

Алгоритм навчання систем термінального керування з підвищеною швидкістю збіжності

Д.П. Кучеров¹, А.Б. Коров'яков²

Abstract – In this report the algorithm of training of system of terminal control based on application of methods multiple estimation, dot identification and training of pattern recognition is offered. The algorithm differs by the improved speed of convergence. The results of modeling are given.

Ключові слова – Навчання розпізнаванню образів, точкова ідентифікація, множинне оцінювання, термінальне керування.

I. ВСТУП

В доповіді розглядається задача переводу динамічного об'єкта з довільного початкового стану в заданий кінцевий з урахуванням деякого критерію якості. Необхідність вирішення такої задачі виникає при забезпеченні стиковки літальних апаратів, причалюванні кораблів, при керуванні робототехнічними пристроями. Такі задачі відносять до класу термінальних, а керування, яке синтезується під час рішення, – термінальним керуванням [1, 2].

Якщо в задачі термінального керування критерієм обирається час перехідного процесу, то в якості закону керування обирається закон зміни знаку максимального за амплітудою сигналу у часі відповідно до теорії побудови оптимальних за швидкістю систем керування. Згідно з цією теорією, невідомою величиною стає момент зміни знаку сигналу керування, який можна знаходити у часовій або у фазовій площинах. В [3] показано, що за рівних умов функціонування, найбільшу точність слід очікувати при побудові закону керування в фазовій площині. В цьому разі знак сигналу керування визначається знаком деякої функції, яку називають функцією перемикачів. Її положення в фазовій площині визначається параметрами об'єкта керування.

Виявляється, що навіть у самому найкращому випадку [3, 4], коли параметри об'єкта керування точно відомі, досягти мінімального часу керування принципово не можливо із-за «хвибних» перемикачів сигналу керування та наявності межових циклів в околиці кінцевого стану за рахунок неідеального виконання елементів системи. Це спонукає до прийняття спеціальних заходів щодо виключення межових циклів шляхом введення області цілі в околиці кінцевого стану, узгодженою з початковим станом об'єкта керування та похибками обчислювання. В цій області може бути змінений закон керування на інший, наприклад, лінійний, а на основній ділянці роботи системи введений так званий «ковзний» режим закону керування, згідно з яким об'єкт наближається до області цілі з мінімальним прискоренням та швидкістю, що

приводить до затягування процесу керування на 20-50% від оптимального значення. Слід зазначити, що «ковзний» режим є енергетично неприпустимим режимом функціонування та використання його в багатьох випадках є недоцільним [1, 4].

II. ЗМІСТ ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОПОВІДІ

Загальним для задачі термінального керування є випадок, коли параметри об'єкта керування точно невідомі та у вимірювальних каналах координат об'єкта керування має місце завадовий обмежений за амплітудою шум, статистичні параметри якого невідомі. Ефективний спосіб виключення цього фактору полягає у введенні в закон керування деякої сигнум-функції, що приводить до збільшення області цілі.

В разі, коли параметри об'єкта керування невідомі, доцільно використовувати адаптивний підхід. Можна помітити, що всім можливим фазовим станам об'єкта керування відповідає тільки два можливі значення сигналу керування $\{+1, -1\}$, тоді задачу термінального керування в термінології навчання розпізнаванню образів (класів) можна інтерпретувати як задачу розпізнавання зразків двох класів (типів) сигналів. При цьому методи навчання, які було розроблено для задач розпізнавання, можна використовувати і для рішення задач термінального керування. Приклад рішення такої задачі наведено в [4]. Навчання має два негативні випадки. Це «ковзний» режим (Рис.1, Рис.2) та режим з непопаданням в область цілі за визначену кількість змін знаку сигналу керування, що дозволяє використовувати саме цю інформацію в якості навчальної та реалізувати її як квазівки зовнішнього вчителя.

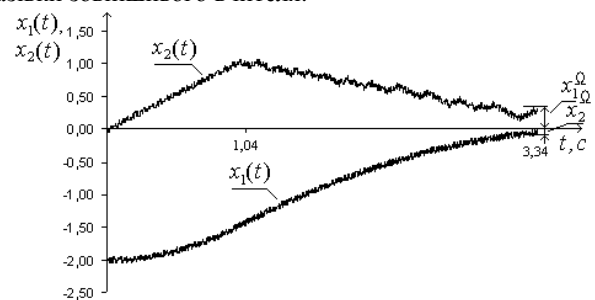
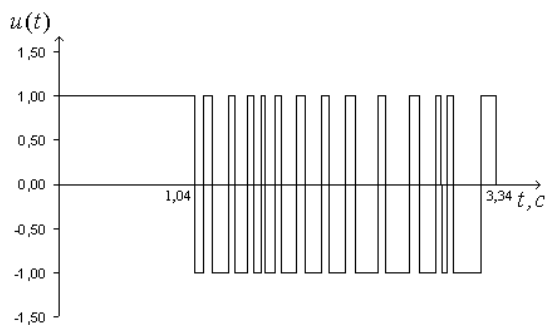


Рис. 1. Ковзний режим в часовій площині

¹ Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, пр-т Повітрофлотський, 28, Київ, 03049, УКРАЇНА, E-mail: d_kuchеров@.ukr.net

² Національний університет оборони України, пр-т Повітрофлотський, 28, Київ, 03049, УКРАЇНА, E-mail: d_kuchеров@.ukr.net

Рис.2. Сигнал $u(t)$ в ковзному режимі

Використовуючи в якості навчальної точки першого перемикання сигналу керування, можна організувати процедуру навчання системи керування

$$c_n = \begin{cases} c_{n-1}, & \text{якщо процес завершується випадком 1;} \\ \text{Pr}_\Omega(c_{n-1} \pm w(t_n)), & \text{якщо процес завершується випадком 2} \end{cases} \quad (1)$$

на основі рішення систем нескінчених рекурентних нерівностей.

Алгоритм навчання (1) дозволяє виключити ковзні режими з припустимих режимів функціонування, є збіжним, але в той же час має один суттєвий недолік – є досить тривалим.

В рамках ідентифікаційного підходу до рішення задач адаптивного керування в [5] були розроблені модульні алгоритми рішення цільових рекурентних нерівностей в дискретному часі типу «Смужка»

$$\beta_j(n) = \left\langle \left| \tilde{x}_j - x_j \right| \leq \varepsilon \right\rangle (\beta_{j-1}(n)). \quad (2)$$

Дані алгоритми потребують розробки дискретної моделі керованого об'єкта. У випадку динамічного об'єкта, що розглядається, модель об'єкта може бути отримана шляхом перетворення диференціальних рівнянь у їх дискретну форму. Застосування цих алгоритмів після проведення дискретизації вихідних сигналів об'єкта керування дозволяє організувати процедуру навчання системи термінального керування в межах одного кроку навчання системи термінального керування. Процедура навчання (2) являє собою модульну різницю між вихідними сигналами моделі та об'єкта керування. В ході навчання здійснюється підстроювання параметрів моделі, які далі перераховуються у параметри функції перемикання з врахуванням відомого періоду дискретизації. Алгоритм не потребує знань про негативні наслідки навчання, він орієнтується на введену конструктором системи похибку, яка в інтересах швидкості збігання має бути достатньо великою. Цей факт не дає можливості виключити ковзний режим з числа припустимих режимів функціонування, тому не може самостійно використовуватись в задачі навчання системи термінальному керуванню. Ідентифікаційна процедура (2) може бути доповнена описаним вище методом термінального керування на основі теорії навчання розпізнаванню зразків сигналів керування. Ефективність отриманого комплексного методу навчання дозволяє в 1,5-2 рази скоротити кількість послідовних кроків навчання [6].

Альтернативним підходом методам точкової ідентифікації [5, 6] є метод множинної ідентифікації, запропонований в [7]. Згідно цього методу настроюванні параметри обираються з множин, які уточнюються на кожному наступному кроці навчання

$$V_j = \left[\beta_j^1, \bar{\beta}_j^1 \right] \times \dots \times \left[\beta_j^N, \bar{\beta}_j^N \right]. \quad (3)$$

Вихідна множина утворюється сукупністю підмножин початкових значень параметрів, обмежених деякими значеннями нижніх та верхніх границь. На кожному наступному кроці відбувається уточнення границь множин припустимих параметрів так, що кожна наступна множина припустимих параметрів є її підмножиною, тобто повністю знаходиться в попередній множині.

Така процедура уточнення границь стає можливою, якщо протягом кроку навчання отримати набір параметрів, серед яких можна визначити їх мінімальні та максимальні значення. Процедура множинної ідентифікації (3) видає гарантовано кращі оцінки за попередні. Але вибір оцінки параметрів із отриманої множини довільним чином не виключає встановлення ковзного режиму функціонування системи. Тому цей метод також самостійно використовувати не доцільно.

III. ВИСНОВОК

Новий алгоритм навчання системи термінального керування має кращі властивості збіжності за рахунок паралельного функціонування розглянутих методів. В доповіді наводяться результати моделювання, проводиться оцінка ефективності розробленого алгоритму.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] "Справочник по теории автоматического управления", под ред. А.А. Красовского, М., Наука, 1987, 712 с.
- [2] П.Д. Крутько, "Алгоритмы терминального управления линейных динамических систем", *Известия РАН. Теория и системы управления*, 1998, №6, С.33-45.
- [3] Д.П. Кучеров, "О двух подходах к задаче синтеза системы управления курсом корабля: оптимальность по времени и ПД-регулятор", *Системы управления, навигации та зв'язку*. – 2009. - № 3 (11). – С. 80-85.
- [4] Д.П. Кучеров, "Решение одной задачи синтеза адаптивной системы управления, квазиоптимальной по быстродействию, при наличии ограниченного шума", *Кибернетика и вычисл. техн.*, 1999, Вып. 122, С. 13 – 22.
- [5] В.Н. Фомин, А.Л. Фрадков, В.А. Якубович "Адаптивное управление динамическими объектами", М., Наука, 1981, 448 с.
- [6] Патент № 54135 Україна, МПК (2009) G05B 13/00, G05B 11/00. "Спосіб адаптивного керування з настроюваною моделлю в системах термінального керування", заявник та патенто власник Кучеров Д.П. та ін. - № 201005554 від 07.05.10; опубл. 25.10.10, Бюл. №20, с. 1-16.
- [7] В.М. Кунцевич, "Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации", К., *Наук. думка*, 2006. 264 с.