УДК 004.8

О.О. Шинкаренко
О.В. Сілагін

ЗАСТОСУВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ТА ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ СИНХРОНІЗАЦІЇ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ЗАМКНУТОГО ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджується проблема використання паралельних обчислень для управління параметрами замкнутого водного середовища на основі нечіткої логіки. Запропонований підхід дозволяє вирішити проблеми повільних обчислень на великих масивах даних, що одночасно надходять до системи контролю, а саме прискорити обробку даних вхідних датчиків за рахунок паралельної обробки інформації і синхронізації отриманих результатів на рівні механізму прийняття рішень.

Ключові слова: паралельні обчислення, синхронізація, модель контролю, аквакультура.

Abstract

The problem of using parallel computing to control the parameters of a closed aquatic environment based on fuzzy logic is investigated. The proposed approach allows solving the problems of slow calculations on large data sets that simultaneously enter the control system, namely, to speed up the processing of input sensor data through parallel processing of information and synchronization of the obtained results at the level of the decision-making mechanism.

Keywords: parallel computing, synchronization, control model, aquaculture.

Вступ

Системи управління параметрами замкнутого водного середовища (наприклад, аквафеpми, басейни, лабораторні установки) потребують роботи з численними датчиками, контролерами та виконавчими механізмами. Ці системи працюють у середовищах з високою складністю даних, де точність і швидкість прийняття рішень є критичними.

Коли розглядаємо систему з декількох поєднаних між собою компонент, наприклад, резервуари з водою, акваріуми, ємності з добривами, важливим аспектом є постійна взаємодія і вплив систем одна на одну. Прикладом може слугувати освітленість акваріуму, на який одночасно можуть впливати як і інтенсивність світла, так і забрудненість і помутніння води. Датчики можуть фіксувати проблеми з одним із параметрів, або з усіма водночас [1-4].

Застосування паралельних обчислень дозволяє значно підвищити ефективність роботи таких систем, забезпечуючи одночасну обробку численних сигналів та виконання завдань. Однак, вирішення проблеми синхронізації стає невід'ємною умовою для стабільної взаємодії між компонентами системи [2].

Результати дослідження

Паралельні обчислення дозволяють обробляти численні сигнали від датчиків, виконувати аналіз даних та приймати рішення у реальному часі. У системах управління замкнутим водним середовищем ці обчислення включають різні задачі, серед яких:

- Постійний моніторинг фізико-хімічних параметрів води (pH, температура, рівень кисню, концентрація іонів), що є основою для забезпечення стабільності середовища.
- Використання алгоритмів аналізу даних для виявлення відхилень від нормальних умов.
- Прийняття автоматизованих рішень щодо корекції параметрів середовища з урахуванням даних від датчиків та заданих граничних умов.

- Управління виконавчими механізмами, такими як насоси, аератори, дозатори хімічних речовин та інші пристрої [2].

У даному контексті використання паралельних обчислень може надати ряд переваг:

- Швидку обробку даних — одночасна робота з багатьма потоками інформації від різних модулів системи.
- Гнучкість у масштабуванні — додавання нових функцій або датчиків без значного впливу на продуктивність.
- Синхронізацію та узгодженість даних — запобігання конфліктам між модулями, які виконують одночасні завдання [5, 6].

Нечітка логіка забезпечує гнучкий підхід до вирішення задач управління, де традиційні математичні моделі можуть бути недостатньо точними через високий рівень невизначеності. У системах замкнутого водного середовища вона застосовується для прийняття рішень у таких аспектах, як:

- Регулювання температури води для забезпечення оптимальних умов для біологічних процесів.
- Контроль рівня кисню для підтримання життєдіяльності водних організмів.
- Оптимізація концентрації поживних речовин, необхідних для рослин чи тварин [4].

Для розв’язання задачі обрано алгоритм Мамдані – алгоритм нечіткого логічного виводу, основаного на базі знань(правил). Метод Мамдані є нечіткою системою виведення (НСВ). НСВ являє собою систему, що використовує теорію нечітких множин для відображення входів (функцій в разі нечіткої класифікації) до виходів (класів в разі нечіткої класифікації). Кожен етап виконується послідовно, до того ж кожен наступний етап отримує на вхід значення, що були отримані в результаті роботи попереднього [6, 8].

Підготовка даних для роботи за алгоритмом здійснюється за допомогою фазифікації – перетворення чітких вхідних даних на нечіткі змінні. Отримані нечіткі змінні активують підвисновки на основі бази правил, акумульований висновок дефазифікується, тобто перетворюється у чітке вихідне значення зусилля для елементу контролю. Усі інші складові контролера залишаються без змін.

Ефективна синхронізація даних є ключовим компонентом у забезпеченні стабільності системи. У системі управління замкнутим водним середовищем синхронізація необхідна для узгодження даних, отриманих з різних сенсорів, що виступають вхідними даними для системи нечіткого логічного виведення на основі алгоритму Мамдані.

Паралельні обчислення у розглянутій системі можна виконувати на декількох рівнях і етапах роботи алгоритму.

Перший етап – збір даних з датчиків і фазифікація даних. На даному етапі є можливість паралельної обробки даних з датчиків і перетворення їх у нечіткі змінні для подальшого аналізу і прийняття рішень модулем нечіткого логічного виведення.

Оскільки датчики працюють у різних часових режимах, необхідна координація для забезпечення точності й узгодженості даних.

Підхід бар’єру є одним із механізмів синхронізації, що використовується для координації роботи кількох потоків або процесів у системах паралельних обчислень. У контексті управління системами замкнутого водного середовища з нечіткими змінними, бар’єри дозволяють забезпечити узгодженість даних, які надходять від різних датчиків, перед початком виконання наступного етапу обчислень.

Бар’єр дозволяє об’єднати дані з кількох датчиків у точці синхронізації для формування нечіткого логічного висновку щодо подальшого регулювання параметрів.

Другим етапом, де є можливим застосування паралельних обчислень, є безпосередньо процес оцінки правил з бази знань контролера. В результаті оцінки активується правило з найвищим ступенем належності. Чим більша база правил – тим точніший висновок можна отримати щодо подальших інструкцій системі. Обчислення правил імплікації можна проводити паралельно, застосувавши як точку синхронізації агрегацію правил для формування вихідної нечіткої змінної.

Третім етапом з можливістю використання паралельних обчислень є виконання інструкцій, отриманих внаслідок роботи модуля нечіткого логічного виведення.

Перевагою застосування паралельних обчислень для обчислень на основі нечіткої логіки є гнучкість роботи із неповними даними. За умов виходу із ладу окремих датчиків, все ще є можливим спрогнозувати подальші дії системи у реальному часі.

Розглянемо принцип використання бар’єру на гіпотетичному сценарії роботи системи контролю.

Сценарій включає в себе контролер із 10 датчиками. Розглянемо процес роботи обробки сигналів

датчиків послідовно і паралельно.

У випадку з паралельними обчисленнями об’єднуємо дані з 10 датчиків за принципом батчингу(batching). Підхід батчингу полягає у групуванні даних з декількох джерел для їх одночасної обробки.

У системах управління параметрами замкнутого водного середовища з використанням нечіткої логіки батчинг дозволяє ефективно синхронізувати дані, що надходять від великої кількості датчиків, та зменшити затримки, спричинені асинхронною передачею даних. Вхідні дані від кожного датчика записуються у тимчасовий буфер до досягнення певного розміру пакета або досягнення часового обмеження на очікування даних. Зібраний пакет даних передається до модуля нечіткої логіки для застосування правил та виведення рішень.

Для наглядності і симулювання процесу отримання датчиками даних і передачі їх у контролер, визначимо час гіпотетичний час обробки інформації датчиком випадковим розподілом у межах від 10мс до 100мс.

Було проведено 10000 ітерацій роботи послідовним і паралельним підходом.

Графічне представлення результатів тестування представлені на рис. 1.

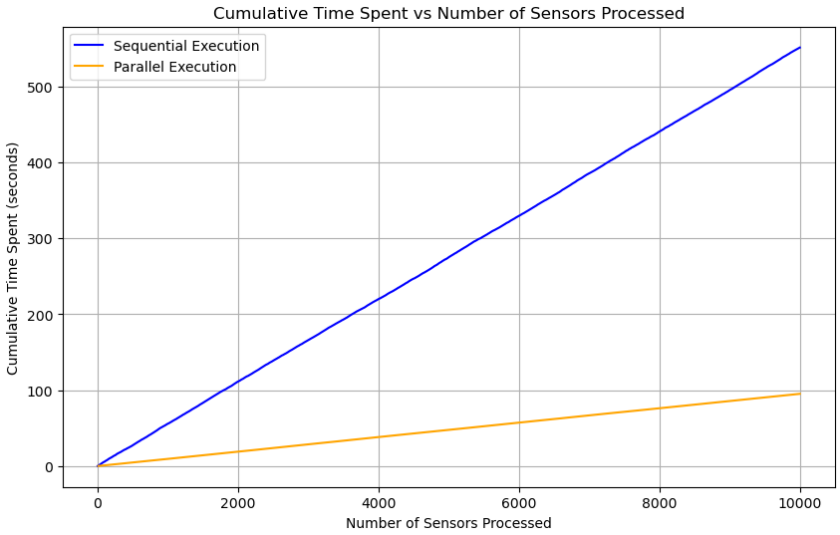


Рисунок 1 – графічне представлення результатів тестування послідовного і паралельного підходу роботи контролера

З результатів тестування отримуємо наступне:

Час виконання із застосування послідовного підходу склав 556с.

Час виконання із застосування паралельного підходу склав 95с.

Розподіливши обчислення і обробку даних з 10 датчиків отримуємо приріст продуктивності у 5.6 разів.

В умовах критичності підтримання стабільного стану водних середовищ, такий приріст продуктивності може зіграти вирішальну роль у непередбачуваних сценаріях, а поєднання підходів нечіткої логіки із паралельними обчисленням дозволяє збільшити гнучкість за умов неповноти даних та підвищити відмовостійкість системи за сценарію виходу із ладу деяких датчиків.

Висновки

Застосування паралельних обчислень та нечіткої логіки, зокрема методу Мамдані, відкриває нові можливості для оптимізації управління параметрами замкнутих водних середовищ. Це дозволяє забезпечити точність та стабільність роботи систем навіть в умовах значної невизначеності. Забезпечення синхронізації на всіх рівнях системи є критично важливим аспектом, що впливає на її ефективність. Результати тестування демонструють значний ріст продуктивності системи із застосуванням паралельних обчислень і механізму синхронізації. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на впровадження нових методів оптимізації паралельних обчислень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Muhammad Aziz Muslim and Yogi Raditya Julianto, Design and Implementation of Filter Pump Control in a Freshwater Fish Aquarium based on Fuzzy Logic, 1 – 3.
2. Boyd, C. E., & Tucker, C. S. Pond Aquaculture Water Quality Management. Springer, 1998.
3. Temperature Controller Basics Handbook [Електронний ресурс] – режим доступу: https://www.instrumart.com/pages/283/temperature-controller-basics-handbook.
4. Dinesh Singh Raha, Sudha Rani. Fuzzy logic-based control system for fresh water aquaculture: A MATLAB based simulation approach. Serbian Journal of electrical engineering 12(2): 171-182.
5. Ascia, G. & Catania, Vincenzo & Giacalone, B. & Russo, Marco & Vita, L.. (1996). Designing for Parallel Fuzzy Computing. Micro, IEEE. 15. 62. 10.1109/40.476261.
6. В.П. Семеренко. Технології паралельних обчислень. Навчальний посібник. Вінниця, ВНТУ, 2018.
7. W. Ross Ashby. Chapter 12: The error-controlled regulator.
8. Н.В. Басюк. Алгоритми аналізу стану комп'ютерної системи на основі нечіткої логіки.

Шинкаренко Олег Олександрович – аспірант кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: oshynkarenko1503@gmail.com .

Сілагін Олексій Віталійович – канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: avsilagin@vntu.edu.ua .

Shynkarenko Oleh Oleksandrovych – postgraduate student of Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: oshynkarenko1503@gmail.com.

Silagin Oleksiy Vitalyevich – Cand Sc. (Eng.), Associate Professor of Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: avsilagin@vntu.edu.ua.