

Вінницький національний технічний університет
Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАНУ
Вінницьке обласне правління науково-технічного товариства
радіотехніки, зв'язку та приладобудування
Державний науково-дослідний інститут індикаторних приладів

Vinnitsa National Technical University (VNTU)
Glushkov-institute of cybernetics NASU
Vinnitsa regional governing of scientific-technical society of radio
engineering, communication and device-making
State scientific-research institute of indicator devices

Матеріали I Міжнародної конференції

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ (СПРТП-2005)**

м. Вінниця, 2-5 червня 2005 року

Proceedings of I International Conference

**MODERN PROBLEMS
OF RADIOELECTRONICS,
TELECOMMUNICATIONS AND INSTRUMENT
MAKING (MPRTI-2005)**

Vinnitsa 2—5 June 2005

**УНІВЕРСУМ-Вінниця
2005**

УДК 621.38+621.39+681.2
С 91

Друкується за рішенням Вченої Ради Вінницького національного
технічного університету Міністерства Освіти і науки України

Відповідальний редактор В. М. Кичак.

Рецензенти: В. О. Поджаренко, д. т. н.
Р. Н. Кветний, д. т. н.

Матеріали статей опубліковані в авторській редакції

С 91 Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2005). Матеріали першої міжнародної науково-технічної конференції. м. Вінниця, 2–5 червня 2005 року. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. — 189 с.

ISBN 966-641-130-X

Збірка містить матеріали доповідей I Міжнародної конференції з сучасних проблем радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування за п'ятьма основними напрямками: математичне моделювання та обробка сигналів в радіоелектронних та телекомунікаційних системах; системи та засоби збору, передачі та обробки виміральної інформації; програмне забезпечення радіоелектронних телекомунікаційних та біотехнічних систем; радіоелектронні системи та пристрої негatronіки; сучасні проблеми підготовки фахівців у галузі радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування.

УДК 621.38+621.39+681.2

ISBN 966-641-130-X

© Автори статей, 2005
© Упорядкування, Вінницький національний
технічний університет, 2005

А. Воловик, Ю. Воловик, В. Логвиненко, М. Шутило (Україна, Вінниця)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СУБОПТИМАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ ДИСКРЕТНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

У системі посадки сантиметрового діапазону невід'ємною частиною бортового пристрою обробки посадочних даних є спеціалізований обчислювач [1], виконаний на базі мікропроцесорних засобів, одна із задач якого – фільтрація первинних вимірювань кутових координат за алгоритмом Калмана:

$$\mathbf{x}_0(k+1/k+1) = \mathbf{A}(k+1, k) \mathbf{x}_0(k/k) + \mathbf{K}(k+1) [\mathbf{y}(k+1) - \mathbf{C}(k+1) \mathbf{A}(k+1, k) \mathbf{x}_0(k/k)]; \quad (1)$$

$$\mathbf{P}(k+1/k+1) = [\mathbf{I} - \mathbf{K}(k+1) \mathbf{C}(k+1)] \mathbf{P}(k+1/k); \quad (2)$$

$$\mathbf{K}(k+1) = \mathbf{P}(k+1/k) \mathbf{C}^T(k+1) [\mathbf{C}(k+1) \mathbf{P}(k+1/k) \mathbf{C}^T(k+1) + \mathbf{R}(k+1)]^{-1}; \quad (3)$$

$$\mathbf{P}(k+1/k) = \mathbf{A}(k+1, k) \mathbf{P}(k/k) \mathbf{A}^T(k+1) + \mathbf{B}(k+1) \mathbf{Q}(k) \mathbf{B}^T(k+1), \quad (4)$$

Незважаючи на вражаючі можливості мікропроцесорів, практична реалізація обчислень за алгоритмом Калмана у темпі надходження посадочних даних може викликати певні труднощі, причиною яких можуть бути:

- багатofункціональність бортового пристрою обробки сигналів при відносно високому темпі оновлення посадочних даних ($T=0.0247$ с);
- обмежена розрядність та швидкодія пристроїв аналого-цифрового (АЦП) та цифро-аналогового перетворень (ЦАП);
- велика кількість априорних даних та результатів проміжних розрахунків;
- особливості застосованих обчислювальних методів.

У зв'язку з цим, перш ніж переходити від теоретичної структури до її практичної реалізації з врахуванням особливостей мікропроцесорних засобів, слід провести пошук спрощених алгоритмів дискретної фільтрації, порівняти їх точності характеристики з оптимальними, сформулювати на основі порівняльного аналізу вимоги до розрядності регістрів пам'яті та продуктивності обчислювача. Поставлена задача вирішувалась у два етапи.

На першому етапі використовувалась незалежність матриці передачі фільтра Калмана та кореляційної матриці похибок фільтрації від послідовності вхідних даних [3]. Така властивість дозволила обрахувати для заданих априорних даних значення матричного коефіцієнта передачі заздалегідь для усіх ділянок посадочного маневру та занести їх до комірок пам'яті постійного запам'ятовуючого пристрою, що дозволило значно зменшити навантаження обчислювача за рахунок вилучення проміжних розрахунків (2) - (4), які виконуються у реальному часі. При цьому процедура фільтрації спрощується і зводиться до обчислень поточної оцінки за формулою (1).

По-друге, є можливість суттєво скоротити необхідний об'єм пам'яті, якщо виконати належним чином апроксимацію часових залежностей $K_1(k)$ та $K_2(k)$ кусочно - постійними функціями. Подібні питання уже розглядалися у роботах [2,3]. Так у роботі [3] вибір придатних значень елементів передачі рекурентного фільтра виконувався на основі розв'язку системи лінійних рівнянь, причому для знаходження кореляційних моментів R_{xx} та R_{xx^*} , які входять до цих рівнянь, використовувався метод розширення вектору стану. Складність процедури ітераційних обчислень не видається виправданою для траси польоту цілком певного типу, якою є траєкторія заходу на посадку повітряного судна з наступним приземленням.

На відміну від вищезгаданих праць, у даній роботі пошук субоптимальних фільтрів виконувався шляхом апроксимації елементів матриці передачі фільтра Калмана кусочно-постійними функціями з кроком 2^{-N} , а кореляційна матриця похибок субоптимальної фільтрації розраховувалась за формулою, справедливою для довільного матричного коефіцієнта передачі $\mathbf{K}(k)$ рекурентного фільтра [3]:

$$\mathbf{P}(k+1/k+1) = [\mathbf{I} - \mathbf{K}(k+1) \mathbf{C}(k+1)] \mathbf{P}(k+1/k) [\mathbf{I} - \mathbf{K}(k+1) \mathbf{C}(k+1)]^T + \mathbf{K}(k+1) \mathbf{R}(k+1) \mathbf{K}^T(k+1) \quad (5)$$

Звернувшись до рис.1, неважко помітити що при $N = 4$ кількість комірок пам'яті, необхідних для зберігання залежностей $K_1(k)$ та $K_2(k)$ складає близько 150. Причому вони розподіляються наступним чином:

- для зберігання значень $K_1(k)$ потрібно приблизно 40 комірок;
- для зберігання значень $K_2(k)$ потрібно приблизно 110 комірок.

Точності характеристики отриманих фільтрів порівнювались з відповідними характеристиками оптимального фільтра Калмана. Результати порівнянь подано на рис. 2 у вигляді залежностей від часу нормованих похибок фільтрації кута місця повітряного судна для ділянки планування, тобто руху з постійним кутом нахилу глісади у 3°

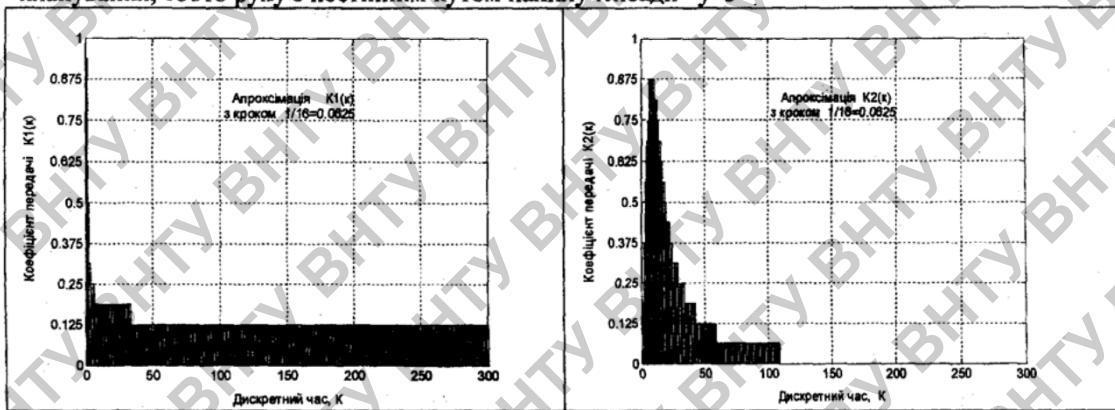


Рис.1. Апроксимація матричного коефіцієнта передачі $K(k)$ з кроком дискретизації 2^{-4}

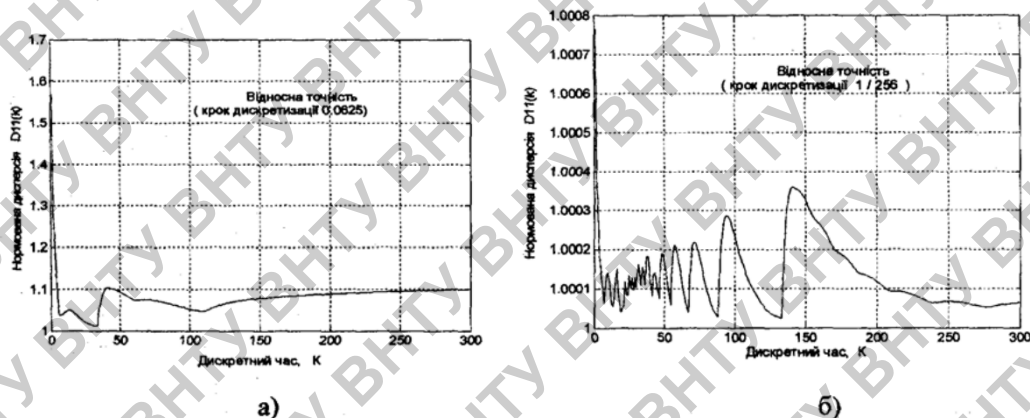


Рис. 2. Відносна точність субоптимальних фільтрів при розрядності регістрів зберігання матриці передачі $K(k)$ $N=4$ та $N=8$

З рис. 2а видно, що при $N=4$ маємо суттєві втрати точності порівняно з фільтром Калмана у перехідному режимі в межах 1.1 - 1.6 раз, а в усталеному - 1.1 рази. Там же (рис. 2 б) подано результати порівняльного аналізу для $N=8$, у цьому випадку якісні показники процесу фільтрації практично співпадають з оптимальними.

Таким чином, з точки зору точності фільтрації кутових координат повітряного судна за результатами первинних вимірювань, розрядність регістрів цифрового процесора повинна бути не меншою восьми.

Література

1. Сантиметровые системы посадки самолетов /В.М. Бенин, Е.И. Шолупов, В.А.Кожевников, И.А.Хаймович.- М.: Машиностроение, 1985.-224с.
2. Хэтвилл Дж., Рокуэл Д., Абрамсон Р. Субоптимальная линейная фильтрация с ограниченным состоянием. - Ракетная техника и космонавтика, 1971, т.9, №4.
3. Ярлыков М.С. Статистическая теория радионавигации. - М.: Радио и связь, 1985.- 344с.