

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИСХІДНОГО СИНТЕЗУ ЕЛЕМЕНТІВ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ БАГАТОРІВНЕВОГО МОНІТОРИНГУ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси, Україна

Анотація. Розглядаються процеси синтезу елементів у багаторівневій моніторинговій системі. Пропонуються методи обробки масивів вхідних даних та їх обробка в багаторівневій системі моніторингу. Наводиться опис удосконаленого методу висхідного синтезу елементів у багаторівневій моніторинговій системі мобільного робота.

Ключові слова: інформаційна технологія, багатопараметрична модель, первинний опис, масив вхідних даних.

Аннотация. Рассматриваются процессы синтеза элементов в многоуровневой мониторинговой системе. Предлагаются методы обработки массивов входных данных и их обработка в многоуровневой системе мониторинга. Приводится описание усовершенствованного метода восходящего синтеза элементов в многоуровневой мониторинговой системе мобильного робота.

Ключевые слова: информационная технология, многопараметрическая модель, первичное описание, массив входных данных.

Abstract. The problems of synthesis of elements in multilevel monitoring system are regarded. We present methods of array of input data processing and multilevel monitoring system processing. The improved method of upconverting synthesis of elements in multilevel mobile robot monitoring system is described.

Keywords: information technology, multiparameter model, the initial description, the array of input data.

1. Вступ

Використання інформаційних технологій (ІТ) у процесі прийняття рішень має за мету максимально автоматизувати процес навігації та виконання поставлених задач перед автономним мобільним пристроєм. Основним завданням є виявлення багаторівневих стійких характеристик досліджуваного об'єкта та побудова ієрархічних математичних моделей, що описують зміни станів об'єктів, які досліджувалися. Незважаючи на велику кількість автономних пристроїв, задача автономного прийняття рішень до кінця не розв'язана.

У цій роботі функцію забезпечення інформацією процесу автономного прийняття рішення виконує система моніторингу. Інформація здобувається шляхом організації неперервних спостережень та обробки їх результатів [1]. Багаторівневий моніторинг використовується у випадку, коли об'єкт моніторингу складний і потрібну інформацію не вдається отримати однорівневою обробкою отриманих даних [2].

Багаторівнева обробка даних передбачає декомпозицію процесу перетворення інформації від форми масиву чисельних характеристик до форми прогнозів та характеристик прогнозів впливовості факторів [3]. Декомпозиція відбувається до того моменту, коли потужності існуючих методів та засобів стають достатніми для розв'язання локальних задач щодо перетворення даних. Локальні задачі перетворення даних формулюються у вигляді ідентифікації функціональної залежності, класифікації, прогнозування та ін.

За результатами декомпозиції для кожного із рівнів моніторингу формується множина задач. Розв'язком цих задач є багатопараметричні моделі, синтезовані за індуктивними алгоритмами методу групового урахування аргументів (МГУА), навчені нейромережі, генетичні алгоритми, гібридні моделі. Алгоритми синтезу гібридних моделей утворюю-

ються шляхом поєднання індуктивних методів, нейромереж, генетичних та інших алгоритмів, що реалізують еволюційний процес масової селекції моделей.

Моделі кожного із рівнів моніторингу поєднуються в окремі страти. Ієрархічне поєднання страт утворює глобальну функціональну залежність, яка містить відомості про властивості об'єкта, про впливовість факторів і здатна прораховувати наслідки застосування керуючих впливів – результатів застосування стратегії при прийнятті рішень.

Метод висхідного синтезу елементів використовується для автоматичного формування ієрархічної структури глобальної функціональної залежності в інформаційній технології багаторівневого моніторингу мобільного робота. Формування масиву вхідних даних для синтезу моделей вищої страти відбувається шляхом використання результатів послідовного розв'язку локальних задач перетворення інформації моделями попередніх страт. Таким чином розв'язується задача узгодження взаємодій локальних моделей у структурі глобальної функціональної залежності.

2. Формулювання проблеми в загальному вигляді

При використанні методу висхідного синтезу елементів у структурі інтелектуальної системи моніторингу мобільного робота виникає проблема недостатньої інформативності сигналів окремого датчика. Незважаючи на застосування технології багаторівневого перетворення даних та використання останніх алгоритмів формування структури глобальної функціональної залежності для багаторівневого моніторингу існуючими методами та засобами, не вдається синтезувати моделі прийнятної адекватності.

Багаторівнева структура і суб'єктивно задані рівні призводять до недостатньої інформативності масиву вхідних даних (МВД) і, як наслідок, до недостатньої адекватності моделей. Тому необхідно провести адаптацію існуючого методу оперативного формування структури глобальних функціональних залежностей для розв'язання нових задач, що виникають перед інтелектуальною системою мобільного робота.

Існує потреба в автоматизації процесу формування ієрархічної структури підсистеми перетворення інформації, яка б забезпечувала достатню інформативність.

Актуальність дослідження визначається необхідністю підвищити інформативність багаторівневої інтелектуальної системи прийняття рішень (ІСПР) мобільного робота за рахунок збільшення кількості адекватних моделей, отриманих з одного і того ж МВД.

3. Формулювання задачі

ІТ побудови ієрархічних моделей складається з декількох етапів. На першому етапі формується первинний опис (ПО) результатів комплексного моніторингу навколишнього середовища датчиками мобільного робота. ПО має вигляд двовимірних таблиць, що містять чисельні характеристики об'єктів, які потрапили в поле зору датчиків. На другому етапі формується глобальна функціональна залежність (ГФЗ) — ієрархічне поєднання функцій інформаційної системи, що містить механізми перетворення характеристик об'єктів та управляючі команди для керуючого механізму. Структура ГФЗ має вигляд багаторівневого поєднання індуктивних моделей, кожна з яких у своїй структурі відображає стан окремого датчика. Третій етап передбачає тестування та використання глобальної функції системи для забезпечення інформацією управляючого пристрою, визначення маршруту та прогнозування зміни стану системи на зміну показників датчиків.

Результати досліджень отримують на першому етапі ІТ і використовують як складовий елемент для наступних етапів.

На першому етапі побудови ієрархічних моделей стовпцями є значення показників станів об'єкта $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Рядок, який описує результати зафіксованих показників, називається спостереженням. Сукупність спостережень утворюють ПО. Повнота відобра-

ження властивостей об'єкта у структурі моделі досягається за умови достатньої різноманітності методів, на основі яких конструюються алгоритми синтезу моделей (АСМ). Для забезпечення можливості синтезу якісних моделей ПО повинен мати достатню інформативність.

Підвищення інформативності ПО досягається шляхом додавання додаткових параметрів стану об'єкта у процесі спостереження за ним [4] або ж шляхом конструювання цих параметрів за допомогою отриманих моделей [5].

Для відображення в моделях мобільного робота властивостей об'єкта в кількох його станах необхідно автоматизувати процес ускладнення структури синтезатора цих моделей. Задачі формування структури синтезатора моделей багаторівневої системи перетворення інформації розв'язуються шляхом застосування положень ієрархічних багаторівневих систем [4] та методології створення автоматизованих систем багаторівневого перетворення інформації [1].

Кожен рівень ієрархії відображає вплив змін показників датчиків на систему в цілому. Рівень ієрархії реалізовано програмно у вигляді окремої страти – поєднання моделей об'єкта відповідного рівня ієрархії. Кожна окрема страта містить розв'язок деякої множини задач перетворення даних за алгоритмами, що мають вигляд багатопараметричних моделей.

Страти першого рівня використовують деякий масив вхідних даних у вигляді матриці, який було отримано у процесі роботи датчика:

$$\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_{11} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_{21} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{k1} & x_{12} & \dots & x_{kn} & y_{kn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де x_{ij} – j -та характеристика стану об'єкта в певний момент спостереження, y_{ij} – j -та характеристика команди напрямку руху i -го спостереження, k – кількість спостережень, n – кількість характеристик управляючих команд.

Кожний рядок матриці відображає окремий стан команди руху системи, отриманий за показниками датчиків – технічних засобів зовнішнього моніторингу мобільного робота. Наперед відомо, що існує перелік спостережень, що проводяться технічними засобами зовнішнього моніторингу робота, які поєднують у собі чисельні показники характеристик $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, які впливали на $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ – відповідний стан системи для кожного спостереження.

Прикладом трирівневої глобальної функціональної залежності (ГФЗ) є вираз

$$M = f(Z(Y(X))), \quad (2)$$

де M – глобальна функціональна залежність, Z, Y – множина локальних моделей відповідних страт, X – множина характеристик зовнішніх об'єктів, отриманих технічними засобами зовнішнього моніторингу робота.

Відповідно до методу висхідного синтезу елементів [1] структура ГФЗ утворюється шляхом синтезу моделей вищої страти за МВД, що сформоване вихідними сигналами моделей нижчих страт:

$$Z = f(Y(X)). \quad (3)$$

Експериментально встановлено, що кожна із страт має декілька недостатньо інформативних моделей, вихідні сигнали яких мають характеристики адекватності гірше зада-

них. Ми їх виділяємо в окрему множину Dr , де r – це рівень ієрархії, що відображає відповідна страта. Вихідні сигнали моделей множини Dr не використовуються для формування МВД моделей вищих страт. Вони перетворюються в баласт, що використовує ресурси системи на їх створення, і при цьому вони не є корисними. Тому в роботі розв’язується задача мінімізації потужності множини Dr :

$$|Dr| \rightarrow \min. \quad (4)$$

Таким чином, метою даної роботи є підвищення різноманітності ІСПР мобільного робота шляхом підвищення інформативності ГФЗ за рахунок покращення адекватності моделей із множини Dr .

4. Результати досліджень

Була сформульована наукова гіпотеза про те, що підвищення адекватності моделей із множини Dr досягається шляхом їх переведення до вищої страти ГФЗ. Достовірність гіпотези перевірялась шляхом модельного експерименту.

Як об’єкт моделювання визначалась функціональна залежність $y_i = f(X)$, де $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

У відповідності з поставленою метою розв’язувалась задача структурної ідентифікації глобальної функціональної залежності інформаційної системи багаторівневого моніторингу. На рис. 1 подана функціональна схема формування структури ГФЗ.

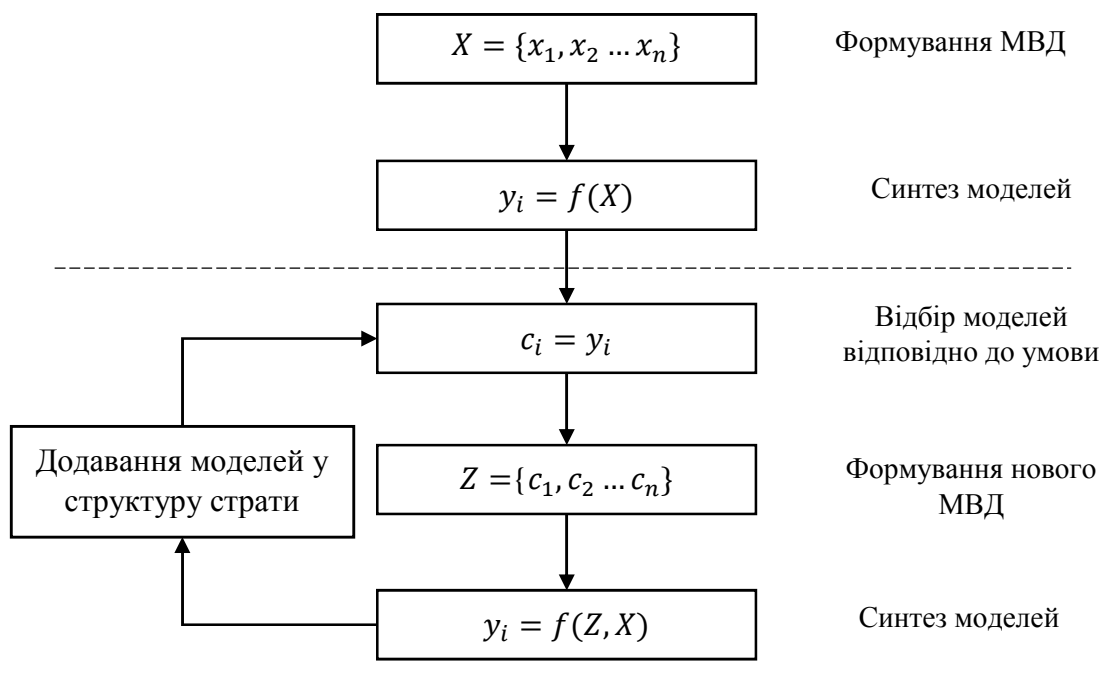


Рис. 1. Функціональна схема формування структури ГФЗ

Необхідно відмітити, що класична теорія ідентифікації в основному розглядає автоматизовані системи, технологічні процеси та задачі управління ними.

Відповідно до класичної теорії задача ідентифікації сформулюється наступним чином [6]. Заданий деякий об’єкт, у процесі нормального функціонування якого одночасно (синхронно) можуть бути виміряні його вхідна x і вихідна y змінні. За результатами вимірювання $x(t)$ і $y(t)$ необхідно побудувати модель заданого об’єкта.

При ідентифікації сигналів датчиків неможливо одночасно зафіксувати значення $x(t)$ і $y(t)$, де $x(t)$ – набір показників датчика, $y(t)$ – набір вихідних характеристик (команда для подальшого руху). Результати можуть бути отримані після певного періоду часу спостережень. Тому виникає задача в побудові математичної моделі, яка б наперед розраховувала значення $y(t)$.

В даному випадку кожен рівень ієрархії ГФЗ відображено у вигляді страти. Сукупність страт формує логічні рівні перетворення даних, відображені у вигляді чисельних характеристик станів датчиків та підсистем.

Тестування та експеримент проводилися у 2 етапи. На першому етапі було зібрано робочий модуль для визначення відстаней до перешкод (рис. 2) на основі Arduino UNO та ультразвукового датчика відстаней HC-SR04. На другому етапі за допомогою ігрового двигуна Unreal Engine 4 було розроблено віртуальну модель мобільного робота (рис. 3), що емулює роботу усіх вузлів, та зібрано дані для експерименту. Для визначення відстаней до перешкод було проемульовано три датчики відстаней, при чому датчик № 2 має двигун, що може обертати датчик навколо осей X, Y, Z .

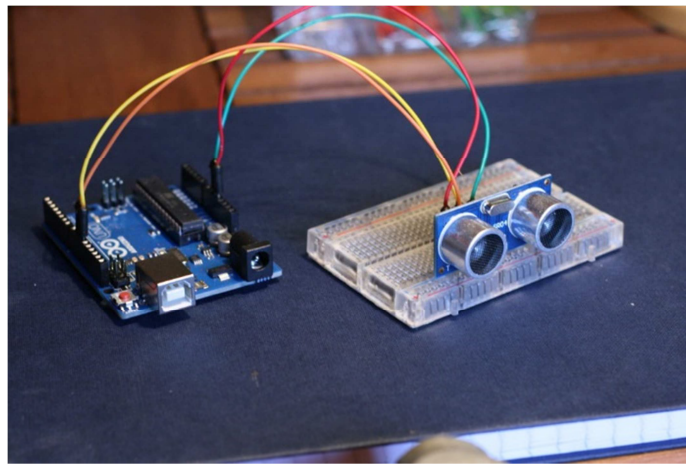


Рис. 2. Підключення ультразвукового датчика HC-SR04



Рис. 3. Модель мобільного робота в Unreal Engine 4

Задачею першої страти було отримання сукупності моделей, що відображають функціональну залежність команди руху від станів усіх вузлів.

При цьому адекватність отриманих моделей оцінюється за критерієм регулярності.

$$e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - f(x_i))^2}{\sum_{i=1}^N (f(x_i))^2}} * 100\% , \quad (4)$$

де y_i – дійсне значення показника, $f(x_i)$ – результат моделювання досліджуваного показника, N – кількість точок спостереження в екзаменаційній виборці.

У табл. 1 подано перелік показників, що містяться в первинному описі.

Таблиця 1. Перелік показників, що містяться в первинному описі

Показник	Позначення
Кут повороту робота відносно стартової точки	X1
Відстань від датчика № 1 до перешкоди	X2
Відстань від датчика № 3 до перешкоди	X3
Відстань від датчика № 2 до перешкоди	X4
Кут нахилу датчика № 2 по осі X	X5
Кут повороту датчика № 2 по осі Z	X6
Показник гіроскопа. Кут нахилу по осі X	X7
Показник гіроскопа. Кут нахилу по осі Y	X8
Показник гіроскопа. Кут нахилу по осі Z	X9
Команда для руху від датчика № 1	Y1
Команда для руху від датчика № 2	Y2
Команда для руху від датчика № 3	Y3
Команда для руху на основі 3 датчиків	Y4

Під час модельного експерименту аналітичні сигнали отримували та використовували на виході нижньої страти на виході ГФЗ, що мала однорівневу структуру за багаторядним алгоритмом МГУА (модель А) та на виході верхньої страти багаторівневої структури ГФЗ, сформованої за новим методом (модель Б). Порівняння результатів також наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Порівняння моделей

Модельований показник	Похибка визначення відстані, $\times 10^{-3}$ м	
	Модель А	Модель Б
Відстань за сигналом від датчика № 1	3,19	2,64
Відстань за сигналом від датчика № 2	3,23	2,70
Відстань за сигналом від датчика № 3	3,50	2,65
Відстань на основі одночасних сигналів датчиків № 1, № 2 та № 3	4,00	2,30

На основі результатів досліджень, поданих у табл. 2, можна зробити висновок, що удосконалення методу висхідного синтезу елементів дозволяє підвищити точність результатів моделювання. У досліджуваних умовах похибка визначення відстані зменшується від 17,2% до 42,5%.

5. Висновки

Таким чином, гіпотеза про підвищення адекватності моделей у структурі інтелектуальної системи багаторівневого моніторингу мобільного робота отримала експериментальне під-

вердження. Доведено можливість та ефективність адаптації технології багаторівневого моніторингу у структурі інтелектуальної системи мобільного робота. Показана придатність результатів моніторингу на нижньому рівні ієрархії для інтеграції в загальну структуру інтелектуальної системи перетворення інформації мобільним роботом. Зниження похибки позиціонування дозволяє підвищити ефективність виконання роботом спеціальних операцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Голуб С.В. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища / Голуб С.В. – Черкаси: ВВ ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2007. – 220 с.
2. Цикритзис Д. Модели данных / Д. Цикритзис, Ф. Лоховски. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 343 с.
3. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации сложных систем / Ивахненко А.Г. – К.: Наукова думка, 1982. – 296 с.
4. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / Месарович М., Мако Д., Такахра И. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
5. Голуб С.В. Адаптивне формування дублюючих рівнів у структурі ієрархічних систем багаторівневого соціогігієнічного моніторингу / С.В. Голуб, В.Ю. Немченко // Індуктивне моделювання складних систем. – 2011. – Вип. 1. – С. 41 – 48.
6. Голуб С.В. Координація взаємодій локальних агрегатів у структурі систем багаторівневого перетворення моніторингової інформації / С.В. Голуб // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2009. – № 6 (136). – Ч. 1. – С. 325 – 329.
7. Катренко А.В. Координація у системах підтримки прийняття рішень з розподілу обмежених ресурсів / А.В. Катренко, Ю.О. Верес // Інформаційні системи та мережі. – Л.: НУ "Львівська політехніка", 2009. – С. 117 – 128.
8. Райбман Н.С. Что такое идентификация? / Райбман Н.С. – М., 1970. – 118 с.

Стаття надійшла до редакції 13.06.2016