

засіб розбудови веб-орієнтованих дидактичних та інформаційних систем // Вісник "Комп'ютерні науки та інформаційні технології." Нац. ун-т «Львів. політехніка», № 694, 2011.

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ УЗАГАЛЬНЕНОЇ РЕГРЕСІЇ В ЗАДАЧАХ ПЕРЕДБАЧЕННЯ СУТТЄВО НЕЛІНІЙНИХ ЧАСОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ

Андрієцький Б.Р.

Національний університет "Львівська політехніка"

Динаміка процесів в складних фізико-технічних системах характеризується залежністю від багатьох факторів та суттєвою нелінійністю [1]. В результаті виявляється, що застосування нейромереж нелінійного типу, зокрема, багат шарових перцептронів не забезпечує достатньої екстраполятивності та узагальнення, а лінійні структури є надто загубленими і навчаються з достатньо низькою точністю.

Для здійснення прогнозу часових послідовностей з великою передісторією процесів доцільно застосовувати нейромережі з неітераційним навчанням, в основі парадигми яких лежить модель геометричних перетворень в багатовимірному просторі даних [2].

Враховуючи переваги таких штучних нейронних мереж (ШНМ), для суперечливої проблеми "точність навчання-узагальнення" відкривається можливість комплексного вирішення на основі розділення поверхні часової послідовності на лінійну та нелінійну складові.

Реалізація запропонованого підходу здійснюється гібридною структурою, що включає в себе лінійну ШНМ моделі геометричних перетворень та дві нейромережі узагальненої регресії.

*Метою роботи* є розроблення метода передбачення часових послідовностей з суттєвою нелінійністю на основі гібридного нейромережевого комплексу нейромереж моделі геометричних перетворень та узагальненої регресії.

*Опис розробленого метода.* Нехай маємо навчальну вибірку  $M$  розміром  $m^*(n + 1)$ , для якої  $x_{ij}, i = \overline{1...m}, j = \overline{1...n}$  - вхідні дані,  $y_i, i = \overline{1...m}$  - вихідні дані. Будуємо лінійну нейронну мережу на основі моделі геометричних перетворень (мережа складається з  $n$  вхідних,  $n$  прихованих та  $1$ -го вихідного шарів) та навчаємо її моделювати вектори навчальної вибірки даних. В результаті отримаємо передбачені навчальні дані  $\bar{Y}_{lin}$ . Обчислюємо відхилення результатів лінійної ШНМ від

еталонних значень  $\bar{Z} = \bar{Y} - \bar{Y}_{\text{лін.}}$ , причому окремо виділяємо додатні відхилення  $\bar{Z}_+$  і від'ємні  $\bar{Z}_-$  (1).

$$\bar{Z}_+ = \bar{Y} - \bar{Y}_{\text{лін.}}, \quad \text{якщо } (Y_i - Y_{\text{лін.}}) \geq 0, \quad i = \overline{1 \dots m} \quad (1)$$

$$\bar{Z}_- = \bar{Y} - \bar{Y}_{\text{лін.}}, \quad \text{якщо } (Y_i - Y_{\text{лін.}}) < 0, \quad i = \overline{1 \dots m}$$

Отримавши відхилення, будуємо дві штучні нейронні мережі узагальноної регресії (ШНМ УР) [3, 4]. Одна з них призначена для передбачення додатного відхилення  $\bar{Z}_+$ , інша – від'ємного  $\bar{Z}_-$ . Опорними (базовими) точками для цих мереж служитимуть вхідні значення  $x_{ij}$ , що відповідають додатнім  $\bar{Z}_+$  і від'ємним  $\bar{Z}_-$  відхиленням.

Наступні кроки алгоритму стосуються безпосередньо процедури застосування.

Нові вхідні дані, для яких вихід невідомий подаємо на входи навченої лінійної мережі і отримуємо відгук  $Y_{\text{лін.}}^{\text{передб.}}$ . Для них же знаходимо передбачені значення відхилень  $Z^{\text{передб.}+}$  і  $Z^{\text{передб.-}}$ , подавши дані на створені ШНМ УР.

Підсумкове значення передбаченого виходу рівне:

$$Y^{\text{передб.}} \approx Y_{\text{лін.}}^{\text{передб.}} + Z^{\text{передб.}+} + Z^{\text{передб.-}}$$

Тобто, для кожної чергової невідомої точки передбачений вихід рівний сумі передбачень лінійної ШНМ та двох ШНМ УР.

**Висновки.** Розділення поверхні відгуку на лінійну і нелінійну складові та їх незалежне моделювання дозволяє забезпечити прийнятне поєднання характеристик “точність навчання-узагальнення” для здійснення передбачень. А використання нейромереж узагальноної регресії для моделювання нелінійної складової поверхні відгуку дозволяє підвищити точність передбачень в середньому на 25%, що підтверджує ефективність запропонованого методу та алгоритмів його реалізації.

1. Абрамов О.В. *Прогнозирование состояния технических систем* / О.В. Абрамов, А.Н. Розенбаум // *Ин-т автоматики и процессов управления АН СССР*. – М.: Наука, 1990. – 126с.: ил. 2. Ткаченко Р.О. *Багатошаровий перцептрон з неітеративним навчанням* / Р.О. Ткаченко, П.Р. Ткаченко // *Праці МНПК: Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій «ISDMIT 2005»*. – Євпаторія, 2005. – т.5. – С. 69–72. 3. Specht D. *A general regression neural network* / D. Specht // *IEEE Transactions on*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ОСНОВ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ НА ПЕРШОМУ ЕТАПІ ПРОФІЛЬНОЇ ОСВІТИ**

**Трущак О.В.**

*Національний університет "Львівська політехніка"*

Майбутні фахівці у галузі модельного програмування на першому етапі профільної освіти за даним напрямком мають вивчити основні аспекти моделювання прикладної задачі, створення алгоритму її розв'язання та переведення даного алгоритму у найпростішу мову програмування у тому чи іншому середовищі програмування.

Метою навчання основ алгоритмізації та програмування повинно бути не формальне вивчення конструкцій мови, а вміння застосовувати одержані відомості для розв'язання практичних життєвих завдань, тому: під час навчання учнів програмування потрібно використовувати задачний підхід, основними компонентами якого є питання, пов'язані з моделюванням та формалізацією. Уведення кожного нового оператора чи функції має супроводжуватися фоновим підбором цікавих, на першому етапі досить простих, задач.

Якщо перед студентом, який перебуває ще на старті вивчення програмування, постає цікава задача, то він отримує додаткову мотивацію для її розв'язання, навіть коли не має достатньої підготовки. Феномен цікавої задачі – це позитивний фактор успішного досягнення навчальної мети. Виклад матеріалу варто побудувати так, щоб студенти усвідомили, що написання правильної програми не є самоціллю. Під час розв'язування задачі найважливішим є висунення та обґрунтування ідеї її розв'язання, вміння сконструювати цю ідею, а потім уже формалізувати її засобами мови програмування.

При організації роботи заняття пропоную виходити з таких правил:

1. Завдання, на основі якого відбувається пояснення або закріплення матеріалу вибирається змістовне, цікаве, що має практичне значення, може бути розглянуте образно.
2. Новий матеріал для розв'язування задачі вводиться мінімальний за об'ємом: мінімум нових операторів, типів даних, стандартних функцій мови програмування