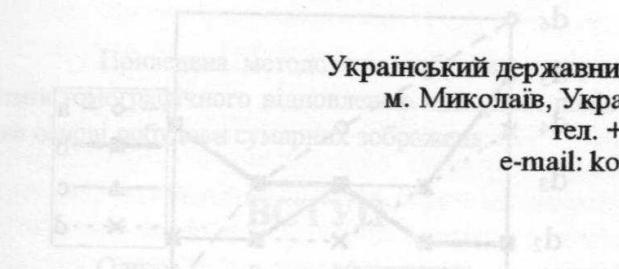


# Програмно-алгоритмічне забезпечення комп'ютеризованих систем технічної діагностики і прогнозування поведінки складних технічних об'єктів

Ю.П. Кондратенко, д.т.н., професор  
С.А. Сидоренко, аспірант

Український державний морський технічний університет,  
м. Миколаїв, Україна, пр. Героїв Сталінграду, 9  
тел. +(380512) 39-94-56  
e-mail: kondrat@rmc.aip.mk.ua



В доповіді розглядається неявно визначений структурно-формалізований підхід до синтезу програмно-алгоритмічного забезпечення експертних систем технічної діагностики і прогнозування поведінки об'єктів за їх сигналами та полями.

Як апробація теоретичних результатів наводиться приклад застосування розробленого підходу для побудови експертної системи технічної діагностики стану втрати судном остижності на основі теорії нечітких множин. Детально розглядається програмна реалізація експертної системи.

## Вступ

Підвищення ступеню універсалізації та сумісності, розширення функціональних можливостей сучасних комп'ютеризованих систем технічної діагностики дозволяє збільшити автономність, надійність та безпеку функціонування складних багатоз'язників технічних об'єктів, значно знизити витрати на їх експлуатацію і ремонт.

Для програмно-алгоритмічної формалізації сучасних систем технічної діагностики і розпізнавання образів використовується широке коло методів. На основі їх поглиблена аналізу вибрано математичний апарат нечіткої логіки, до переваг якого відносяться: відсутність необхідності у накопиченні і обробці великих об'ємів статистичної інформації, можливість врахування як кількісних, так і якісних параметрів технічних об'єктів, можливість формалізації однокритеріальних і багатокритеріальних розв'язуючих правил за допомогою природної мови та ін. [6, 2]. Використання цих методів як правило базується на попередньому формуванні баз знань та баз даних.

## Формалізація знань і вибір параметрів

Для прийняття рішень за допомогою методів теорії нечітких множин знання про об'єкт необхідно формалізувати у вигляді правил. Загальний вигляд правила такий:

ЯКЩО (Твердження 1)  $\cap$  (Твердження 2)  $\cap$  ...  $\cap$  (Твердження n) ТО "Висновок",  
де "Твердження" — нечітке логічне відношення, n — число параметрів об'єкта.

Сукупність правил утворює матрицю знань. Алгоритм прийняття рішення на основі вектора параметрів і матриці знань наведено в роботі [4]. Вибір параметрів та заповнення матриці знань здійснюється спеціалістами-експертами у даній області в співпраці з інженером знань.

## Програмно-алгоритмічне забезпечення

Розроблене авторами програмно-алгоритмічне забезпечення узагальненої експертної системи дозволяє діагнозувати виникнення випадкових пошкоджень і прогнозувати поведінку при функціонуванні складних технічних об'єктів в нечітко визначених умовах з врахуванням впливу цих пошкоджень. При цьому експертна система дає можливість в процесі експлуатації відслідковувати хід прийняття рішень і визначати ступінь впливу параметрів діагнозуемого об'єкту з визначенням найбільш "впливових" при встановленні того чи іншого діагнозу.

Програмна частина системи розроблена на основі об'єктивно-орієнтованого підходу за допомогою програмного комплексу Delphi 2. До програмного продукту входять такі основні класи об'єктів: TTechnObject — об'єкт діагностики чи прогнозування, TMatrix — матриця знань, TRule — правило, TFuzzySet — нечітка множина.

Функція належності нечіткої множини (TFuzzySet) задається рядом точок з їх наступною лінійною інтерполяцією. Над об'єктами цього класу можна проводити такі операції: бінарні — об'єднання I (максимум), об'єднання II (обмежена сума), об'єднання III (алгебраїчна сума), переріз I (мінімум), переріз II (обмежений добуток), переріз III (алгебраїчний добуток), різниця та унарні — доповнення, концентрація. Процедури, що реалізують операції над нечіткими множинами та основні класи об'єктів скомпоновано в динамічну бібліотеку (DLL). Експертна система розроблена для середовища Windows. Це зумовлює застосування природньої для цього середовища подійно-орієнтованої структури програми. Подійно-орієнтована структура дозволяє використовувати експертну систему для технічної діагностики об'єкта за його сигналами та полями в реальному часі і вбудовувати її в комплексні інтегровані системи управління складними технічними об'єктами без змін в програмному ядрі. В цьому режимі роботи програма реагує на зміни параметрів об'єкта діагностики і приймає рішення про його стан. Інформація про зміни надходить за допомогою Windows-повідомлень від драйверів пристройів збору інформації, встановлених безпосередньо на робочій станції, або, через мережу, від спеціалізованих робочих станцій. Програмний продукт може використовуватись для діагностики стану та прогнозування поведінки широкого класу технічних об'єктів. Для апробації програмно-алгоритмічного захисту розроблено експертну систему технічної діагностики стану втрати судном остойності.

## Діагностика стану остойності

Комп'ютеризовані системи підтримки прийняття рішень, до яких входять і системи технічної діагностики знаходять все більше застосування на сучасних суднах [3,5]. Остойність впливає на безпеку функціонування судна і залежить від параметрів навколошнього середовища і власних параметрів судна, характер зміни яких в цілому є випадковим. Експертна система дає змогу оцінювати вірогідність втрати остойності при виконанні маневру, зміні погодних умов, параметрів вантажу та ін.

Діагностування стану втрати остойності проводиться на основі 12 факторів ( $x_1, x_2, \dots, x_{12}$ ):  $x_1$  - водовиміщення,  $x_2$  - нерівномірність розподілу вантажу;  $x_3$  - зсув вантажу;  $x_4$  - розрідження вантажу;  $x_5$  - величина  $h/B_s$  ( $B_s$  - ширина судна,  $h$  - поперечна метацентрична висота);  $x_6$  - скопичення води в верхніх приміщеннях судна;  $x_7$  - крен;  $x_8$  - дифферент;  $x_9$  - рух на попутній хвилі;  $x_{10}$  - обліднення;  $x_{11}$  - період бортової хітавиці;  $x_{12}$  - швидкість вітру. Параметри визначаються за якісною шкалою з п'яти лінгвістичних термів: Н — низький, нС — нижче середнього, С — середній, вС — вище середнього і В — високий. Небез-

пека втрати остойності визначається на шкалі з шести рівнів  $d_1 \dots d_6$ , де  $d_1=d_{\min}, d_6=d_{\max}$ . Матриця знань експертної системи технічної діагностики втрати судном остойності наведено в роботі [4].

Для перевірки правильності роботи програми та коректності заповнення матриці знань було проведено моделювання ряду тестових ситуацій. Результати моделювання наводяться на рис. 1. Тут зображені залежності діагнозу від водовиміщення судна при різних значеннях решти параметрів.

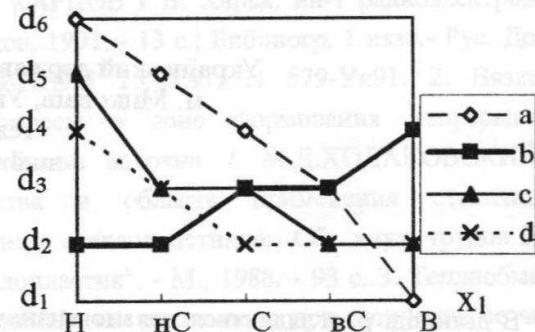


Рис. 1. Результати моделювання експертної системи: a, b, c, d — комплекти компонентів матриці знань

Результати показують, що з ростом водовиміщення судна остойність підвищується (крім випадку b, де  $x_2=B$ ). Крім того з випадків c ( $x_2=nC$ ) і d ( $x_2=H$ ) можна помітити, що незначний зсув вантажу небезпечніший для малотоннажних суден. Це відповідає даним морської практики [1] і експертним оцінкам. Отже система являється працездатною і коректно розв'язує поставлені завдання.

## Література

- Аксютин Л.Р. *Борьба с авариями морских судов от потери остойчивости*. — Л.: Судостроение, 1986.
- Кофман А. *Введение в теорию нечетких множеств*. М.: Радио и связь, 1982.
- Broel-Plater B. *A DSP System Using Fuzzy-Logic Technique*. Proceedings of the Fourth International Conference "Applications of Computer Systems" ACS'97, Szczecin, Poland, 1997.
- Kondratenko Y.P., Sidorenko S.A., Timchenko V.L. *Simulation Approach to the Ship Hierarchical Control System Design*. Proceedings of International Conference "Contribution of Cognition to Modelling" CCM'98, Lyon, France, 1998. pp. 4.1-4.4.
- Nishimura T., Hiroaki I., Hiroshi N. *Total Ship's Automation system*. Proceedings of "IMECO'91", Shanghai, China, 1991.
- Zadeh L. *Fuzzy sets*. J. Information and control, 1965, No. 8.