

VII

Автоматична діагностика об'єктів, машин і явищ за їх сигналами та полями

Automatic Diagnostic of Objects, Machines and Phenomena on Its Signals and Fields

Метод адаптивної сегментації низькоконтрастних медичних ехо-імпульсних зображень
ОЛЕКСАНДР АХМЕТШИН, ВОЛОДИМИР КАРПЕНКО, ЛЮДМИЛА АХМЕТШИНА

Державний університет

320625 Дніпропетровськ, вул. Наукова 13
Електронна пошта: Akhm@rff-3011.dsu.dp.ua

Александр Ахметшин, Владимир Карпенко, Людмила Ахметшина. Метод адаптивной сегментации низкоконтрастных медицинских эхо-импульсных изображений.

Для повышения чувствительности и разрешающей способности сегментации низкоконтрастных ультразвуковых медицинских эхо-импульсных изображений, предложен адаптивный алгоритм, основанный на физической модели регистрируемого изображения и математической комбинации линейного и нелинейного спектральных преобразований. Алгоритм может быть использован в стандартных системах УЗИ. Информационные возможности метода демонстрируются на примере реального медицинского изображения.

Одне з основних завдань медичної УЗІ пов'язане з проблемою підвищення роздільної здатності та чутливості сегментації отриманих зображень з метою виявлення патології на початковій стадії захворювання [1]. Цій проблемі присвячена велика кількість робіт, що трактують сегментацію УЗІ як оброблення зображень [2], що хоч і відкриває широкі можливості для різних математичних маніпуляцій, але і затінєє фізичну суть питання, що на наш погляд, перешкоджає розробленню адекватних алгоритмів.

Труднощі сегментації УЗІ обумовлюються впливом трьох чинників:

1) низькою чутливістю некогерентних амплітудних ультразвукових систем візуалізації до невеличких змін акустичних імпедансів сполучених по глибині ділянок;

2) недостатньою, у багатьох випадках, часовою роздільною здатністю із-за розплыву зондующего імпульса із збільшенням глибини зондування через деструктивний вплив елементів розсіювання, згасання та дисперсійних викривлень;

3) великим рівнем анатомічних та вимірювальних імпульсів та впливом невірного налагодження системи ВАРУ, що призводить до появи додаткових артефактів на УЗІ.

Виходячи з загальних принципів формування ехо-імпульсних зображень $S(x, t)$, переріз УЗІ у точці, наприклад, x_i (режим А-сканування) подамо у вигляді:

$$S(x_i, t) = \sum_{i=1}^n a_i g_i(t - t_i) + n(t), \quad (1)$$

де a_i - амплітуда g_i -го відображеного імпульсу (форма якого залежить від i) з визначеною часовою затримкою t_i , значення якої залежить лише від акустичної товщини шару анатомічних ділянок; $n(t)$ - шумова компонента; $n = n(x_i)$ - кількість відображених імпульсів.

З виразу (1) видно, що можливі два фізичних підходи до сегментації УЗІ: перший - виділення значних змінних a_i , другий - сегментация УЗІ за часовими інтервалами t_i .

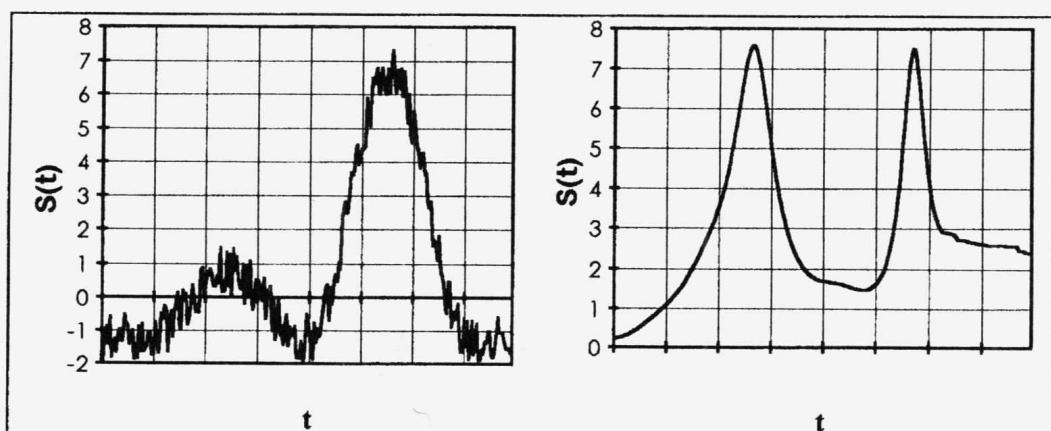


Рис. 1

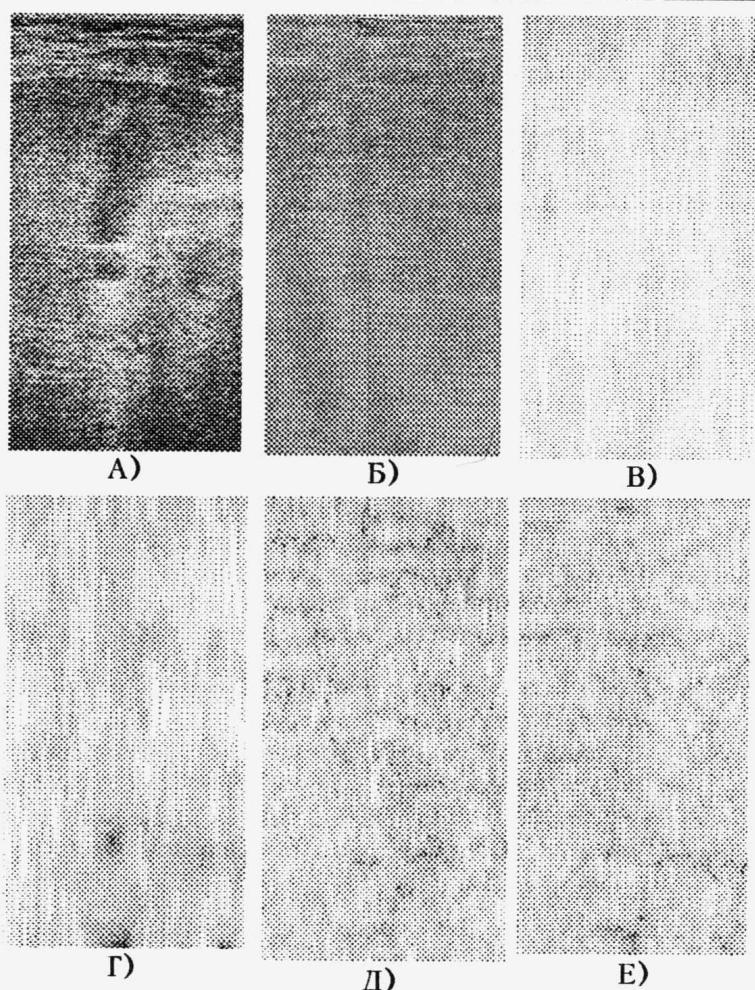


Рис. 2

мають різний акустичний імпеданс. При цьому синтезоване зображення забезпечує більш високу роздільну здатність сегментації початкового зображення та поліпшує якість синтезованих зображень.

Література

1. Физика визуализации изображений в медицине. Под ред. С.Уэбба. - Москва: Мир, т. 2, 1991.
2. Применение ультразвука в медицине. Под ред. К. Хилла. - Москва: Мир, 1989.
3. Akhmetshin A.M. Generalized matched - filtering method with application to ultrasonic dearest probing of attenuation coefficient on basis of ALARA-criterion. - Physics of Medical Imaging, Proc. SPIE, № 2708, 1996, p. 665-673.

Основні положення другого підходу для когерентних систем формування УЗІ були висловлені в [3].

На рис.1 відображені їх модельні відношення, з яких випливає перевага другого підходу з точки зору чутливості та роздільної здатності.

У доповіді демонструється можливість узагальнення підходу стосовно некогерентних систем УЗІ, які широко використовуються для діагностики в багатьох медичних закладах.

Суть алгоритму зводиться до наступних етапів:

1) Лінійне спектральне перетворення початкової залежності $S(x, t)$.

2) Побудова адаптивної моделі передбачення (по порядку коефіцієнтів n) кожного з перетворених зразків.

3) Використання параметричного алгоритму нелінійного спектрального аналізу для виділення t_i .

Особливістю є той факт, що змінюючи порядок моделі можна настроювати алгоритм на виділення крупних або дрібних деталей початкового ультразвукового зображення.

На рис. 2 наведено початкове та сегментовані зображення для різних значень n : А) Початкове зображення. Б) Початкова характеристика для параметричного спектрального аналізу. Порядки моделей: В), Г) – 10; Д), Е) – 40.

Видно, що алгоритм дозволяє виявляти численні ділянки (невидимі на початковому зображення), які можна асоціювати з границями ділянок, що

New Method of Synthesis of Ultrasonics Images on Basis of Bandwidth Measuring

O. AKHMETSHYN, A. POHORELOV, V. DOLHOV

State University

13 Naukova str., 320625 Dnipropetrov'sk

Tel.: (0562) 76-9092

email: akhm@rff-3011.dsu.dp.ua

A. Ахметшин, А. Погорелов, В. Долгов. Новый метод синтеза ультразвуковых изображений, основанный на широкополосных измерениях в частотной области.

В докладе рассматривается новый метод синтеза ультразвукового изображения, состоящий в переходе из частотной области измерений во временную область интерпретации. Приведены результаты реального применения метода в задаче неразрушающего контроля.

At present time, impulse method is wide-spread method of ultrasonic nondestructive control [1], because it is conditioned by clear physical interpretation of measuring, and by possibility of the defect position localization, ultrasonic wave, property that allow to use this method for the problems of metallic and nonmetallic materials and biological tissues control. At the same time, impossibility of generation ultrasonic (u.s.) impulse of big energy in frame of impulse method limits an implementation of the method for composit material control [2] and, it is very important for problems of medical intrescopy [3].

Impossibility of generation of the impulse of required energy make an urgent problem of this impulse synthesis that is based on the conversion to time region of interpretation from frequency area of measuring by means of Fourier transformation.

The impulse of the required energy of any impulse shape and time could be synthesised by this method. At the same time in this method is realized the principle of optimal filtration of input signal. It gives a maximum of physical sensibility of measurement. A transfer from the dynamic measurement of impulse method to static measurement of synthesis method gives a possibility to use analog-to-digital converter with great rank. This possible raise an accuracy of measurement.

Technical capabilities of the method are determined by problems to be resolved by means of this method.

They are as follows the problem of nondestructive control of construction and composite materials, minimization of radiation power of medical u.s. intrescopy and other. The case of the method application for synthesis of defect image in the problem of nondestructive control is presented in this work.

Description of synthesis method. Measuring of frequency function of complex reflection coefficient (CRC) $R(f)$ object is made by state (Fig. 1) in point and scan image is made by the state. Synthesis of u.s. impulse $r(t)$ is made with help of Fourier transform

$$r(t) = (2\pi)^{-1} \int_{f_b}^{f_f} R(f) W(f) e^{i2\pi f t} df , \quad (1)$$

where f_b , f_f - back and front bandwidth measuring CRC; $W(f)$ - function of "window".

The function of "window" $W(f)$ determine shape of ultrasonic synthesis impulse. Impulse time τ is function of bandwidth $f_f - f_b$ and of impulse shape

$$\tau = (1.21 \dots 2.65) * (f_f - f_b)^{-1} . \quad (2)$$

Impulse energy is determined by amplitude and time of harmonic signal of radiation.

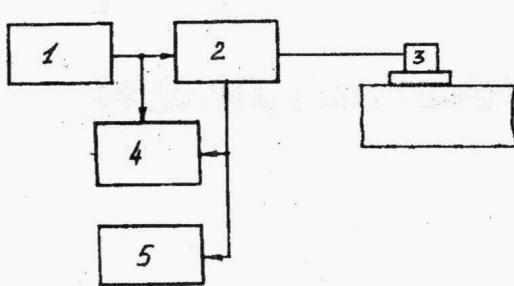


Fig. 1. State-1-generator; 2-reflectometer; 3-transducer;
4-phasometer; 5-voltmeter

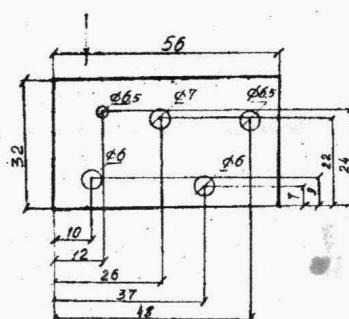


Fig. 2. Object

Measuring was made on object (Fig. 2) (material - organic glass). Defects was modelling in form of cylindrical opening onifice with any diameters. Transducer was transferred from left to right. The interval of position is 1 mm.

The bandwidth measuring is 2MHz-2.635MHz. The frequency interval of measuring is 5 kHz, it correspondence impulse time of 1.6 mcs.

The constant and backwidth parts take away from date of measuring. This parts correspondence impulse reflection from front surface of object and who not carry famous information.

The transfer from amplitude scan (A-scan) to bright scan (B-scan) made synthesis image.

The result of synthesis are presented on Fig. 3-6.

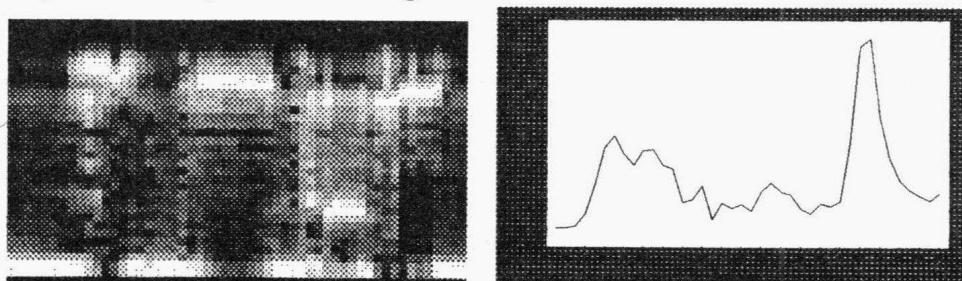


Fig. 3. Modulus of images (rect-impulse). A-scan (8 mm from left)

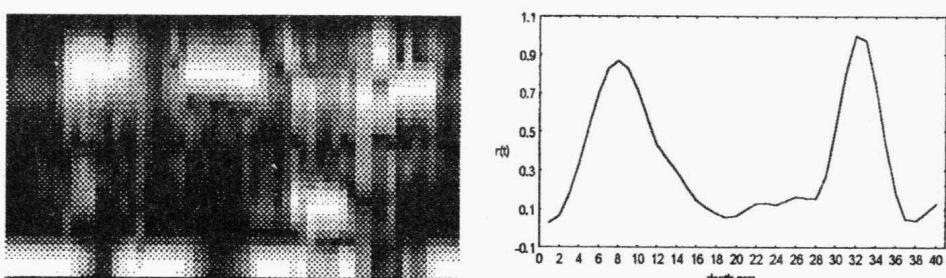


Fig.4. Modulus of images (nonrect-impulse). A-scan (8 mm from left)

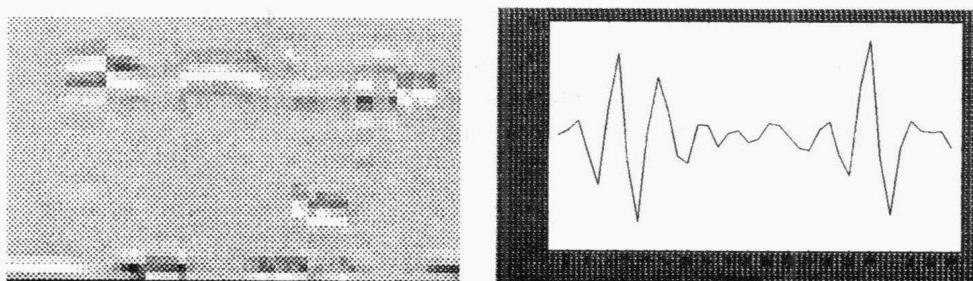


Fig. 5. Images part of images (nonrect-impulse). A-scan (8 mm from left)

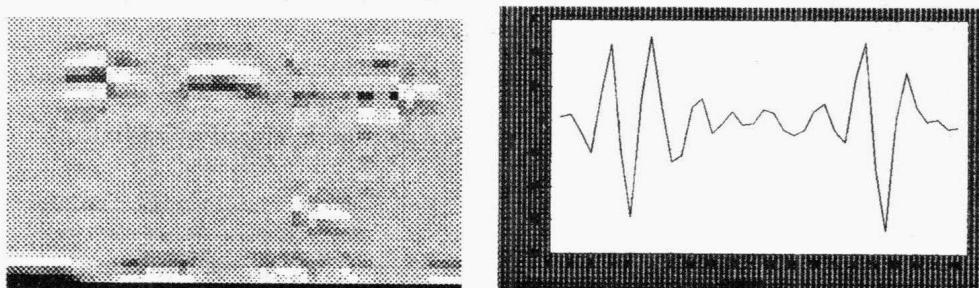


Fig. 6. Real part of images (nonrect-impulse). A-scan (8 mm from left)

From the looking of this results we must be drown conclusions.

1. The method of synthesis of u.s. impulse ensure high methodics sensitive. This sensitive is not reach on frame of traditional method.
2. Application of rect-impulse give high focus of image.
3. Application of non rect-impulse give high monotone of nondefect part of image.

4. Exactness of determined of defect locate increase with application of synthesis of real or image part of u.s. image.

References

1. Приборы для неразрушающего контроля материалов. Справочник. Под ред. Клюева В.В. - Москва: Машиностроение, 1986, т. 2, 351 с.
2. Афанасьев В.А., Мозговой А.В и др. Обработка многомерных информативных параметров сигналов для решения задач неразрушающего контроля. - Дефектоскопия, 9, 1990, с. 27-35.
3. Применение ультразвука в медицине. Под ред. Хилла К. - Москва: Мир, 1989.
4. Ахметшин А.М. Информационные возможности широкополосной Фурье-интроскопии дисперсионных сред с большим коэффициентом затухания на базе теории сложных сигналов и оптимальной фильтрации. - Дефектоскопия, 12, 1994, с. 8-17.



Про усунення неінформативних меж між замкненими контурами на ехограмах медичної УЗД діагностики

ЛЕОНІД БІЛОЗЕРСЬКИЙ, КОСТАНТИН НЮНЬКІН, ВОЛОДИМИР ПЧОЛКІН

Інститут проблем штучного інтелекту

340048 Донецьк, вул. Артема 1186

Тел.: (0622) 55-8082 Факс: (0622) 92-6082

Електронна пошта: ktm@ipii.donetsk.ua

Leonid Bilozers'kyj, Kostiantyn Niun'kin, Volodymyr Pcholkin. About the Removal of Non-Informative Boundaries Between the Closed Contours on the Medical Ultrasonic Echograms.

Some false contours arise while outlining the individual echogenic zones on the medical ultrasonic images. In order to remove them, we propose the way based upon the partial joint of contours having similar brightness characteristics. Two statistic criterions for non-informative boundaries removal are considered, the joint routine scheme is given, the results of applying this routine to the test images and real echograms are discussed.

Основою для побудови надійної комп'ютерної системи медичної УЗД діагностики є розроблення та реалізація алгоритмів, що забезпечують адекватне розпізнавання зон індивідуальної ехогенності й подальшу ідентифікацію цих зон з метою постановки діагнозу. Для автоматичного виявлення таких зон застосовуються методи статистичного оброблення зображень з подальшим знаходженням фрагментів меж і об'єднанням фрагментів у замкнені контури [1].

Разом з тим, методи виявлення замкнених контурів залежать від параметрів оброблення, таких як поріг бінаризації [1] або мінімальна глибина басейну [2], що не дозволяє однозначно обмежити зони індивідуальної ехогенності. Низькі значення цих параметрів ведуть до надсегментації, високі - до великої кількості пропусків. Вибір оптимальних значень параметрів оброблення відбувається емпірично на підставі суб'єктивних оцінок і не гарантує відсутності пропусків необхідних фрагментів меж або, навпаки, хибних контурів, що не мають нічого спільного з обстежуваним органом.

Як один із шляхів часткового подолання вказаних труднощів в системі "КРУІЗ" [1] реалізовано спосіб, який ґрунтуються на усуненні неінформативних меж поміж зонами в умовах надмірної сегментації зображення. Неінформативними вважаються межі, що відділяють дві зони, близькі за своїми статистичними властивостями. Іншими словами, вважаючи яскравості пікселів усередині кожної зони реалізаціями випадкової величини, треба усунути межі поміж тими зонами, яскравості пікселів яких розподілені однаково з імовірністю, не нижчою деякої заздалегідь заданої. Це відома задача про належність двох вибірок до однієї генеральної сукупності.

Для розв'язання задачі необхідно обрати статистичний критерій такої належності. Найбільш відомим є критерій Вількоксона [3], що ґрунтуються на підрахунку числа інверсій. Поняття інверсії полягає у наступному. Нехай p_{1i} та p_{2j} - яскравості пікселів зон, обмежених відповідно 1-м і 2-м контурами, $i=1,\dots,n$, $j=1,\dots,m$, $n>10$, $m>10$. Об'єднаємо їх у загальну послідовність в порядку зростання значень. Якщо при цьому будь-яке p_1 передує p_2 , то кажуть, що така пара дає інверсію. Кількість інверсій u розподілена приблизно нормальню з центром $M_u = mn/2$ та дисперсією $D = mn(m+n+1)/12$. Гіпотеза про ідентичність функцій розподілу є вірною з рівнем значущості q , якщо $|u-M_u| < \Phi(q)$, $\Phi(q)$ - інтеграл імовірності.

Реалізація на ЕОМ перевірки згідно з критерієм Вількоксона вимагає $(n+m)\log(n+m)$ обчислювальних операцій, пов'язаних з сортуванням значень яскравості.

Вважаючи, що яскравості пікселів індивідуальних зон розподілені за нормальним законом, можна також використати інший критерій, пов'язаний з перевіркою гіпотези про рівність центрів розподілу (РЦР) двох величин. Таку перевірку легко зробити, обчисливши вибіркові середні $\langle p_1 \rangle, \langle p_2 \rangle$ та дисперсії D_1, D_2 .

За критерій приймається нормована різниця :

$$Z = (\langle p_1 \rangle - \langle p_2 \rangle) / \sqrt{D(\langle p_1 \rangle - \langle p_2 \rangle)}, \quad D(\langle p_1 \rangle - \langle p_2 \rangle) = D_1 / n_1 + D_2 / n_2,$$

де n_1, n_2 - кількості пікселів в індивідуальних зонах.

Величина Z підпорядкована нормальному закону з центром 0 та дисперсією 1, тому гіпотеза є вірною з рівнем значущості q , якщо $|Z| \leq z_q$, $z_q = \Phi(q)$.

Перевірка згідно з РЦР простіша в реалізації, ніж критерій Вількоксона, бо вимагає лінійних (за кількістю пікселів) затрат, пов'язаних з обчисленням вибіркових середніх і дисперсій.

Подальше об'єднання в разі потреби виконується одним з двох можливих способів.

1. Якщо у розглядуваної пари областей одна з них розташована всередині іншої, то контур внутрішньої зони повністю знищується.

2. Якщо контури двох зон мають спільні фрагменти, то з двох контурів шляхом їх послідовного обходу з одночасним вилученням спільних фрагментів формується один замкнений контур. При цьому область з меншим порядковим номером, а разом з нею й її контур, знищуються.

В обох випадках піксели знищеної зони додаються до множини пікселів знову створеної зони. Для останньої відбувається коригування статистичних даних.

Для остаточного вибору статистичного критерію описану процедуру об'єднання було тестовано з використанням кожного з них. Тестування відбувалося як на реальних ехограмах УЗД, так і на модельних трирівневих зображеннях.

Результати роботи процедури об'єднання індивідуальних зон на трирівневому зображення з використанням критеріїв Вількоксона та РЦР виявилися однаковими при різних значеннях q . Як і очікувалось, в обох випадках ефект об'єднання зон відсутній аж до $q=100\%$.

Результати тестового оброблення для фрагменту реального УЗД-зображення з використанням обох критеріїв подані на рис. 1. Порівняння показує, що використання різних способів перевірки статистичних характеристик у цьому випадку веде до подібних результатів. З іншого боку, помітний ефект усунення меж виникає при $q>50\%$, а оптимальне значення становить біля 80%.

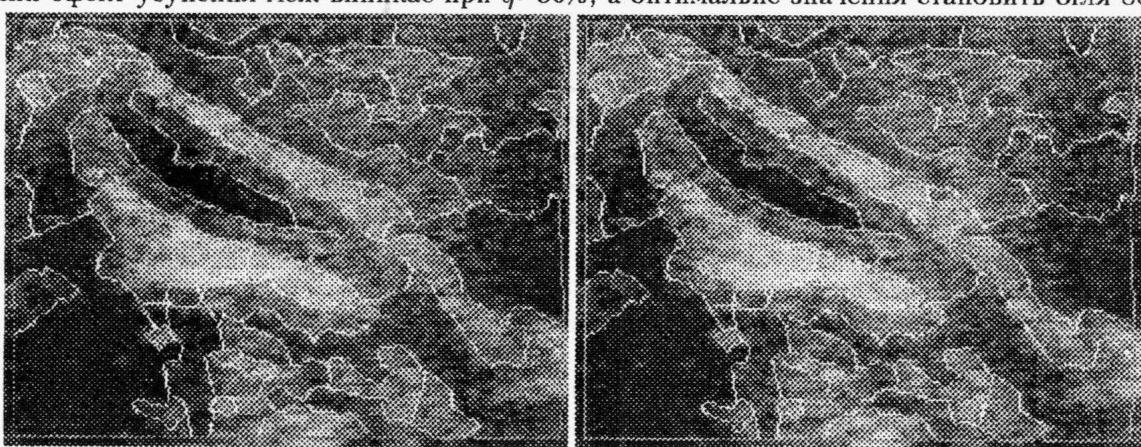


Рис. 1. Результати оброблення з об'єднанням зон. Ліворуч - за допомогою критерію Вількоксона, праворуч - РЦР. Рівень значущості $q=80\%$.

Оскільки жоден з критеріїв не мав помітної переваги перед іншим, на даному етапі тестування перевага віддавалася критерію Вількоксона як більш строгому. Одночасно виникла ідея специфічного оброблення: рівномірне розбиття зображення на квадрати малої площині й подальше об'єднання отриманих таким чином зон.

Таке оброблення було застосоване до модельного зображення, з використанням дрібної сітки контурів розміром 5×5 пікселів. Виявилось, що критерій Вількоксона дає остаточну карту зон, що абсолютно не відповідає вихідному зображенню. Причина полягає в тому, що в умовах часткового неспівпадання меж з фрагментами контурів за рахунок цієї хибності кількість інверсій може виявитися достатньою для об'єднання контрастних зон.

Критерій РЦР дає в цьому випадку більш адекватний результат, але і він не є повністю задовільним для того, щоб використовувати таке оброблення замість традиційного. Оскільки в

певних умовах критерій Вількоаксона не працює, в кінцевому підсумку для системи "КРУІЗ" був прийнятий алгоритм об'єднання з використанням критерію РЦР.

Література

1. Белозерский Л.А., Нюнькин К.М., Пчелкин В.Н. Компьютерная система автоматического распознавания изолированных зон на эхограммах медицинской ультразвуковой диагностики "КРУИЗ" // Искусственный интеллект, 1996, № 1.
2. Soille P., Vincent L. Determining watersheds in digital pictures via flooding simulations. - Visual Comm. and Image Processing. - SPIE, Vol. 1360, 1990, p. 240-250.
3. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В.. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. - Москва: Наука, 1965.



КРУІЗ: комп'ютерна система оброблення ехограм медичної ультразвукової діагностики
ЛЕОНІД БІЛОЗЕРСЬКИЙ, КОСТАНТИН НЮНЬКІН, ВОЛОДИМИР ПЧОЛКІН

Інститут проблем штучного інтелекту

340048 Донецьк, вул. Артема 118б

Тел.: (0622) 55-8082 Факс: (0622) 92-6082

Електронна пошта: kmn@ipii.donetsk.ua

Leonid Bilozers'kyj, Kostiantyn Niun'kin, Volodymyr Pcholkin. CRUIZ: The Computer System of Medical Ultrasonic Image Processing.

The computer system of medical ultrasonic echogram processing is considered. The system allows automatically detection of individual echogenicous zones contours and calculation their features. The method of contours tracking at noise presence and smooth change of image brightness is proposed.

Різні об'єкти, що їх можна побачити на ехограмі УЗД, відрізняються один від одного геометричними та фізичними властивостями. Варіативність фізичних властивостей обумовлює відмінності в яскравості та структурі відбитого сигналу. Відрізняють порожнисті заповнені рідинною органи (кровоносні судини, жовчний міхур, шлунок тощо), які на ехограмі виглядають однорідними темними областями, й органи, що мають паренхіму (печінка, нирки тощо), ехоструктура яких виглядає рівномірно зернистою. Щільні тканини стінок порожнистих органів мають високу відбивну властивість і виглядають на ехограмі як яскраві деталі. Патологічні утворення виявляють себе зонами з підвищеною (камені, пухлини) або зниженою ехогеністю (кісти), а також порушеннями рівномірності паренхіми. Такі зони індивідуальної ехогенності підлягають виділенню з метою подальшого аналізу.

Хоч методи виділення меж об'єктів достатньо відомі [1, 2], їх безпосереднє використання для оброблення ЕГ УЗД спричиняє появу великої кількості хибних фрагментів, які не мають нічого спільного з контурами об'єктів, що їх зорово оцінює людина, а також розривів побудованих меж. Причини цього відомі та криються у впливі на якість ехограм завад каналів формування, перетворення та передачі зображення; спекл-структур, що породжується інтерференцією когерентного ультразвукового випромінювання у середовищі органу, що обстежується; плавного послаблення потужності відбитого сигналу під час проходження через орган, що обстежується. Крім цього, простеженню меж заважає зернистість паренхіми.

Розроблена в Інституті проблем штучного інтелекту (Донецьк) комп'ютерна система "КРУІЗ" (Комп'ютерне Розпізнавання Ультразвукових Ізольованих Зон) дозволяє будувати замкнені контури зон, що відрізняються за своїми відбитковими властивостями від оточуючих їх тканин. Вона призначена для об'єктивізації та підвищення якості дослідження стану окремих ехогенних зон органу, що обстежується, під час проведення ультразвукової медичної діагностики. Система також дозволяє проводити різні види оброблення та перетворення ехограм як з метою поліпшення зображень, так і для більш наочного їх подання.

Так, за допомогою спеціальної лінійки можна змінити яскравість зображення, підвищити або знизити контрастність. Можна вилучити імпульсні завади та згладити зображення, застосувати градієнтне або "рельєфне" оброблення, виконати нормалізацію зображення. Є можливість пофарбування зображення. Кольори, що відповідають будь-якій ділянці сірої палітри, можна змінити на червоний, підкреслюючи таким чином характерні деталі зображення; сіре зображення може також бути подане у псевдокольорах. Спеціальні пункти меню дозволяють розраховувати та подавати у графічній формі гістограму розподілу яскравості, а для поточного рядка або стовпця ехограми можуть бути побудовані графіки яскравості. Є можливість розрахувати та побачити на екрані різниці поточного результату оброблення з попереднім кроком або з вихідним зображенням.

Для усунення імпульсних завад використовується медіянний фільтр з квадратним вікном 3х3 точки. Згладжування здійснюється фільтром з маскою:

$$\begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{matrix}$$

$$Grad_{i,j} = |A_{i+1,j} - A_{i-1,j}| + |A_{i,j+1} - A_{i,j-1}|, \quad (1)$$

яка дає результати, що практично не відрізняються від квадратного кореня з суми квадратів, але обчислюється значно швидше. Морфологічний градієнт [3] обчислюється дещо повільніше ніж (1) та значно "розмазує" межі.

Основна особливість системи полягає в можливості автоматичного оконтурювання зон індивідуальної ехогенності шляхом послідовного застосування до зображення біля 40 унікальних алгоритмів [4 - 6]. Результатом їх виконання є замкнені контури зон, що складаються з окремих фрагментів.

Окремим етапом оброблення є з'єднання зон індивідуальної ехогенності, близьких за характеристиками. Зони з'єднуються попарно. Дві зони можуть бути з'єднані в одну, якщо вони або мають спільну ділянку межі, або одна з них вміщується всередині другої. В першому випадку з'єднання відбувається шляхом усунення спільної ділянки межі; у другому - усуненням контуру внутрішньої зони.

Критерієм з'єднання для пари зон є меншість величини дисперсії математичних очікувань яскравостей обох зон у порівнянні з обраним рівнем значущості $crit$: $(M2 - M1)^2 \leq crit^2 \cdot (\frac{S1}{N1} + \frac{S2}{N2})$, де $M1$ і $M2$ - математичні очікування яскравостей, $S1$ і $S2$ - середньоквадратичні відхилення яскравостей, $N1$ і $N2$ - кількість точок у зонах.

Хід процесу виявлення зон відображується за допомогою спеціальних індикаторів, один з яких показує частку виконаних алгоритмів, а другий - ступінь виконання поточного алгоритму. Крім цього, на екрані постійно відображуються результати роботи кожного виконаного алгоритму. Приклади побудованих замкнених контурів подані на рис. 1.

КРУІЗ-2 забезпечує отримання великої кількості статистичних параметрів як по кожній з оконтурених областей, так і по усій ехограмі в цілому, які, власне кажучи, і дозволяють визначити, до чого відноситься ця зона - до нормального органу або до патологічного утворення. Крім цього, важливим є те, що всі ці параметри, крім точно розрахованого числового значення, мають також зрозумілий лікарям словесний опис. Наприклад, зона має підвищену або знижену ехогенність, паренхіма однорідна або неоднорідна тощо. На рис. 2 показане вікно, у якому подається така інформація. Також є можливість розрахувати та надати в графічній формі гістограму розподілу яскравости для кожної з виявлених зон.



Рис. 1. Результати побудування

Contours: 21 + 24	Fragments: 100 + 13
Shape: Irregular	16 x 12 mm (25x19)
Area = 92 sq.mm.	Length = 33 mm
Edge: Even Broken (744)	
EchoHepatome: Br = 13.0% (16.5), SKD=3.77	
NeatnessCoefficient	
Findings: [2.3mm]	
General_Echogenicity=37.8, Increase=0.14	
X = 14, Y = 44, Bright = 10.24 % (13)	
File: 2202.pcx	80 x 144

Рис. 2. Статистичні параметри, замкнених контурів, що їх надає система

Література

1. Pratt W.K. Digital Image Processing. - New York: Wiley, 1978.
2. Pavlidis T. Algorithms for Graphics and Image Processing. - Computer Science Prssss, 1982.
3. Gonzales R., Woods R. Digital Image Processing. - Addison-Wesley, 1992.
4. Белозерский Л.А., Нюнькин К.М. Автоматическое обнаружение эхопозитивных контуров на эхограммах медицинской ультразвуковой диагностики и проблемы оптимизации. - Биофизика сложных систем, Донецк, 1994, с. 67-72.
5. Белозерський Л., Нюнькін К. Особливості комп'ютерної реалізації способів розпізнавання контурів зображень стосовно до ехограм медичної ультразвукової діагностики. - Обробка сигналів і зображень та розпізнавання образів: Друга Всеукраїнська конференція, 1994, с. 279-281.

6. Белозерский Л.А., Нюнькин К.М., Пчелкин В.Н. О способе соединения разорванных границ на эхограммах медицинской ультразвуковой диагностики. Международная конференция "Знания - Диалог - Решение", Ялта, 1995, с. 409-418.



Діагностичний комплекс фізичних величин

ІГОР БОДНАРЧУК, БОГДАНА МЛІНКО, РОМАН ФЕДОРІВ

Приладобудівний інститут

282001 Тернопіль, вул. Руська 56

Тел.: (0352) 22-4133 Факс: (0352) 25-4983

Електронна пошта: yavorsky@bms.politech.ternopil.ua

Ігорь Боднарчук, Богдана Млынко, Роман Федорив. Діагностичний комплекс фізических величин.

На основании анализа результатов научных исследований в теории обнаружения целей, теории распознавания образов, методов и средств технической диагностики, геофизической разведки и экологии рассматривается проблема оценки комплекса физических величин с позиций медицинской диагностики и приводится методика разработки автоматизированной диагностической измерительной системы.

Медична і технічна діагностика відносяться до проблем розпізнавання образів.

Біологічний чи технічний об'єкт може знаходитися у одному із багатьох рівноважних або нерівноважних стійких станів. Частина станів є нормальними для функціонування об'єкту. У такому випадку той стан, що відноситься до множини нормальних, вважається для біооб'єкту, що "здоров'я у нормі", для технічного об'єкту, - що об'єкт справний.

Стан об'єкта визначається як точка у фазовому просторі значень фізичних величин, якими можна описати об'єкт.

Медична та технічна діагностики проводяться з метою вирішення однієї чи декількох задач. Поширеною є задача перевірки відповідності стану здоров'я біооб'єкта та стану технічного об'єкта нормі. У медицині поширена діагностика певних класів захворювань. У технічній діагностиці характерними є задачі виявлення певного типу несправностей та дефектів.

Отже, для біологічних і технічних об'єктів можемо окреслити множини станів, характерних як для норми, так і для певних класів захворювань (несправностей). Нагадаємо ще раз, що кожен стан - це точка у фазовому просторі значень фізичних величин, характерна для норми чи певного виду хвороби. Множина станів об'єкту - це фазовий простір значень фізичних величин. Задача діагностики, тобто віднесення стану об'єкта до певної множини взагалі, є задачею неоднозначною. Якість діагностики прийнято характеризувати ймовірністю правильного віднесення стану до окресленої множини, хоча як в медичній, так і в технічній діагностиці оцінка якості дается не завжди.

Кожному об'єкту притаманна велика кількість фізичних величин. Для визначення стану об'єкта потрібно знати значення необхідної та достатньої кількості фізичних величин, причому з необхідною і достатньою точністю.

Як правило, лікарі і технічні експерти визначають стан відповідно біо- і технічних об'єктів не тільки на основі результатів реєстрації значень фізичних величин, але також, причому на вирішальному рівні, проводять діагностику на основі априорної інформації, досвіду та інтуїції. Але перевага надається автоматизованому розпізнаванню патологічних процесів.

До числа перших етапів побудови автоматизованої діагностичної системи відносять розроблення загальної термінології, номенклатур ознак, симптомів і симптомокомплексів [1]. Слід відмітити, що єдиної термінологічної структури медичної інформації не існує. Загальновживаною є лише прийнята Всесвітньою Організацією Охорони Здоров'я класифікація захворювань і причин смерті. Відсутність стандартної термінології є причиною відсутності взаєморозуміння між лікарями і спеціалістами, які здійснюють машинне розпізнавання патології, тому ці етапи представляють собою дуже відповідальну стадію розроблення експертної системи, можливо, найбільш складну і довготривалу.

Наступний етап побудови автоматизованої діагностичної системи - створення на базі переважно архівних спостережень навчальної вибірки історій хвороби пацієнтів з верифікованими діагнозами. Верифікація діагностичних заключень є важливим фактором забезпечення якісного "навчання" систем машинного розпізнавання захворювань.

На третьому етапі конструкції автоматизованої діагностичної системи здіснюється обґрунтування вирішувального правила. Більшість алгоритмічних підходів в середньому дають близькі результати [2]. Тому в основному застосовується розширення формула Байеса. У конкретних випадках (наприклад, для рідкісних захворювань) рекомендуються й інші методи [3,4].

В останнє десятиліття створюються діагностичні центри, оснащені належними засобами відбору, оброблення та зберігання інформації. Діагностичні інформаційно-вимірювальні системи в принципі здатні самі приймати рішення про відбір інформації і віднести стан об'єкта до окресленої множини, тобто здійснити діагностику.

Значного рівня розвитку досягли такі галузі науки, як теорія виявлення цілей, теорія розпізнавання образів, методи і засоби технічної діагностики, геофізичної розвідки та екологічних досліджень. Проблеми, що вирішуються цими науками, споріднені із задачами медичної діагностики, тому досягнення цих наук заслуговують на значно ширше використання при розробленні підходів до комп'ютерної медичної діагностики, класифікації станів здоров'я людини, вибору діагностичного комплексу фізичних величин, діапазонів їх зміни і допустимої помилки їх вимірювання.

Література

1. Биологическая и медицинская кибернетика. Справочник /Минцер О.П., Молотков В.Н. и др.- Киев: Наукова думка, 1986, 376 с.
2. Минцер О.П., Чепкий Л.П., Цыганий А.А. и др. Проблемы медицинской кибернетики. - Москва: Наука, 1972, 312 с.
3. Растрігін Л.А., Эренштейн Р.Х. Метод колективного распознавания. - Москва: Энергоиздат, 1981, 80 с.
4. Растрігін Л.А., Эренштейн Р.Х. Принятие решения коллективом решающих правил в задачах распознавания образов. - Автоматика и телемеханика, 1975, № 9, с. 12-17.



Preliminary Classification of Blasting-Type Sound Pulses Signals in Near-Ground Atmosphere in Accordance with Propagation Conditions

VIKTOR BOLTENKOV, OLEKSANDR KUZMYN'SKYJ

*Polytechnical University,
Design Bureau "Dyskret"*

*1 Shevchenko Ave., 270044 Odessa
Phone: (0482) 28-8725 Fax: (0482) 60-0838
E-mail: kuzm@diskret.opu.odessa.ua*

Viktor Boltenkov, Oleksandr Kuzmyn'skyj. Preliminary Classification of Blasting-Type Sound Pulses Signals in Near-Ground Atmosphere in Accordance with Propagation Conditions.

The structure of sound pulse signals propagating in the near-ground atmosphere is sufficiently dependent on special features of propagation. Problem of identification of source type can be correct only after preliminary classification of signals in accordance with the type of propagation. On the base of analysis of great set of experimental data four types of sound propagation are proposed. During transient states of near-ground atmosphere which don't correspond to any distinct classes, problem of source identification seems to be inexpedient.

Description of the problem. Problem of identification of acoustic source type by using its acoustic signal is of great interest in practical applications of atmospheric sounding [1]. Particularly, a need perfectly exists for estimation of power (or explosive weight) of blasts in surface mining operations by analyzing their acoustic pulse signals at distance about some kilometers [2]. Last years there were some efforts in solving this problem [3], but more detailed analysis based on the representative volumes of experimentally registered data shows what propagation of sound pulses in near-ground atmospheric channel leads to producing of pulses of quite complex structure in the point of registration. Using these pulses for source type identification is practically impossible without preliminary classification. This classification must be made in accordance with the type of propagation being grounded on study of physical processes occurring in near-ground atmosphere.

Models of propagation. Gradients of temperature and wind velocity produce the predominating influence on propagation of low-frequency sound pulses. To estimate propagation effects quantitatively ray theory under assumption of layered atmosphere may be used. If height profiles of main meteoparameters - temperature $t(z)$, wind velocity $w(z)$ and wind direction $\alpha_w(z)$ are known, height profiles of effective sound speed $c(z)$ can be calculated [4] :

$$c(z) = 331.5 + 0.6t(z) + w(z) \times \cos\alpha_w(z).$$

Smoothing this profile with cubic splines and solving ray equation with numerical techniques [5] one can build ray pattern for concrete realistic state of near-ground atmospheric channel, i.e. set of sound ray trajectories in coordinate system distance-height. The typical ray patterns are demonstrated during report presentation. Analysis of ray patterns shows that types of sound propagation can be divided into two classes: antiwaveguide propagation, when all rays from the source diverge upward

and never return to ground surface; in this conditions only surface wave reaches observation point; waveguide propagation, when acoustic rays from the source elevate to some height, then return to the ground surface, reflect from it and repeat next propagation cycle; the expressed multipath is observed in this type of propagation.

Analysis of experimental data. The experiments on propagation of pulse sound signals were performed in summer time at coastal test site near Odessa. The sources of sound pulses were blasting imitators containing 1 kg of explosive mixture, they were arranged 1.5 m above the ground surface during blasting operations. The horizontal distance from the source to the point of registration was ranging from 0.5 km to 12 km. The meteorological conditions of near-ground layer of atmosphere were monitored with land meteostation (at the height of 3 m above ground surface), height profiles of meteoparameters were obtained by radio-soundes and meteoradar up to the heights of 2200 m. On the base of the above expression sound speed profiles were calculated and corresponding ray pattern were built. The total number of registered signals is more than 100 during two weeks of experiments. The careful analysis of typical shapes of registered sound pulses shows the following:

1) In conditions of stable antiwaveguide propagation acoustic pulse contain only clearly expressed arrival, its duration lies in range (200...250 ms) depending on distance.

2) In conditions of waveguide multipath propagation is observed. It leads to producing of pulse with some arrivals in observation point. Depending on sound speed gradient one can choose : (a) high waveguide, the height of maximum ray elevation reaches 400 m, multiple arrivals in pulse signal are observed separately (so called "pulse replication"), the total duration of pulse signal can reach 500...700 ms, (b) medium waveguide with maximum ray elevation about 200-250 m, multipath arrivals produce complex interfering structure of pulse, its duration lies in range 250...400 ms; (c) - low waveguide, the maximum height of ray elevation is less than 150 m, in this case multiple arrivals are practically combined all together, duration of pulse is about 150...200 ms.

3) In some cases (particularly, in sunrise and sunset hours) unstable states of atmosphere are observed, it produces transient type of sound propagation (from waveguide to antiwaveguide or backwards). During this period the structure of pulses is very difficult for interpretation. Perhaps, statement of problem of identification in such conditions is generally inexpedient.

All the above is accompanied with demonstration of typical pulse shapes and corresponding ray patterns during report presentation.

Result and conclusions. Joint analysis of experimentally registered pulse structures and conditions of sound propagation allows to make the following conclusions.

1. Correct solution of problem of identification of pulse sound source type in near-ground atmosphere can be realized only with taking into account special features of sound propagation in near-ground atmospheric channel.

2. Types of sound propagation and corresponding pulse shape classes are: antiwaveguide; high waveguide; medium waveguide; low waveguide.

3. During transient states of atmosphere type of sound propagation is not confined into the above classes. In this cases we consider solving of identification problem to be inexpedient.

4. To determine class of sound propagation one must carry out height monitoring of meteoparameters with any accessible tools, e.g. meteoradar.

References

1. Rogers J.C., Gerhart G.R. Application of acoustics in the land environment. Underwater Acoustic Data Processing. — Ed. by V.T. Chan, Dordrecht, 1989, p. 453-459.
2. Dowding C.H., Hryciw R.D., Garretta J.M. Explosive source location by relative arrival times of atmospherically and seismically propagating disturbances. — J. Acoust. Soc. Amer., Vol. 82(6), 1987, p. 2034-2041.
3. Болтенков В., Тарасов В., Іванов О. Формування ознакового опису імпульса, інваріантного до дії атмосферного каналу. — Праці конференції УКРОБРАЗ'92, Київ, 1992, с.106.
4. Тверской П.Н. Курс метеорологии. — Ленинград: Гидрометеоиздат, 1957.
5. Moler C.B. Solomon L.P. Use of splines and numerical integration in geometrical acoustics. — J. Acoust. Soc. Amer., Vol. 48, 1970, p. 739-744.



Система показників ефективності процесів діагностиування станів лез ріжучих інструментів

ОЛЕКСАНДР ДЕРЕВ'ЯНЧЕНКО, ОЛЕКСАНДР АНДРЕЄВ, ЕДУАРД ПОПОВ

Політехнічний університет.

270044 Одеса, просп. Шевченка 1

Тел.: (0482) 28-8555

Oleksandr Derevjanchenko, Oleksandr Andrejev, Eduard Popov. System of the Indicators of Efficiency of Cutting Tools' Edges States Diagnostics.

The main problems of cutting tools' state control under condition of turning flexible manufacturing cell on the basis of projection registration of their cutting edge have been analysed. System of the Indicators of Efficiency of Cutting Tools' Edges States Diagnostics is described.

Процедура автоматичної оцінки станів лез ріжучих інструментів (PI) у інтегрованих проектно-виробничих системах (ІПВС) містить операції контролю (k), формування вектора ознак (f) та діагностиування (d), які виконуються з використанням відповідних методів (Mk, Mf, Md). Давачі систем контролю та діагностиування (СКД PI), які входять до складу верстатних комплексів ІПВС, взаємодіють з контрольними точками (КТ) лез PI (L_i^T). Обчислювальні системи СКД PI формують у просторі спостережень лез PI (y^L) відповідні вектори спостережень y^{L^T} (де T – період експлуатації PI до часу контролю; $T \in \overline{O, T'}$; T' – ресурс PI). Потім формується вектор ознак станів PI (x^{L^T}) та виконується розпізнавання поточного стану леза C_j^T шляхом його віднесення до одного з класів працездатних ($C_{p_1}^L, C_{p_2}^L, C_{p_a}^L$) або непрацездатних ($C_{N_1}^L \dots C_{N_b}^L$) станів PI.

Контроль PI може виконуватись різними методами з використанням різних давачів, наприклад – шляхом реєстрації двох зображень PI (двох проекцій ріжучих кромок) двома телекамерами [1–3]. Діагностиування PI також виконується різними методами, наприклад – за допомогою процедури розпізнавання образів та відповідних методів (методи статистичних рішень, стохастичної апроксимації тощо [2, 3]). Виникає необхідність розроблення системи показників ефективності процесів контролю та діагностиування PI, що забезпечуватиме вибір відповідних високоефективних методів та систем.

Ефективність процесу контролю визначаємо сукупністю таких показників:

1. Точність контролю системи первинних параметрів стану PI, які використовуються для керування PI (визначається методом, засобом та системою контролю – відповідними похибками);

2. Інформативність контролю I, яка визначається відношенням: $I = \frac{|y_M^L|}{|y_{EM}^L|}$, де: y_M^L – вектор спостережень, відповідний до конкретного методу контролю PI; y_{EM}^L – вектор спостережень, відповідний до еталонного методу контролю PI.

3. Економічність контролю, що визначається відношенням приведених витрат на створення системи контролю та процедуру контролю до приведених доходів – за рахунок підвищення рівня використання ресурсу PI, зменшення числа простоїв обладнання ІПВС.

4. Контролездатність усіх PI, що використовуються у певних умовах оброблення, в усіх технологічно значимих станах PI – стосовно прийнятих методу, засобу та системи контролю PI.

Підвищення ефективності контролю може бути отримано завдяки поліпшенню усього комплексу показників, або деяких з них, найбільш важливих у певних технологічних умовах.

Ефективність процесів діагностиування станів PI визначаємо як сукупність таких показників:

1. Інформативність процесу діагностиування, що визначається відношенням кількості діагностованих у СКД PI станів лез ($C_{p_1}^L, C_{N_j}^L$) PI до загальної кількості технологічно значимих станів PI, які треба виявляти у певних умовах оброблення.

2. Точність діагностиування, що визначається процентами помилок першого та другого роду.

3. Глибина діагностиування станів лез PI або ступінь розпізнавання дефектів PI.

Використання високоефективних методів та СКД PI забезпечує підвищення ефективності використання PI.

Відомо, що з використанням категорії ефективності “життєвий цикл” кожного об’єкту формується цикл реалізації потенційної ефективності у реальну ефективність (що характеризує реальну, експлуатаційну якість об’єкту). З врахуванням цього може йти мова про потенційну та реальну ефективність PI. Характер відображення потенційної ефективності PI у реальну визначається умовами експлуатації PI.

Ступінь відображення потенційної ефективності РІ (яка закладена конструкцією РІ) у реальну ефективність РІ значною мірою визначається наявністю або відсутністю контролю за станом РІ.

Введемо позначення: E_n^{PI} — потенційна ефективність РІ; E_{p1}^{PI} — реальна ефективність РІ у певних технологічних умовах, якої можна досягти без використання СКД РІ; E_{p2}^{PI} — реальна ефективність РІ у певних технологічних умовах, якої можна досягти з використанням СКД РІ; μ_1 — процес експлуатації РІ без використання СКД РІ; μ_2 — процес експлуатації РІ з використанням СКД РІ.

З використанням позначень можно записати: $\mu_1: E_n^{\text{PI}} \rightarrow E_{p1}^{\text{PI}}$; $\mu_2: E_n^{\text{PI}} \rightarrow E_{p2}^{\text{PI}}$.

Тоді ефективність процесів контролю та діагностикування РІ ($E_{\text{КД}}^{\text{PI}}$) може визначатися відношенням: $E_{\text{КД}}^{\text{PI}} = E_{p2}^{\text{PI}} / E_{p1}^{\text{PI}}$.

Мірою показників E_n^{PI} , E_{p1}^{PI} , E_{p2}^{PI} може бути розмірна стійкість леза РІ.

Запроваджена система показників ефективності процесів контролю та діагностикування РІ буде сприяти формуванню високоефективних СКД РІ та підвищенню $E_{\text{КД}}^{\text{PI}}$.

Література

1. Derevianchenko A., Tikhonov V., Ivashin B. An Approach to the Cutting Tool State Estimation in FMS. // Proceedings of the 28-th International MATADOR Conference, UK, Manchester, UMIST, 1990, p. 523–526.
2. Дерев'янченко О. Г. Діагностика стану ріжучих інструментів у ГВМ з використанням процедур розпізнавання образів їх контактних поверхонь та кромок. // Праці першої Всеукраїнської міжнародної конференції «УкрОБРАЗ – 92», Київ, ІК АН України, 1992, с. 95–97.
3. Derevianchenko O., Pavlenko V., Andreyev O. Many-Level Diagnostics of Cutting Tool Edge States in FMC Conditions. — Proceedings of the Second All-Ukrainian International Conference (UkrOBRAZ' 94) Kyjiv, Ukraina, December 20-24 1994, p. 190–191.



The Conditions Diagnosing of Cutting Tools by Means of Methods of Pattern Recognition

OLEKSANDR DEREVJANCHENKO, VITALIJ PAVLENKO, OLEKSIJ VOLINS'KYJ

Polytechnical University

1 Shevchenko Ave., Odesa 270044

Phone: (0482) 24-3991

Oleksandr Derevjanchenko, Vitalij Pavlenko, Oleksij Volins'kyj. The Conditions Diagnosing of Cutting Tools by Means of Methods of Pattern Recognition.

Using a theory of pattern recognition for the recognition of conditions of cutting tools is described. Designed method of recognition oriented on the two-dimensional space of signs, allowing visualize location and clusterization of objects. Benchmark analysis of methods is executed. All methods of recognition are marketed software and are test.

Urgency of problem of recognition of conditions of cutting tools. One of the problems of modern machine building is a creation and introduction in metalworking the flexible manufacturing modules (FMM), which will function without the participation of person practically. To provide an autonomous operation of FMM in the automatic mode it is necessary to equip it with corresponding system of ensuring a runnable condition. Obligatory element in such system is a subsystem of checking a wear-out and diagnostics of condition of cutting tools (CT). Economic effect from such system introducing on the enterprise consists of spare time of service and checking CT, spare expenseses on the instrument, reducing a prime cost of details, etc.

Methods of recognition of conditions of CT. All described here methods of recognition consist of two stages: education and categorization. In step of educating the deciding rule is working out on the grounds of information on the technical condition of CT from the educate sample. In step of categorizations a recognition of technical condition of CT occurs by means of deciding rule, not participated in the educate sample.

Method of statistical decisions. This method is used if parameters of investigated CT are portioned in accordance with the normal law. In step of educating the deciding rule is working out. In the matrix form it is defined so:

$$L(x) = \ln \frac{f_1(\bar{x})}{f_2(\bar{x})} = -\frac{1}{2}(\bar{x} - \bar{\mu}_1)^T \cdot S_1^{-1}(\bar{x} - \bar{\mu}_1) + \frac{1}{2}(\bar{x} - \bar{\mu}_2)^T \cdot S_2^{-1}(\bar{x} - \bar{\mu}_2) + \frac{1}{2} \ln \frac{|S_1|}{|S_2|}, \quad (1)$$

where: x - vector of parameters of object (vector-column); m - vector of average values of parameters of objects; S - covariational matrix.

In the process of educating values of function $L(x)$ are count for each product and their sequence is regularize in size $L(x)$. Threshold is choose on this sequence λ , whereupon process of educating ends.

In step of categorizations for classifying object value of deciding rule is defined and decision is receive a visit at the correspondence to the rule:

$$\text{If } L(x) \begin{cases} > \lambda, \text{ then } x \in \text{cl.1} \\ \leq \lambda, \text{ then } x \in \text{cl.2} \end{cases} . \quad (2)$$

Method of stochastic approximation. In the given method certain function $f(x)$ is carried in consideration which takes a value +1 if object belongs to a class 1, and -1 if object belongs to a class 2.

Deciding rule geometric is interpreted in N -a measured space of parameters of object, as a surface, separating classes 1 and 2. In the event of distanced recognizing classes as functions, approximating this hypersurface choose linear function of type

$$f(\bar{x}, \bar{c}) = C_0 + \sum_{i=1}^p C_i \cdot X_i , \quad (3)$$

where p - amount of parameters of object.

Coefficients of approximating function are defined on formula

$$\bar{C}[k] = \bar{C}[k-1] + \Gamma[k] \cdot \text{sign}(Y[k] - \bar{C}^T[k-1]\varphi(\bar{X}[k])) \cdot \varphi(\bar{X}[k]), \quad (4)$$

where: $C[k]$ is a vector of coefficients of approximating functions; $X[k]$ is a normalize vector of parameters of objects of education; $\varphi[k]$ is a system of known linear independent functions; Y is a "teacher's" reaction; $\Gamma[k]$ is a diagonal matrix of steps of educating, defining velocity of motion to the optimum spot of coefficients vector on different coordinates on k step of education.

In step of categorizations for classifying object value of deciding rule is defined and depending on the sign of the result it is defined to what of two classes the object belongs to.

Area restriction method. Method of diagnosing the conditions, which allows to visualize location and clusterization of objects from the educate sample is designed. Given method is designed for the two-measured space of parameters only, therefore visualization is possible.

There is an ensemble of spots in step of educating (objects for educating), which belongs to one class. By means of the special algorithm spots are chosen, which, when joining with lines, form a protuberant polygonal figure, inwardly which will inhere all spots (objects) this class. Ensemble of spots, shows tops of this polygonal figure and presents itself a deciding rule, allowing draw a conclusion of belonging classifying object to this class. Note, that in the given method deciding rule is not a surface separating two classes but it describes one class.

In step of categorizations getting a classifying object in one of the polygonal figures is analysed, which is uniquely defined by tops, received in step of education. If this object has fall into one of the polygonal figures, a conclusion is drawn on the accessories of this object to that class, which is described by the polygonal figure. But if the object had not got in any of the polygonal figures, or it is render inwardly two or more ones, a refusal of recognition occurs.

Discussion. Considered methods of building of deciding rule present two approaches to realization of logician-mathematical procedures of recognition. In the first event (method of statistical decisions) for the finding of separate hypersurface evident mathematical expressions are used, which have got on the base of parameters of source object. As a result of decision of problem of recognition is got after one step or cycle of calculations, cost from the end number of elementary operations. In the second event (method to stochastic approximations) process to categorizations under given initial parameters will be realized, which is close to parameters of the object. Such iterative methods ensure a finding of separate hypersurface coefficients after performing an endless number of steps or cycles of valuing, but an approximate decision can be received as a result of intermediate calculations.

Other approach to the building of deciding rule is offered in the area restriction method. Here deciding rule is not a surface separated two classes, but it presents itself an ensemble of spots, describing one class. Defect of this method is that it is not worked out for multidimensional parameters space. But this problem can be solved in principle.

Software and testing. Above-mentioned methods of diagnosing were marketed software on programming language C, and are tested on test sample which consists of 80 objects, 20 objects in each of 4 classes of technical condition. For all methods of diagnosing percent of correct recognition of objects from the educate sample was determined. It is render approximately alike beside all three methods and has form 97%.

The first two ways of diagnosing are oriented on the two-class recognition, so considered four-class problem has decided a consequent cycle of two-class problems in three stages (method of dichotomy). On each stage of educating deciding rule (DR) was build. On the first stage separate class A and collection of objects of classes B,C,D were build by DR1. On the second stage separate objects of class B and collection of objects of classes C,D are received by DR2,. On the third stage separate surface between classes C and D is build by DR3. Accordingly, categorization was also conducted in three stages.

Area restriction method is designed for any amount of recognition classes.

References

1. Деревянченко А.Г., Комадовский В.А., Павленко В.Д. Автоматический идентификатор состояния системы СПИД на станках з ЧПУ. - В кн.: "Металлорежущие станки", Київ: Техніка, 1984.
2. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. - Москва: Наука, 1968.
3. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания: Учеб. пособие. - Москва: Высш. шк., 1984.



Електромагнітні пошукові системи

ПЕТРО ДРАБИЧ, ІГОР СТЕЦЬКО

Фізико-механічний інститут НАН

290601 Львів, вул. Наукова 5

Тел.: (032) 263-3355 Факс: (032) 264-9427

Електронна пошта: tmet@vision.imp.Lviv.ua

Петро Драбич, Игорь Стецько. Электромагнитные поисковые системы.

Описаны приборы и системы для поиска и выявления месторождений полезных ископаемых и расположения подземных инженерных коммуникаций с помощью импульсных и гармонических электромагнитных полей. Приведены их технические характеристики.

Одним із ефективних методів, що використовуються при пошуку родовищ корисних копалин, ґрунтових вод, а також струмопровідних комунікатів (кабелів, нафто-, газо- і продуктопроводів), є зондування досліджуваних середовищ, об'єктів за допомогою імпульсних або гармонічних електромагнітних полів. Ефективність цих методів підтверджується значною кількістю вітчизняної і зарубіжної геоелектророзвідувальної апаратури для визначення координат підземних комунікацій і їх технічних характеристик (струму катодного захисту і якості ізоляційного покриття топло) [2-4].

При реалізації імпульсного електромагнітного методу досліджуване середовище, об'єкт збуджують нестационарним електромагнітним полем. Під його дією в досліджуваному середовищі виникають вихрові струми, які, розповсюджуючись в провідному середовищі, створюють вторинне нестационарне поле, під впливом якого в приймальному індуктивному перетворювачі наводиться електрошійна сила. Зареєстровані інформаційні сигнали - це послідовності зникаючих імпульсів напруги, рівень, тривалість і постійна зникання яких є функціями характеристик досліджуваного середовища.

При проведенні досліджень на інформативний сигнал накладаються адитивні випадкові і регулярні завади імпульсного і неперервного характеру, які спотворюють його форму і не дозволяють без спеціального оброблення визначати інформативні параметри.

В доповіді розглянуті структурні схеми портативної апаратури для дослідження частини розрізу поверхні Землі (від одиниць до сотень метрів) ПІРС-2М і прилад для визначення координат підземних струмопровідних комунікацій та градієнта потенціялу катодного захисту магістральних трубопроводів ІМК-4.

Апаратура ПІРС-2М здійснює вимірювання значень інформативного сигналу на фоні регулярних (частота 50 Гц) і випадкових високочастотних завад, а прилад ІМК-4 забезпечує визначення осі підземної комунікації і глибини її залягання та градієнта потенціялу катодного захисту трубопровода.

Ефективне придушення регулярних завад в апаратурі ПІРС-2М реалізується за допомогою диференційного методу і синхронізації роботи генераторного і вимірювального каналів по цій заваді, а придушення високочастотних випадкових завад здійснюється шляхом усереднення значень сигналу в фіксовані моменти часу (на заданій затримці відносно моменту виключення чергового імпульсу струму в генераторному контурі).

Принцип дії приладу ІМК-4 заснований на дослідженні електромагнітних полів від кабелів та трубопроводів, що виникають за рахунок незбалансованості фазових струмів у силових кабелях (50 Гц) та струму катодного захисту у трубопроводах (100 Гц).

Прилад також надійно виділяє комунікації, що не підключені до джерел струму, якщо вони мають контакт з ґрунтом. Це досягається за рахунок "блокаючих струмів" з частотами 50 і 100 Гц. Передбачена можливість роботи на трьох частотах 50, 100 і 222 Гц. Частота 222 Гц використовується при роботі в складних умовах, коли значна кількість комунікацій зондовані поруч або при відсутності в підземних металевих комунікаціях струмів частотами 50 і 100 Гц.

Технічні характеристики апаратури ПІРС-2М та приладу ІМК-4. Апаратура ПІРС-2М. Апаратура забезпечує вимірювання електрорушійної сили, наведеної в приймальному індукційному перетворювачі в паузах між імпульсами біополярного струму в генераторному контурі та її відношення до амплітуди імпульсів зондуючого струму.

Основні характеристики: амплітуда біополярних імпульсів струму в генераторному контурі від 0,5 до 5А; тривалість імпульсів струму 14 мс; тривалість паузи 6 мс; діапазон часових затримок від 2 до 5999 мкс з дискретністю регулювання 1 мкс; похибка установки затримки не більше 1%; поріг чутливості апаратури при вимірюванні відношення електрорушійної сили до амплітуди імпульсів струму 5 мВ/А; індикація результату вимірювання в цифровій формі.

Прилад ІМК-4. Прилад дозволяє знаходити діючі силові кабелі і труби з катодним захистом на глибині до 10 м з похибкою не більше 5% при точності визначення проекції їх осей на поверхню ґрунту до 20 см; діапазон вимірювання постійного потенціалу катодного захисту трубопроводів від 10 до 2000,0 мВ з похибкою не більше 1%; в приладі використана звукова індикація для пошуку осі комунікації і цифрова – для реєстрації глибини і потенціалу катодного захисту; розміри приладу 260 : 120 : 390 мм, довжина штанги з датчиками 82 см, довжина давачів 15 см; маса приладу 2 кг, штанги з датчиками 1 кг; живлення приладу здійснюється від одного акумулятора типу 7Д-0,115-В1. Зарядка акумулятора здійснюється від мережі 220 В або автомобільного акумулятора 12В. Для роботи на частоті 222 Гц прилад комплектується генератором змінного струму ГЗС-1.

Технічні характеристики генератора: потужність 100 ВА ; частота вихідного сигналу 100, 222, 300 і 1000 Гц; похибка не більше 0,5%; нестабільність частоти не більше 0,1 % ; діапазон зміни вихідної напруги від 10 до 60В з дискретністю 10В ; максимальне значення амплітуди імпульсів струму в навантаженні для напруг 10, 20, 30, 40, 50 і 60В складає відповідно 10, 5, 3, 2.5 і 1.5A ; живлення від автомобільного акумулятора 12В. В генераторі є швидкодіючий електронний захист від перевантажень.

Апаратура ПІРС-2М і прилад ІМК-4 з генератором виготовляються в Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України.

Література

1. Бобровников Л.З., Орков Л.И., Понов В.А. Полевая электроразведочная аппаратура: Справочник. - Москва: Недра, 1986, 223 с.
2. Гордиенко В.И., Убогий В.П., Ярошевський Е.В. Электромагнитное обнаружение инженерных коммуникаций и локальных аномалий. - Киев: Наукова думка, 1981, 227 с.
3. А.с. № 1471138 (СССР). Бесконтактный измеритель тока в трубопроводе / Джала Р.М., Вербенец Б.Я. - Опубл. в БИ №13, 1989.
4. А.с. № 1800422 (СССР). Устройство для обнаружения дефектов изоляции подземных трубопроводов/ Драбич П.П., Цыбульский В.С. - Опубл. в БИ № 9, 1993.



Застосування методів цифрової фільтрації до вирішення задач діагностики машин та механізмів за їх вібраціями

ОЛЕКСАНДР КАЛАШНИКОВ

Політехнічний університет

270044 Одеса, просп. Шевченка 1
Tel.: 38-0482-28-8633 Факс: 38-0482-25-0104

Oleksandr Kalashnikov. The Application of Filtering Processing Methods to the Machine Diagnostics Based on Their Vibrations.

The problem of the state and operation accuracy monitoring, and the design optimization of the machines based on their vibration analysis is considered. The selection of the information signals needs the optimal

frequency filtering in this case. The usage of the optimal signal-to-noise ratio and relative mean square error nonrecursive digital filters and their design are discussed. The presenting examples of the filter design shows the efficiency of the design procedures and the obtained filters for the machine vibration analysis.

В багатьох випадках задачі діагностики машин та механізмів ускладнюються за рахунок того, що найбільш важливі деталі цих машин перебувають у постійному русі і розташовані у важкодоступних місцях. Тому великий інтерес викликають методи діагностики, що базуються на аналізі вібраакустичних сигналів, через їх спроможність отримувати інформацію стосовно стану віддалених вузлів та застосовувати порівняно дешеві апаратні засоби.

Можливість збирання інформації, що характеризує стан та функціонування різних вузлів, одним віддаленим сенсором, проте призводить до суттєвого ускладнення подальшого оброблення та аналізу вібраакустичної інформації, яка потребує відокремлення інформаційних сигналів, які виникають внаслідок впливу різних чинників. В загальному випадку необхідна селекція може проводитись у часі, просторі, частоті. Однак, враховуючи порівняно великі довжини хвиль вібраакустичних сигналів в металевих машинах порівняно з їх розмірами, можливості просторової селекції суттєво обмежені. Селекція в області часу ускладнюється внаслідок близького до стаціонарного режиму роботи більшості машин. Під час проведення селекції в частотній області необхідно брати до уваги те, що п'єзоелектричні сенсори сприймають коливальне прискорення, а не зміщення чи швидкість, що призводить до відповідного зростання інтенсивності слабких завадових високочастотних вібрацій, а також наявність, як правило, декількох джерел вібрацій з близькими частотами коливань та декількох резонансів конструкції. За цих умов потрібні вузькополосні фільтруючі пристрої, які важко реалізувати на аналоговій елементній базі. В доповіді розглядається застосування методів енергетично оптимальної цифрової частотної фільтрації до селекції інформаційних сигналів в задачах вібродіагностики, зокрема, моніторингу стану та функціонування машин та механізмів, а також оптимізації їх під час проектування.

Наведений в [1] аналіз показує, що для детектування сигналів за перевищеннем деякого порогового рівня бажано застосовувати фільтри, що забезпечують максимальне підвищення відношення сигнал/завада (ВСЗ), а для фільтрації інформаційних сигналів з малими спотвореннями доцільніше використовувати фільтри, оптимальні за критерієм середньоквадратичної помилки. Синтез нерекурсивних цифрових фільтрів (НЦФ) за критерієм ВСЗ, що проводиться шляхом градієнтної оптимізації узагальненого відношення Релея (УВР), розглянуто в [2]. За допомогою підходу, аналогічному застосованому в [3], можна показати, що синтез НЦФ за критерієм відносної середньоквадратичної помилки (ВСКП) також може бути проведений шляхом градієнтної оптимізації УВР, що дозволяє уніфікувати програмне забезпечення для синтезу НЦФ.

У першому випадку діагностики машин та механізмів за їх вібраакустичними сигналами, що стосується моніторингу функціонування, синтезувався фільтр за результатами вимірювань вібрацій, що виникають при обробленні деталей металорізальним верстатом. Аналіз виготовлених деталей засвідчив наявність зв'язку між рівнем вібрацій інструменту та якістю оброблення. Для оперативного моніторингу якості оброблення необхідний фільтр, що послаблює вібрації, пов'язані з обертанням двигуна верстата (50 Гц), і передає вібрації, пов'язані з обертанням інструменту (60 Гц, конструкція верстата передбачає підвищувальну передачу). Синтезований НЦФ з лінійною фазою, оптимальний за критерієм ВСЗ, забезпечує підвищення ВСЗ на 11 дБ (частота дискретизації $f_d=500$ Гц, кількість відвідів НЦФ $N=50$). Таким чином, в розглянутому випадку НЦФ має послаблювати сигнали, що відповідають режимові холостого обертання, і передавати смугу частот, яка пов'язана з функціонуванням машини.

У другому випадку діагностики – моніторинг стану – розглянемо приклади синтезу декількох фільтрів. Перший з них стосується моніторингу стану різального інструменту у розглянутому вище верстаті. Вимірювання показали, що, за умови виходу інструменту з ладу, виникають часті удари його по деталі, яка обробляється, що супроводжується значним підвищеннем рівня вібрацій на гармоніках частоти обертання з 10-ї по 20-ту. Синтезований НЦФ з лінійною фазою, оптимальний за критерієм ВСЗ, забезпечує підвищення ВСЗ на 46 дБ ($f_d=500$ Гц, $N=50$). Тривала робота машин та механізмів призводить до послаблення жорсткості конструкції, внаслідок чого зростають паразитні коливання його частин, що збуджуються короткочасними поштовхами деталей машини. Наступні приклади стосуються діагностики ткацького верстата за даними [4], відповідно до яких новий верстат має помітні вібрації на частоті 100 Гц та у смузі 400-750 Гц, а за умови його зносу зростають вібрації у смузі 150-300 Гц. Фільтр, синтезований за критерієм ВСЗ, забезпечує підвищення ВСЗ на 25 дБ ($f_d=5000$ Гц, $N=50$). Також був проведений за критерієм ВСКП синтез фільтру, який, окрім послаблення вібрацій нормального функціонування, забезпечує додаткове інтегрування першого порядку для сигналів, що відповідають зносу верстата. Його вихідна ВСКП становить 0.5% за тих же f_d та N .

Таким чином, у випадку моніторингу стану машин фільтр має ослаблювати вібрації, пов'язані як з холостим режимом машини, так і з її нормальним функціонуванням.

У третьому випадку розглянемо застосування аналізу вібрацій на етапі конструювання машини з метою її оптимізації. У процесі дослідження металорізального верстата ОП-86 був знайдений потужний резонанс системи кріплення двигуна, що виникав за умови високої кутової швидкості обертання на другій гармоніці. При цьому виникали значні напруження та шум, внаслідок чого тривалі дослідження верстата в такому режимі були не бажані навіть для усунення цього конструктивного дефекту. Фільтр, синтезований за критерієм ВСЗ, дозволяє підвищити ВСЗ на 24 dB ($f_d=500$ Гц, $N=50$). При цьому після внесення змін у конструкцію верстата можна оцінювати їх ефективність за рівнем вібрацій системи кріплення двигуна на сталих частотах обертання, гармоніки яких далекі від резонансної частоти. Оптимізація конструкції машин може проводитись також з метою зменшення рівня вібрацій, що виникають в важливих елементах конструкції внаслідок впливу вібрацій інших елементів. Для визначення такого впливу необхідно проводити кореляційний аналіз вібрацій у різних точках машини, забезпечивши послаблення некогерентних сигналів, при внесенні змін у конструкцію. Синтезований за даними [7] НЦФ, оптимальний за критерієм ВСЗ, забезпечує підвищення ВСЗ на 12 dB ($f_d=500$ Гц, $N=100$).

Матеріали доповіді дають підставу зробити такі висновки: технічна діагностика машин та механізмів шляхом аналізу віброакустичних сигналів може бути проведена з метою моніторингу стану або функціонування машини, а також для оптимізації її конструкції на етапі проектування; відокремлення завадових сигналів в частотній області доцільно проводити шляхом застосування цифрових фільтрів, оптимальних за енергетичними критеріями; градієнтний алгоритм синтезу дозволяє пропонувати фільтри, що задовільняють вимоги до них і забезпечують 10-40 dB послаблення завадових сигналів.

Література

1. Купер Дж., Макгіллем К. Вероятностные методы анализа сигналов и систем.- Москва: Мир, 1989, - 376 с.
2. Kalashnikov A.N., Nazarenko A.F. The design of the maximal SNR linear phase FIR digital filters // Signal Processing, 1994, Vol. 40, с. 307-310.
3. Калашников А.Н. Определение коэффициентов линейной аппроксимации для неортогонального базиса путем оптимизации обобщенного отношения Релея // Труды ОПУ, 1996, № 2, с. 37-39.
4. Турбин Л.Т., Исмагамбетов М.У. О диагностике состояния шарикоподшипниковых опор камеры машины БД-200-Б69 методом спектрального анализа их вибрации // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 1975, № 6, с. 128-129.
5. Добрынин С.А., Фельдман М.С., Фирсов Г.И. Методы автоматизированного исследования вибраций машин. - Москва: Машиностроение, 1987, 224 с.



Технічна діагностика складних систем методом функціонально-статистичних випробувань

АНАТОЛІЙ КРАСНОПОЯСОВСЬКИЙ

Державний університет

244007 Суми, вул. Римського-Корсакова 2
Тел.: (0542) 33-5055

Anatolij Krasnopojasov'skyj. Technical Diagnostics of Complex Systems by the Method of Functional-Statistical Tests.

Method of functional-statistical tests, based on a hypothesis of indistinct compactness of images' realizations and allowing to optimize parameters of training process by information criterion of functional efficiency of trained recognizing system, is considered as the new unparametric method of image recognition. The method is oriented to the decision of problems discrimination and factor-typological of the analyses and - analysis within the framework of uniform algorithm.

Методологічні та теоретичні основи МФСВ. Непараметричний метод функціонально-статистичних випробувань (МФСВ) базується на таких основних принципах, як загальність інформаційного критерію для оцінки функціональної ефективності, композиція математичної моделі системи розпізнавання (СР), агрегатування станів і функцій СР, пряма залежність економічної складової ефективності від інформаційної здатності СР і багатоваріантності рішень

про технічний стан системи МФСВ, що дозволяє розв'язувати задачі автоматичної класифікації: дискримінантний типологічний аналіз (ДТА), факторний типологічний аналіз (ФТА) і кластер-аналіз у рамках єдиного алгоритму.

Розглянемо простір ознак розпізнавання $X \subset R^+$ - простір Хемінга, що є покриттям. При цьому $\text{Card } X = 2^N$, де N - число ознак розпізнавання (OP). Нехай $X = \{x^{(m)}\} \subset X$ - множина об'єктів, елементи яких задаються N -вимірними впорядкованими бінарними векторами ознак:

$$x(n) = \langle x_1^{(n)}, \dots, x_i^{(n)}, \dots, x_N^{(n)} \rangle, n = \overline{1, n^*},$$

де n - номер поточного випробування, n^* - достатня довжина репрезентативної вибірки. Тоді умови нечіткого розбиття $\tilde{R}^{[M]}$ простору X на класи розпізнавання $\{X_m^0\}$, $m=1, M$, мають вигляд:

$$\begin{aligned} & (\forall X_m^0 \in \tilde{R}^{[M]}) [X_m^0 \neq 0]; \\ & (\exists X_K^0 \in \tilde{R}^{[M]})(\exists X_l \in \tilde{R}^{[M]}) [X_K^0 \neq X_l^0 \rightarrow X_K^0 \cap X_l^0 \neq 0]; \\ & (\forall X_K^0 \in \tilde{R}^{[M]})(\forall X_l \in \tilde{R}^{[M]}) [Ker X_K^0 \neq Ker X_l^0 \rightarrow Ker X_K^0 \cap Ker X_l^0 = 0]; \\ & \bigcup_{X_m^0 \in \tilde{R}^{[M]}} X_m^0 \subset X \end{aligned} \quad (1)$$

На відміну від відомих дистанційно-мінімальних алгоритмів автоматичної класифікації, орієнтованих на оброблення даних [1], МФСВ орієнтований на аналіз даних, що дозволяє розв'язати проблему оптимізації параметрів навчання СР в інформаційному сенсі, тобто в сенсі досягнення на етапі екзамену надійності розпізнавання, близької до асимптотичної.

В якості критерія функціональної ефективності (КФЕ) в МФСВ природньо використовувати інформаційний критерій:

$$E = \frac{H_0 - H(\gamma)}{H_0}; \quad H_0 = -\sum_{l=1}^M p(\gamma_l) \log_2(p(\gamma_l)); \quad H(\gamma) = -\sum_{l=1}^M p(\gamma_l) \sum_{m=1}^M p(\mu_m / \gamma_l) \log_2(p(\mu_m / \gamma_l)), \quad (2)$$

де H_0 - априорна (безумовна) ентропія, $H(\gamma)$ - умовна ентропія, що характеризує залишкову невизначеність рішення, $p(\gamma_l)$ - безумовна імовірність прийняття гіпотези $\gamma_l, l = \overline{1, M}$; $p(\mu_m / \gamma_l)$ - апостеріорна умовна імовірність прийняття рішення μ_m при наявності гіпотези γ_l ; M - кількість альтернативних гіпотез.

При застосуванні формули Байеса критерій (2) може бути виражений через априорні умовні імовірності $p(\mu_m / \gamma_l)$, які є точністями характеристиками СР. Наприклад, при рівноімовірних гіпотезах для $M=2$ КФЕ має вигляд:

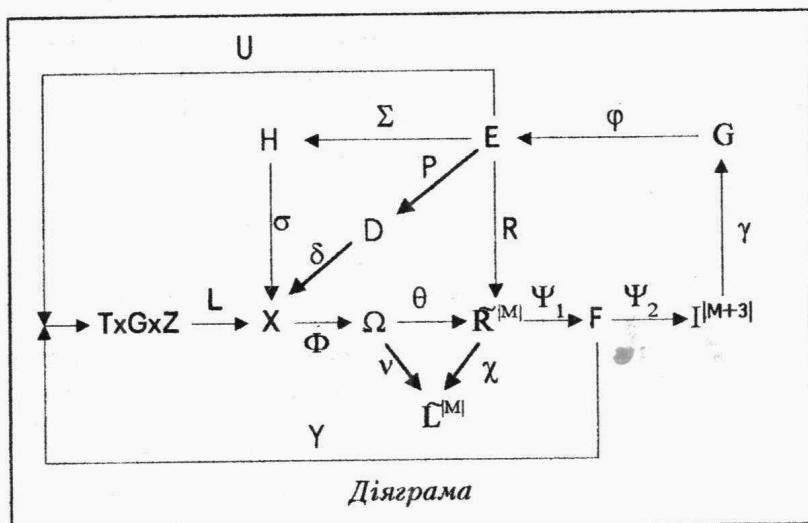
$$E = 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha}{\alpha + D_2} \log_2 \frac{\alpha}{\alpha + D_2} + \frac{\beta}{\beta + D_1} \log_2 \frac{\beta}{\beta + D_1} + \frac{D_1}{\beta + D_1} \log_2 \frac{D_1}{\beta + D_1} + \frac{D_2}{\alpha + D_1} \log_2 \frac{D_2}{\alpha + D_1} \right), \quad (3)$$

де α, β, D_1, D_2 - помилки першого та другого роду, перша та друга достовірності відповідно.

Параметрами, що оптимізуються в процесі навчання, в МФСВ виступають: кодова відстань $d(x_m \oplus \lambda_m)$ між еталонним вектором (EB) $x_m \in X_m^0$ і розподільною гіперповерхнею (РГП) класу $X_m^0 - d(x_m \oplus \lambda_m)$, де λ_m - вершина, що належить РГП класу X_m^0 , \oplus - операція складання за модулем 2; системи контрольних допусків (СКД) на ознаки розпізнавання (OP) і рівень селекції даних.

Математичний опис розв'язання завдання автоматичної класифікації в МФСВ може бути наведений у вигляді узагальненої діаграми.

На діаграмі T - множина моментів зняття інформації; G, X - множина вхідних і вихідних (вибірка) сигналів об'єкту діагностування (ОД) відповідно; Z - множина станів ОД; $L: TxGxZ \rightarrow X$ - оператор формування вибіркової множини; Ω - множина OP. В МФСВ оператор класифікації $\Psi = \Psi_1 \bullet \Psi_2$ визначає принадливість реалізації образу



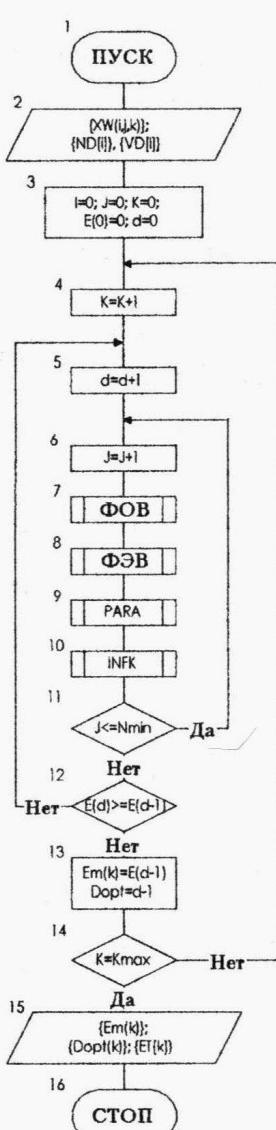
одному з елементів множини $I^{[M+3]} = \{1, 2, 3, \dots, M, M+1, M+2, M+3\}$, де число $M+1$ означає номер нового класу X_{M+1}^0 , $(M+2)$ - вказівник на необхідність донавчання СР за результатами екзамену і $(M+3)$ - вказівник на необхідність перенавчання СР. Відображення рішення про стан ОД на множину точнісних характеристик L , для якої $\text{Card}=2^1$, де l - кількість альтернативних гіпотез, реалізується оператором $\gamma: I^{[M+3]} \rightarrow G$. Особливістю МФСВ є відображення множини G на значення міри Е: $\phi: G \rightarrow E$. Такою мірою може бути інформаційний критерій (3).

В процесі навчання оптимізація розбиття $\tilde{R}^{[M]}$ реалізується оператором $R: E \rightarrow \tilde{R}^{[M]}$, оптимізація СКД - множина D - оператором $P: E \rightarrow D$ і оптимізація множини рівнів селекції даних H - оператором $\Sigma: E \rightarrow H$ шляхом пошуку максимума критерію, $E_m^* = \max_{\{d\}} E_m$, де $\{d\}$ - множина радіусів РГП для класу X_m^0 .

Таким чином, в якості агрегатованої моделі автоматичної класифікації в рамках МФСВ може розглядатися така структурована множина:

$$\Delta_K = \langle X, \Pi, T, \Omega, I(\tilde{R}), I, E, D, H, \Phi, F, V, W, R, P, \Sigma, Y \rangle, \quad (4)$$

де $\Phi: X \times \Pi \times T \rightarrow \Omega$ - оператор, що встановлює зв'язок між множиною ОР $\Omega \subset X$, з одного боку, та вибірковою множиною X , множиною випробувань Π і множиною моментів проведення випробувань $T = \{t_n\}$, $n = 1, M \cdot n^*$, з іншого боку. Множини X , Π , T , Ω і оператор Φ є базовими для математичних моделей СД. На відміну від автоконтролю, сукупність операцій формування множини $\Pi = \{\mathcal{N}_m^{(n)}\}$ в МФСВ додатково містить операції формування реалізації образу, оцінки її приналежності класу X_m^0 , що є виходом випробування $\mathcal{N}_m^{(n)}$, а для завдань кластер-аналізу - оцінки статистичної однорідності вибірки. В (5) $I(\tilde{R})$ означає математичний опис (перелік параметрів) розбиття \tilde{R} ; вершини еталонних векторів (ЕВ) і радіуси РГП; $V = \theta \bullet \Psi$ - оператор прийняття рішень; $W = \gamma \bullet \varphi$ - оператор обчислення інформаційного КФЕ, наприклад, за формулою (3);



$R = U \bullet \Phi \bullet \theta$ - оператор оптимізації параметрів розбиття $\tilde{R}^{[M]}$, де U - оператор керування (планування) процесом навчання.

Для розв'язання завдання ФТА оператор Ψ утворює композицію операторів $\Psi: \tilde{R}^{[M]} \rightarrow F$, де $F = \{f_m^{(n)}\}$ - множина функцій приналежності,

елементи якої визначаються за формулою: $f_m^{(n)} = 1 - \frac{d[x_m \oplus x^{(n)}]}{d_m^*}$, де d_m^* -

кодова відстань між вектором x_m (є оптимальною в інформаційному сенсі РГП класу X_m^0); $x^{(n)}$ - реалізація образу, що розпізнається, і $\Psi_2: F \rightarrow I^{[M+3]}$.

Необхідність формування класу X_{M+1}^0 виникає в разі, коли функції $\{f_m^{(n)}\}$ для всіх класів $\{X_m^0\}$ стають від'ємними. Тоді починає діяти оператор - ключ $Y: F \rightarrow T \times G \times Z$ до тих пір, поки функція $f_{m+1}^{(n)}$ не стане позитивною. При цьому формування класу X_{M+1}^0 здійснюється за алгоритмом ДТА, як і для попередніх класів розпізнавання.

Визначення оптимальної кодової відстані (радіуса) d_m^* здійснюється в рамках ДТА за алгоритмом:

$$d_m(K) = d_m(K-1) + \begin{cases} h, & \text{if } E_m[d(K-1)] < E_m^* \\ 0, & \text{if } E_m[d(K-1)] = E_m^* \end{cases}, \quad \text{де } d(0) = E(0) = 0;$$

K - кількість приростів радіусів РГП; h - крок приросту.

Оптимізація СКД здійснюється після визначення $d_1^* \in X_1^0$, де X_1^0 - перший клас, що найбільш бажаний для розробника СР, за алгоритмом:

$$\{\delta_{K,i}\} = \{\delta_{K,i}^*\}, \quad \text{якщо } E_1^*(d_1^*) = \max_{\{\delta_{e,j}\}} E_1^*(d_1^*),$$

де $\{\delta_{e,i}\}$ - система експлуатаційних полів допусків.

Оптимізація рівнів селекції здійснюється для кожного класу після оптимізації СКД за алгоритмом: $(h_m) = (h_m^*)$, якщо $E_m = \max_{\{0,1\}} E_m^*(d_m^*)$.

Підготовчий етап. На підготовчому етапі здійснюються такі кроки: (1) структуризація ОР, яка складається з впорядкування ОР з одночасним групуванням однорідних сигналів; (2) формування відповідно впорядкованих масивів нижніх та верхніх експлуатаційних допусків на аналогові ОР; (3) формування шляхом логіко-функціонального аналізу вихідного алфавіту класів розпізнавання $\{X_m^0\}$, що відображає множину технічних

Рис. 1

станів ОД; (4) оцінка мінімальної довжини репрезентативної навчальної вибірки (НВ) за методом динамічних довірчих інтервалів із умови прийнятних з практичних міркувань статистичної похибки та машинних затрат; (5) організація імітатаційних та натурних випробувань СР з додержанням умов схеми Бернулі.

Опис алгоритму ДТА в рамках МФСВ. Структурна схема алгоритму оптимізації процесу навчання в рамках МФСВ наведена на рис. 1.

Вхідні дані: $\{XW[I, J, K]\}$ - НВ, де I - змінна числа ОР, J - змінна числа випробувань, K - змінна числа класів розпізнавання, $\{ND[I]\}$, $\{VD[I]\}$ - масиви нижніх та верхніх допусків на ОР відповідно, NM - мінімальна довжина репрезентативної НВ.

Вихідні дані: $\{ET[K]\}$ - масив ЕВ, $\{Dopt[K]\}$ - масив оптимальних радіусів РГП, $\{EM[K]\}$ - масив максимальних значень КФЕ.

Блок 7 здійснює формування НВ, блок 8 - формування масиву ЕВ $\{ET[K, I]\}$, блок 9 - розбиття множини еталонних векторів на сусідні (найближчі) пари, між якими в процесі навчання будуються оптимальні в інформаційному сенсі РГП. Блок 10 реалізує процедуру INFK, яка призначена для обчислення інформаційного КФЕ. При виконанні умови блоку 11 обчислюється поточне значення КФЕ - $E(d)$, яке в блоці 12 порівнюється з попереднім $E(d-1)$. Якщо $E(d) \geq E(d-1)$, то $d := d+1$, півпаки $EM := E(d-1)$ і $Dopt := d-1$.

Прикінцеві положення. Програмну систему (ПС), що реалізує алгоритм МФСВ, розроблено на алгоритмічній мові C++. Вона призначена для контролю та управління газоперекачувальною станцією ГПА-Ц-6,3А. Для тестування програмного забезпечення СР розроблена модель програмного імітатора потоку даних. ПС є об'єктно-орієнтованою, що дозволяє здійснювати її супровід та розширення функцій з мінімальними затратами. Головною функцією програми є обчислення інформаційного КФЕ СР. На рис. 2 наведено залежність КФЕ від кодової відстані d в процесі оптимізації РГП для класу X_1^0 , що характеризує працездатний стан ОД. З рис. 2 видно, що $d_1 = 2$ при міжкласовій відстані $d(x_1 \oplus x_2) = 4$, де x_2 - ЕВ найближчого (сусіднього) класу розпізнавання. При $d=6$ КФЕ має найбільше значення, але воно знаходиться в неробочій області $D_1 < 0,5$. При $d>7$ КФЕ має стало значення 0.5, оскільки в цій області відсутні реалізації як першого, так і другого класів.

Висновки. (1) Запропонований непараметричний метод автоматичної класифікації - МФСВ, на відміну від відомих мінімально-дистанційних алгоритмів, орієнтований не на оброблення даних, а на їх інформаційний аналіз, що дозволяє при розробленні спеціального програмного забезпечення СР реалізувати переваги об'єктно-орієнтованого програмування та здійснити оптимізацію параметрів навчання за інформаційним КФЕ системи, що підвищує достовірність розпізнавання. (2) МФСВ дозволяє розв'язувати як повну задачу автоматичної класифікації, так і окремі підзадачі ДТА, ФТА і кластер-аналізу в рамках єдиного алгоритму. (3) Інформаційний КФЕ є неоднозначним функціоналом точнісних характеристик СР, що обумовлює необхідність виділення в $(1+1)$ -вимірному просторі оцінок рішень робочої області, в якій значення достовірностей знаходяться в інтервалі $[0.5; 1]$, де 1 - кількість альтернативних гіпотез.

Література

1. Васильев В.В. Распознавающие системы. Справочник. - Киев: Наукова думка, 1983, 422 с.



Застосування гармонійного аналізу в діагностиці зорової системи методом реєстрації електроретинограм

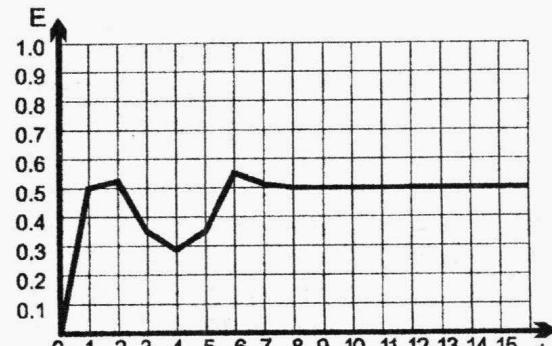
БОРИС МАРЧЕНКО, РОМАН ТКАЧУК, МИХАЙЛО ПАЛАМАР,
ОЛЕКСАНДР МАЛЯРЕНКО.

Приладобудівний інститут

282000 Тернопіль, вул. Руська 56
Тел.: (0352) 25-3697, 22-8524

Borys Marchenko, Roman Tkachuk, Mykhajlo Palamar, Oleksandr Maliarenko. Harmonic Analysis Using in Human Visual System Diagnostics by Means of Electroretinograms Registration.

A method of human diagnostic system based on electroretinograms harmonic analysis is presented.



Rис. 2

Одержання ранньої діагностичної інформації про стан зорової системи і її окремих частин, незалежної від суб'єктивних відчуттів пацієнта, є досить актуальним завданням як для наукових досліджень по виявленню причин захворювань зору, так і для постійної лікарської практики.

Серед існуючих методів дослідження органів зору найбільшого поширення останнім часом набувають електрофізіологічні методи [1] завдяки своїй об'єктивності, можливостям одержання кількісних показників, накопичення, порівняння і зберігання результатів, що дає їм перевагу перед іншими. Зокрема, одним з найбільш інформативних вважається метод, побудований на знятті й аналізі електроретинограмами (ЕРГ), яка є графічним вираженням сумарної біоелектричної реакції фоторецепторів та інших елементів сітківки ока на зовнішнє світлове подразнення. На практиці електроретинограма знімається шляхом вимірювання зміни електричного потенціялю рогівки ока після світлового спалаху за допомогою спеціального електроду. Світлові стимули можуть бути різної довжини хвилі, інтенсивності і частоти повторення. Може засвічуватися все поле сітківки (загальна ЕРГ) або окремі її зони, зокрема найважливіша для зору центральна частина сітківки - т.з. фовеа (локальна ЕРГ).

Величина електричних потенціялів, що фіксуються, є досить незначною - від одиниць мікрольт до 0.5 мілівольт, причому процес реєстрації супроводжується значними стохастичними завадами як внутрішнього (залежно від психофізичного стану пацієнта), так і зовнішнього походження, які можуть значно перевищувати значення корисного сигналу. Все це ставить високі вимоги як до апаратури реєстрації, так і до методів оброблення й аналізу вимірювальної інформації.

Попередні дослідження ЕРГ з допомогою створеної комп'ютерної вимірювальної системи [4] дають можливість взяти в якості узагальненої моделі сигналу ЕРГ процес $y(t)$, що складається з інформативної, детермінованої для даного пацієнта, компоненти $x(t)$ та випадкової складової $\xi(t)$:

$$y(t) = x(t) + \xi(t), \quad (1)$$

де t - час на проміжку спостережання $[t_0, t_1]$. За попередніми оцінками процес $x(t)$ має енергетичний спектр, який лежить в проміжку 0-100 Гц, а енергетичний спектр процесу $\xi(t)$ займає більш широкий частотний діапазон.

В якості моделі випадкової компоненти пропонується стаціонарний лінійний випадковий процес такого вигляду [2] :

$$\xi(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t - \tau) d\eta(\tau), \quad t \in [t_0, t_1], \quad (2)$$

де $\varphi(s)$, $s \in R$ - інтегрована в квадраті по s дійсна невипадкова функція; $\{\eta(\tau), \eta(0) = 0, \tau \in R\}$ - стохастично неперервний однорідний випадковий процес з незалежними приростами. Модель (2) дозволяє врахувати стохастичні властивості завад, які діють в процесі вимірювань, та є зручною у використанні завдяки тому, що для лінійних випадкових процесів існує загальна форма зображення їх характеристичних функцій. Одновимірна характеристична функція процесу $\xi(t)$ в формі Леві має вигляд [3]

$$f(u) = \exp \left\{ iu\mu \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(s) ds - \frac{\sigma^2 u^2}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi^2(s) ds + \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \left[e^{iux\varphi(s)} - 1 - \frac{iux\varphi(s)}{1+x^2} \right] dL(x) ds \right\}, \quad (3)$$

де μ та $\sigma > 0$ - дійсні константи; $L(x)$, $x \in R$ - пуссонівська міра стрибків процесу $\eta(\tau)$.

Припускаємо, що часова послідовність x_n , $n = \overline{0, N-1}$, яка одержана після дискретизації компоненти $x(t)$ вихідного ЕРГ-сигналу, допускає зображення у вигляді ортогонального розкладу по системі def-функцій вигляду $x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} S_k \cdot e^{-i\frac{2\pi}{N}kn}$, де k - номер гармоніки, а коефіцієнти S_k

визначаються формулою $S_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cdot e^{-i\frac{2\pi}{N}kn}$.

Для діагностики використовуємо інтегральні ознаки - статистичні оцінки коефіцієнтів S_k , а також локальні ознаки - характерні точки на кривих ЕРГ. Щодо останніх, то для уникнення впливу на інформативну частину сигналу постійної складової та гармонік, вищих за 50 Гц, реалізації ЕРГ було профільтровано, а саме: штучно занулено в частотній області всі спектральні складові за межами діапазону (0; 50) Гц та здійснено обернене перетворення в часову область.

Результати експерименту показали, що реалізації ЕРГ після фільтрації дозволяють точніше вимірювати загальноприйняті в лікарській практиці локальні ознаки, зокрема час і амплітуду хвиль "а" і "б", які широко використовуються.

Література

1. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. Пер. с англ. - Москва: Мир, 1990, 239 с.
2. Марченко Б. Г. Метод стохастических интегральных представлений и его приложения в радиоэлектронике. - Киев: Наукова думка, 1973, 192 с.
3. Марченко Б. Г., Щербак Л. Н. Линейные случайные процессы и их приложения. - Киев: Наукова думка, 1975, 143 с.
4. Ткачук Р.А., Паламар М.І. Адаптивна комп'ютерна вимірювально-керуюча система для дослідження біопотенціалів ока //Тези доповіді на 3-й міжн. конф. "Контроль и управление в технических системах", Вінниця, 1995, с. 335-336.



Технічна діагностика високовольтних вводів силових трансформаторів

БОРИС МОКІН, ВОЛОДИМИР ГРАБКО, ДІНЬ ТХАНЬ В'ЄТ

Технічний університет

286021 Вінниця, Хмельницьке шосе 95

Тел.: (0432) 32-5718 Факс: (0432) 44-0731

Електронна пошта: vstu@sovam.com

Борис Мокін, Владимир Грабко, Динь Тхань Вьет. Техническая диагностика высоковольтных вводов силовых трансформаторов.

От надежности работы вводов зависит и надежность работы силовых трансформаторов в целом. Для вводов герметичной конструкции характерно появление осадка на нижней фарфоровой покрышке, что приводит к перекрытиям внутренней изоляции. В работе предложена математическая модель, позволяющая учитывать объем осадка по косвенным измерениям и предотвращать аварийный выход со строя вводов. Предложено также на основе теории нечетких множеств диагностирование вводов по традиционным измерениям в случаях, когда регламентированные правила не могут дать диагноз о состоянии вводов.

Економічні показники роботи енергосистем суттєво залежать від надійності обладнання, в тому числі і від силових трансформаторів, які є основними технологічними агрегатами підстанцій. Вводи є важливими вузлами силових трансформаторів. Від надійності роботи вводів суттєво залежить надійність роботи відповідного силового трансформатора. По статистиці, відсоток пошкоджень вводів серед вузлів силових трансформаторів самий високий — 27,7 %. Звідси віддає важливість контролю та діагностики вводів, особливо для потужних трансформаторів, оскільки відмова цього обладнання приводить до значних втрат електроенергії, що передається споживачам, і, значить, нанесення великого збитку народному господарству. В зв'язку з цим задача технічної діагностики трансформаторних вводів є актуальною.

На сьогодні залишається гострою проблема з вводами герметичних конструкцій напругою 110 кВ та більшою. Під робочою напругою в герметичних вводах виникають перекриття їх внутрішньої ізоляції, як правило, по поверхні нижньої фарфорової покришки від центрального стержня до заземленої з'єднувальної втулки. Механізм перекриття герметичних вводів по поверхні нижньої фарфорової покришки пов'язаний зі специфічним осадком, кількість якого головним чином залежить від температури масла у вводах та тривалості їх експлуатації. Чим більша ця кількість, тим більша ймовірність пошкодження вводів.

В роботі пропонується математична модель, яка дозволяє за вимірюваннями температури верхніх шарів трансформаторного масла у вводах та температури навколошнього середовища оцінювати кількість осаду та завчасно знімати той чи інший ввод із експлуатації у ремонт.

На основі цієї моделі запропонована мікропроцесорна система для діагностики вводів.

На практиці існує немало випадків, коли регламентовані правила, пов'язані з комплексом вимірювань, не можуть дозволити зробити висновок про стан вводів. В роботі пропонується підхід із застосуванням теорії нечітких множин, який дозволяє поставити правильний діагноз.



Багаторівнева інформаційна система контролю якості скла

ВОЛОДИМИР ПОГРЕБЕННИК, ВІКТОР ЗАХАРКО, ЕЛЕОНORA ЗАХАРКО

Фізико-механічний інститут НАН

Львівська міська рада

ВАТ "Львівський межсклозавод"

290601 Львів, вул. Наукова 5

Тел: (0322) 63-5277

Електронна пошта: eco@sigma.icmp.lviv.ua

Volodymyr Pohrebennyk, Viktor Zakharko, Eleonora Zakharko. Multilevel Information System for Glass Quality Control.

Information-technological system helpfull in decision making while glass production is described and discussed. Elements of mathematical modeling, spectroscopical analysis and GIS-application are used.

Ефективне управління сучасним промисловим виробництвом конструкційних матеріалів, скла в тому числі, при переході на ринкові відносини вимагає кардинального покращення ефективності використання сировинних матеріалів, виробничих ресурсів та неухильного дотримання технологічних процесів і параметрів.

Одним із засобів підтримки управлінських рішень в умовах виробничої невизначеності їх нестабільності є створення інформаційної системи, що охоплює всі ланки виробництва і модельє весь його цикл.

Багаторівнева інформаційно-технологічна система контролю якості продукції, створена при ВАТ "Львівський межсклозавод", передбачає: візуальне представлення запасів та основних параметрів сировини на базових родовищах ВАТ; експрес-аналіз сировинних матеріалів; математичне моделювання технологічних процесів при варінні; неруйнівну діагностику листового скла; відстеження переміщення готової продукції та економічні розрахунки.

Зокрема, візуальне представлення стану запасів сировинних матеріалів (на прикладі піщаного кар'єру ВАТ у селищі Бібрка) здійснено на основі відносної оцінки результатів хімічного аналізу пробних свердловин та їх нанесення на топографічну основу території із використанням методів просторової апроксимації. Ця інформація дає змогу уточнити спеціалізовані дані, оцінити промислово-приdatні запаси піску, розрахувати варіанти оптимального переміщення техніки, задіяної на розробці кар'єру, проводити селективний відбір сировини, придатної для скловаріння.

Експрес-аналіз сировинних матеріалів передбачає визначення фізико-хімічних параметрів компонент, їх мінералогічного та гранулометричного складу, а також оцінку впливу підібраного складу на технологічні параметри варіння.

При математичному моделюванні технологічних процесів здійснюється розрахунок рецепту шихти через систему лінійних рівнянь та нерівностей, які зв'язують компоненти сировини та скла, враховують хімічні реакції, що відбуваються при варінні скла та обмеження, які накладаються на сукупний вміст певних окислів по скломасі.

Неруйнівна діагностика листового скла на сьогодні спрямована на виявлення домішок перехідних металів методом оптичної абсорбційної спектроскопії. При цьому здійснюється якісний аналіз матеріалу на предмет встановлення присутності конкретних домішок і, наступним етапом, - кількісний аналіз для визначення їх концентрації. В результаті контролюються параметри якості (спектральні властивості скла, кристалізаційна здатність, феромагнітні властивості, коефіцієнт термічного розширення, густина і мікротвердість) та технологічні параметри виробництва скла.

Відстеження пересування готової продукції та економічні розрахунки здійснюються за допомогою спеціалізованої комп'ютерної підпрограми, інтегрованої в систему загального бухгалтерського обліку по ВАТ "Львівський межсклозавод". Таким чином, створена гнучка система поетапного контролю якості продукції, що сприяє прийняттю управлінських рішень на рівнях підготовки вхідних матеріалів, контролю безпосереднього процесу виробництва та збуту виробів.



Trihineleous Diagnostics by Automatic Television System

VOLODYMYR POREV, VOLODYMYR BOROVYTS'KYJ

**National Technical University
Design Bureau "Spectr"**

37 Peremohy Ave., 252056 Kyiv

Tel.: (380) 44 441-9970 Fax: (380) 44 274-5932

Volodymyr Porev, Volodymyr Borovyts'kyj. Trihineleous Diagnostics by Automatic Television System.

The paper describes the technique for the diagnostics of disease trihineleous based on the meat image analysis. There is discussed a sequence of image analysis algorithms: preprocessing, segmentation, feature extraction and classification. The new adaptive segmentation algorithm and a set of the features for the diagnostics are represented.

Trihineleous is a dangerous for people disease of cattle. This disease is caused by the microscopic worms. To protect people the trihineleous diagnostics should be done at all organizations that deal with meat. There are two techniques of the diagnostics. The first one is a chemical analysis that is expensive and it demands much time. The second is a visual search of the worms by a microscope. It is a fast non-expensive diagnostics. But its reliability is not so high: when a number of samples is big human eyes are getting tired and miss the thin almost transparent worms. It is obvious that the only way to avoid a subjective factor as human eyes is to make an automatic television system for the diagnostics. This automatic television system was made. It includes four units: the special television microscope that magnification, spectral range, illumination system and sample platform are optimized for the diagnostics; an electronic unit which does a television signal processing, an analog-digital conversion and it inputs the signal into a computer; a personal computer with the software for detection of trihineleous worms in meat images.

The software is a main feature of the system and it performs the typical sequence of image analysis procedures: preprocessing, segmentation, feature extraction and classification [1]. It is known that microscopic images of meat have a quite complicated structure - something like a set of different stochastic fiber patterns (Fig. 1,c). This structure can't be approximated by mathematical models with high accuracy [2]. So the adaptive algorithms should be used.

It was proved experimentaly that an adaptive median filter with 3x3 mask is the best preprocessing procedure in comparison with linear, adaptive linear and median filters [1,2]. The threshold value for the adaptation is defined by the signal-to-noise ratio of the digital image.

A complicated structure of meat images makes difficult a design of a segmentation algorithm. Because the algorithms based on a boundary search produce a very sophisticated pattern and, usually, they decrease a signal-to-noise ratio [1,2]. The threshold algorithms can't be applied due to multimode histograms of the images [1,2]. The relaxation algorithms doesn't follow a spatial distribution of different fiber patterns [1]. That is why the special segmentation algorithm has been designed for the trihineleous diagnostics. This algorithm is based on a median Q-tree representation of an image [1]. The first step of the segmentation is a construction of the Q-tree where each node is a median of four descendants. This Q-tree contains the information about global and local distribution of intensities in the image. The second step is a definition of homogeneous zones. The nodes that descendant intensity difference is less than a minimum contrast of the worm image are marked as homogeneous. The third step is a calculation of the adaptive threshold values. These values are found according to homogeneous zone intensities coming from the top to the bottom of the Q-tree. The fourth step is a multilevel threshold segmentation using the array of threshold values. There are some advantages of the proposed algorithm. It guarantees that threshold values correspond to a spatial structure of an image. It can be easily integrated with the preprocessing. It allows to do a previous selection by taking out of consideration zones which can't contain the images of the worms.

The images of the worms differ from parts of meat pattern by shape, size and intensity. These images have a definite range of sizes and various displacements. It means that the used features should be invariant to shift, rotation and scaling [1]. Of course, they must have small sensitivities to the image resolution and noise. The design of the feature vector was based on theoretical analysis of possible integral shape features and experimental data. The best results were obtained using the following set of features: the length of the contour in pixels; the ratio a square of the length of the contour to a total number of the object image pixels, this ratio characterizes deformations of the contour; the normalized inertial moment of the object image that is an estimation of the object aspect; the ratio between the maximum and minimum distances from the geometrical center to the contour pixels of the object image that reflects the geometrical center disposition; the threshold value which defines the intensity and the contrast of the homogeneous zone.

The classification is performed by a comparison the calculated features with the measured values of the worm types which are kept in the database. The features are compared independently that makes possible to select parts of a meat pattern after each comparison. The object is classified as the trihineleous worm if all calculated features are in one of the measured worm feature ranges.

Now the automatic television system for the trihineleous diagnostics is under consideration of medical experts. It shows the results which are quite close to a visual diagnostics. The example of the diagnostics is represented on Fig. 1. As in a visual diagnostics the results are critical to a procedure of a sample preparation for the dianostics. That is why the objective estimation of the diagnostic reliability will be announced when the medical experts make the standard of the sample preparation procedures for the automatic diagnostics.

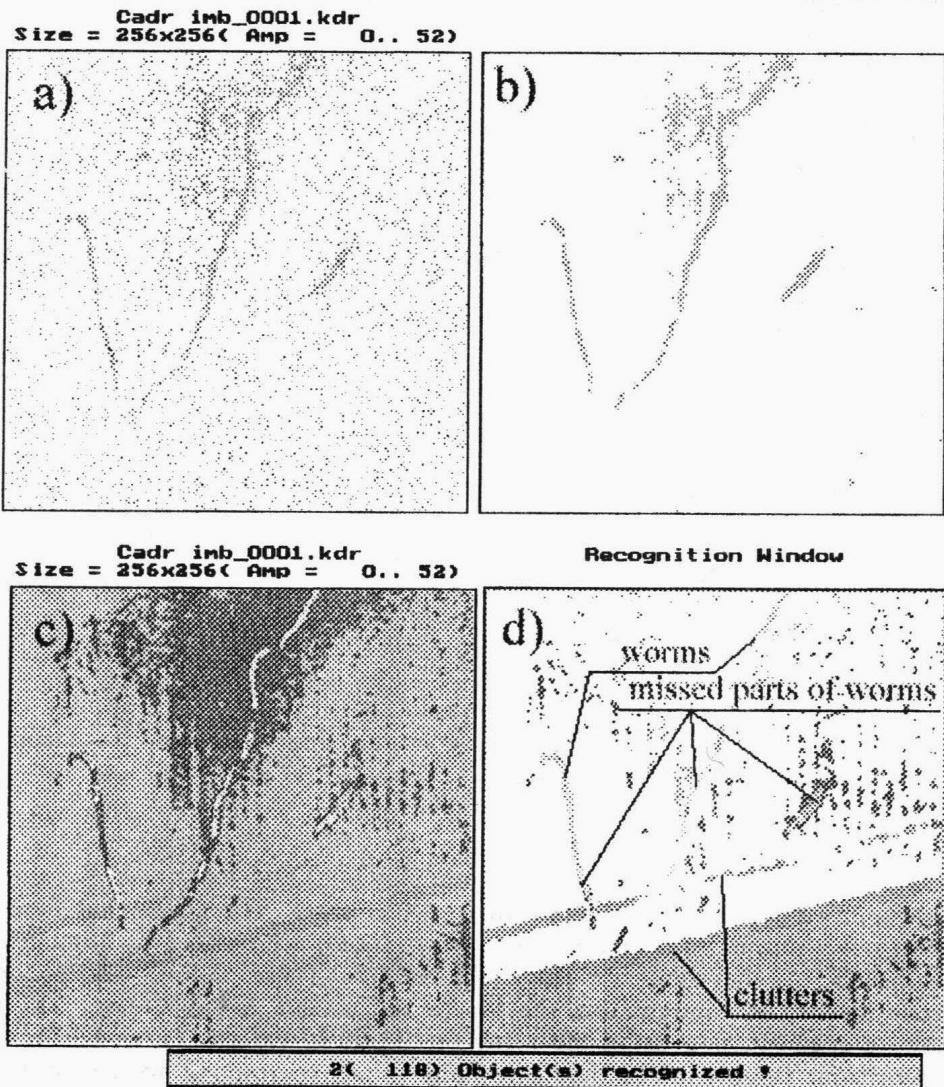


Fig. 1. The process of the trihineleous diagnostics: (a) the input image, the trihineleous worms are made visible by adjusting the contrast; (b) the image after preprocessing: it can be seen that the parts of the worms have different intensities; (c) the image after segmentation: the fiber structure of a meat is visible; (d) the image after classification: some parts of the worms are missed, several clutters are classified correctly, 2 trihineleous worms are detected correctly.

References

1. Anil K. Jain. Fundamentals of Digital Image Processing. - Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall International Inc., 1989, 570 p.
2. W.K. Pratt. Digital Image Processing. - New York: Wiley Interscience, 1978, 497 p.



Розпізнавання зображень медичних ехограм методом структурної індексації
ЮРІЙ СКОБЦОВ

Інститут проблем штучного інтелекту

340048 Донецьк, вул Артема 1186
Тел.: (0622) 92-6082 Факс: (0622) 92-6082
E-mail: kmm@ipii.donetsk.ua

Jurij Skobtsov. Recognition of the Medical Ultrasound Images by Method of Structural Indexation.

Problem of recognition of objects of the ultrasound images is considered. The proposed method takes the model based approach. The recognition is based on the segmentation of object images on subsets (supersegments) and calculation of their local characteristics. At the solving of this problem the method of structural indexing and hashing is used. The algorithm of recognition has polynomial complexity.

Розглядається проблема розпізнавання об'єктів медичних ультразвукових зображень. Задача вирішується у межах інтегрованої системи оброблення та розпізнавання зображень "Круїз" [1] після фільтрації та виділення контурів, що виконуються методами, викладеними у [2]. Далі на даному зображені (сцені) розпізнаються об'єкти, опис яких занесено у базу даних системи розпізнавання образів. Прикладами таких об'єктів у медичній діагностиці є окремі органи або їх частини (печінка, жовчний міхур, кровоносні судини, патології тощо). При цьому об'єкти, що розпізнаються, можуть бути частково затулені іншими об'єктами або істотно спотворені внаслідок наявності завад. Тому при вирішенні задачі використовується метод структурного індексування [3].

Формування бази даних. Заздалегідь формується база даних моделей об'єктів, які будуть розпізнаватись на сцені. Оскільки допускається часткове затулення об'єктів, система повинна вміти розпізнавати їх за наявності деяких їх підмножин. Тому заздалегідь об'єкт розбивається на частини, для кожної з яких обчислюються деякі локальні характеристики, значення яких визначають (структурний) індекс у базі даних об'єктів, що розпізнаються. Перед занесенням об'єкту до бази даних його контур апроксимується багатокутником. З метою підвищення стійкості представлення об'єкту апроксимація виконується декілька разів з різною точністю. Кожна сторона апроксимуючого багатокутника створює сегмент. Декілька сусідніх сегментів створюють суперсегмент, що є частиною багатокутника. Таким чином, згідно [3], вихідний багатокутник розбивається на множину суперсегментів, для кожного з яких обчислюються його локальні характеристики. При цьому для цілей розпізнавання використовуються такі атрибути суперсегмента як потужність, довжина, кути, місце положення, орієнтація, ексцентриситет. Для обчислення індексу використовується, в основному, інформація про крутизну, яка неявно представлена кутами суперсегмента. Ексцентриситет дозволяє нам розпізнавати суперсегменти, що мають однакові кути, але різну форму. окрім геометричних характеристик, на відміну від [3], використовуються також значення яскравості. Вказані атрибути визначають код суперсегмента. Потім з цього коду з використанням техніки хешування обчислюється індекс у таблиці хешування, пов'язаної з базою даних об'єктів, що розпізнаються. Згідно знайденому індексу до бази даних записуються відповідні атрибути. Основу бази даних системи розпізнавання складають дві структури: 1) інформація про суперсегменти; 2) інформація про об'єкти, що розпізнаються. Перша містить, в основному, вказані вище локальні характеристики суперсегментів. Друга - глобальні характеристики об'єктів: співвідношення між суперсегментами, інтенсивність, структура, форма, характер контуру зображення об'єкта тощо.

Розпізнавання об'єктів. На першому етапі розпізнавання для даного зображення (сцени) виконуються фільтрація, виділення контурів та розрахунок деяких глобальних характеристик об'єктів. Далі отримані контурні зображення апроксимуються багатокутниками. Потім з кожного багатокутника (або його частини) виділяються суперсегменти й обчислюються їх локальні характеристики. Далі для кожного суперсегмента (принадлежного до об'єкту, що розпізнається) шляхом хешування знаходиться індекс у хеш-таблиці. Використовуючи цей індекс, ми для кожного суперсегмента знаходимо множину об'єктів, до яких він може належати. Таким чином створюється множина гіпотез $H_i = \{h_1^i, h_2^i, \dots, h_k^i\}$. Основною задачею етапу генерації гіпотез є встановлення відповідності між характеристиками моделей, що зберігаються у базі даних, та характеристиками об'єктів сцени.

Верифікація. Далі необхідно з множини $H_i = \{h_1^i, h_2^i, \dots, h_k^i\}$ виділити гіпотези, сумісні між собою та моделлю m . При цьому "добрі" гіпотези повинні володіти такими властивостями: 1) вони можуть бути згруповані у сумісні кластери; 2) вони відповідають "жорстким" перетворенням (тобто можуть бути отримані з моделі об'єкту шляхом перенесення, обертання тощо). Суть перевірки гіпотез на сумісність полягає у наступному. Длякої моделі m (якій може належати суперсегмент) перевіряємо гіпотези $h_x^i \neq h_y^i$ на сумісність одна з одною. Для перевірки сумісності використовуються такі характеристики, як відстань та кути між суперсегментами, значення яскравості та інші глобальні характеристики об'єкту. Після перевірки на сумісність, знаходиться перетворення $T(u)=Au+b$ координат моделі об'єкту до координат сцени, що мінімізують відстань між суперсегментами моделі та сцени за допомогою методу найменших квадратів. Для того, щоб перетворення було "жорстким", повинна виконуватись умова $\det A=1$ (в ідеалі). На практиці перевіряється співвідношення $0.5 < \det A = 1 < 2$. Виходячи з отриманих результатів, знаходиться така модель, яка більш за все відповідає об'єктові сцени.

Складність алгоритму. У цілому складність розпізнавання залежить від "розпізнавальної здатності" суперсегменту. При цьому складність зумовлюється двома аспектами. По-перше, вона залежить від складності пошуку у базі даних та кількості гіпотез, що генеруються. По-друге, складність пов'язана з верифікацією та залежить від вартості угрупування гіпотез у сумісні

кластери. Складність розпізнавання O_{rec} , як показано в [3], оцінюється таким чином: $O(n) \leq O_{rec} \leq O(n^2 m^3)$, де n - число суперсегментів у сцені; m - кількість моделей у базі даних.

Таким чином, даний алгоритм має поліноміальну складність на відміну від багатьох інших, які мають експоненціальну складність.

Література

1. Белозерский Л.А., Нюнькин К.М., Пчелкин В.Н. Компьютерная система автоматического распознавания изолированных зон на эхограммах медицинской ультразвуковой диагностики "КРУИЗ" // Искусственный интеллект, 1996, № 1.
2. Білозерський Л., Нюнькін К. Особливості комп'ютерної реалізації способів розпізнавання контурів зображень відносно ехограм медичної ультразвукової діагностики // Обробка сигналів і зображень та розпізнавання образів. Праці Другої Всеукраїнської міжнародної конференції, Київ, 1994, с. 279-281.
3. F. Stein, G. Medioni. Structural indexing: efficient 2-D object recognition // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992, No. 12, pp. 1198-1204.



До проблеми діагностики об'єктів газоконденсатних родовищ на основі аналізу геолого-технологічної інформації

ІГОР ШВАЧЕНКО, АНАТОЛІЙ КАНДАУРОВ, ОЛЕКСАНДР КУТАХ,
НАТАЛІЯ НОВИКОВА, ІРИНА ГРУДСЬКА

НДПІ АСУ Трансгаз

310126 Харків, вул. Маршала Конєва 16
Tel.: (0572) 20-5724 Факс: (0572) 22-4010

Ігорь Шваченко, Анатолій Кандауров, Александр Кутах, Наталия Новикова, Ирина Грудская.
К проблеме диагностики объектов газоконденсатных месторождений на основе анализа геолого-технологической информации.

В докладе рассматривается математическое и программное обеспечение экспертной системы, с помощью которой геолог имеет возможность диагностировать состояние скважин и залежей в процессе разработки газоконденсатных месторождений. Приводятся результаты исследований по действующим месторождениям.

В доповіді розглядається математичне та програмне забезпечення одного з варіантів побудови експертної системи (**ЕС**), за допомогою якої в умовах неповної інформації від об'єкту управління геолог має змогу діагностувати стан свердловин та покладу в процесі розроблення газоконденсатних родовищ.

В базі знань **ЕС** знаходяться одержані від експертів знання про результати аналізу геологопромислової інформації в процесі діагностики ускладнень на газоконденсатних родовищах.

За допомогою **ЕС** забезпечується автоматизоване вирішення наступних задач:

- визначення швидкості змінення технологічних параметрів для формування інформативних ознак;
- аналіз та ідентифікація поточної ситуації на свердловині;
- попередження та прогнозування розвитку передаварійних ситуацій з очікуваними наслідками;
- пояснення найбільш типових причин виникнення аварійної ситуації або відхилень експлуатаційних характеристик свердловин та родовищ від планового або проектного режиму роботи;
- набір рекомендацій, призначених як для усунення відхилень експлуатаційних характеристик свердловин та родовищ від планового або проектного режиму роботи даної аварійної ситуації, так і для зменшення можливості їх повторення.

МЗ та ПЗ ЕС забезпечує вирішення вищеперечислених задач на підставі інформації, що одержується при експлуатації свердловин та родовища в цілому, та бази знань, що в результаті дозволить користувачу своєчасно прийняти рішення про ліквідацію якогось порушення, яке виникло в свердловині або на родовищі.

