

Висновок. За результатами проведеного експерименту можна зробити висновок, що даний підхід до реалізації кластеру підвищує швидкість обробки даних на 16 %, але ефективність може бути ще підвищена шляхом апаратної модернізації, що полягає в збільшенні кількості Raspberry Pi, що входять до складу кластера та підключення через концентратор, програмне забезпечення, що створено у ході експеримента працює швидко, везвідмовно і модернізації не потребує.

Література:

3. Аналіз стану досліджень в області методів і алгоритмів планування в ГРІД і хмарні обчислення – [Електронний ресурс] – Режим доступу : URL : <https://cyberleninka.ru/article/v/analiz-sostoyaniya-issledovaniya-v-oblasti-metodov-i-algoritmov-planirovaniya-v-grid-i-oblachnyh-vychisleniyah>. – Загол. з екрану.
4. Огляд технологій розподілених обчислень – [Електронний ресурс] – Режим доступу : URL : <https://cyberleninka.ru/article/v/obzor-tehnologiy-raspredeleennyh-vychisleniy>. – Загол. з екрану.
5. Розподілені обчислення за допомогою Raspberry Pi – [Електронний ресурс] – Режим доступу : URL : <http://isearch.kiev.ua/ru/searchpracticeru/-methods/instruments/1820-distributed-computing-using-raspberry-pi>. – Загол. з екрану.

УДК 004.94

УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

**Гайда Анатолий Юлианович,
Фарионова Татьяна Анатольевна,
Слободян Сергей Олегович,**

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Николаев, Украина,

Управление социальными, экономическими, отдельными техническими и другими системами сопряжено с известной сложностью их моделирования. Для динамических систем эта сложность определяется зависимостью реакции системы от ее текущего состояния. При этом определение текущего состояния системы также может осуществляться по ее реакции на управляющие или другие воздействия, т.е. – по косвенным признакам [1]. Это затрудняет или делает невозможным прогнозирование реакции системы на управляющие воздействия и, как следствие, формирование алгоритмов эффективного управления [2].

Целью работы является повышение эффективности управления динамическими системами на основе адаптивных моделей системы, позволяющих прогнозировать реакцию системы на управляющие воздействия и формировать управление, эффективное с точки зрения поведения системы.

Поведение динамических систем принято описывать линейными неоднородными дифференциальными уравнениями n -го порядка или системами из n дифференциальных уравнений, определяющими модели “вход – выход” или “вход – состояние – выход”. Решением таких уравнений является искомая функция, зависящая от времени и текущего состояния системы, содержащая две составляющих – общее и частное решения. В теории управления они известны как свободная и вынужденная составляющие переходного процесса. Свободная составляющая определяет поведение системы, а вынужденная – ее реакцию на внешние воздействия.

Для решения задач прогнозирования разработаны различные методы, в том числе экспертных оценок, экстраполяции, скользящих средних, временных рядов, прогнозирования на основе интеллектуального анализа данных, нейросетевого прогнозирования и другие. Выбор тех или иных методов определяется характером выборок данных, на основании которых предполагается формировать прогноз, их полнотой, точностью и другими аспектами.

Рассмотрим возможность решения задачи построения алгоритма эффективного управления в динамической системе на примере системы активного виброгашения. В качестве такой системы выберем установку, на которую воздействует источник вибрации. Под действием вибрации происходит смещение центра масс установки. Усилие вибрации приложено к амортизатору (апериодическое звено) с конструктивно заданной жесткостью и коэффициентом демпфирования.

В простейшем случае, математическая модель такой идеальной системы может быть представлена в виде:

$$Ty'(t) + y(t) = kx(t),$$

где: $y(t)$ – выходная величина; $x(t)$ – входная величина; k – коэффициент усиления; T – постоянная времени, характеризующая инерционность.

В операторном представлении зависимость между входным и выходным сигналами, а также передаточная функция системы могут быть записаны в виде:

$$Tpy(p) + y(p) = kx(p)$$

$$W(p) = \frac{k}{Tp + 1}$$

В точке соединения амортизатора с опорой установлен датчик давления, информация с которого поступает на систему управления, которая должна сформировать сигнал актуатору, противодействующему вибрации. В идеальном случае актуатор должен полностью компенсировать усилие, развиваемое источником вибрации, т.е.:

$$y_a(t) + y_v(t) = 0,$$

где: $y_a(t)$ – выходное воздействие актуатора; $y_v(t)$ – выходное воздействие источника вибрации.

В ситуации, когда текущее состояние системы и ее реакция на воздействие известны, управляющее воздействие на актуатор в каждый момент времени могло бы быть определено решением системы дифференциальных уравнений, описывающих систему. В действительности износ амортизатора, изменение массы установки и прочие факторы определяют изменчивость параметров k и T математической модели системы, что делает невозможным эффективное применение модели при формировании управляющего сигнала. Таким образом для решения задачи управления необходимо моделировать как передаточную функцию, так и реакцию системы на управляющие воздействия.

Определим передаточную функцию W системы в дискретном виде:

$$y_{t+1} = W(y_t, x_{t+1})$$

Такая передаточная функция может быть задана средствами искусственных нейронных сетей (ИНС). Тогда, учитывая адаптивные возможности ИНС [3], задача выбора эффективного управления может быть решена на основе результатов прогнозирования реакции установки на внешнее воздействие. Обучение нейронной сети может быть выполнено на основе тестового сигнала актуатору и косвенных данных о состоянии установки, на которую воздействуют источник вибрации и актуатор. Тестовый сигнал актуатору может быть сформирован путем линейного преобразования сигнала с датчика давления. При этом передаточную функцию обученной ИНС, осуществляющей прогнозирование, можно рассматривать как передаточную функцию моделируемой системы.

Получив передаточную функцию и зная желаемое поведение установки (полное подавление вибрации) необходимо решить обратную задачу управления актуатором – найти такое воздействие x_t на актуатор, при котором он сможет компенсировать усилие, развиваемое источником вибрации:

$$x_{t+1} = R(x_t, y_t)$$

Решение этой задачи также осуществлено средствами ИНС.

На рис. 1 представлены сигнал с датчика давления при отключенном и подключенном актуаторе. Как видно из рисунка, подключение актуатора привело к значительному уменьшению амплитуды колебаний, что свидетельствует о высокой эффективности управления в системе активного виброгашения. На рис. 2 представлены фазовые характеристики передаточной функции системы. Здесь идеальной была бы характеристика, имеющая вид прямой, проходящей через центр координат (при отсутствии возмущения выходной сигнал отсутствует) и пересекающая 2-й и 4-й квадранты. Как видно из рисунка, полученная в результате активного виброгашения характеристика близка к идеальной.

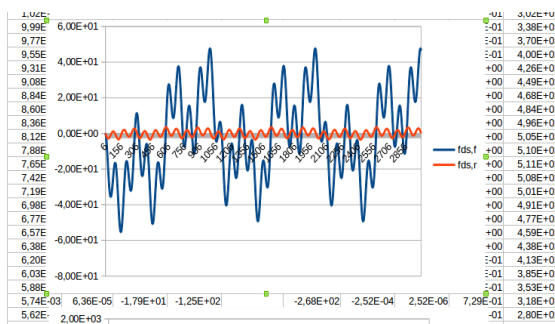


Рисунок 1 – Сигнал с датчика давления при отключенном (большая амплитуда) и подключенном (малая амплитуда) актуаторе

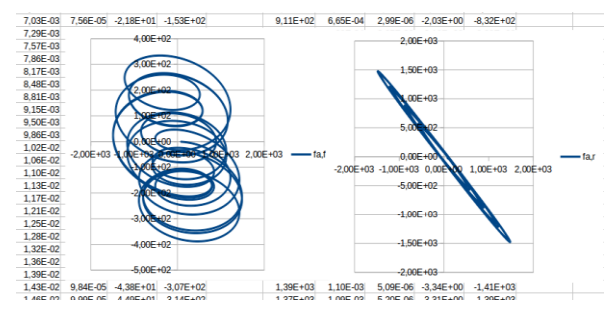


Рисунок 2 – Фазовая характеристика установки при отключенном (слева) и подключенном (справа) актуаторе

Полученные решения могут быть применены при управлении динамическими системами, для которых построение их передаточных функций сопряжено с определенными трудностями моделирования или вычислений.

К преимуществам предложенного подхода можно отнести возможность уточнения передаточной функции системы в процессе управления путем переобучения ИНС и/или уточнения модели путем формирования обучающей выборки на основе расширенного набора измеренных значений.

В целом поставленная в работе задача решена. К недостаткам предложенного решения следует отнести ограничения, связанные с временем обучения и вычислений на ИНС, а также наличие погрешности в сформированном сигнале управления, определяемой особенностями

Литература

1. **Гайда, А. Ю.** Механизмы эффективного управления проектами в организационных системах с нечетко выраженными состояниями [Текст] / А.Ю. Гайда, Т.А. Фарионова, М.В. Ворона // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 28. – С. 116 – 122.

2. **Гудвин, Г. К.** Проектирование систем управления [Текст] / Г. К. Гудвин, С. Ф. Гребне, М. Э. Сальгадо – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. –911 с.

3. **Карпов, Л. Е.** Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов [Текст] / Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин. – М: Труды Института Системного Программирования РАН, 2007, т. 13, ч. 2, – С. 37-57.

УДК 681.3.06

СТВОРЕННЯ ТА СУПРОВОДЖЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ МОДЕЛІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Конотоп Дмитро Ігорович

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)

Створення складних технічних об'єктів (СТО, як-от: об'єкти наукоємного машинобудування, котрі характеризуються кількістю елементів та зв'язків, що дорівнює 10^6 і більше: кораблі, літаки, ракетні апарати, автомобілі та ін.) – процес, що містить складні об'єкти та моделі, тривалі процеси і спирається на наявні стандарти та інформаційні технології (ІТ), серед котрих істотно місце займають ІТ неперервної інформаційної підтримки життєвого циклу (ЖЦ) СТО (CAL S) [1]. Використовуючи компоненти технології CAL S, розробляються та досліджуються моделі, котрі відображають різні сторони структури та функціонування СТО та є системою, з котрою працюють, щоб розв'язати комплекс невіршених задач із забезпечення: зв'язку між моделями; етапами створення СТО та поєднання компонентів технології CAL S, що є надзвичайно актуальною науковою задачею, котра дозволить знизити терміни створення та зменшити вартість СТО.

При створенні СТО необхідний постійний контроль за розробкою ІТ. Для цього розроблено модель оцінки необхідності внесення змін в існуючі ІТ, використовуючи SWOT-аналіз. Створюється експертна комісія з N експертів. Для визначення стратегії подальших дій зі створення ефективної ІТ створення моделей СТО експерти заповнюють матрицю впливів можливостей (S) на переваги (O). На перетині S з O проставляється експертна оцінка їхнього взаємного впливу (e_{ij}) в балах від "0" – "вплив відсутній" до "5" – "вплив дуже сильний". Підсумкова сума балів по стовпцях показує пріоритетність урахування того чи іншого чинника при

виборі стратегії: $E_j = \max_j \sum_{i=1}^{n_S} e_{ij} (j = \overline{1, n_O})$, де e_{ij} – елемент матриці визначення оптимальної можливості,

n_O – кількість можливостей, n_S – кількість переваг. [2] В результаті, ранжування можливостей набуває вигляду: $O_1 < O_3 < O_2 < O_5 < O_4$, що показує: найбільше значення при впровадженні ІТ створення СТО має доопрацювання існуючих ІТ створення моделей СТО для підвищення конкурентоспроможності та продовження ЖЦ моделей СТО. На основі отриманої експертної оцінки розробляється метод знання-орієнтованого моделювання СТО, який доповнює та розширює наявний метод інтегрованого моделювання та комп'ютерного проектування і технологію паралельного проектування PLM для підвищення їхньої ефективності в процесі створення моделей СТО.

Досліджено та розроблено концепцію створення узагальненої моделі СТО (M_U), що складається з набору моделей СТО, отриманих з компонентів CAL S різних етапів ЖЦ СТО:

$$M_U = \{M_G, M_W, M_A, M_{CC}, M_S, M_{PP}, M_T, M_E\},$$

де M_i – моделі: геометрична; вагова; аеродинамічна; компоновання та центрування (КЦ); міцності; силової установки (СУ); технологічності; економічна відповідно.