

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИФРОВИХ АДАПТИВНИХ ФІЛЬТРІВ З ПАРАЛЕЛЬНО- ПОСЛІДОВНИМ ВАГОВИМ ПІДСУМОВУВАННЯМ СИГНАЛІВ

Семібаламут К.М.

Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка

E-mail: balamut-7@meta.ua

Study performance of digital adaptive filters parallel-series weighted summation signals

The study analytical characteristics of adaptive digital filters with parallel-series summation signals. Results of the study allow us to make recommendations on the selection and configuration of the individual stages of the filter.

Актуальність. Сучасний етап розвитку цивілізації характеризується глобалізацією та інформатизацією суспільства, бурхливим розвитком інтелектуальних технологій. Широке використання у всіх сферах діяльності людини набуває процес отримання та передачі інформації за допомогою інформаційних систем (ІС). Інформаційна складова – важливий стратегічний ресурс. Викривлення або повне порушення інформації, яка циркулює в інформаційній системі, є головною метою інформаційної боротьби протидіючих сторін.

Прикладами ІС можуть бути лінії радіозв'язку, засоби радіолокації, гідролокації, радіо і радіотехнічного моніторингу, сенсорні мережі – один із сучасних представників ІС, який почав розвиватись із середини 90-х років [1].

Насичення ефіру радіовипромінюваннями від великої кількості ІС різного роду, не пов'язаних одна з одною, але працюючих в одному діапазоні радіочастот можуть бути джерелами взаємних завад. Тому, використання адаптивних антенних решіток один з способів придушувати завади, за рахунок формування нулів у діаграмі спрямованості в напрямках на джерела завад [2].

Таким чином, інформаційна безпека держави потребує постійного удосконалення технологій обробки сигналів у ІС, дослідження і пошуку найбільш ефективних алгоритмів цифрової просторової фільтрації сигналів у ІС різного призначення [3-5].

Стисле викладення матеріалу. Відомо, що характерною особливістю градієнтних алгоритмів адаптивної фільтрації з паралельним ваговим підсумовуванням є суттєва залежність швидкості їх збігу від обумовленості кореляційної матриці (КМ) завадових сигналів [6, 7]. Погана обумовленість КМ завадових сигналів є результатом складної сигнально-завадової обстановки, виникнення якої цілком імовірно в умовах дії як навмисних так і ненавмисних завад. Очевидно, що задачу зниження чутливості градієнтних цифрових адаптивних фільтрів до обумовленості КМ можна вирішити за рахунок зменшення розмірності фільтру до величини, при якій плоха обумовленість КМ завадових сигналів просто не може мати місце. Задача зниження розмірності градієнтного адаптивного фільтра зводиться до декомпозиції загальної багатомірної задачі адап-

тивної фільтрації. Один з методів зниження такої чутливості є застосування відомого алгоритму паралельно-послідовного вагового підсумовування [8].

Великий перелік робіт присвячених дослідженню характеристик градієнтних адаптивних фільтрів з паралельно-послідовним ваговим підсумовуванням (ППВП) не дозволяє аналітично оцінювати швидкодію даних фільтрів у різних заводових ситуаціях без використання методів статистичного моделювання.

В якості об'єкту дослідження обрано ІС, з N -канальною антенною решіткою (по числу додаткових каналів прийому) та цифровим адаптивним фільтром з паралельно-послідовним ваговим підсумовуванням на вхід якого поступають сигнали від $M < N$ джерел завад і корисний сигнал, для спрощення, вважаємо присутній у $(N + 1)$ каналі прийому.

Обираючи за критерій ефективності – швидкість адаптації цифрового адаптивного фільтру ІС до впливу завад, можна сформулювати постановку задачі наступними складовими:

1. Розробити метод аналітичного розрахунку, який встановлює зв'язок швидкості зміни потужності завади на виході цифрового адаптивного фільтру з ППВП від параметрів, які характеризують заводову ситуацію, та значень крокового множника μ_i у модулях фільтра.

2. Проаналізувати механізми затягування перехідних процесів та запропонувати шляхи їх подолання або послаблення степені негативного впливу заводової ситуації на швидкодію цифрового адаптивного фільтру з ППВП.

Для вирішення задачі використовувались математичний апарат лінійної алгебри та статистичне моделювання [9-11].

Рішенням поставленої задачі є отримання рекурентних співвідношень розрахунку коефіцієнтів передачі модулів, які знаходяться на першому рядку алгоритмічної схеми, потім для розрахунку коефіцієнтів передачі модулів другого рядку і т.д.

Наукова новизна. Запропоновано новий метод аналітичного розрахунку робочих характеристик цифрових адаптивних фільтрів з ППВП. Розрахункові значення коефіцієнтів передачі усіх модулів алгоритмічної схеми цифрового адаптивного фільтру з ППВП використовуються для розрахунку потужності завади на виході фільтру, в залежності від параметрів КМ заводових сигналів та крокових множників μ_p .

Висновки. На підставі аналізу отриманих результатів аналітичного розрахунку та статистичного моделювання можна стверджувати, що:

1. Аналітичний розрахунок перехідних процесів цифрового адаптивного фільтру з ППВП з точністю до визначеного рівня шумів градієнту співпадає з результатами статистичного моделювання, що підтверджує працездатність запропонованого методу і обраних припущень.

2. Аналіз поведінки коефіцієнтів передачі модулів дозволяє стверджувати, що ефект «перерегулювання» є причиною затягування перехідних процесів цифрового адаптивного фільтру, що знижує ефективність адаптації фільтру на джерело завади.

3. Найбільш суттєвий вплив на швидкодію цифрового адаптивного фільтру з ППВП оказує значення крокового множника в модулі N -го рядку.

4. У випадку поганої обумовленості КМ заводових сигналів підвищення крокового множника μ_N призводить до суттєвого скорочення часу адаптації цифрового адаптивного фільтру тільки при великих значеннях різниці ($N - M$).

5. Запропонований метод може бути корисним на етапі розробки цифрових адаптивних фільтрів з ППВП, обґрунтуванні вибору параметрів налаштування фільтру для максимізації ефективності його роботи без застосування статистичного моделювання, яке може бути достатньо тривалим у випадку великої розмірності фільтру.

Література

1. *Толюпа С. В.* Побудова та моделювання сенсорних мереж на сучасних інформаційних технологіях та забезпечення їх інформаційної безпеки / Толюпа С.В., Пархуць Л.Т., Власов О.М. // Наукові записки УНДІЗ. – 2011. – № 4(20). – С. 9-14.
2. *Монзинго Р. А.* Адаптивные антенные решетки / Р. А. Монзинго, Т. У. Миллер. – М. : Радио и связь, 1986. – 448 с.
3. *Ширман Я. Д.* Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я. Д. Ширман, В. Н. Манжос. – М. : Радио и связь, 1981. – 416 с.
4. *Дулевич В. Е.,* и др. Теоретические основы радиолокации. – М. : Сов. радио, 1964. – 731 с.
5. *Кремер И. Я.* Пространственно-временная обработка сигналов. – М. : Радио и связь, 1984. – 224 с.
6. *Гриффитс.* Простой адаптивный алгоритм для обработки сигналов антенных решеток в реальном времени. – ТИИЭР, 1969, т.57, вып. 10, С.6-16.
7. *Бондаренко Б. Ф.* Організація обчислень у цифровому адаптивному фільтрі / Б. Ф. Бондаренко, К. М. Семібаламут. – Збірник наукових праць. Вип. 2. – Київ. КВІУЗ, 1998. С.3-14.
8. *Бондаренко Б.Ф.* Применение методов функционального анализа для решения задач синтеза системы пространственно-временной обработки сигналов / Б.Ф. Бондаренко, В.П. Прокофьев. – Изв. вузов, Радиоэлектроника, 1982, №7.
9. *Воеводин В. В.* Матрицы и вычисления / В. В. Воеводин, Ю. А. Кузнецов. – М. : Наука, 1984. – 320 с.
10. *Заездный А. М.* Основы расчётов по статистической радиотехнике. – М. : Связь, 1969. – 447 с.
11. *Ермаков С.М.* Курс статистического моделирования / С. М. Ермаков, Г. А. Михайлов. – М. : Наука, 1976. – 320 с.