

## АЛГЕБРАЇЧНИЙ МЕТОД СИНТЕЗУ БЕЗПОМИЛКОВОЇ БІНАРНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

**Анотація.** Наведено математичну модель задачі обчислення вагових коефіцієнтів бінарної нейронної мережі. Доведено, що у разі ступінчастих функцій активації нейронів такою моделлю є система лінійних нерівностей, яка у більшості практичних задач є не-сумісною. Запропоновано метод аналізу системи нерівностей, який дає змогу обчислити значення вагових коефіцієнтів та синтезувати структуру нейронної мережі, що забезпечує абсолютну точність вихідних сигналів. Наведено алгоритм та приклад реалізації запропонованого методу.

**Ключові слова:** нейронна мережа, математична модель, аналіз, синтез, помилка.

### ВСТУП

Головним недоліком бінарних нейронних мереж є відсутність гарантії отримання точного розв'язку поставленої задачі для всіх можливих вхідних сигналів. Пояснюється це тим, що у переважній більшості практичних застосувань задача обчислення вагових коефіцієнтів зв'язків нейронної мережі у математичній постановці є суперечливою і не має розв'язку. У цьому нескладно перекоонатися, якщо побудувати та проаналізувати математичну модель обчислення вагових коефіцієнтів навіть для найпростіших задач класифікації. У таких випадках, використовуючи відомі методи навчання [1–7], можна лише мінімізувати відхилення фактичного вихідного сигналу нейронної мережі від точного, але унеможливилося усунення її помилки в принципі. Тож перспективним підходом до синтезу нейронних мереж, що працюють з абсолютною точністю, є методи, основані на побудові та аналізі математичних моделей задачі обчислення вагових коефіцієнтів за фіксованих функцій активації нейронів.

Один із таких методів для бінарних нейронних мереж з одиничними ступінчастими функціями активації нейронів запропоновано у цій статті.

Бівалентність функцій активації дає підставу стверджувати, що математичною моделлю задачі обчислення вагових коефіцієнтів є система лінійних нерівностей, кожна з яких зіставлена певному вектору вхідних сигналів навчальної вибірки. Задача полягає у відшуканні такого набору значень вагових коефіцієнтів, який забезпечуватиме отримання правильного вихідного сигналу мережі для будь-якого вектора вхідних сигналів.

Запропонований метод передбачає послідовний вибір за певними правилами та привласнення значень ваговим коефіцієнтам з подальшим аналізом часткових моделей, що утворені внаслідок підстановки цих значень у загальну вхідну модель. Під час виявлення суперечливих нерівностей до їхнього складу вводяться додаткові корегувальні змінні, які призначені для компенсації математичних суперечностей, що виникають. У фізичному сенсі кожна така корегувальна змінна відповідає включенню до структури нейронної мережі додаткового проміжного нейрона, для якого корегувальна змінна розглядається як ваговий коефіцієнт його вихідного зв'язку. У такий спосіб визначається структура нейронної мережі. Результатом реалізації запропонованого методу є нейронна мережа з одним проміжним шаром, здатна з абсолютною точністю генерувати вихідні сигнали для всіх вхідних векторів, передбачених навчальною вибіркою. За наявності кри-