

BADANIE MOŻLIWOŚCI TECHNICZNEGO WSPOMAGANIA OCENY STANU BIODEGRADACJI DRZEW

Jacek JAKUBOWSKI¹, Marek PISZCZEK², Piotr BASZUN¹

¹Institut Systemów Elektronicznych, ²Wydział Techniki Wojskowej, Wojskowa Akademia Techniczna
00-908 Warszawa, ul. Kaliskiego 2, fax.: +48-22-683-91-25, email: jjakubowski@wel.wat.edu.pl

Streszczenie

Opracowanie nieniszczących metod oceny stopnia biodegradacji w strukturach żywych drzew, umożliwiających monitorowanie zagrożeń ich upadku na ludzi, samochody, budynki itp. ze względu na specyfikę obiektu stanowi poważne wyzwanie badawcze. Wiele ze znajdujących się w fazie prób wstępnych rozwiązań to metody pociągające duże koszty, wysoką złożoność aparatury badawczej lub wykorzystujące podejście pół-inwazyjne. W prezentowanym referacie proponuje się obiektywizację standardowej metody polegającej na uderzaniu drzewa i słuchowej ocenie uzyskanego tą drogą dźwięku.

Słowa kluczowe: badania nieniszczące, diagnostyka obiektów biologicznych.

RESEARCH ON TECHNICALLY AIDED ASSESSMENT OF BIODEGRADATION IN TREES

Summary

A nondestructive method for the assessment of decay in trees is an important and challenging research topic to monitor the risk they pose to people, cars, buildings, etc. Many reported approaches seem to be either too expensive, too bulky to be of any use in practice or rather semi-invasive. In this paper we propose an objective version of the standard primary method based on striking the tree and listening for the way the tree sounds.

Keywords: methods of nondestructive assessment, biological diagnostics.

1. WPROWADZENIE

Drzewa jako obiekty biologiczne podlegają procesowi starzenia oraz procesom rozwoju chorób. Często i jednocześnie niemożliwym do stwierdzenia za pomocą wizualnych oględzin efektem tych procesów jest postępujący od środka rozkład skutkujący powstaniem wewnętrznych ubytków. Drzewa tego rodzaju można zaklasyfikować jako potencjalne zagrożenia z uwagi na fakt, że istnieje wysokie prawdopodobieństwo upadku ich części lub całości mogące spowodować określone zniszczenia lub obrażenia. Do stref podwyższonego ryzyka należą zadrzewione obszary usytuowane przy budynkach, drogach, parkingach i miejscach gromadzenia się ludzi. Z powyższych względów istnieje silna potrzeba technicznego wspomaganie ekspertyz dotyczących stanu drzew i to zarówno dla celów monitoringu potencjalnego zagrożenia jak i w aspekcie prawnego rozstrzygnięcia sporów dotyczących wycinki konkretnych drzew.

Analiza danych literaturowych z zakresu diagnostyki drzew pozwala stwierdzić, że

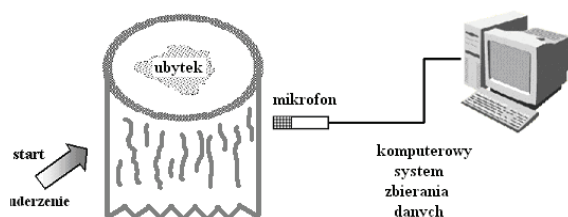
w ograniczonym praktycznym użyciu znajdują się obecnie od ponad dziesięciu lat dwa typy urządzeń, różniące się między sobą sposobem pobudzania [1], [3]. Pierwszy z nich wykorzystuje uderzenie mechaniczne wykonywane najczęściej za

pomocą młotka wyposażonego w czujnik startu rejestracji, drugi bazuje na zastosowaniu nadajnika ultradźwięków. W obu przypadkach odbiornikami wytworzonych fal akustycznych są przetworniki piezoelektryczne. Propagacja fal akustycznych jest procesem dynamicznym, bezpośrednio związanym z własnościami ośrodka. W przypadku drzew odbywa się ona w znacznie lepszych warunkach, więc z większą prędkością w strukturach o wysokiej jakości i gęstości niż w pniach zaatakowanych przez próchnicę lub w pniach z wewnętrznymi ubytkami. Dzięki temu naturalną miarą niosącą informację o kondycji drzewa, wykorzystywaną przez obie metody, jest czas transmisji fali przechodzącej przez badany ośrodek. Mimo swej prostoty metody te charakteryzują się jednak pewnymi wadami. Przede wszystkim czynnością o pierwszorzędym znaczeniu jest zapewnienie dobrego kontaktu pomiędzy drzewem a odbiornikiem i nadajnikiem fal, co często wiąże się z koniecznością usunięcia warstwy kory, która jest ich naturalnym tłumikiem. W rezultacie metody te jawią się raczej bardziej jako pół-inwazyjne niż w pełni nieniszczące. Usunięta kora pozostawia odkrytą warstwę drzewa, które może być tą drogą zaatakowane przez owady lub choroby. Ponadto czas przelotu jest parametrem zależnym od gatunku drzewa oraz temperatury i wilgotności i jego użycie wymaga posiadania

informacji odniesienia o prędkości propagacji fali akustycznej w danym przypadku. Inne metody, bazujące na technologiach rentgenowskich, podczerwieni, promieniowania gamma, rezonansu magnetycznego itp. mimo szerokich możliwości pozyskiwania różnego rodzaju informacji są mało przydatne z uwagi na wysokie koszty i ograniczone możliwości ich praktycznego zastosowania w pomiarach terenowych [2].

2. WYBÓR KIERUNKU BADAŃ

Z powyższych względów podjęte prace skupiają się na zbadaniu możliwości obiektywizacji podstawowej metody wykorzystywanej w praktyce leśnej, polegającej na uderzaniu drzewa i wsłuchiwaniu się w charakter uzyskiwanego dźwięku. Metoda ta jest w sposób naturalny nieniszcząca, lecz jest również w swojej pierwotnej postaci silnie zależna od doświadczenia osoby wykonującej badanie. Proponowana obiektywizacja polega więc na zastąpieniu ucha ludzkiego czułym mikrofonem – rys. 1 i wypracowaniu do uzyskanego tą drogą sygnału pewnych metod przetwarzania. W przeciwieństwie do klasycznego podejścia, opartego na pomiarze czasu przelotu metody te powinny być ukierunkowane na znalezienie cech sygnału, które odpowiadają temu, co znajduje się wewnątrz drzewa.



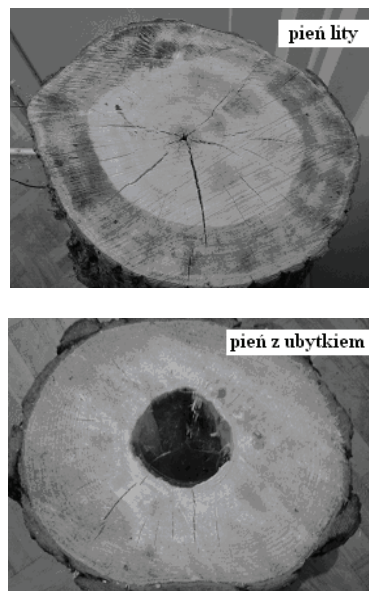
Rys. 1. Schemat zestawu do akwizycji danych

Najbardziej właściwym w tym zakresie podejściem wydaje się być zastosowanie analizy czasowo-częstotliwościowej, dostarczającej łącznej informacji o zachowaniu się widma sygnału w dziedzinie czasu. Analiza ta w sposób naturalny jest adekwatna do opisu zjawiska propagacji dźwięku w strukturze drzewa z uwagi na możliwość określania ewentualnych lokalnych zmian częstotliwości sygnału oraz jego intensywności, będących wynikiem efektem pobudzenia, fal powierzchniowych, wewnętrznych rezonansów, interferencji itp. Każdy z możliwych składników sygnału charakteryzuje się swoją prędkością, czasem dotarcia do mikrofonu i składem widmowym. W przypadku analizy takich sygnałów tradycyjne podejście czasowe lub częstotliwościowe nie dostarcza pełnej informacji o ich dynamice.

3. OPIS BADAŃ

Weryfikacja proponowanego podejścia wymagała przeprowadzenia działań wstępnych,

które objęły przygotowanie próbek drzew oraz systemu zbierania danych wraz z systemem zamocowania mikrofonów. Badaniom poddano trzy struktury sosnowe: pień pełny o średnicy ok. 30cm, pień z wydrążonym osiowo otworem o średnicy ok. 8cm oraz pień z takim samym otworem, ale wypełnionym trocinami – rys. 2.



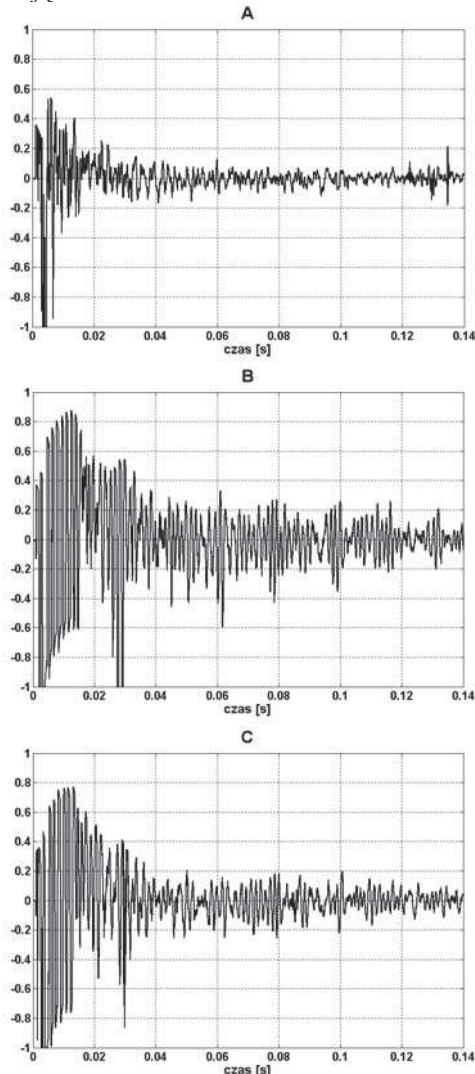
Rys.2. Widok ogólny próbek drzew poddanych badaniom

Wysokość każdego z pni wynosiła ok. 30cm. W systemie zbierania danych zastosowano kartę przetwornika A/C próbującą sygnały z mikrofonów z częstotliwością 44,1kHz. Sterowanie i archiwizacja wyników odbyły się za pośrednictwem środowiska Matlab.

4. OCENA WYNIKÓW BADAŃ

Badania czasu przelotu zaburzenia wywołanego uderzeniem drewnianego młotka przez próbkę nie zawierającą otworu umożliwiły uzyskanie prędkości propagacji odpowiadającej wartościom 1000-1150m/s podawanym w literaturze. Przykładowe przebiegi sygnałów zarejestrowanych w proponowanym układzie akwizycji przy pobudzeniu próbek drewnianym młotkiem przedstawia rys. 3. Dokonując analizy przebiegów czasowych łatwo zaobserwować, że początkowe fragmenty sygnałów z przedziału 0÷10ms są do siebie bardzo podobne. Ten fragment sygnału wydaje się więc być efektem pobudzenia i odpowiedzi litej części pnia. Sygnał pochodzący od próbki odniesienia (próbki pełnej) przyjmuje w następnych przedziałach czasu charakter tłumionych oscylacji, podczas gdy sygnały pochodzące od pni wydrążonych charakteryzują się obecnością ciągu widocznych impulsów o czasie trwania ok. 15ms i okresie powtarzania również ok. 15ms. Rozkłady czasowo-częstotliwościowe

przedstawione na rys. 4 opisują ewolucję widm zarejestrowanych przebiegów w czasie. Są to tzw. spektrogramy [4], których wyznaczenie polega na wycinaniu fragmentu sygnału poddawanego przekształceniu Fouriera przez krótko-czasowe, przesuwające się w dziedzinie czasu okno analizujące.



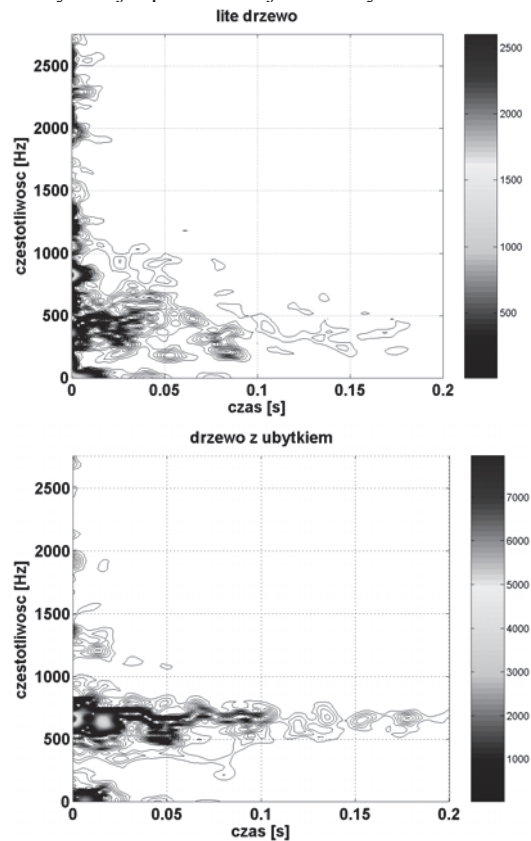
Rys. 3. Przykładowe przebiegi sygnałów zarejestrowane przez mikrofony dla przypadku próbki:

A – pełnej, B – z ubytkiem wypełnionym powietrzem, C – z ubytkiem wypełnionym trocinami.

Do obliczeń zostało wykorzystane okno Hanninga o długości 7ms i pokryciu 90% z sąsiednim oknem. Możliwe są również inne parametry wejściowe analizy, dostarczające ilościowo innej informacji.

Spektrogramy wykazują, że impulsy występujące po odpowiedzi litej części pnia są bardzo podobne w dziedzinie częstotliwości do samego pobudzenia. Można je zatem przypisać do pewnego rodzaju cyrkulacji wzbudzonej fali dźwiękowej wewnątrz drzewa. Fala ta propaguje się dokoła wewnętrznego ubytku i jest okresowo emitowana w kierunku

mikrofonu. A zatem w przypadku pnia litego zarejestrowane sygnały charakteryzują się stosunkowo krótkim czasem zaniku, podczas gdy pień wydrażony emituje dźwięk w znacznie dłuższym czasie i jest to dźwięk wskazujący na istnienie periodycznego wyprowadzania energii akustycznej z pobudzonej struktury.



Rys. 4. Porównanie spektrogramów sygnałów emitowanych przez badane struktury.

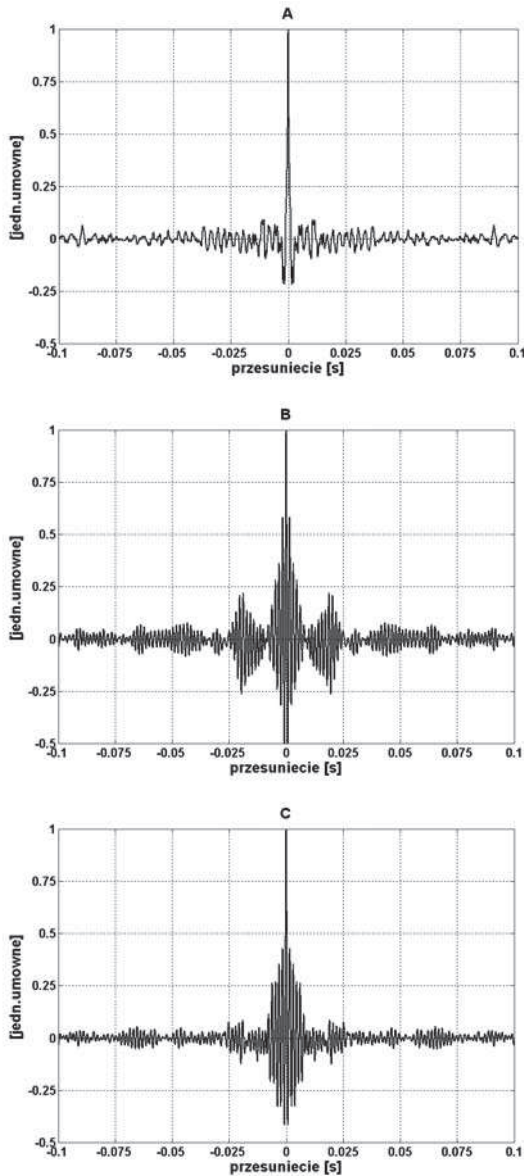
Bardzo interesujące efekty obserwujemy się również przy dokonywaniu analizy sygnałów za pomocą funkcji autokorelacji – rys. 5. Sygnały pochodzące z litego pnia są skorelowane tylko dla przesunięć bliskich zera – ich funkcje autokorelacji przypominają postaci obserwowane dla szumu białego.

Tabela 1. Porównanie parametrów opisujących sygnały akustyczne emitowane przez próbki po uderzeniu

parametr\próbka	A	B	C
wartość skuteczna funkcji autokorelacji	3.7±0.4	5.8±0.5	5.1±0.6
skośność funkcji autokorelacji	13.3±2.7	3.5±0.9	5.7±1.9
szerokość średniokw. funkcji autokorelacji	9.7±1.3	30.2±0.6	17.4±0.4

W przypadku pnia z ubytkiem funkcje te są całkiem inne – charakteryzują się większą szerokością w dziedzinie przesunięcia czasowego i osiągają wyższe poziomy. Wartości średnie wybranych parametrów sygnałów unormowanych

wraz z odchyleniami standardowymi uzyskanymi dla serii 20 pomiarów, przedstawia Tabela 1. Na ich podstawie można stwierdzić, że próbki pełna i wydrążona stanowią w dziedzinie wykorzystanych parametrów dwa oddzielne bieguny, podczas gdy próbka z trocinami znajduje się pomiędzy nimi.



Rys. 5. Przykładowe przebiegi funkcji autokorelacji sygnałów dla przypadku próbki:

A – pełnej, B – z ubytkiem wypełnionym powietrzem, C – z ubytkiem wypełnionym trocinami

5. WNIOSKI

Przedstawione przebiegi czasowe, spektrogramy oraz parametry liczbowe wskazują na sensowność dalszej eksploracji proponowanej metody, zmierzającą do znalezienia relacji pomiędzy wymiarami fizycznymi drzew oraz ubytków a rejestrowanymi sygnałami. Jednocześnie, wobec złożoności zjawiska fizycznego odpowiedzialnego za generację rejestrowanego dźwięku wydaje się

istotne poszukiwanie relacji pomiędzy wymiarami geometrycznymi a parametrami metodami zgłębiania danych (data mining).

LITERATURA

- [1] J. A. Dolwin: "Detection of decay in trees", *Arboricultural J.*, vol. 23 (2), 1999, pp. 139-149.
- [2] G. Nicolett et. al.: "Application and Comparison of Three Tomographic Techniques for Detection of Decay in Trees", *Arboricultural J.*, vol. 29 (2), 2003, pp. 67-78.
- [3] X. Wang et. al.: "Assessment of Decay in Standing Timber Using Stress Wave Timing Nondestructive Evaluation Tools – A Guide for Use and Interpretation", *Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-147*, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory, dostępne na www.fpl.fs.fed.us.
- [4] L. Cohen: "Time-frequency distributions – A review", *Proc. IEEE* 77, nr 7 (1989), pp. 941-981.



Jacek JAKUBOWSKI

ukończył studia na Wydziale Elektroniki WAT w 1993. Od 1994 jest pracownikiem naukowym i dydaktycznym Instytutu Systemów Elektronicznych WAT. Jego zainteresowania zawodowe obejmują obszary cyfrowego przetwarzania sygnałów, komputerowego wspomagan

iania pomiarów oraz analizy danych eksperymentalnych.



Piotr BASZUN

jest wieloletnim nauczycielem akademickim Instytutu Systemów Elektronicznych WAT. Bierze aktywny udział w pracach badawczych Zakładu. Jest autorem lub współautorem kilkudziesięciu artykułów i referatów w czasopiśmie oraz na konferencjach krajowych i zagranicznych.



Marek PISZCZEK

ukończył studia na Wydziale Elektroniki w 1995. Od 2003 jest pracownikiem naukowym i dydaktycznym Wydziału Techniki Wojskowej WAT. Jego zainteresowania zawodowe obejmują obszary diagnostyki medycznej z wykorzystaniem ultradźwięków i technik przetwarzania obrazów.