## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АДАПТИВНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

**Мета роботи:** дослідження умов збіжності алгоритмів адаптивної ідентифікації.

# 4.1 Теоретичні відомості

Однією із складових частин процесу моделювання ОУ є його ідентифікація. У загальному випадку ідентифікація динамічних об'єктів полягає у визначенні їхньої структури і параметрів по даним, що спостерігаються, тобто по вхідному впливу і вихідній величині ОУ. Ця задача виникає при створенні адаптивних систем, тобто таких, у яких на основі ідентифікації ОУ виробляються оптимальні управляючі дії. До різноманітних варіантів задачі ідентифікації приводять статистичні методи опрацювання інформації в різноманітних областях науки і техніки.

Адаптивна ідентифікація здійснюється за допомогою моделі відповідної структури, параметри якої в процесі ідентифікації змінюються таким чином, щоб із найменшою похибкою відображати параметри ОУ. Функціональна схема процесу адаптивної ідентифікації наведена на рис. 4.1.

Різниця вихідних величин ОУ і моделі утворює нев'язку

, (4.1)

де  - значення входу і виходу ОУ, отримані в результаті спостережень;

с - вектор параметрів моделі, що настроюється.

Будемо вважати, що ОУ стаціонарний, тобто його параметри, не залежать від часу.

Якість адаптивної ідентифікації (ступінь наближення моделі в процесі настроювання ОУ) оцінюється по середніх втратах

, (4.2)

де  - математичне очікування;

- функція втрат (ступінь небажаності нев’язки).

Функція втрат може обчислюватися по різним формулам.



Рис. 4.1. Функціональна схема процесу адаптивної ідентифікації

Найчастіше використовують:

- порогову функцію втрат (рис. 4.2, а):



- лінійну функцію втрат (рис. 4.2, б)

,

- квадратичну функцію втрат (рис. 4.2, в)

*.*

В лабораторній роботі використовується квадратична функція втрат, тобто втрати пропорційні квадрату нев'язки:

. (4.3)

Алгоритм ідентифікації полягає в тому, що на основі доступних для спостереження значень вхідних і вихідних величин змінюють параметри моделі, що настроюється, так, щоб із ростом числа кроків настроювання моделі середні втрати  досягали мінімального значення.

Таким чином, для рішення задач ідентифікації необхідно:

- визначити клас ОУ, що досліджуються;

- на основі відомостей про ОУ сформувати модель, що настроюється (визначити її структуру);

- вибрати критерій якості ідентифікації квадрату втрат);

- побудувати алгоритм ідентифікації.

Рівняння лінійного динамічного ОУ з двома входами (рис. 4.3) представляється у вигляді лінійного різницевого рівняння

, (4.4)

де  - вихід ОУ;

- дискретний час;

 - вхідний вплив;

 - збурююча дія, (завада).

Оптимальною моделлю, що настроюється, будемо вважати таку модель, для котрої  досягає мінімально можливого значення при певних значеннях її параметрів.

Для ОУ з рівнянням (4.4) рівняння оптимальної моделі має вигляд

. (4.5)

Введемо позначення вектора параметрів моделі

. (4.6)

Оптимальне рішення задачі ідентифікації для даної моделі, що настроюється позначимо

. (4.7)

У відповідність з обраним критерієм якості ідентифікація (формула (4.2)) можна записати

. (4.8 )

Оптимальне рішення  можна знайти з критерію якості (4.8) за допомогою методу найменших квадратів, що призводить до рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь.



Рис. 4.2. Функції втрат

- порогова;

- лінійна;

- квадратична.



Рис. 4.3. Блок-схема лінійного динамічного ОУ з двома входами

Умова, що визначає оптимальне рішення задачі ідентифікації (), має вигляд

, (4.9)

де  - градіент середніх втрат;

- градіент функції втрат,

.

Векторне рівняння (4.9) еквівалентно системі нелінійних алгебраїчних рівнянь щодо компонент вектора . У зв'язку з трудностями, що виникають при аналітичному рішенні рівняння (4.9), переходять до наближених методів. Це значить, що рівняння (4.9) заміняється різницевим рівнянням, рішення якого  з плином часу прагне до оптимального рішення .

Якщо градіент середніх втрат  відомий (на основі попередніх спостережень за ОУ і моделлю, що настроюється), то алгоритм адаптації (ітеративний алгоритм) має вигляд

, (4.10)

де  - матриця підсилення;

c0- початкова умова (звичайно вибирається довільно).

Блок-схема ітеративного алгоритму показана на рис. 4.4, де ЕЗ - елемент затримки.

Якщо градіент середніх втрат невідомий (цілком невідома щільність розподілу перешкод і спостережень), то алгоритм ідентифікації (рекуррентний алгоритм) має вигляд

. (4.11)

Блок-схема рекуррентного алгоритму показана на рис. 4.5.



Рис. 4.4. Блок-схема ітеративного алгоритму



Рис. 4.5. Блок-схема рекуррентного алгоритму

Практичну реалізацію алгоритмів, що відповідають формулам (4.10) і (4.11), доцільно здійснити на ЕОМ.

# 4.2. Програма дослідження методів адаптивної ідентифікації

Алгоритм програми дослідження методів адаптивної ідентифікації наведений на рис. 4.6.

У програмі досліджуються два методи адаптивної ідентифікації:

- по ітеративному алгоритму, що описується формулою (4.10);

- по рекурентному алгоритму, що описується формулою (4.11).

При дослідженні цих методів використовуються такі ОУ:

- регресивний (Р - об’єкт)

; (4.12)

- регресивно-авторегресивний (РАР - об’єкт)

. (4.13 )

Відповідно до (4.5), тобто з загальним рівнянням оптимальної моделі, для розглянутих ОУ рівняння оптимальних моделей будуть мати такий вигляд:

- для Р - об’єкта

; (4.14)

- для РАР - об'єкта

. (4.15 )

Функція втрат

. (4.16 )

У даній лабораторній роботі використовуються такі вхідні дії для ОУ і моделі:

- одинична східчаста дія

; (4,17)

- цифровий шум, одержуваний від генератора випадкових чисел;

- гармонійний вплив

, (4.18)

де А - амплітуда сигналу;

f - частота сигналу;

ϕ0 - початкова фаза;

n=0,1,...,N-1;

N - число дискретних відліків сигналу.

Розглянемо одержання виразу для обчислення коефіцієнтів оптимальної моделі Р - об'єкта для рекурентного методу.

Функція втрат буде мати вигляд (див. формули (4.12), (4.14), (4.16)):

; (4.19)



Рис. 4.6. Алгоритм програми дослідження методів адаптивної ідентифікації

 (4.20)

Градіент функції втрат

 (4.21)

Підставляючи результат із (4.21) у (4.11) і враховуючи, що вектор коефіцієнта моделі , одержуємо вираз для визначення коефіцієнта  оптимальної моделі Р - об'єкта:

, (4.22)

де γ - коефіцієнт підсилення.

Розглянемо РАР - об'єкт і його оптимальну модель. Вектор коефіцієнтів моделі .

Вираз для визначення коефіцієнтів оптимальної моделі мають вигляд (для рекурентного методу):

 (4.23)

 (4.24)

де γa, γb - коефіцієнти підсилення.

Для ітеративного методу обчислення проводяться по тим же формулам (4.22) - (4.24), що і для рекурентного методу, але для одержання градіенту середніх втрат (формула (4.10)) проводиться обчислення функції втрат при фіксованих коефіцієнтах моделі для усього вхідного впливу (N дискретних відліків) із наступним визначенням середнього арифметичного значення функції втрат.

Вхідні дані програми:

- досліджуваний ОУ;

- досліджуваний метод адаптивної ідентифікації;

- вигляд вхідного впливу;

- кількість відліків.

Вихідні дані програми:

- вихід ОУ;

- вихід оптимальної моделі;

- коефіцієнти оптимальної моделі в процесі настроювання.

# 4.3. Порядок виконання роботи

1. Вивчити теоретичні відомості, необхідні для виконання роботи.

2. Одержати рівняння оптимальної моделі для Р-об'єкта і РАР- об'єкта, переконатися в їхній відповідності формулам (4.14), (4.15).

3. Одержати вираз для визначення коефіцієнтів моделі РАР-об'єктів для рекурентного методу адаптивної ідентифікації, переконатися в їхній відповідності формулам (4.22) - (4.24)

4. ВиконайсяJ- попередній аналіз початкових даних індивідуального варіанту (табл. 4.1).

Таблиця 4.1. Вихідні данні

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № ва­ріанту | Коефіцієнт ОУ | | | Початкове значення коефіцієнту моделі ОУ | | | Кількість відліків вхідного сигналу | Крок зміни коефіцієнтів моделі ОУ |
|  |  |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 0,9 | 0,70 | 1,0 | 0,7 | 0,55 | 100 | 0,05 |
| 2 | 3 | 1,0 | 0,75 | 1,5 | 0,8 | 0,50 | 150 | 0,10 |
| 3 | 4 | 1,1 | 0,80 | 2,0 | 0,7 | 0,55 | 200 | 0,15 |
| 4 | 5 | 0,9 | 0,85 | 2,5 | 0,8 | 0,60 | 100 | 0,20 |
| 5 | 6 | 1,0 | 0,90 | 3,0 | 0,7 | 0,65 | 150 | 0,05 |
| 6 | 7 | 1,1 | 0,95 | 1,0 | 0,8 | 0,55 | 200 | 0,10 |
| 7 | 8 | 0,9 | 1,00 | 1,5 | 0,7 | 0,50 | 100 | 0,15 |
| 8 | 2 | 1,0 | 1,05 | 2,0 | 0,8 | 0,55 | 150 | 0,20 |
| 9 | 3 | 1,1 | 1,10 | 2,5 | 0,7 | 0,60 | 200 | 0,05 |
| 10 | 4 | 0,9 | 1,15 | 3,0 | 0,8 | 0,65 | 100 | 0,10 |
| 11 | 5 | 1,0 | 1,20 | 1,0 | 0,7 | 0,55 | 150 | 0,15 |
| 12 | 6 | 1,1 | 1,25 | 1,5 | 0,8 | 0,50 | 200 | 0,20 |
| 13 | 7 | 0,9 | 0,70 | 2,0 | 0,7 | 0,55 | 100 | 0,05 |
| 14 | 8 | 1,0 | 0,75 | 2,5 | 0,8 | 0,60 | 150 | 0,10 |
| 15 | 2 | 1,1 | 0,80 | 3,0 | 0,7 | 0,65 | 200 | 0,15 |
| 16 | 3 | 0,9 | 0,85 | 1,0 | 0,8 | 0,55 | 100 | 0,20 |
| 17 | 4 | 1,0 | 0,90 | 1,5 | 0,7 | 0,50 | 150 | 0,05 |
| 18 | 5 | 1,1 | 0,95 | 2,0 | 0,8 | 0,55 | 200 | 0,10 |
| 19 | 6 | 0,9 | 1,00 | 2,5 | 0,7 | 0,60 | 100 | 0,15 |
| 20 | 7 | 1,0 | 1,05 | 3,0 | 0,8 | 0,65 | 150 | 0,20 |
| 21 | 8 | 1,1 | 1,10 | 1,0 | 0,7 | 0,55 | 200 | 0,05 |
| 22 | 2 | 0,9 | 1,15 | 1,5 | 0,8 | 0,50 | 100 | 0,10 |
| 23 | 3 | 1,0 | 1,20 | 2,0 | 0,7 | 0,55 | 150 | 0,15 |
| 24 | 4 | 1,1 | 1,25 | 2,5 | 0,8 | 0,60 | 200 | 0,20 |
| 25 | 5 | 0,9 | 1,00 | 3,0 | 0,7 | 0,65 | 100 | 0,05 |
| 26 | 6 | 1,0 | 1,05 | 1,0 | 0,8 | 0,55 | 150 | 0,10 |
| 27 | 7 | 1,1 | 1,10 | 1,5 | 0,7 | 0,50 | 200 | 0,15 |
| 28 | 8 | 0,9 | 1,15 | 2,0 | 0,8 | 0,55 | 100 | 0,20 |
| 29 | 2 | 1,0 | 1,20 | 2,5 | 0,7 | 0,60 | 150 | 0,15 |
| 30 | 3 | 4,1 | 1,25 | 3,0 | 0,8 | 0,65 | 200 | 0,20 |

5. Для Р-об'єкта одержати залежність зміни функції втрат  (див. (4.16)) від зміни коефіцієнта моделі  у заданому, діапазоні значень  для трьох типів вхідних впливів . Результати занести в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | Коефіцієнт  ОУ *b* | Коефіцієнт  моделі | Функція втрат  при вхідному впливі: | | |
| одиничний стрибок | цифровий шум | гармоніч­ний сигнал |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| ... |  |  |  |  |  |
| N |  |  |  |  |  |

6. Для Р-об'єкта одержати залежність зміни коефіцієнта оптимальної моделі  від часу в процесі настроювання моделі по ітеративному методу адаптивної ідентифікації для трьох різноманітних виглядів вхідного впливу . Коефіцієнт підсилення γ підібрати так, щоб на заданому інтервалі в N відліків забезпечити точність настроювання моделі до 5%. Результати спостережень занести в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | Коефіцієнт ОУ | Коефіцієнт  моделі | Коефіцієнт оптимальної моделі при вхідному впливі: | | |
| одиничний стрибок | цифровий шум | гармоніч­ний сигнал |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| ... |  |  |  |  |  |
| N |  |  |  |  |  |

7. Дослідити зміну функції втрат для РАР-об'єкта в залежності від зміни коефіцієнта моделі  при фіксованому коефіцієнті моделі . Заповнити таблицю, аналогічну табл. 4.2.

8. Виконати дослідження адаптивної ідентифікації для РАР-об'єкта (аналогічно п.п. 5 і 6). Заповнити дві таблиці, враховуючи наявність двох коефіцієнтів для ОУ і моделі ( і ).

# 4.4. Зміст звіту

1. Найменування і мета роботи.

2. Початкові дані індивідуального варіанту.

3. Заповнити таблиці 4.2. та 4.3.

4. Графіки адаптивної ідентифікації параметрів ОУ (3 графіки).

5. Висновки по роботі.

# 4.5. Контрольні питання

1. По якому критерію оцінюється якість адаптивної ідентифікації параметрів ОУ?

2. Перерахуєте основні етапи рішення задачі ідентифікації.

3. Наведіть рівняння лінійного динамічного ОУ і рівняння оптимальної моделі, порівняйте їх.

4. Сформулюйте умову оптимального рішення задачі адаптивної ідентифікації.

5. Який вигляд має ітеративний алгоритм адаптивної ідентифікації?

6. Намалюйте блок-схему ітеративного алгоритму, роз'ясніть її боту.

7. Який вигляд має рекурентний алгоритм адаптивної ідентифікації?

8. Намалюйте блок-схему рекурентного алгоритму, роз'ясніть її боту.

9. Виконайте порівняльний аналіз ітеративного і рекурентного алгоритму адаптивної ідентифікації.

10. Отримайте рівняння оптимальної моделі і вираз для функції втрат Р-об'єкта.

11. Отримайте рівняння оптимальної моделі і вираз для функції втрат РАР-об'єкта.

12. Як впливає значення коефіцієнтів у матриці підсилення на точність і час настроювання оптимальної моделі?