**Ткачова Тетяна Сергіївна. Синтез нейромережевих методів ідентифікації складних динамічних об'єктів : Дис... канд. наук: 05.13.03 - 2008.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Сакало Т.С. Синтез нейромережевих методів ідентифікації складних динамічних об’єктів. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.03 – системи і процеси керування. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2008.  Дисертація присвячена дослідженню нейромережевих методів побудови традиційних моделей нелінійних динамічних об’єктів на основі статичних штучних нейронних мереж (ШНМ) за умов апріорної та поточної невизначеності відносно структури та параметрів досліджуваних об’єктів.  Розглянуто методи опису нелінійних об’єктів та проаналізовано існуючі ШНМ, які використовуються для розв’язання задачі ідентифікації. Синтезовано нейромережеву модель Гаммерштейна за допомогою радіально-базисної та загально-регресійної мереж. Результаті, які отримано, узагальнено на два класи моделей (адитивних та мультиплікативних), що дозволяє отримувати математичні моделі багатовимірних нелінійних моделей. Побудовано нейромережеві адаптивні спостерігачі нелінійних динамічних об’єктів та розроблено процедури їх навчання.  Ефективність створених методів та архітектур нейромережевих моделей експериментально підтверджена результатами імітаційного моделювання та застосування при розв’язанні практичних задач. Достовірність результатів підтверджується впровадженнями. | |
| |  | | --- | | У дисертації отримано нове вирішення наукової проблеми нейромережевої ідентифікації нелінійних динамічних об’єктів в умовах апріорної та поточної невизначеності щодо властивостей досліджуваних об’єктів і діючих на них збурень. Під час проведення дисертаційних досліджень отримано такі основні результати.  1. Розглянуто методи математичного опису нелінійних динамічних об’єктів і проведено аналіз основних принципів побудови моделей NARMAX та NARX і структур нейромережевих моделей. Вивчено основні типи ШНМ, що використовуються при ідентифікації нелінійних динамічних об’єктів, проаналізовано їх достоїнства і недоліки. Показано, що одним із найефективніших є застосування статичних ШНМ типу БШП, РБМ і УРМ.  2. Розглянуто методи опису нелінійних об’єктів у вигляді ряду Вольтерра. Показано, що задача ідентифікації зводиться до визначення ядер Вольтерра, значна кількість яких обмежує сферу застосування цієї моделі. У деяких випадках позитивного ефекту вдається досягти, застосовуючи редуковані моделі, засновані на використанні ортонормованих БФ.  Запропоновано нейромережеву реалізацію моделі Вольтерра на основі БШП із одним прихованим шаром. Для цього випадку отримано співвідношення, що дозволяють достатньо просто визначити шукані ядра при виборі різних активаційних функцій (поліноміальної, сигмоїдальної, гіперболічного тангенсу і т. ін.). Такий підхід дає можливість істотно зменшити час отримання моделі Вольтерра.  3. Набули подальшого розвитку методи навчання БШП, що відрізняються меншою обчислювальною складністю порівняно з відомими процедурами нелінійної оптимізації другого порядку. Як показують результати досліджень, достатньо ефективною є модифікація методу БШП, яка потребує матричних обчислень. Однак найдоцільнішим видається застосування методів Левенберга-Марквардта і методу навчання на основі рекурентного МНК. Такий підхід дозволяє істотно зменшити час навчання ШНМ.  4. Запропоновано нейромережеву реалізацію нелінійної моделі Гаммерштейна, що є окремим випадком моделі Вольтерра.  Для зменшення загальної кількості шуканих параметрів за аналогією з моделлю Вольтерра може бути отримана редукована модель Гаммерштейна, для оцінки параметрів якої застосовується МНК. Отримано співвідношення, за допомогою яких за оцінками параметрів можуть бути відновлені ядра Вольтерра.  Апроксимація статичної нелінійності моделі Гаммерштейна за допомогою РБМ або УРМ дозволяє отримати нейромережеву модель, лінійну стосовно параметрів навчання, що дозволяє значно прискорити процес отримання моделі шляхом застосування добре розвинених методів оптимізації. Отримані результати узагальнено на два класи моделей: адитивну модель – вихідний сигнал якої формується як сума вихідних сигналів окремих нелінійних моделей, і мультиплікативну – вихідний сигнал якої являє собою добуток вихідних сигналів окремих нелінійних моделей. Такий підхід дозволяє будувати математичні моделі багатовимірних нелінійних об’єктів.  5. Особливості нейромережевої ідентифікації нелінійних об’єктів, що описуються моделями у просторі станів, зумовлюють вимоги до розробки відповідних процедур навчання. Оскільки в основу будь-якої процедури навчання із вчителем покладається ідея мінімізації помилки навчання, становить інтерес вивчення особливостей різних моделей помилки, запропонованих Нарен-дрою К.С. Використання тієї або іншої моделі помилки приводить до необхідності застосування прямих і непрямих методів мінімізації. Застосування такого підходу забезпечує сталість і збіжність процесу навчання.  6. Запропоновано нейромережевий АС нелінійних динамічних об’єктів. При побудові АС використано поняття ізольованої нелінійності, яка залежить від вхідного сигналу. Незалежно від того, є ізольована нелінійність статичною чи динамічною, при синтезі АС пропонується скористатись підходом, аналогічним тому, що застосовується у спостерігачі Люєнбергера.  Для аналізу збіжності процесу навчання мережі використовують різні моделі помилок. Отримано правила навчання нейромережевого АС, які залежать від того, є нелінійності вимірюваними чи невимірюваними. Запропоновано достатньо прості процедури навчання, які застосовуються при виборі БФ різних видів. Запропоновано процедуру навчання мережі, що являє собою стійкий модифікований фільтр Калмана та забезпечує сталість процесу навчання.  7. Запропоновані підходи до побудови нейромережевих моделей нелінійних динамічних об’єктів були застосовані при побудові математичних моделей технологічних процесів відділення абсорбції-десорбції виробництва кальцинованої соди.  8. Теоретичні результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі на кафедрі програмного забезпечення ЕОМ Харківського національного університету радіоелектроніки при викладанні дисциплін «Інтелектуальний аналіз даних» і «Чисельні методи», а також під час курсового і дипломного проектування. | |