

ВИКОРИСТАННЯ САМООРГАНІЗАЦІЙНИХ КАРТ КОХОНЕНА ДЛЯ СИНТЕЗУ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ВОДООЧИСНИМ ОБЛАДНАННЯМ

В.М. ШТЕПА, кандидат технічних наук

Проаналізовано актуальність питання доповнення класичних архітектур систем керування самоорганізаційними картами Кохонена. Оцінено перспективність використання типового алгоритму самоорганізації для моделювання процесів електротехнічних систем на прикладі установок очищення стічних вод. Обґрунтовано межі технологічних параметрів якості водоочищення. Синтезовано та перевірено на адекватність відповідну нейронну мережу Кохонена. Отримано класи (кластери) параметрів якості водоочищення. Наведено перспективні напрями подальших досліджень при доповненні класичних архітектур систем керування самоорганізаційними картами Кохонена у випадку керування установками водоочищення.

Самоорганізаційна карта Кохонена, нейронна мережа, водоочищення, стічні води, система керування.

Під час синтезу систем керування багатопараметричними об'єктами часто виникають ситуації, коли у результаті зміни раніше досліджених технологічних характеристик створені математичні моделі втрачають адекватність. Тобто керуючий вплив розраховується невірно, що може викликати вихід із ладу вузлів систем [3]. Для усунення такого методичного недоліку пропонується використати карти самоорганізації (КСО) – Self-Organizing Maps (SOM). У них нейрони реалізуються у вузлах одновимірної або двовимірної решітки. Процес конкурентного навчання базується на вибіркового налаштуванні на різні вхідні образи (стимули), або класи вхідних образів. Позиції нейронів-переможців впорядковуються відносно інших. Модель Кохонена належить до класу алгоритмів векторного кодування. Вона забезпечує топологічне відображення, що оптимально розміщує фіксоване число векторів (слів коду) у вхідному просторі більш високої розмірності, забезпечуючи, таким чином, стиснення даних [1, 4, 5].

Системами спеціального призначення, для яких апробуємо КСО, стануть установки електротехнічного очищення стічних вод. Можливі забруднювачі у таких скидах – нафтопродукти, солі важких металів, феноли і біогенні речовини. Загалом у 2010 році зареєстровано, що у водні об'єкти України надійшло 460 т нафтопродуктів, 840 тис. т сульфідів, 760 тис. т хлоридів, 58 тис. т нітратів, що надзвичайно негативно вплинуло на навколишнє природне середовище.

Мета досліджень – обґрунтування та розробка методики застосування самоорганізаційних карт Кохонена для аналізу у режимі реального часу станів об'єктів керування на прикладі систем водоочищення.

Матеріали та методика досліджень. Алгоритм самоорганізації складається з таких етапів [5]:

1) ініціалізація синаптичних вагових коефіцієнтів у мережі (з використанням датчика випадкових чисел);

2) конкуренція (competition): для будь-якого вхідного образу і для всіх нейронів мережі обчислюється значення дискримінантної функції, що є основою конкуренції; нейрон з максимальним значенням дискримінантної функції стає переможцем;

3) кооперація: нейрон-переможець визначає просторове розташування сусідніх збуджених нейронів;

4) налаштування вагових коефіцієнтів (адаптація): значення дискримінантної функції збуджених нейронів збільшується для цього образу шляхом налаштування вагових коефіцієнтів. При адаптації відгук нейрона-переможця на близький вхідний образ збільшується.

Адаптація полягає в зміні вагового коефіцієнта w_j залежно від вхідного вектора x . Вона базується на постулаті навчання Хебба: правильні зв'язки підсилюються, а хибні слабшають.

Однак у випадку самоорганізації це правило незастосовне, оскільки невідомий цільовий вихід. Якщо зв'язки будуть модифікуватися тільки у бік посилення, то незабаром усі вони досягнуть насичення.

Модифікація правила Хебба полягає в використанні забування: $g(y_j)\omega_j$ (ω_j – синаптичні вагові коефіцієнти нейрона j , $g(y_j)$ – додатна скалярна функція від виходу y_j).

Єдина вимога до функції $g(y_j)$ – залишковий член у її розкладі за формулою Тейлора має дорівнювати нулю, тобто

$$g(y_j)|_{y_j=0}=0 \quad (1)$$

Модифікація вагових коефіцієнтів обчислюється за формулою:

$$\Delta w_j = \eta y_j x - g(y_j) w_j, \quad (2)$$

де η – коефіцієнт швидкості навчання.

Для виконання умови (1) виберемо лінійну функцію $g(y_j) = \eta y_j$.

Тоді (2) матиме вигляд:

$$\Delta w_j = \eta y_j (x - w_j) = \eta h_{ji(x)} (x - w_j). \quad (3)$$

Звідси при переході від моменту часу n до $n+1$ одержимо

$$\omega_j(n+1) = \omega_j(n) + \eta(n) h_{j,i(x)}(n) (x - \omega_j(n)), \quad j = \overline{1, l}. \quad (4)$$

Таким чином модифікуються вагові коефіцієнти всіх нейронів з околу нейрона-переможця i . Значення вагового вектора w_i нейрона-переможця i

наближається до x . Вектори синаптичних вагових коефіцієнтів відслідковують розподіл вхідних векторів відповідно до вибору околу, забезпечуючи тим самим топологічне упорядкування карти ознак у вхідному просторі.

Причому, як відомо, для побудови інтелектуального блока на основі нейронних мереж необхідні набори експериментальних даних [1]. Однак у багатьох випадках, у тому числі при створенні систем керування установками очищення стічних вод, завдання ускладнюється (унеможлиблюється) тим, що енергоефективні режими електротехнічних установок із використанням різних методів впливу на водні розчини, які відповідають реальним об'єктам, експериментально встановити фактично неможливо (висока вартість і вимоги до якості постановки та обладнання експериментів).

Результати досліджень. Прийmemo, що стічні води промислового об'єкта не відповідають нормативним вимогам за такими показниками (має місце на багатьох підприємствах ВПК): біологічна потреба кисню (БПК), рН, концентрації завислих частинок та нітратів. Типово, для доведення скиду до граничнодопустимих концентрацій (ГДК) можна застосувати: біологічне очищення, електрокоагуляцію, електрокорекцію рН, розділення продуктів коагуляції та флотації (рис. 1) [2].

Кожен із наведених водоочисних агрегатів (див. рис. 1) базується на використанні електротехнологій, причому їх окреме застосування забезпечить доведення до нормативних вимог лише один (ряд) із показників якості. Тобто необхідною є сумісна робота таких елементів, отже вони утворюють один електротехнічний комплекс.

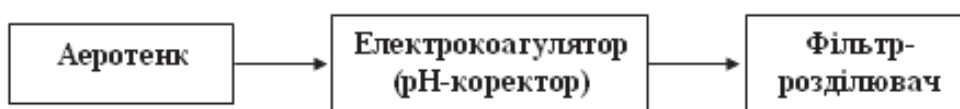


Рис. 1. Структура електротехнічного комплексу очищення стічних вод свиногокомплексу (укрупнено)

Використовуючи дані експериментальних досліджень окремих модулів комбінованої установки водоочищення [3] (табл. 1), у пакеті прикладних математичних програм “Statistica” синтезували та адекватно налаштували (середньоквадратична похибка – 2,05 %) відповідну нейронну мережу Кохонена (рис. 2). Навчальна вибірка містила 680 наборів, здійснювалась перевірка на наявність “перенавчання”.

1. Експериментальні дослідження водоочищення

Параметр досліджень	БПК, г/м ³	рН	Концентрація завислих частинок, г/м ³	Концентрація нітратів, мг/л
Межі зміни	350 – 500	5 – 9,5	500 – 1000	45 – 80
Водоочисний модуль	Аеротенк	Електрокоректор	Електрокоагулятор	Фільтр

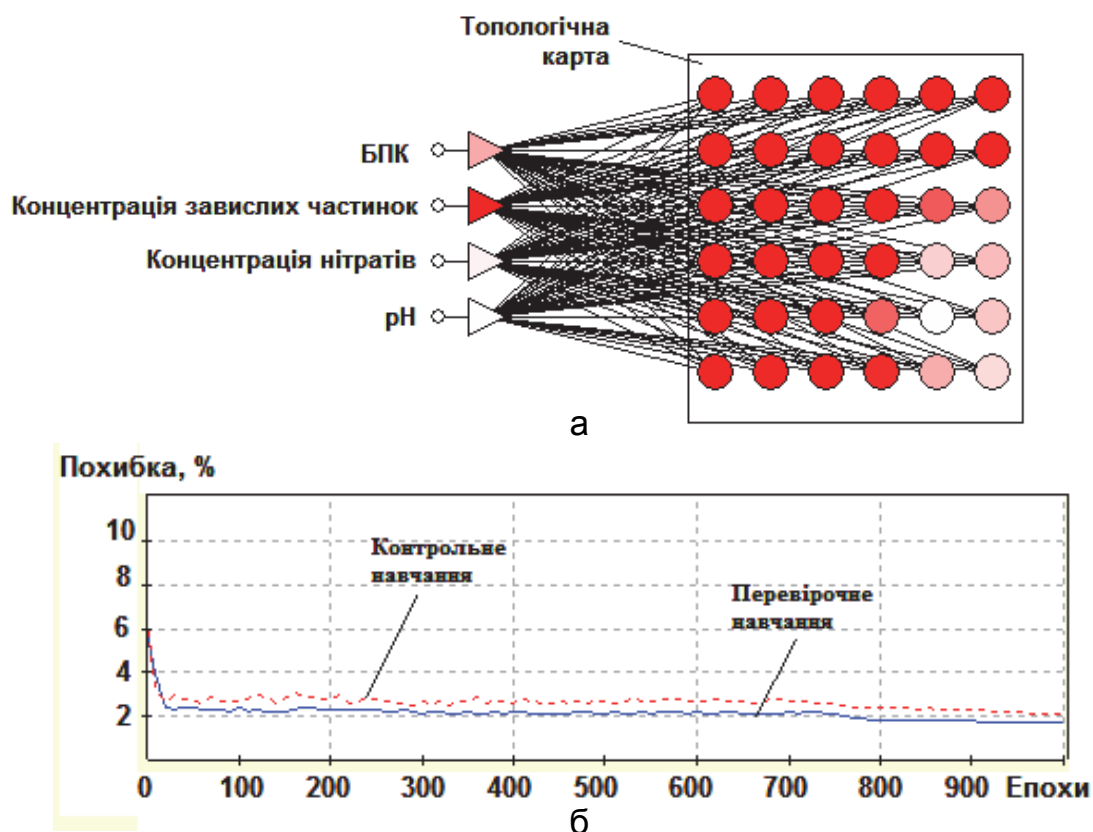


Рис. 2. Структурні та функціональні параметри мережі Кохонена:
а – архітектура мережі; б – навчання мережі

Використовуючи вирази алгоритму самоорганізації (1 – 9), одержали 4 чітко виражені класи (див. табл. 1).

Отримані результати підтверджують доцільність застосування при синтезі систем керування мережі Кохонена, ключова перевага якої над аналогами полягає у функціонуванні в режимі реального часу за можливості створення класифікаційної математичної моделі з кількома вхідними змінними «без учителя».

2. Розподіл класів параметрів якості очищення стічних вод, отриманих при застосуванні мережі Кохонена

Номер класу	БПК, г/м ³	рН	Концентрація завислих частинок, г/м ³	Концентрація нітратів, мг/л
Клас 1	345–349	6,5–6,7	550–561	46–55
Клас 2	398–403	6,7–7,1	558–701	73–78
Клас 3	430–447	6,9–7,8	865–904	59–64
Клас 4	453–481	7–8,3	873–910	52–73

Практичні завдання, які може вирішувати така нейронна мережа при синтезі та функціонуванні систем керування водоочисним обладнанням:

- адаптивне формування класів параметрів якості очищення стічних вод (наприклад, на основі прогностичних даних);

- адаптивне формування класів фінансових витрат на енергетичні ресурси виробництва (наприклад, виходячи із ринкових прогнозів).

Висновки. Самоорганізаційні мережі Кохонена доцільно та перспективно застосовувати при створенні інформаційно-управляючих систем керування спеціальним обладнанням, у тому числі при очищенні стічних вод, особливо опрацьовуючи ними дані прогностичних моделей, що створює можливість превентивної протидії негативним факторам природного та техногенного характеру.

Список літератури

- 1.Дебок Г. Анализ финансовых данных с помощью самоорганизующихся карт / Г. Дебок, Т. Кохонен. – М.: Альпина Паблишер, 2001. – 317 с.
- 2.Прогноз та оцінка доцільності застосування різних видів джерел енергії на тепличних комплексах / В.П. Лисенко, В.М. Решетюк, В.М. Штепа [та ін.] // Науковий вісник НУБіП України. – К., 2014. – Вип. 194, ч. 3. – С. 178–185.
- 3.Штепа В.М. Оцінка енергетичних характеристик процесів очищення стічних вод агропромислових підприємств електротехнічними комплексами / В.М. Штепа // Науковий вісник НУБіП України. – К., 2014. – Вип. 194, ч. 3. – С. 259–265.
- 4.T. Kohonen, Self-Organizing Maps (Third Extended Edition), New York, 2001, 501 pages. ISBN 3-540-67921-9
- 5.Lakhmi C. Jain; N.M. Martin Fusion of Neural Networks, Fuzzy Systems and Genetic Algorithms: Industrial Applications. — CRC Press, CRC Press LLC, 1998.

Проанализирована актуальность вопроса дополнения классических архитектур информационно-управляющих систем самоорганизационными картами Кохонена. Оценена перспективность использования типового алгоритма самоорганизации для моделирования процессов систем специального назначения на примере установок очистки сточных вод. Обоснованы границы технологических параметров качества водоочистки. Синтезирована и проверена на адекватность соответствующая нейронная сеть Кохонена. Получены классы (кластеры) параметров качества водоочистки. Приведены перспективные направления дальнейших исследований при дополнении классических архитектур информационно-управляющих систем самоорганизационными картами Кохонена в случае управления установками водоочистки.

Самоорганизационная карта Кохонена, нейронная сеть, водоочистка, сточные воды, система управления.

Analyzed urgency complement classical architecture information and control systems Kohonen self-organizing maps; assessed the prospects of using the default algorithm for modeling of self-organization processes of the special purpose, for example, sewage the treatment plants; reasonable limits of process parameters as water purification; synthesized and tested for adequacy appropriate Kohonen neural network; received classes (clusters) parameters as water purification; are promising directions for further research in classical architecture

complemented by information control systems Kohonen self-organizing maps in case management settings purification.

Kohonen self-organizing map, neural network, water purification, waste water, control system.

УДК 631.664

УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ИК И УФ ИЗЛУЧЕНИЕМ

А.В. КУЗЬМИЧЕВ, научный сотрудник

Д.А.ТИХОМИРОВ, кандидат технических наук

ФГБНУ «Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства», г. Москва

Разработан экспериментальный образец установки для обработки жидких пищевых продуктов на базе унифицированного модуля ИК и УФ излучателя. Модульный принцип конструкции позволяет расширить функциональные возможности установки. Показана область ее применения.

Унифицированный модуль, ИК и УФ излучение, пастеризация, жидкий пищевой продукт.

Среди методов обработки жидких пищевых продуктов следует отметить актинизацию, т.е. воздействие на продукт излучением в ультрафиолетовой и инфракрасной области спектра электромагнитных волн с целью получения заданного или ожидаемого эффекта[2].

Компания MEGA-UV (США) производит оборудование для ультрафиолетовой холодной пастеризации вина, осветленных соков, сахарных сиропов, растворов, напитков, рассолов и жидких фармацевтических сред. Принцип действия оборудования основан на уничтожении микроорганизмов ультрафиолетовым излучением.

Примером использования установки ультрафиолетового излучения (УФИ) является обработка молока для выпойки животных [1]. Другое направление применения УФИ, которое получило широкое распространение, – это обеззараживание воды. Однако во многих исследованиях установлено изменение органолептических свойств исходного продукта, обработанного УФ-излучением [7,8].

Известно, что при воздействии ИК излучения происходят изменения только в колебании или вращении атомных групп. Энергия, сообщенная квантами электромагнитного излучения веществу, изменяет энергетическое состояние его молекул и превращается в тепло, при этом сохраняются полезные микробиологические составляющие компоненты жидкого пищевого продукта, и уничтожается болезнетворная микрофлора. Наиболее