

Dariusz WIECZOREK
Piotr LESIAK
Roman PNIEWSKI
Politechnika Radomska

ZASTOSOWANIE PROCESORA SYGNAŁOWEGO W ULTRADŹWIĘKOWYCH BADANIACH SZYN KOLEJOWYCH

Streszczenie. Dla zwiększenia precyzji klasyfikacji wad w ultradźwiękowych badaniach szyn kolejowych wagonem defektoskopowym skonstruowano płytkę z procesorem DSP Motorola 56001 jako kartę dodatkową dla komputera PC. Dla analizy sygnałów z głowic ultradźwiękowych wykorzystano wielowartościowe operacje morfologiczne. Badania wykazały przydatność procesora sygnałowego do analizy i wykrywania w czasie rzeczywistym niebezpiecznych wad.

APPLICATION OF DIGITAL SIGNAL PROCESSOR IN ULTRASONIC FLAW DETECTION IN RAILS

Summary. Several morfological methods were used in digital processing of flaws in rails recorded by automatic ultrasonic detector. Flaw composition and morfological filters were implemented on Motorola 56001 digital signal processor, placed on specially designed IBM PC/AT computer configuration extension card. New flaw composition and morfological filtering improved classification of flaws in rails.

1. WSTĘP

Ocena wad wykrytych w szynach kolejowych za pomocą ultradźwiękowego wagonu defektoskopowego stwarza duże trudności przede wszystkim ze względu na krótki czas na sklasyfikowanie wady. Decyzja o stopniu zagrożenia związanym z wadą powinna być dokonana w czasie rzeczywistym - podczas ruchu wagonu. Przy prędkości wagonu 40 km/h

i kroku pomiarowym 1 cm informacje od każdej z sześciu głowic ultradźwiękowych umieszczonych na szynie przychodzą z częstotliwością większą od 1 kHz. W ramach prac (sfinansowanych przez KBN [1]) nad zwiększeniem precyzji klasyfikacji wad zmodernizowano cyfrową część aparatury pomiarowej i rejestrującej wagonu defektoskopowego, w tym skonstruowano układ z procesorem sygnałowym Motorola 56001 jako kartę rozszerzającą dla komputera PC. Na karcie DSP umieszczono taktowany zegarem 27 MHz procesor 56001, dwa banki po 32k pamięci danych (PX i PY) i 32k pamięci programu dla procesora sygnałowego (PP). W celu zapewnienia efektywnej komunikacji między procesorami PC/486 i DSP 56001 na karcie umieszczono dodatkowo 16k pamięci wspólnej (PW), do której kontrolowany dostęp mają oba procesory. Do inicjacji, konfigurowania procesora i wywoływania przerw programowych procesora sygnałowego wykorzystano dodatkową magistralę HOST, przeznaczoną specjalnie do komunikacji z procesorem nadrzędnym i włączoną w jego przestrzeń wejścia/wyjścia. Karta zawiera także wiele układów pomocniczych; między innymi jest przystosowana do współpracy z szybkimi przetwornikami A/C i C/A i może sterować przez własne układy we/wy urządzeniami zewnętrznymi.

Procesor sygnałowy użyty został do analizy i klasyfikacji sygnałów ultradźwiękowych, z użyciem między innymi metod morfologii matematycznej [2,3]. Zastosowano algorytmy morfologiczne rozszerzone z operacji na zbiorach binarnych do operacji na funkcjach wielowartościowych [4], nawiązując w ten sposób do technik logiki rozmytej [5].

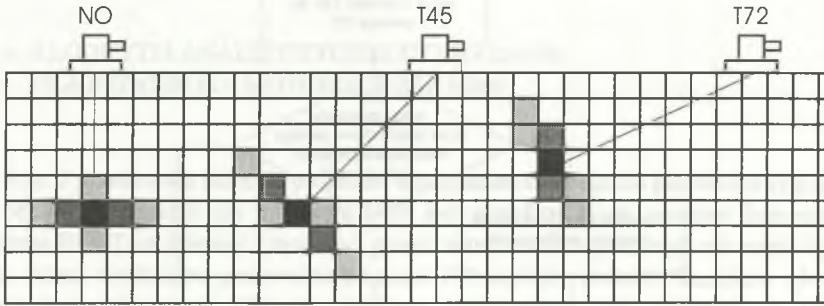
2. SKŁADANIE OBRAZÓW WAD

Pierwszym etapem automatycznej analizy obrazów wad uzyskiwanych w ultradźwiękowych badaniach szyn kolejowych jest złożenie wad uzyskiwanych z różnych głowic. W celu wykorzystania metod morfologicznych należy przejść od wektorowego zapisu wykrytych nieciągłości (ką-t-odległość), otrzymywanego z aparatury wagonu, do obrazu wady w siatce skaningowej.

Określona nieciągłość materiału szyny może być wykryta przez kilka różnych głowic - na pojedynczym toku szynowym pracują głowice normalne, o kącie 45 i 72 ustawione w kierunku zgodnym i przeciwnym do ruchu wagonu. Wymiary zastępcze wady i kąt jej nachylenia są różne dla różnych głowic, zależą też od głębokości zalegania wady w szynie. Dla oceny działania procedur morfologicznych przyjęte postacie wad pokazano na rys.1.

Wada punktowa dla każdej z tych głowic składa się z centralnego piksela siatki skaningowej o współrzędnych wyznaczonych z zależności wektorowych (czas powrotu echa - kąt głowicy - położenie głowicy - prędkość fali) oraz z pikseli sąsiednich, których położenie względem centralnego zależy od kąta głowicy. Prawdopodobieństwo wystąpienia wady jest największe dla piksela centralnego, toteż tam wpisuje się wartość większą niż w pikselach sąsiednich. Dla sprawdzenia działania procedur morfologicznych przyjęto, że wartość wpisywana do piksela centralnego jest dwukrotnie większa niż w pikselach sąsiednich.

W przypadku zagęszczenia siatki pojedyncza nieciągłość może być reprezentowana w postaci większej liczby pikseli, co umożliwi wierniejsze odtworzenie rozkładu prawdopodobieństwa i kąta położenia wady, nie zmienia jednak istoty działania procedur morfologicznych.



Rys. 1. Postacie wad elementarnych dla różnych typów głowic aparatury wagonu defektoskopowego

Fig. 1. Schematic view of elementary flaws for various heads used in ultrasonic detection system

3. METODY MORFOLOGICZNE

Dla poprawy jakości złożonych obrazów wad testowano kilka procedur morfologicznych, rozszerzając ich dziedzinę ze zbiorów binarnych do dwuwymiarowych funkcji wielowartościowych [4,6]. Podstawowymi operacjami są rozmycie (\oplus) i erozja (\otimes), zdefiniowane odpowiednio przez równania:

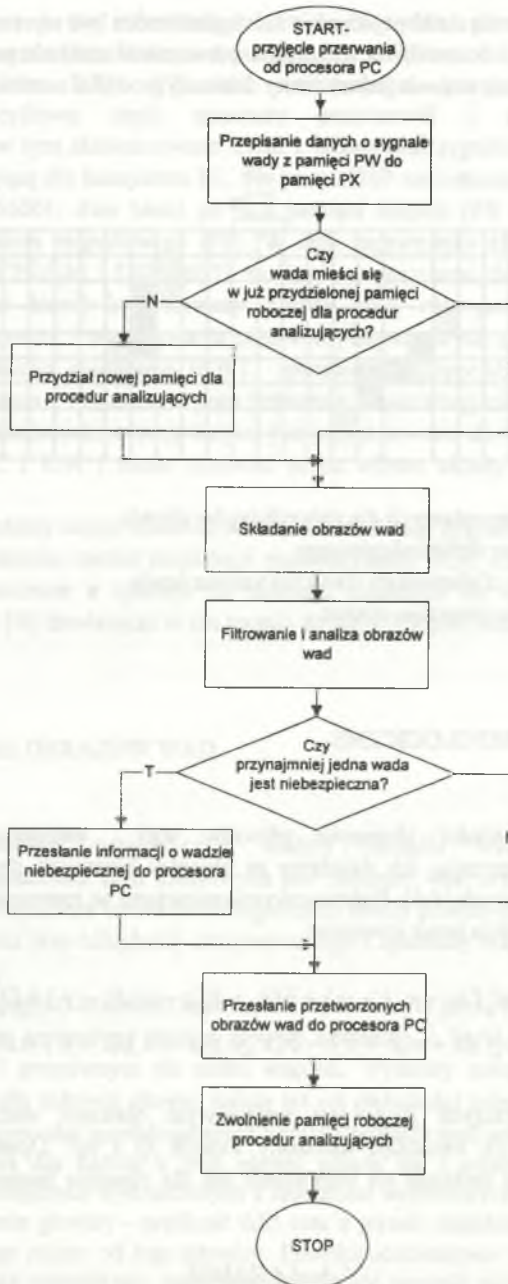
$$(f \oplus b)(s, t) = \max\{f(s - x, t - y) + b(x, y) \mid (s - x), (t - y) \in D_f; (x, y) \in D_b\},$$

$$(f \otimes b)(s, t) = \min\{f(s + x, t + y) - b(x, y) \mid (s + x), (t + y) \in D_f; (x, y) \in D_b\}.$$

W równaniach powyższych $f(x, y)$ jest wejściowym obrazem wad, $b(x, y)$ funkcją strukturyzującą, D_f i D_b oznaczają dziedziny funkcji $f()$ i $b()$. Operacje otwarcia (\cdot) i zamknięcia (\bullet) obrazu definiuje się identycznie jak dla obrazów binarnych przez złożenie rozmycia i erozji:

$$f \cdot b = (f \otimes b) \oplus b,$$

$$f \bullet b = (f \oplus b) \otimes b.$$



Rys. 2. Algorytm programu analizy wad w czasie rzeczywistym na procesorze sygnałowym
 Fig. 2. Real time algorithm for flaw composition and classification implemented on digital signal processor

Operacje powyższe zawierają jedynie funkcje dodawania/odejmowania i wyboru wartości najmniejszej/największej, łatwe do zaimplementowania na stałoprzecinkowym procesorze 56001.

4. ALGORYTM ANALIZY SYGNAŁU O WADACH DLA PROCESORA MOTOROLA DSP 56000

Rys. 2 przedstawia schemat programu zaimplementowanego na procesorze sygnałowym DSP 56000. Przerwanie dla procesora DSP jest wysyłane przez procesor komputera PC magistralą HOST co dziesięć "strzałów" głowic ultradźwiękowych, czyli nie częściej jak co 10 ms. Przed wysłaniem przerwania procesor PC wpisuje wartości liczników głowic do pamięci komunikacyjnej PW, w formacie identycznym jak odebrany z aparatury defektoskopowej. W następnym kroku procesor DSP przepisuje dane o licznikach głowic z pamięci PW do pamięci PX i sprawdza przez porównanie liczników względnych, które obrazy wad są już skompletowane, tzn. były już badane przez głowice przedniej i tylnej płozy. Następnie procesor DSP sprawdza, czy nowe wady mieszczą się w przydzielonych obszarach pamięci do morfologicznej analizy obrazu. Jeśli nie, to przydzielany jest w pamięci PY obszar wielkości ok. 6 kB, co odpowiada ok. 0.4 m długości szyny podzielonej poziomo na 60 przekrojów. Dokonywane jest następnie złożenie obrazu wady i przetwarzanie cyfrowe obrazu rastrowego.

Jeżeli wykryto wadę niebezpieczną, informacja o tym zapisywana jest do pamięci komunikacyjnej PW i w następnym cyklu (przed wywołaniem przerwania) procesor PC może ją odczytać i odpowiednio zareagować - np. włączeniem pistoletów znaczących farbą szynę w pobliżu wady niebezpiecznej.

Przetworzony obraz wady jest przesyłany przez pamięć komunikacyjną do procesora PC i może być wykorzystany np. do wizualizacji wad na monitorze ekranowym. System pomiarowy nie zapamiętuje obrazu przetworzonego; przechowywana jest zawsze pełna informacja o wadach uzyskana z aparatury defektoskopowej.

Przesłanie informacji odfiltrowanej kończy cykl przetwarzania informacji przez procesor sygnałowy - system DSP przechodzi w stan oczekiwania na następne przerwanie zgłoszone przez komputer PC.

5. WNIOSKI

Zastosowanie procesora sygnałowego do filtracji i poprawy jakości obrazu wady jest oryginalną aplikacją w zautomatyzowanych badaniach ultradźwiękowych szyn. Przy przetwarzaniu danych w czasie rzeczywistym, ze względu na wymagany czas przetwarzania,

mogą być stosowane jedynie najprostsze procedury morfologiczne. Jednak dobre wyniki uzyskuje się już po zamknięciu i progowaniu obrazu, poprzedzonych oryginalną, uwzględniającą błędy pomiarowe, operacją złożenia wad z poszczególnych głowic. Wysokość progu uzależniona jest od czułości toru pomiarowego i powinna być nastawiona po kalibracji aparatury na wzorcowych wadach. Przeprowadzone badania wykazały przydatność procesora sygnałowego do analizy sygnałów i wykrywania wad niebezpiecznych w czasie rzeczywistym w ultradźwiękowych badaniach szyn kolejowych. Dalszych badań wymaga problem identyfikacji wad pozornych (np. otworów technologicznych przy klasycznych, skręcanych złączach szyn).

LITERATURA

1. Praca zbiorowa: Metody analizy i poprawy właściwości metrologicznych zautomatyzowanych badań ultradźwiękowych szyn kolejowych. Sprawozdanie końcowe z Projektu Badawczego KBN Nr 8 S507 013 06, Radom 1996.
2. Serra J.: Image analysis and mathematical morphology, New York, Academic Press, 1982.
3. Mohamed M.A., Saniie J.: Application of morphological filters in ultrasonic flaw detection, IEEE Ultrasonic Sympo. Proc., str. 1157-1161, 1990.
4. Sternberg S.R.: Gray scale morphology, Computer Vision Graphics Image Processing, vol. 35, no.3, str. 333-355, 1986.
5. Goetcherian V.: From binary to gray tone image processing using fuzzy logic concepts, Pattern Recognition, vol.12, str. 7-15, 1980.
6. Gonzales R.C., Woods R.E.: Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company Inc. 1993.

Recenzent: Dr hab. inż. Józef Parchański, prof. Pol. Śl.

Wpłynęło do Redakcji dnia 24 października 1996 r.

Abstract

Real - time classification of flaws in rails recorded by automatic ultrasonic detector is difficult because of short time between shots and a great deal of information coming from six ultrasonics heads. IBM PC configuration extension card, based on Motorola DSP processor was specially constructed for processing signals from ultrasonics heads. Banks of 64kB data memory (PX and PY), 32kB program memory and 16kB interface memory, as well as many

ISSN 1502-7776

ISSN 1502-7776

interfacing and I/O devices were placed on electronic board together with Motorola 56001 processor timed with 27 Mhz clock. Motorola HOST interface and interface memory were used for communication between DSP and PC Intel 80486 processor.

Original flaw composition method, taking into account measurement errors and simple morphological methods were implemented on Motorola DSP processor. Extension of morphological opening and closing operation to gray-scale images followed by thresholding were used to improve quality of ultrasonics images. More sophisticated morphological methods were not allowed because of short time for processing. Nevertheless new flaw composition method and simple morfological filtering improved classification of flaws in rails.

WYBADA WYKŁADY I WYKŁADY TECHNICZNE
WYKŁADY DO TEMATÓW DYNAMICZNYCH I PARAMETRÓW
PRZEKŁADNIKÓW PRĄDOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań i wypracowane metody pomiarowe, obliczeniowe i programowe w obszarze dynamicznych przebiegów prądowych i napięciowych, w szczególności dla przekładników prądowych.

EMPIRICAL STUDY AND TECHNICAL REALIZATION
ON SYSTEMS FOR MEASUREMENTS OF DYNAMIC PARAMETERS
OF CURRENT TRANSFORMERS

Abstract. The paper presents guidelines of specifying, setting up, getting, technical realization, the results of research work. The dynamic parameters of measured conditions and the way how to measure, how to obtain good results will.

1. WSTĘP

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań i wypracowane metody pomiarowe, obliczeniowe i programowe w obszarze dynamicznych przebiegów prądowych i napięciowych, w szczególności dla przekładników prądowych.