УДК 004.94

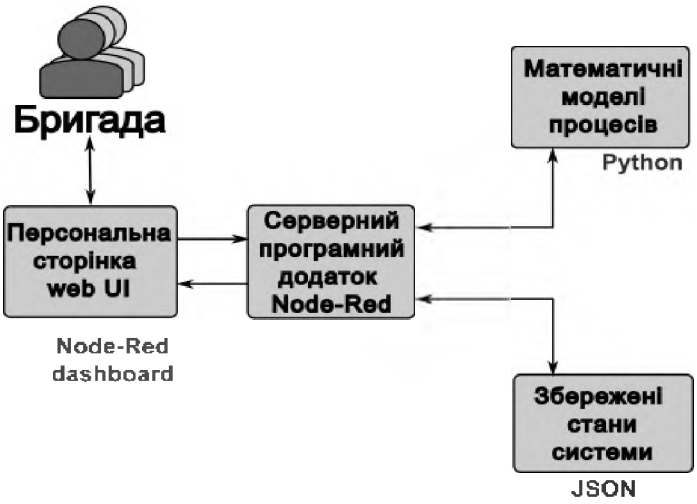
РЕАЛІЗАЦІЯ ОСВІТНІХ ТРЕНАЖЕРІВ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ *NODE-RED*

Захарченко А. С., Степанець О. В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, zakharchenko.anastasia@lll.kpi.ua

В умовах дистанційного режиму навчання, можливості студентів набувати практичні навички роботи досить обмежені, як і можливості викладачів забезпечити доступ чи віддалене керування фізичними установками, тренажерами і стендами. Розробка програмного забезпечення, що дозволятиме симулювати певні технологічні процеси, поведінку обладнання та забезпечуватиме певний візуальний інтерфейс для користувача, потребує значного часу та вмінь [1]. Таке рішення має бути кросплатформенним та мати легкий та надійний процес інсталяції або реалізовувати певні механізми віддаленого доступу. Таким чином розробка пакету тренажерів для виконання різноманітних лабораторних завдань може бути як довготривалим та досить затратним процесом, так і надто складним для викладача, який не має відповідних навичок.

Використання інструментів візуального програмування *Node-red* може значно спростити процес розробки програмної реалізації таких проектів, використовуючи принципи потокового програмування, що є більш звичним та зрозумілим для розробників з загальною інженерною спеціальністю [2]. Для використання *Node-red* не обов'язково мати високий рівень знань та досвіду роботи з мовою *Java Script* чи розробки серверного програмного забезпечення, так як велика кількість функцій та механізмів вже реалізована. Важливою особливістю *Node-red* є також наявність широкої палітри віджетів, інструментів та механізмів для реалізації графічних інтерфейсів користувача, а можливість інтеграції інтерактивних *SVG* файлів дозволяє представляти різноманітні технологічні процеси і обладнання, доповнюючи їх відповідними візуальними даними чи анімацією.

Node-red базується на основі платформи *Node.js*, що вносить певні обмеження в сфери його застосування. Так, наприклад, через однопоточність платформи можуть виникнути складнощі з завданнями, які вимагають значної обчислювальної потужності центрального процесора, та з забезпеченням певного часу виконання тої чи іншої частини коду. Тому буває доречно компонувати програмні рішення різними мовами. Запропоноване рішення включає в себе персональні сторінки керування технологічним об'єктом, та серверної програмної частини в середовищі *Node-red*, яке обробляє події та керує потоками даних. До його завдань належить забезпечення обміну даними між структурними частинами проекту, перетворення відповідних дій користувача в команди для математичних моделей, запуск та контроль цих моделей, обробка результатів моделювання та збереження поточного стану системи в разі знеструмлення апаратного забезпечення системи, де розгорнутий проект. Архітектура такого комплексу представлена на рисунку.



Архітектура віртуального навчального стенду

Розробка математичних моделей технологічних об'єктів є дуже важливим аспектом як наукової діяльності так і може знаходити реалізацію для широкого практичного застосування. Використання мови *Python* надає можливості не тільки симулювати та досліджувати процеси, оцінювати їх адекватність, а й інтегрувати їх в інші програмні коди, включаючи реалізації прототипів цифрових двійників та навчальних програмних продуктів. Такі рішення, окрім їх гнучкості, не мають необхідності ліцензування та обмежень в використанні, оскільки базуються на відкритих джерелах та бібліотеках. Опис об'єктів та процесів в вигляді класів може включати в себе функції для розрахунку зміни стану за невеликий час, що рівний часу дискретизації. Набір таких класів об'єднується в конкретний сценарій моделювання, що може включати в себе, наприклад, регулятор, виконавчий механізм та певний набір об'єктів та збурень, що відповідатиме структурі реальної системи, робота якої симулюється [3]. Для забезпечення роботи такого коду в реальному часі необхідно паралельно виконувати функції, що виконують розрахунок поточного стану елементів системи, та функції що забезпечуватимуть оновлення сигналів керування, що надходять від користувача, зміну налаштувань та збурень системи.

Таким чином, використання сучасних технологій та інструментів, що доступні нам завдяки використанню *Node-red* та *Python*, надає можливість реалізовувати проекти для забезпечення навчальних програм відповідними віртуальними лабораторними стендами.

1. Andini, N. F., Dewi, P. M., Marida, T. A. C., Wibawa, A. P., Nafalski, A. A decade evolution of virtual and remote laboratories. Bulletin of Social Informatics Theory and Application. 2023. Vol 7(1). P. 63–73. DOI: 10.31763/businta.v7i1.203.

2. Kumar K.V., Taparugssanagorn A. Senadheera A. Virtual Internet of Things Laboratory Using Node-RED. Digital Transformation - Towards New Frontiers and Business Opportunities, IntechOpen. 2022. P. 10. DOI:10.5772/intechopen.104127.

3. Z. Gao, "Special Issue on Modelling, Monitoring, Control andOptimization for Complex Industrial Processes," Processes, 2023. No. 11(1). P. 207. DOI:10.3390/pr11010207.