

парникових газів.- Київ, 1997.- 96 с. 3. UNFCCC. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Document FCCC/CP/1997/L.7/Add.1, 10 December 1997. 4. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reporting Instructions, The Workbook, Reference manual.- Vol. 1-3.- IPCC, 1997. 5. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reporting instructions.- IPCC, 2006. 6. Р.А.Бунь, М.І.Густі, В.С.Дачук та ін. Інформаційні технології інвентаризації парникових газів та прогнозування вуглецевого балансу України.- Львів: УАД, 2004.- 376с. 7. The IPCC Software for Estimating Greenhouse Gas Emissions. IPCC Version 1.1, 2006. 8. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2007 - EEA. 9 Website for the UKs National Atmospheric Emissions Inventory: <http://www.naei.org.uk/> 10. Doring U.M. et al. The System of the German Emission Inventory, <http://www.epa.gov/ttn/chieff/conference/ei11/datamgt/doring.pdf>. 11. Choate A. et al. State-of-the-Art Greenhouse Gas Emission Inventory Guidance and Tools, <http://www.epa.gov/ttn/chieff/conference/ei12/green/choate.pdf>. 12. Reis S. et al. Temporal and Spatial resolution of Greenhouse Gas Emissions in Europe / Dolman A. J. et.al "The Continental-Scale Greenhouse Gas Balance of Europe".- Springer, The Netherlands, 2008, pp.73-90. 13. Друге національне повідомлення України з питань зміни клімату.- Київ "Інтерпрес ЛТД", 2006.- 80с. 14. Гандерлой М. ADO u Visual Basic.- Києв: "ВЕК". – К.: "BookStar"- Москва: "Ентроп", 2001. – 332 с. 15. Кужій Л.І., Олексів Б.Я. Оцінки викидів парникових газів на основі розподіленої інвентаризації" // Праці II Міжнар. конгресу "Інформатизація рекреаційної та туристичної діяльності: перспективи культурної та туристичної діяльності", Трускавець, 2003. – С. 180–184. 16. Токар О., Кужій Л. Інформаційна технологія розподіленої інвентаризації парникових газів у лісовому господарстві // Праці Міжнар. конференції CSIT'2009. – Львів: Нац. ун-т "Львівська політехніка", 2009. – С.160–164. 17. Лакида П.І. Фітомаса лісів України. Монографія. – Тернопіль: Збруч, 2001. – 256 с. 18. Короткий довідник по лісовому фонду України. – К.: Державний комітет лісового господарства України, 1998. – 101 с. 19. Довкілля України: Статистичний збірник / Державний комітет статистики України. – К., 2001. – 111 с. 20. Статистичний щорічник України за 2000 рік / Держкомстат України. – К.: Техніка, 2001. – 599 с.

УДК 004.827

Є. Гнатчук

Хмельницький національний університет

## КРИТЕРІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БАЗ ЗНАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ

© Гнатчук Є., 2010

**Розглянуто критерії забезпечення якості, надійності та ефективності використання баз знань інтелектуальних систем діагностування, що містять нечіткі продукційні правила, причини виникнення інтервалів невизначеності. Наведено приклад логічного висновку з урахуванням діагностичної інформації, що дає змогу усунути наявні інтервали невизначеності.**

**In the article the criteria of quality, reliability and efficiency of knowledge bases of intelligent systems for diagnosis, with a membership of fuzzy productive rule causes uncertainty intervals, is an example of logical conclusion with regard to diagnostic information that allows to remove the existing uncertainty intervals.**

### Постановка проблеми

Сьогодні компоненти штучного інтелекту, зокрема експертні системи діагностування, широко використовуються в технічній діагностиці. Це зумовлено можливістю розв'язання цими системами неформалізованих та важкоформалізованих задач.

Ефективність роботи інтелектуальних систем діагностування (ІСТД) визначається якістю та кількістю наявних в ній знань, особливо експертних, та стратегією їх використання. Оскільки при діагностуванні технічних об'єктів наявна різнотипна діагностична інформація, яка часто подається в нечіткій формі, то бази знань (БЗ) таких систем складаються з нечітких продукційних правил. Такі БЗ порівняно легко піддаються модифікації та нарощуванню. Разом з тим, виникають проблеми, пов'язані з забезпеченням якості та надійності нечітких БЗ.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Для розроблення інтелектуальних систем технічного діагностування використовують мови, основані на знаннях, такі як DESIRE, KARL та інші [1, 2]. Для деяких предметних галузей завчасно складно визначити та описати задачі, які будуть вирішуватись ІСТД, що ускладнює формування їх БЗ. Критерієм прийнятності БЗ є критерій, згідно з яким ІСТД повинна забезпечувати коректне логічне виведення та не допускати аномальної поведінки [2]. Спричинити аномальну поведінку можуть такі чинники: надлишковість та суперечливість діагностичної інформації; недосконалість механізму утилізації правил [2]. Вплив цих чинників необхідно враховувати при формулюванні критеріїв несуперечливості, надлишковості та життєздатності [2–5].

Вплив нечіткої діагностичної інформації посилює значення відповідних критеріїв при оцінюванні якості БЗ систем технічного діагностування.

Забезпечення якості, надійності та ефективності використання баз знань ІСТД, що мають у своєму складі нечіткі продукційні правила, є актуальною задачею.

### **Ціль статті**

Необхідно дослідити фактори, що впливають на критерій життєздатності, що, своєю чергою, забезпечує досягнення повноти БЗ. Повна БЗ містить правила, активізація яких гарантує перехід від множини початкових станів до множини цільових станів [2].

Оскільки при діагностуванні технічних об'єктів наявна діагностична інформація: числові оцінки та значення параметрів, допустимі інтервали їх зміни, експертна інформація, отримана в лінгвістичній формі, яка часто подається в нечіткій формі, то для вирішення описаних проблем необхідно врахувати особливості подання та опрацювання такої інформації у нечітких базах знань.

Для опрацювання експертної інформації в нечіткій експертній системі діагностування комп'ютерних засобів необхідно розв'язати такі задачі:

- 1) визначення складу інформації в базі знань та джерел інформації;
- 2) підготовка інформації;
- 3) використання інформації.

Питання визначення складу інформації в БЗ НЕСД розглядалися у роботі [6].

До складу ІСТД комп'ютерних засобів входить інформація, яка описує компоненти та елементи об'єкта діагностування, значення та параметри апаратних складових та інше. Оскільки задачею діагностування КЗ передбачено виявлення несправностей, то до складу БЗ внесено інформацію про можливі типи несправностей, характерні ознаки їх прояву, причини виникнення та алгоритми їх усунення. Частково така інформація представлена у нечіткій формі [6].

Джерелами діагностичної інформації є:

- документація щодо апаратних складових ОД та довідкова література;
- експертна інформація, отримана в процесі опитування експертів.

### **Визначення рівня кваліфікації експертів**

Якщо існує така множина  $V$ , яка дає змогу ідентифікувати усі стани ОД з множини станів, то інформація є корисною та її об'єм достатній, тобто  $V = V_{kor}$ .

Якщо  $V > V_{kor}$ , то у множинах даних та знань  $D$  і (або) у множині діагностичних ознак  $D_Z$  існує надлишок інформації. У такому випадку процес діагностування буде успішним, але виникає необхідність опрацювання надлишкової інформації.

Отже, якщо при додаванні нового корисного правила повнота БЗ не зросла, то правило є надлишковим, і його наявність у базі знань може призвести до прямого або ланцюжкового конфлікту. Тому потрібно, щоб експерт вказав, яка інформація є надлишковою. Якщо  $V < V_{kor}$ , то у множинах  $D$  і (або)  $D_Z$  недостатньо інформації. У такому випадку несправність не буде визначена, і виникає необхідність поповнення БЗ діагностичною інформацією.

Розглянемо процес логічного виведення у процесі діагностування для вищезгаданих випадків.

При  $V = V_{kor} : P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow P_5 \rightarrow P_6$  – ланцюжок суджень щодо стану ОД реалізується за скінченну кількість кроків.

При  $V > V_{kor} : P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow P_5 \rightarrow P_6 \rightarrow P_4 \rightarrow P_5$  – ланцюжок суджень системи реалізується за скінченну кількість кроків, але у ньому наявні випадки повторного використання одних і тих самих правил (петлі).

При  $V < V_{kor} : P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow ?$  або  $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow$   
 $\uparrow \leftarrow \leftarrow \downarrow$  – ланцюжок системи є непов-

ним, або зациклюється.

У процесі наповнення БЗ спеціаліст зі знань має домогтися ситуації, коли  $V = V_{kor}$ .

Показником кваліфікації експерта для основних типів задач є інтегрована характеристика якості вирішення задач ( $Q_v$ ), котра впливає на оцінювання його рівня компетентності.  $Q_v$  обчислюється за формулою:

$$Q_v = \sum_{i=1}^d v_{z_i} / d, \quad (1)$$

де  $v_z$  – кількість вдано вирішених задач;  $d$  – загальна кількість вирішуваних задач.

Експертам пропонується вирішити ряд задач окремих напрямків предметної галузі, наприклад, діагностування системних плат, діагностування відеокарт і т. д. Перед початком розв'язання задачі  $Q_v = 0$ . Після закінчення роботи експерта з системою при вдалому вирішенні однієї з задач  $v_z = 1$ , інакше -  $v_z = 0$ .

На основі значення  $Q_v$  кожному експерту виставлено оцінку з інтервалу  $s \in [0, 1]$ , яка відображатиме рівень їх компетентності, де  $s = 1$  – для кращого експерта, для спеціалістів з нижчим рівнем кваліфікації має виконуватись умова  $0,6 \leq s < 1$ . Інформація, надана експертами, рівень компетентності яких менший за 0,6, не враховується [6]. Так сформована множина рівнів компетентності кожного експерта за окремими напрямками предметної галузі.

### Подання та опрацювання нечіткої діагностичної інформації

Отже, досягнення цільового стану ІСТД можливе за рахунок усунення зациклювання, недостатності та неоднозначності діагностичної інформації в правилах, що описують предметну галузь.

Діагностичні знання та дані подаються за допомогою нечітких множин. Кожна нечітка множина оцінюється за визначеною порядковою шкалою і має функцію належності, яка набуває значення на визначеному інтервалі [5]. В процесі подання та подальшого опрацювання діагностичної інформації у вигляді лінгвістичних термів виникають такі проблеми, як синонімія лінгвістичних термів; неоднозначність трактувань висловлювань експертів; некоректне масштабування лінгвістичних термів на шкали; кореляція лінгвістичних термів (два різні висловлювання фактично описують одне і те поняття) [6, 7].

Усунення синонімії лінгвістичних термів, неоднозначності трактувань експертів та кореляції лінгвістичних термів можливі за рахунок використання таких показників, як корисність діагностичної інформації, повнота діагностичної інформації та врахування рівня компетентності кожного експерта [7].

При інтерпретації лінгвістичних термів на відповідні шкали необхідно забезпечити: вибір градації шкал для різних видів інформації, узгодження шкал, достовірність відображення інформації на шкали та інше.

При виборі градації шкал використовуються бальні порядкові шкали із зазначенням необхідних проміжків. Шкали узгоджують з урахуванням рівня компетентності кожного експерта [8]. Узгодження шкал оцінок експертів полягає в побудові результуючих шкал, які відображають підсумкове значення певної оцінки. Значення цієї оцінки отримується шляхом знаходження середнього з мінімальних та максимальних значень усіх наявних шкал [8].

Визначення достовірності відображення інформації на шкали можливе з урахуванням рівня компетентності кожного експерта, який надає цю інформацію.

Труднощі досягнення цільового стану можливі через виникнення інтервалів невизначеності (рис. 1).

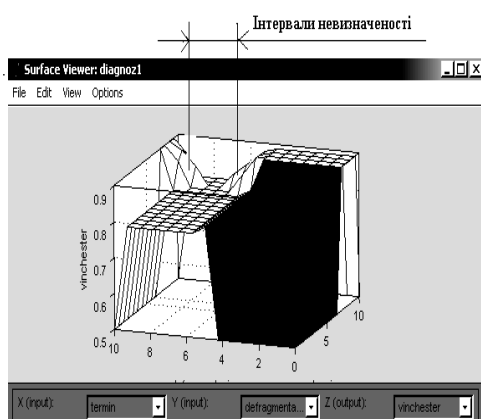


Рис. 1. Приклад діаграми результатів функціонування системи за наявності інтервалів невизначеності

До виникнення інтервалів невизначеності приводять такі фактори:

- 1) відсутність правил, що виявляють покриття діапазону;
- 2) неповнота покриття відповідних шкал;
- 3) відсутність правил, в яких задіяна ця інформація, відображена на відповідних шкалах.

*Відсутність правил, що виявляють покриття діапазону.* Причиною виникнення цієї проблеми є недостатня кваліфікація експертів, а також відсутність необхідної діагностичної інформації. Вирішенням цієї проблеми є визначення рівня кваліфікації експертів та забезпечення достатнього об'єму діагностичної інформації.

*Неповнота покриття відповідних шкал.* До виникнення цієї проблеми призводить ситуація, коли експерт зробив великий розкид по шкалі. Це пов'язано з тим, що експерт може бути діагностом високого рівня кваліфікації в діагностуванні жорстких дисків, середнього рівня в діагностуванні системних плат, низького рівня в діагностуванні відеокарт.

Прикладом є температурна шкала і такі терми:  $x_1$  – теплий  $40^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$ ;  $x_2$  – гарячий  $65^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C}$ ;  $x_3$  – дуже гарячий  $80^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$ . Експертну оцінку наведено на рис. 2.

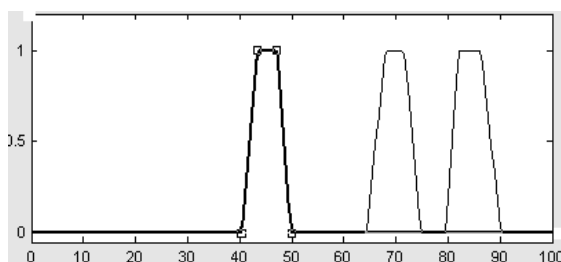


Рис. 2. Приклад експертної оцінки температурних шкал

Як бачимо, на температурній шкалі наявні такі інтервали невизначеності  $50^{\circ}C - 65^{\circ}C$  та  $75^{\circ}C - 80^{\circ}C$ . При вирішенні задачі діагностування, якщо буде вказана температура в межах цих інтервалів невизначеності, виникає ситуація неможливості досягнення цільового стану.

Для вирішення цієї проблеми необхідно враховувати рівень компетентності експертів, що надають інформацію, а також вирішувати питання узгодження шкал лінгвістичних понять [8].

*Приклад.* Задача – виявити причину перезавантаження комп'ютерного засобу під час функціонування.

Як вхідні дані використовуємо таку інформацію:  $x_1$  – програмний додаток, з яким працював користувач на момент перезавантаження;  $x_2$  – час, протягом якого працював комп'ютерний засіб до моменту перезавантаження;  $x_3$  – наявність зависання перед перезавантаженням;  $x_4$  – частота перезавантаження;  $x_5$  – рівень дефрагментації жорсткого диска;  $x_6$  – термін експлуатації жорсткого диска;  $x_7$  – температура системного блоку;  $x_8$  – тактова частота процесора;  $x_9$  – кількість пристроїв або додатків, які звертаються до послідовних портів;  $x_{10}$  – швидкість обміну інформацією між жорстким диском та оперативною пам'яттю;  $x_{11}$  – напруга у мережі живлення;  $x_{12}$  – повторюваність перезавантаження;  $x_{13}$  – коректність встановлення складових КЗ і т. д.

Представимо послідовність перевірки комп'ютерного засобу за діагностичними ознаками у вигляді множини вигляду:  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n\}$ ,

де  $y_i$  – припущення експерта про несправність,  $i = \overline{1, n}$ ;  $n$  – кількість припущень.

До складу множини  $Y$  належать несправності: несправність системної плати, несправність жорсткого диска, несправність відеокарти.

За допомогою пакета FuzzyLogicToolbox системи Matlab 7.0 розглянемо представлений приклад.

Необхідно оцінити  $V$ , отримавши логічний висновок за допомогою нечіткої експертної системи діагностування. Спочатку використаємо правила, що неповно покривають відповідні шкали:

$$P'_1 = IF (dz_4) is (a_{14}^1) AND (dz_9) is (a_{19}^1) THEN (tn_3) is R_3,$$

$$P'_2 = IF (dz_5) is (a_{15}^1) AND (dz_9) is (a_{29}^1) THEN (tn_3) is R_3,$$

де  $R_i$  – наслідок правила, який являє собою ступінь впевненості наявності певної несправності,  $i = 1, 2, 3, 4$ ,  $R_1 = 0.2$  – дуже малоімовірно,  $R_2 = 0.5$  – малоімовірно,  $R_3 = 0.7$  – ймовірно,  $R_4 = 0.9$  – найбільш ймовірно.

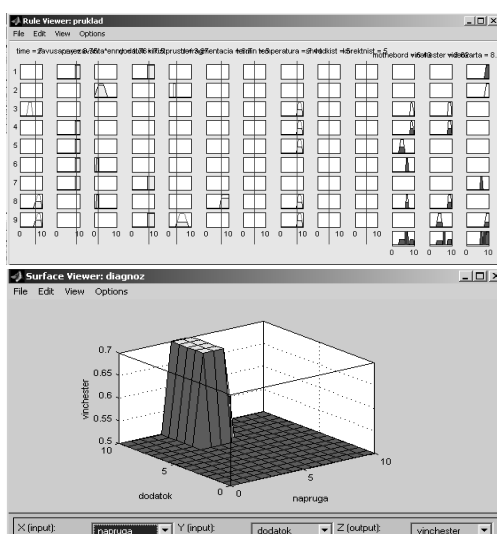


Рис. 3. Діаграма результатів роботи системи при врахуванні діагностичних ознак, які являють собою тільки чіткі дані

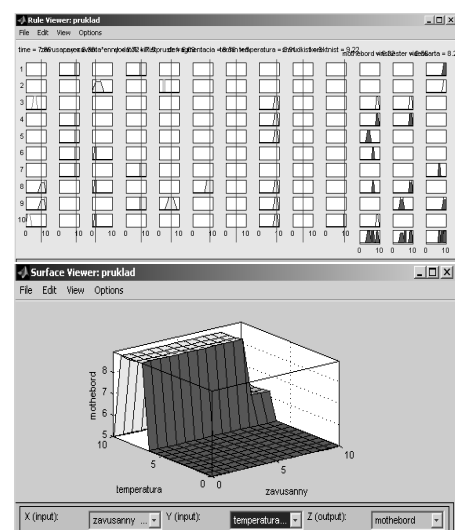


Рис. 4. Діаграма результатів роботи системи при врахуванні діагностичних ознак, які являють собою нечіткі дані та знання

За цими правилами можна визначити несправність. Але неврахування правил, що виявляють покриття діапазону та відсутність правил, в яких задіяна ця інформація, що відображена на відповідних шкалах, не дають можливості достовірно діагностувати КЗ.

Використавши ці правила, отримуємо в результаті діагностування висновок системи, приклад візуалізації якого наведений на рис. 3, 4.

Отже, врахування нечіткої діагностичної інформації при виявленні причин перезавантаження КЗ під час функціонування дало змогу виявити перелік можливих несправностей з різним ступенем впевненості.

За неповної множини правил у базі правил системи нечіткого логічного виведення при використанні в правилах однакових вхідних даних отримують різні причини несправностей (рис. 3). За наявності зависання комп'ютерного засобу перед перезавантаженням і підвищеною температурою системного блоку як причини несправності зазначені – несправність системної плати та несправність вінчестера. В такій ситуації необхідно визначити рівень компетентності експертів, які надали діагностичну інформацію.

У випадку повної множини правил як наслідок правила може використовуватись предикат, який приводить до застосування іншого правила і т.д., поки не отримаємо причину несправності. В цьому випадку при використанні діагностичних ознак  $x_4$  та  $x_5$ , що описують частоту перезавантаження та рівень дефрагментації жорсткого диску відповідно, за допомогою ланцюжка суджень виявляємо діагностичні ознаки  $x_6$  та  $x_{10}$ , що, своєю чергою, дають змогу визначити як причину несправності несправність жорсткого диску. А в другому випадку у разі задіяння ознак  $x_4$  та  $x_{10}$  на початку ланцюжка суджень, а потім виявлення ознак  $x_6$ ,  $x_5$  та  $x_{12}$  отримуємо як причини несправності несправність системної плати.

Після врахування корисності та повноти діагностичної інформації, а також рівня компетентності експертів отримуємо список, що містить лише дві причини несправності з різною можливістю. В результаті спочатку перевіряємо несправність системної плати з можливістю 0,9, якщо після перевірки гіпотеза про несправність не підтвердилась, то перевіряємо несправність жорсткого диска з можливістю 0,6. Інтервал невизначеності при цьому достатньо малий, щоб стверджувати, що результат діагностування не є достовірним.

Питання досягнення життєздатності потребує подальших досліджень, оскільки критерій повноти порушується, коли БЗ не може гарантувати досягнення цільового стану. Тому для вирішення цього питання необхідно задіяти критерії несуперечливості та критерії ненадлишковості, а також додаткові до них критерії, які враховують особливості подання нечіткої діагностичної інформації різними експертами та оцінювання рівня компетентності експертів.

### Висновки

Вплив нечіткої діагностичної інформації посилює значення критерію життєздатності при оцінюванні якості баз знань систем технічного діагностування. Проблеми відсутності правил, що виявляють покриття діапазону; неповнота покриття відповідних шкал; відсутність правил, в яких задіяна ця інформація, відображена на відповідних шкалах, що ускладнює описані в критерії конфлікти.

Вирішення однієї з проблем життєздатності діагностичної інформації здійснено шляхом усунення інтервалів невизначеності, які виникають внаслідок особливостей подання нечіткої діагностичної інформації різними експертами. Забезпечення повноти БЗ гарантує перехід від множини початкових станів до множини цільових станів та властивості ІСТД генерувати корисні рішення в майбутньому. Це забезпечується постійним покращанням покриття предметної галузі за рахунок поповнення БЗ новими правилами та навчанням.

1. Hamster W. C. *Modeling Digital Circuits for Troubleshooting // Artificial Intelligence*. – 1991. – Vol. 5. – № 1–3. – P.223 – 271. 2. Поморова О.В. *Формирование баз знаний интеллектуальных*

систем діагностування з урахуванням апріорної діагностическої інформації // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – №4. – С.67 – 72. 3. Поморова О.В. Виявлення суперечливості правил в нечітких базах знань інтелектуальних систем технічного діагностування / О.В. Поморова, Є.Г. Гнатчук // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського „Харківський авіаційний інститут”. – 2009. – №. 7 (41). – С. 171 – 176. 4. Поморова О.В. Визначення життєздатності правил в нечітких базах знань інтелектуальних систем технічного діагностування / О.В. Поморова, Є.Г. Гнатчук // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наукових праць. – Вип. 423: Фізика. Електроніка.: Тематичний випуск «Комп'ютерні системи та компоненти». Ч. II. –Чернівці: ЧНУ, 2009. – С.66 – 71. 5. Поморова О.В. Виявлення надлишкових правил в нечітких базах знань інтелектуальних систем технічного діагностування / О. В. Поморова, Є. Г. Гнатчук // Тези доп. VI міжн. науково-практичної конференції «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем» (MPZIS-2008). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 253. 6. Gnatchuk E.G. Knowledge base of fuzzy diagnosis expert system of computer devices // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”. – 2006. – №.7 (19). – С.121 – 125. 7. Гнатчук Є.Г. Опрацювання нечіткої експертної інформації у процесі діагностування комп'ютерних засобів // Вісник Нац. ун-ту „Львівська політехніка”. – 2007. – №598. – С. 50 – 55. 8. Локазюк В.М. Алгоритмізація нечіткого логічного висновку для процесу діагностування комп'ютерних засобів / В.М. Локазюк, Є.Г. Гнатчук // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ. – 2006. – №.6 (87). – С.52 – 58.

УДК 681.5

Т. Шкандибіна

Луганський національний аграрний університет

## МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

© Шкандибіна Т., 2010

**Наведено результати науково-практичної задачі створення інформаційної технології для динамічної задачі управління розвитком соціально-економічних систем на прикладі вищого навчального закладу. Розроблені математичні моделі інформаційного забезпечення ІАС з формування стратегії розвитку ВНЗ.**

**Scientific practical task results are presented in the article. creation of information technology for the run-time task development management in social-economic systems it is presented on the example of higher educational school. Mathematical models and informative providing of information-analytics system by forming development strategy in HES are developed.**

### Постановка проблеми

Тенденції розвитку сучасних інформаційних технологій приводять до постійного зростання складності інформаційно-аналітичних систем (ІАС), що створюються в різних областях діяльності підприємств.