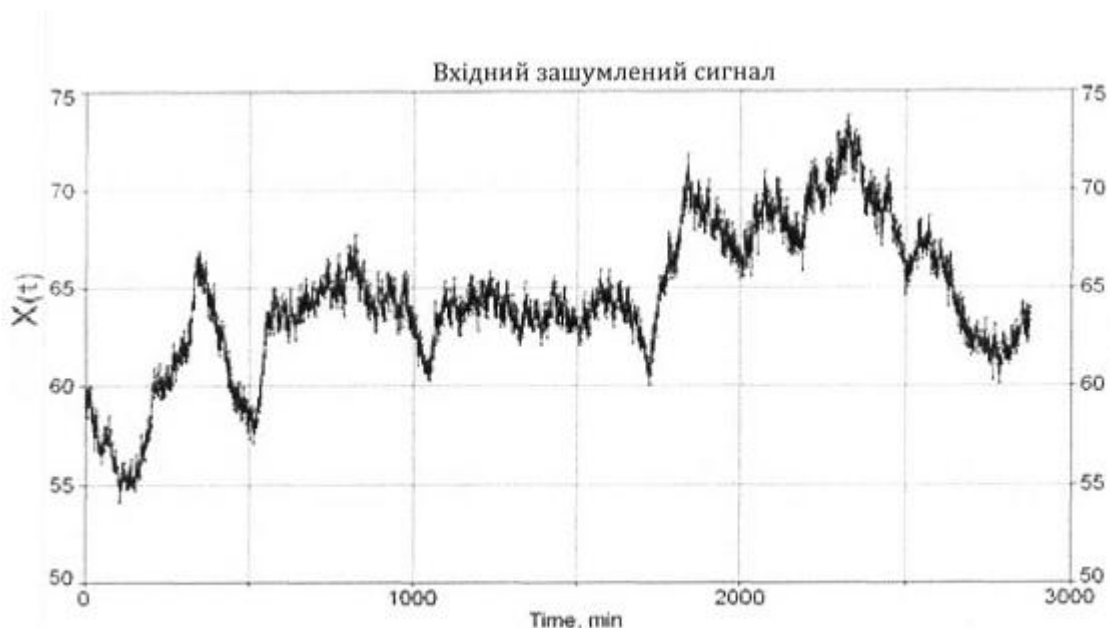


Fig. 1

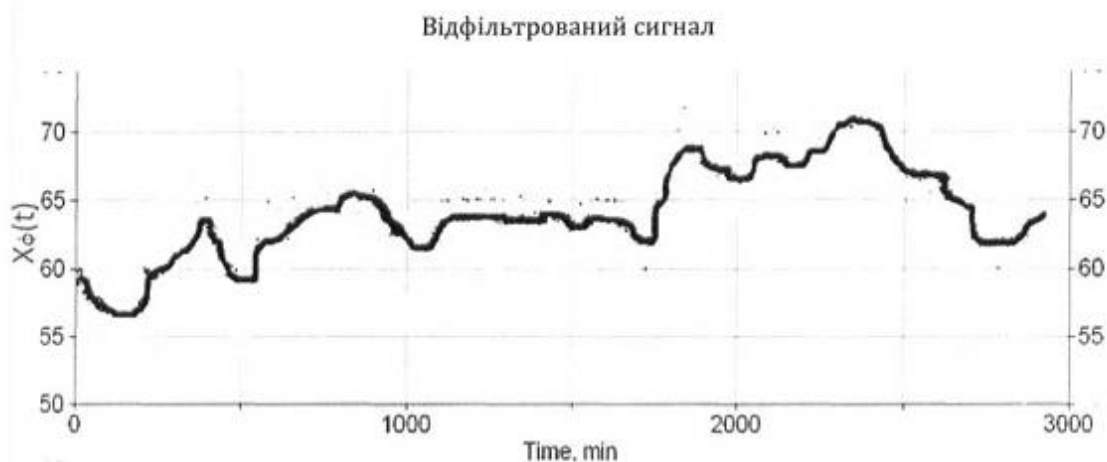


Fig. 2

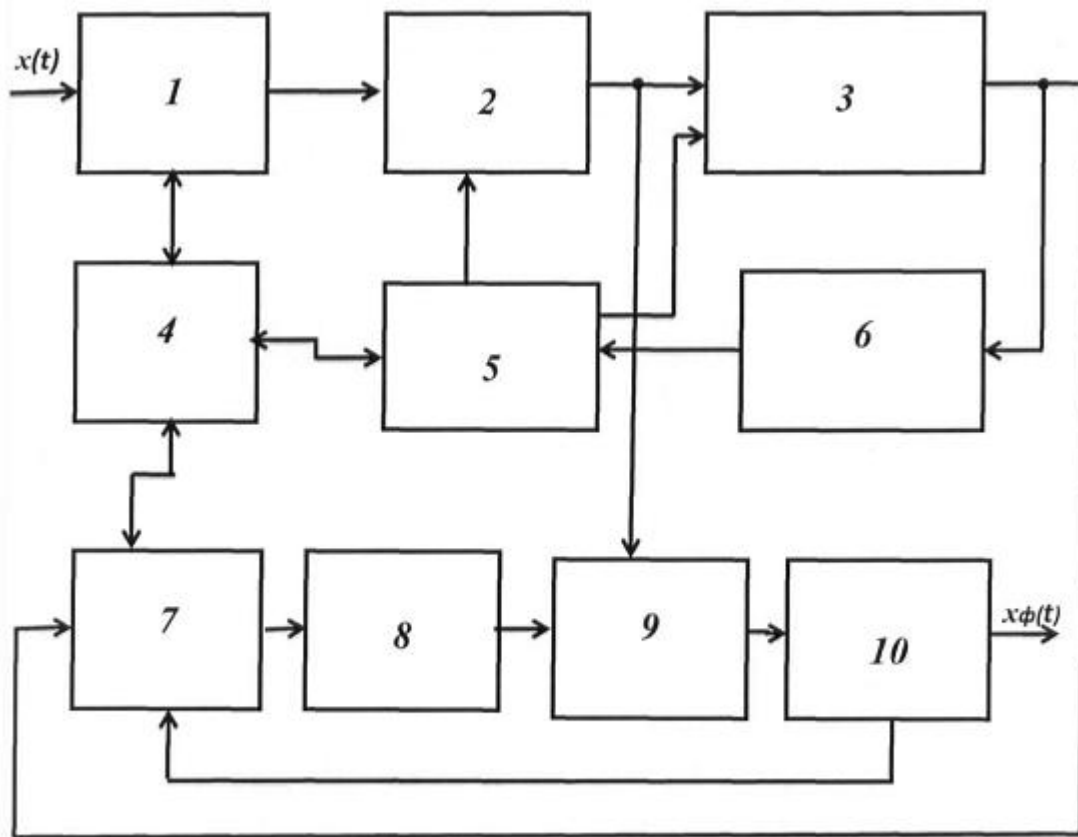


Fig. 3

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601