

В.М. ШИМКОВИЧ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна, e-mail: *shymkovych.volodymyr@gmail.com*.

А.Ю. ДОРОШЕНКО

Інститут програмних систем НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна, e-mail: *anatoliy.doroshenko@gmail.com*.

П.І. КРАВЕЦЬ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна, e-mail: *peter_kravets@yahoo.com*.

О.А. ЯЦЕНКО

Інститут програмних систем НАН України, Київ, Україна, e-mail: *oayat@ukr.net*.

МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ КОНТРОЛЕРІВ НА ОСНОВІ ПЛІС

Анотація. Розглянуто метод автоматизованого проєктування апаратних компонентів нейромережових систем керування для програмованих логічних інтегральних схем. Запропоновано підхід, що включає розроблення та реалізацію прямої та інверсної нейромережових моделей об'єкта керування, а також автоматизовану генерацію програмного коду. Ефективність методу продемонстровано на прикладі системи балансування кульки на платформі. Отримані результати можуть бути використані для створення високопродуктивних адаптивних систем керування в реальному часі.

Ключові слова: автоматизоване проєктування, алгебра алгоритмів, генерація програм, нейронна мережа, програмовані логічні інтегральні схеми, система керування.

ВСТУП

Системи керування в режимі реального часу стали невід'ємною частиною сучасної техніки, їх широко застосовують у таких сферах, як робототехніка [1], виробництво, транспорт, безпілотні системи та ін. [2]. Однак використання цих систем є проблематичним через складну нелінійну динаміку, різноманітні невизначеності та обмеження. Це призводить до великого впливу завад на керований об'єкт та зниження адаптивності, що ускладнює виконання дедалі суворіших вимог щодо продуктивності.

Розглядавані системи генерують чималу кількість даних, що важливо для підвищення ефективності керування за рахунок технологій штучного інтелекту [3–5]. Нейронні мережі з їхніми властивостями виокремлювати цінну інформацію з великих даних мають значний потенціал для застосування в системах керування реальним часом. Нейромережові системи керування є високотехнологічним напрямом теорії керування та належать класу нелінійних динамічних систем [6, 7]. Висока швидкодія за рахунок розпаралелювання вхідної інформації та здатність до навчання нейронних мереж робить цю технологію вельми привабливою для створення пристроїв керування в автоматичних системах [8–10]. Забезпечення швидкодії нейронних мереж у реальному часі здійснюється через їхню реалізацію на програмованих логічних інтегральних схемах (ПЛІС) [11].

У цій статті розглянуто схему адаптивної системи керування з прямою та інверсною моделями об'єкта, запропоновано метод проєктування нейромережової моделі об'єкта керування з апаратною реалізацією на ПЛІС, а також реалізацію нейромережової моделі. Для побудови макета нейромережового контролера як об'єкта керування вибрано систему балансування кульки на платформі, здатну встановити кульку в задану точку.