

5. Шинкарук О. М. Методичні підходи щодо побудови статистико-ймовірнісних моделей безвідмовності та довговічності автомобільної техніки / О. М. Шинкарук, В. А. Карякін, М. М. Каленик // Збірник наукових праць. – Хмельницький : Вид-во Національної академії ПВУ, 2002. – № 21. Ч. II. – С. 80–87.

6. Сигорский В. П. Математический аппарат инженера. / Сигорский В. П. – К. : Техніка, 1975. – 768 с.

7. Коваленко И. Н. Методы расчета высоконадежных систем / И. Н. Коваленко, Н. Ю. Кузнецов – М. : Радио и связь, 1988. – 176 с.

Надійшла 13.9.2010 р.

УДК 621.396.96

Ю.О. БАБІЙ

Хмельницький національний університет

## МЕТОД АДАПТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ЦІЛЕЙ

*В статті представлено метод формування радіолокаційних портретів цілей при розв'язанні задач ідентифікації об'єктів радіолокаційного спостереження на основі використання алгоритмів адаптивної фільтрації. На прикладі реалізації адаптивного фільтру на основі методу найменших квадратів показано, що практична реалізація методу є можливою навіть незважаючи на обмежені інтервали часу для адаптації.*

*In the article the method of forming of radiolocation portraits of aims is presented at the decision of tasks of authentication of objects of radiolocation supervision on the basis of the use algorithms of adaptive filtration. On the example of realization of adaptive filter on bases of least-squares method it is rotined that practical realization of method is possible even not because of limitation time domains for adaptation.*

Ключові слова: радіолокаційні засоби, радіолокаційний портрет, ідентифікація, адаптивний фільтр, системна функція.

### Вступ

Адаптивні фільтри на сьогоднішній день знайшли застосування в багатьох галузях радіотехнічних і телекомунікаційних систем [1]. Проте, всі способи застосування адаптивних фільтрів, в будь-якому випадку, зводяться до розв'язання задачі ідентифікації, тобто визначення характеристик певної системи. При розв'язанні задач активної радіолокації в якості такої системи цілком можна розглядати об'єкт радіолокаційного спостереження, оскільки він, як і будь-яка інша система, вносить у віддзеркалений сигнал інформацію про геометричну форму своєї поверхні, траєкторію та швидкість руху і т.д. При цьому вся ця інформація закладається у вигляді різних фазових, частотних та амплітудних трансформацій ехо-сигналу. А отже, визначивши під час накопичення та обробки ехо-сигналів форму їх амплітудних, частотних та фазових змін по відношенню до зондуючих сигналів, стає можливим розв'язання задачі ідентифікації цілей в процесі радіолокаційного спостереження.

### Основна частина

На основі майже всіх методів радіолокаційної ідентифікації можливе застосування складних зондуючих сигналів з оптимізованими кореляційними властивостями, що необхідні для формування чітких радіолокаційних портретів цілей (РЛПЦ). Так, широке розповсюдження для отримання РЛПЦ знайшли частотно-модульовані (ЛЧМ) зондуючі сигнали [2, 4]. Техніка їх генерації і стиснення на сьогоднішній день дозволяє досягати значень девіації частоти сигналу в сантиметровому діапазоні електромагнітних хвиль порядку 1 ГГц, забезпечуючи при цьому роздільну здатність по дальності на рівні десятиків сантиметрів. Дальні портрети отримують також з використанням сигналів частотною маніпуляцією зі ступінчастим законом зміни частоти, при цьому парціальні імпульси можуть бути зімкнутими або розімкненими в часі. В останньому випадку обробка сигналу спрощується і включає оптимальну обробку одиночних гладких імпульсів на різних частотах зондування, а РЛПЦ отримують шляхом зворотного перетворення Фур'є відліків з квадратурних виходів фазового детектора (ФД) в цифровому вигляді [4]. Всі ці методи, як видно з основних підходів їх реалізації, базуються на підвищенні «контрастності» зондуючого сигналу (збільшення роздільної здатності) з метою деталізації геометричної форми об'єктів спостереження. Хоча можливо розв'язати цю задачу й іншим шляхом, визначивши фазочастотні властивості поверхні об'єкту, шляхом аналізу фазових та амплітудних спотворень зондуючого сигналу на різних частотах. Для цього доцільно застосувати алгоритми адаптивної фільтрації в поєднанні з методом обробки радіолокаційних сигналів, наведеним в роботах [2, 3], який дає змогу з достатньою точністю встановлювати фазочастотні характеристики зондуючих сигналів, безпосередньо в кожному періоді зондування. Відповідно, задача отримання РЛПЦ на основі адаптивного фільтру в кожному періоді зондування зводиться до адаптації фільтру в момент прийому (встановлення факту наявності ехо-сигналу) до форми отриманого сигналу і подальшого аналізу отриманої помилки (відхилення ехо- і зондуючого сигналів), яка представляє собою перехідну характеристику адаптивного фільтру після адаптації. Проте, слід зазначити, що для кожної цілі в одному періоді зондування повинен формуватись свій окремий алгоритм адаптивної фільтрації, а отже структура (алгоритм роботи) радіолокаційної станції РЛС повинна бути також адаптивною в межах

допустимої кількості одночасно спостерігаємих цілей.

Із теорії адаптивних фільтрів відомі два варіанти ідентифікації – пряма і зворотня (рис. 1).

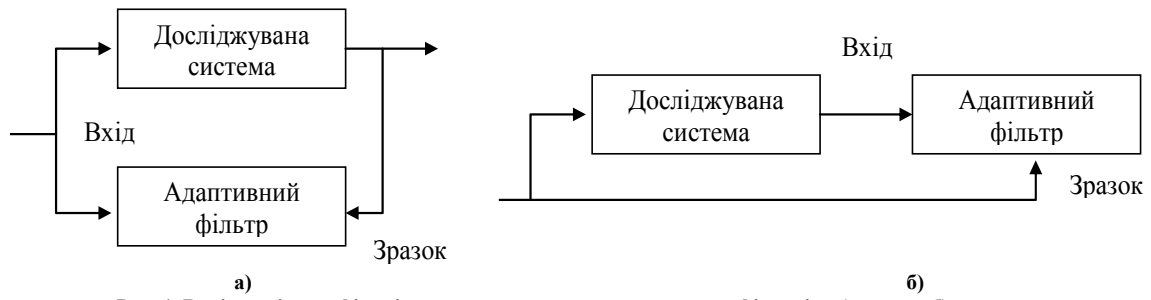


Рис. 1. Варіанти ідентифікації систем за допомогою адаптивних фільтрів: а) пряма; б) зворотня

В першому випадку адаптивний фільтр включається паралельно досліджуваній системі. Вхідний сигнал являється спільним для досліджуваної системи і адаптивного фільтра, а вихідний сигнал системи служить для адаптивного фільтра зразковим сигналом. В процесі адаптації часові і частотні характеристики фільтра будуть наближатись до відповідних характеристик досліджуваної системи. При зворотній ідентифікації адаптивний фільтр включається послідовно з досліджуваною системою. Вихідний сигнал системи поступає на вхід адаптивного фільтра, а вхідний сигнал системи являється зразковим для адаптивного фільтра. Таким чином, фільтр намагається компенсувати вплив системи і відновити вихідний сигнал, усунувши внесені системою спотворення.

Алгоритми синтезу і аналізу адаптивних алгоритмів призначені, в першу чергу, для пошуку точки мінімуму робочої функції (перехідної характеристики адаптивного фільтра) і стеження за нею при прийомі стаціонарних і нестаціонарних сигналів [1]. З точки зору простоти практичної реалізації (і взагалі можливості практичної реалізації в умовах значних часових обмежень) одним із найефективніших є метод найменших квадратів, який представляє собою простий метод корекції вагових коефіцієнтів лінійного адаптивного пристрою обробки. Метод найменших квадратів широко застосовується у всіх видах адаптивних систем. Розглянемо адаптивний фільтр побудований за схемою адаптивного лінійного суматора (рис. 2), який реалізується двома основними способами залежно від того, як подаються вхідні сигнали – паралельно (система з багатьма входами) або послідовно (система з одним входом) [1]. Ці два способи показано на рис. 2. В обох випадках, вихідний сигнал суматора  $y_k$  є лінійною комбінацією відліків вхідного сигналу  $x_k$ . Відповідно методу найменших квадратів отримуємо вираз для розрахунку помилки:

$$\epsilon_k = d_k - X_k^T W_k, \tag{1}$$

де  $X_k^T$  – вектор відліків вхідного сигналу;

$W_k$  – оператори робочої функції фільтра.

Для отримання адаптивного алгоритму можна було б знайти оцінку градієнта помилки  $\zeta = E[\epsilon_k^2]$ , обчисливши різниці між сусідніми середніми значеннями  $\epsilon_k^2$ . Замість цього, в якості оцінки візьмемо саме значення  $\epsilon_k^2$ . Тоді на кожній ітерації адаптивного процесу оцінка градієнта:

$$\hat{\nabla}_k = \begin{bmatrix} \frac{d\epsilon_k^2}{dw_0} \\ \frac{d\epsilon_k^2}{dw_1} \\ \dots \\ \dots \\ \frac{d\epsilon_k^2}{dw_L} \end{bmatrix} = 2\epsilon_k \begin{bmatrix} \frac{d\epsilon_k}{dw_0} \\ \frac{d\epsilon_k}{dw_1} \\ \dots \\ \dots \\ \frac{d\epsilon_k}{dw_L} \end{bmatrix} = -2\epsilon_k X_k \tag{2}$$

Частотні похідні помилки  $\epsilon^2$  по вагових коефіцієнтах знаходяться безпосередньо з виразу (1).

Маючи таку просту оцінку градієнта, можна визначити адаптивний алгоритм, аналогічний формулі методу найшвидшого спуску. Формула алгоритму за методом найменших квадратів [3, 4] має наступний вигляд:

$$W_{k+1} = W_k - \mu \hat{\nabla}_k = W_k + 2\mu \varepsilon_k X_k \quad (3)$$

Тут, як і раніше, параметр  $\mu$  визначає швидкість і стійкість процесу адаптації. Оскільки зміни вагових коефіцієнтів на кожній ітерації здійснюються по неточних оцінках градієнта, слід очікувати, що в адаптивному процесі виникає шум, тобто адаптація протікає не по дійсній траєкторії, що відповідає найшвидшому спуску.

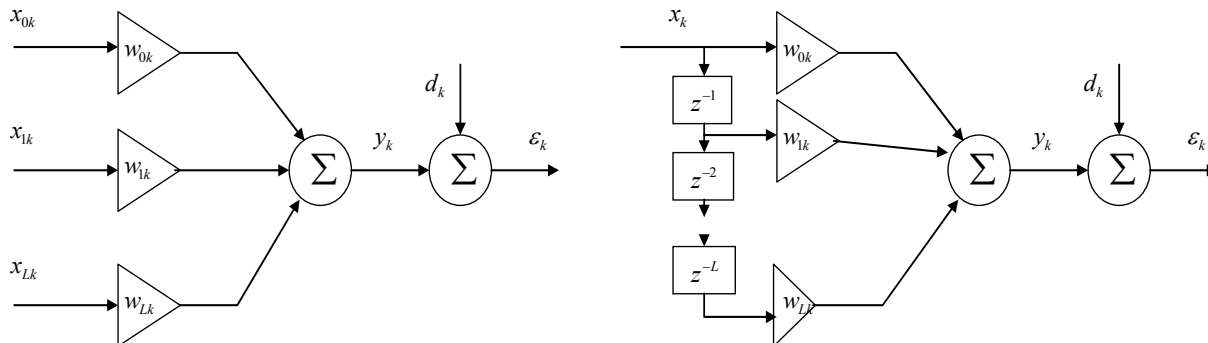


Рис. 2. Загальний вид адаптивного лінійного суматора а) і трансверсальний фільтр б)

Із співвідношення (3) виходить, що метод найменших квадратів можна реалізувати в реальних системах, не проводячи операції зведення в квадрат, усереднення і обчислення похідних, і тому він простий і ефективний. Як зазначено вище, кожен компонент вектора градієнта знаходиться по єдиному відліку даних і без введення приросту у вектор вагових коефіцієнтів. Якщо не приводиться усереднення, то компоненти градієнта обов'язково містять велику складову шуму, але цей шум зменшується самим процесом адаптації з часом, дія якого в цьому відношенні еквівалентна дії низькочастотного фільтру.

Фактично, якщо в якості досліджуваної системи розглядати об'єкт радіолокаційного спостереження, то отриманий таким чином набір векторів системної функції  $W_k$  буде в повній мірі відображати фазочастотні властивості поверхні об'єкта спостереження, що при застосуванні зворотного перетворення Фур'є дає змогу отримати часовий (просторовий) портрет поверхні об'єкту. Структура прийомопередавача радіолокаційної станції будується за схемою наведеною на рис. 3.

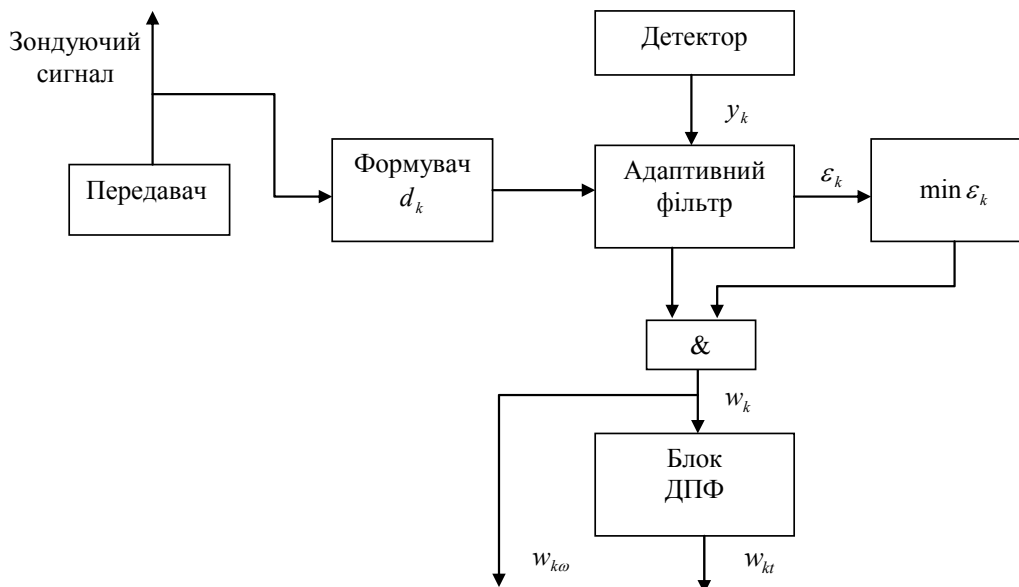


Рис. 3. Структурна схема прийомопередавача радіолокаційної станції для реалізації методу адаптивної фільтрації

В основі роботи схеми покладено використання адаптивного фільтру, який адаптує свою робочу функцію до такого вигляду, щоб максимально компенсувати спотворення сигналу при відбитті від поверхні об'єкта спостереження. При цьому, в момент, коли адаптація фільтру здійснилась до рівня мінімальної помилки, робоча функція фільтру представляє собою обернений фазочастотний портрет поверхні об'єкта спостереження. Для переведення його в часовий (просторовий) вигляд, необхідно здійснити обернене

перетворення Фур'є.

### Висновки

Таким чином, розроблений метод дає змогу на базі алгоритму адаптивної фільтрації здійснити ідентифікацію радіолокаційних цілей з використанням швидкого та зручного методу найменших квадратів, який достатньо легко може бути практично реалізованим. Такий же алгоритм може бути використаним при розв'язанні зворотної задачі – відтворення форми зондуємого сигналу після відбиття від об'єктів зі складною геометричною формою поверхні, при здійсненні міжперіодної та міжглядової обробки ехо-сигналів.

### Література

1. Уидроу Б. Адаптивная обработка сигналов / Б. Уидроу, С. Сеирнз; [пер. с англ.]. – М.: Радио и связь, 1989. – 440 с.
2. Чесановський І. І. Обробка радіолокаційних сигналів з урахуванням внутрішньоімпульсних фазочастотних нестабільностей / О. М. Шинкарук, І. І. Чесановський // Зб. наук. пр. Військ. ін-ту Київського нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка – К.: ВІКНУ, 2009 – Вип. № 17. – С. 89– 92.
3. Чесановський І. І. Трансформування функції невизначеності радіосигналів з урахуванням внутрішньоімпульсної фазочастотної нестабільності / І. І. Чесановський // Зб. наук. пр. Нац. акад. Держ. прикордон. служби України ім. Б. Хмельницького. – Хмельницький: НАДПСУ, 2009. – № 50. – С. 58– 62.
4. Справочник по радиолокации / [под ред. М.Скольника]. – М.: Сов. радио, 1976. – 456 с.

Надійшла 8.9.2010 р.

УДК 631.521

О.В. КОСТРИБА, І.В. ТРОЦИШИН  
Хмельницький національний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕРГЕНЦІЇ СУЧАСНИХ ТЕЛЕФОННИХ МЕРЕЖ ТА СИСТЕМ БЕЗДРОТОВОГО ДОСТУПУ

*Стаття присвячена детальному розгляду історії та хронології розвитку систем бездротового доступу до телефонних мереж від примітивних аналогових систем до сучасних типу DECT. Детально розглянуто особливості та технічні характеристики цифрових систем на прикладі ринку телефонних послуг у Європі.*

*Article is devoted to detailed consideration of the history and chronology of the development of systems to wireless telephone systems from primitive to modern analog systems such as DECT considered in detail the features and specifications of digital systems on the example of telephone services market in Europe*

Ключові слова: телефонний зв'язок, доступ, цифрові системи, DECT.

### Вступ

Одним з напрямків розвитку телекомунікацій могло б стати освоєння нових технологій в області внутрішньо закладного (офісного) зв'язку, що широко застосовуються у світовій практиці. Наприклад, таких як використання зарубіжних розробок провідних фірм-виробників радіотехнічного обладнання (Panasonic, Siemens, Alcatel, Lucent, Samsung та ін) в області бездротового зв'язку на основі стандарту цифрового радіодоступу DECT. Застосування даних технологічних розробок дозволило б середнім і малим підприємствам зміцнити своє становище на ринку і додатково залучити нових клієнтів.

Актуальність представленої роботи визначила наявність у потенційних клієнтів бажання отримати якісний внутрішній зв'язок в орендованих приміщеннях, будинках між керівництвом підприємства і персоналом, можливість оперативного контакту з працівниками, які в силу своїх функціональних обов'язків переміщалися в межах виділеного підприємству приміщення, а також двосторонній зв'язок між співробітниками підприємства з можливістю виходу на міську телефонну лінію.

В якості додаткових умов замовниками висувалися вимоги щодо здійснення телефонізації фірми без трудомісткого і дорогого монтажу (найчастіше неможливого за умовами короткострокової оренди) і можливості оперативного перенесення обладнання на інші площі.

Вищезазначеним вимогам задовольняло обладнання міні-АТС на основі стандарту цифрового радіодоступу DECT [1], що дуже ефективно використовує смугу радіочастот та вирішує завдання щодо забезпечення стійкого високоякісного бездротового зв'язку, захищеного від несанкціонованого доступу зв'язку для дому, офісу та приватних локальних комерційних зон (торгових центрів, банків, бірж та ін.). Стандарт DECT підтримує мовний і факсимільний зв'язок, а також передачу даних. Крім того, він розроблений з урахуванням сучасних телекомунікаційних тенденцій, таких як конвергенція фіксованих і мобільних мереж, інтеграція мовного зв'язку і передачі даних, мультимедійні послуги та одночасний сервіс від декількох операторів. DECT зміцнив свої позиції як глобальний стандарт бездротового доступу – він прийнятий більш ніж в 100 країнах світу.

Разом з тим, маючи значний досвід у наданні послуг з розробки і монтажу аналогових відомчих