

JAKUBCZYK-GAŁCZYŃSKA Anna¹
KRISTOWSKI Adam²

Wpływ ruchu pojazdów ciężarowych na domy zlokalizowane w pobliżu dróg przejazdowych

*Eksploracja obiektów budowlanych
Transport
Sztuczna Sieć Neuronowa*

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono problem występowania drgań w budynkach, spowodowanych poruszającymi się pojazdami oraz ideę rozwiązania problemu pracochłonnych i kosztownych pomiarów takiego zjawiska. Autorzy starają się ukazać czynniki mające wpływ na wielkość drgań w świetle obowiązujących przepisów i norm. Główny wysiłek skupiają na ich pomiarze i interpretacji otrzymanych wyników w świetle propozycji budowy aplikacji wykorzystującej sztuczne sieci neuronowe.

INFLUENCE OF TRAFFIC VEHICLES ON HOUSES LOCATED CLOSE OF TRANSIT ROADS

Abstract

This article discusses the problem existence vibration in buildings caused by moving vehicles and the idea of alternative solution for intensive and costly measurements of these oscillations. The study shows what factors may have a significant impact on the size of the vibration. This work also included information how to measure vibration and how to interpret the results.

1. WSTĘP

Artykuł W związku z wciąż rozwijającą się cywilizacją, mamy do czynienia ze zjawiskiem rozszerzania się obszarów zurbanizowanych. Co za tym idzie, buduje się coraz więcej osiedli, domów, budynków przemysłowych, zwłaszcza na terenach, gdzie wcześniej były obszary rolne, niezagospodarowane, pola, obszary podmiejskie oraz wiejskie. Obiekty mieszkalne powstają często w miejscach, gdzie przebiegają szlaki komunikacyjne transportowe, po których zwykle poruszają się pojazdy o dużych gabarytach oraz ciężarze. Buduje się także coraz więcej dróg przejazdowych, które nie raz przebiegają w pobliżu zabudowań. Można zaobserwować występujące zabezpieczenia przed hałasem w postaci ekranów akustycznych. Niestety mają one jedynie pozytywny wpływ na komfort akustyczny mieszkańców, nie redukują drgań wywołanych ruchem pojazdów przenoszonych przez grunt do fundamentów.

2. DRGANIA KOMUNIKACYJNE

2.1 Definicja drgań

Drgania komunikacyjne [1] jest to zjawisko przemieszczania się elementów konstrukcji budowlanych wywołane falami rozprzestrzeniającymi się w gruncie i docierającymi do fundamentów. Fale te mogą powstawać zarówno wskutek ruchu pojazdów na drogach kołowych jak i kolejowych. Te drugie mogą wydawać się większym problemem. Jednak pamiętać trzeba, iż rozbudowa na terenach wcześniej nie skomunikowanych dotyczy głównie dróg kołowych. Budynki, wśród których buduje się nowe sieci dróg to zarówno obiekty nowe, jak i zabytkowe. W większości wypadków były projektowane i posadowione bez uwzględnienia wpływu drgań komunikacyjnych.

2.2 Czynniki wpływające na wielkość drgań

Na wielkość drgań od poruszających się pojazdów wpływ ma szereg czynników [1]. Jednym z nich jest stan nawierzchni. Nawierzchnie z materiałów drobnowymiarowych np. z kostki brukowej powodują większe i bardziej odczuwalne drgania niż gładka nawierzchnia bitumiczna [1]. Uszkodzenia nierówności, wystające studzienki powodują zmianę trajektorii jazdy pojazdu, co za tym idzie wywołują dodatkową emisję fal rozprzestrzeniających się następnie w gruncie.

Do innych czynników, które wpływają na wielkość drgań zaliczyć można dopuszczalną prędkość, z jaką mogą poruszać się pojazdy ciężarowe na danej drodze oraz dopuszczalną wagę tych pojazdów. Są to czynniki, które w miarę bezinwazyjnie można zmieniać poprzez ustawienie znaków drogowych bez ingerencji w konstrukcję budynków czy też w nawierzchnię.

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, E-mail: anna.jakubczyk@wilis.pg.gda.pl

² Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, E-mail: kristowski@pg.gda.pl

Pozostałe czynniki to te, które są związane z otoczeniem naturalnym czyli np. pora roku, wilgotność powietrza, temperatura a także rodzaj gruntu, w którym to rozprzestrzeniają się fale.

Wpływ na ich odczuwalność przez dany budynek ma również odległość frontowej ściany od krawędzi jezdni. Wg normy PN-85 B-02170 [2] wpływ drgań na pewno jest pomijalny, jeśli odległość rozpatrywanego obiektu jest:

- większa niż 25m od osi linii kolejowej
- większa niż 15m od osi linii tramwajowej lub drogi kołowej I kategorii lub ulicy przelotowej.

Ciekawym jest, jaki wpływ drgania przenoszone przez grunt od przejeżdżających pojazdów mają na obiekty usytuowane bliżej niż wskazują na to normowe wartości. Najlepszym rozwiązaniem byłoby sprawdzenie wpływu drgań dla każdego budynku znajdującego się względnie blisko drogi. Należy wykonać pomiary według zaleceń normy [2] dla każdego potencjalnie zagrożonego obiektu i przeprowadzić dla każdego z budynków osobną analizę. W praktyce sprowadzałoby się to do wykonywania bardzo pracochłonnych i kosztowych, ze względu na niezbędny sprzęt pomiarów oraz jeszcze bardziej czasochłonnej analizy. Wykonywanie takiej procedury dla każdego budynku znajdującego się w pobliżu drogi generuje wysokie koszty prowadzonych badań i pomiarów. Dlatego w rzeczywistości pomiary wykonuje się jedynie na zlecenie, głównie w przypadku potencjalnego lub rzeczywistego zagrożenia awarią. Optymalnym rozwiązaniem byłby system, dzięki któremu bez wykonywania pomiarów, uwzględniając wszelkie czynniki można by określić z wystarczająco wysokim prawdopodobieństwem stopień wpływu drgań komunikacyjnych na rozpatrywany obiekt.

3. NORMALIZACJA OCENY DRGAŃ

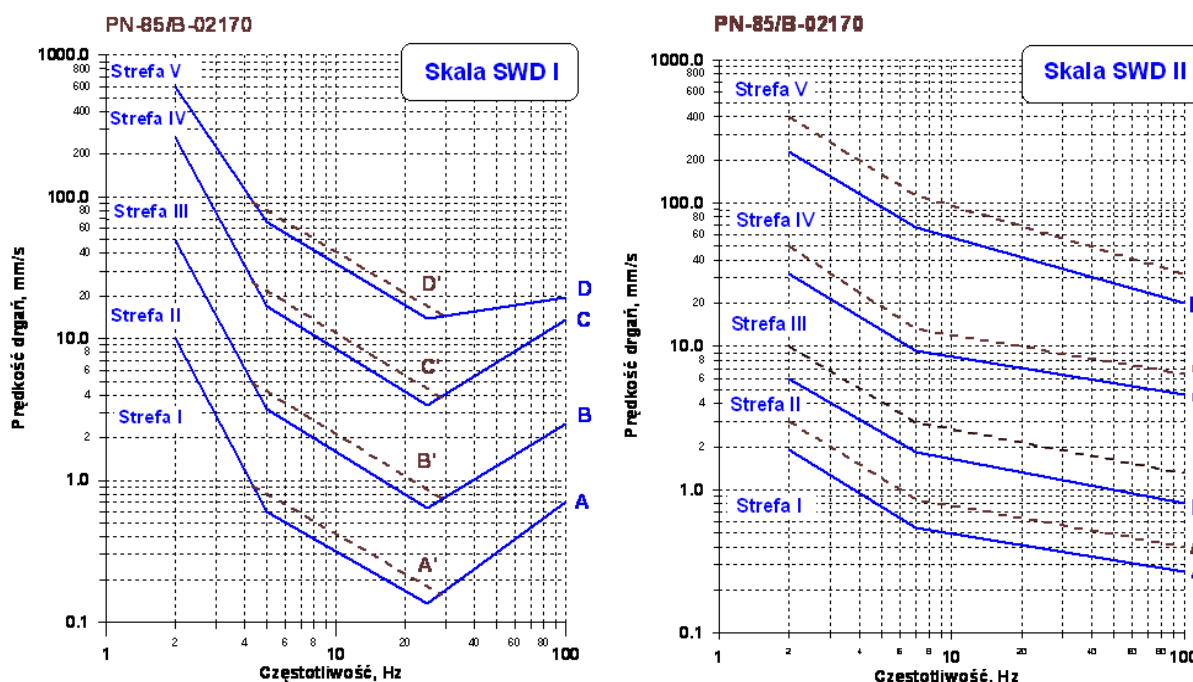
3.1 Interpretacja informacji zawartych w Polskiej normie PN-85 B-02170

Według polskiej normy dotyczącej wpływu drgań na budynki PN-85 B-02170 [2], aby określić zagrożenie na skutek drgań należy wyznaczyć, w której, spośród pięciu, strefie wpływów znajduje się obiekt. Norma dotyczy obiektów mieszkalnych, murowanych, wznoszonych w technologii tradycyjnej, które są podzielone na dwie grupy [2]:

- 1 grupa: budynki o kształcie zwartym, o małych wymiarach zewnętrznych rzutu poziomego (maksymalna długość 15m) 1- lub 2- kondygnacyjne, wysokość budynku nie może przekraczać wymiarów rzutu poziomego.
- 2 grupa: budynki do 5 kondygnacji, wysokość musi być mniejsza od podwójnej najkrótszej szerokości.

Dla obiektów mieszkalnych podlegających grupie pierwszej stworzono Skalę Wpływów Dynamicznych I- w skrócie SWD I, zaś dla budynków spełniających założenia drugiej grupy, Skalę Wpływów Dynamicznych II (zob. rys. 1).

Wyżej wymienione skale są to wykresy zależności przyspieszeń a , od częstotliwości f , które pobrano z normy [2] i przedstawiono na rys. 1.



Rys.1. Wykresy skal wpływów dynamicznych SWD I oraz SWD II oraz strefy oznaczone w PN-85 B-02170 [2, 9]

Strefy wpływów oznaczone są rzymskimi cyframi i są zdefiniowane następująco [2]:

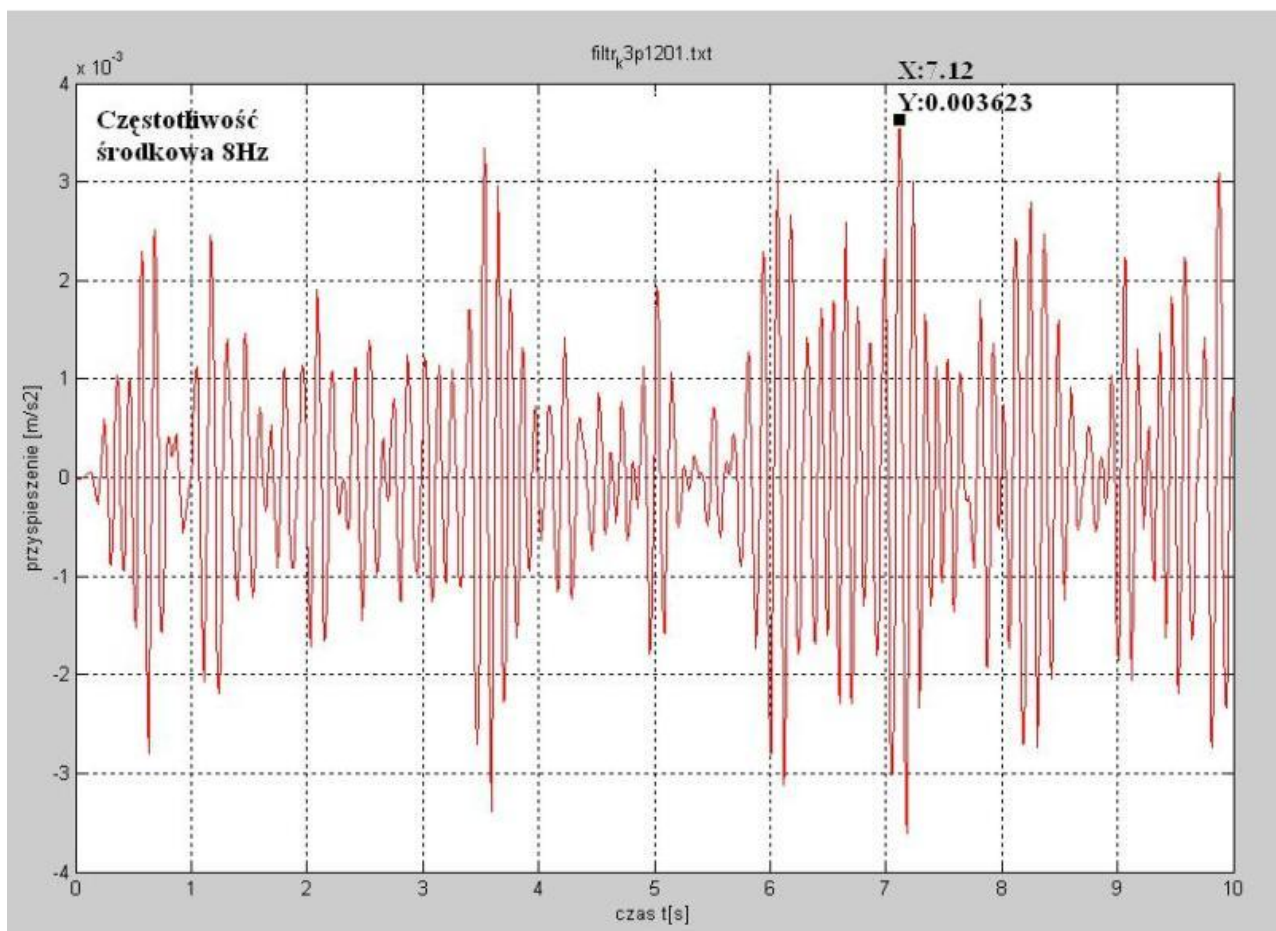
- Strefa I: jeśli po wykonanych pomiarach i analizie wyników, okaże się, że budynek przynależy do tej strefy, oznacza to, że drgania nie są odczuwalne. Jeśli występują jakieś zniszczenia, na pewno nie są one spowodowane drganiami przenoszonymi przez grunt;
- Strefa II: drgania są mało odczuwalne, ale nieszkodliwe dla konstrukcji, przyspieszenie może być jedynie zużycie tynków;

- Strefa III: drgania mogą powodować lokalne zarysowania ścian, może wystąpić ogólne osłabienie nośności konstrukcji;
- Strefa IV: drgania przenoszone przez podłoże do fundamentów mają duży wpływ na konstrukcję, amplitudy są tak wielkie, że przedmioty znajdujące się w budynku spadają na podłogę. Obiekt znajdujący się w tej strefie stwarza zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi;
- Strefa V: nośność budynku zostaje zaburzona wskutek ogromnej amplitudy drgań, co skutkuje awarią i zawaleniem się konstrukcji.

3.2 Sposób wykonywania pomiarów

W celu wyznaczenia przynależności danego obiektu do wymienionej strefy (I-V), konieczne jest wykonanie pomiarów drgań. Szczegółowe warunki przeprowadzenia badań opisane są w normie PN-85/B-02170 [2]. Do wykonania pomiarów potrzebny jest specjalistyczny sprzęt pomiarowy. Czujniki urządzenia należy zamontować minimum w 3 miejscach na ścianie fundamentowej bądź na ścianie równoległej do ulicy. Podczas przejazdu pojazdów, należy zarejestrować przebieg drgań. Czujnik wykonuje automatycznie pomiar dla poziomych składowych drgań dla podłużnej i poprzecznej osi przemieszczeń. Następnie wybiera się wartości ekstremalne. Wg normy [2] ustalić należy ekstremalne wartości przyspieszeń dla każdej częstotliwości środkowej standardowych tercji pomiarowych w przedziale częstotliwości 1-100Hz. Tercja jest to pasmo pomiędzy częstotliwościami, których stosunek równa się pierwiastkowi trzeciego stopnia z dwóch. Trzy kolejne tercje stanowią oktawę. Częstotliwości środkowe standardowych tercji pomiarowych wynoszą [4]: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100Hz. Przykładowy wykres po odfiltrowaniu wyników na daną częstotliwość przedstawiono na rys.2.

Aby określić strefę wpływów dynamicznych dla danego obiektu koniecznym jest wyznaczenie ekstremalnych wartości przyspieszeń dla 21 różnych częstotliwości środkowych. Dla nich budujemy wykres ekstremalnych przyspieszeń w zależności od częstotliwości w wybranej skali. Procedura określania strefy wpływów dynamicznych jest stosunkowo pracochłonna i kosztowna.



Rys.2. Przykładowy przebieg czasowy (wykres po filtracji dla częstotliwości środkowej 8Hz, czyli w przedziale od 6,3Hz do 10Hz) podczas pomiaru drgań na budynku jednorodzinny podlegającym pod SWD I. Pomiar wykonano podczas przejazdu traktora; maksymalne przyspieszenie wyniosło $a = 0,003623 \text{ m/s}^2$ [3]

4. IDEA SYSTEMU WSKAZUJĄCEGO ZAGROŻENIE

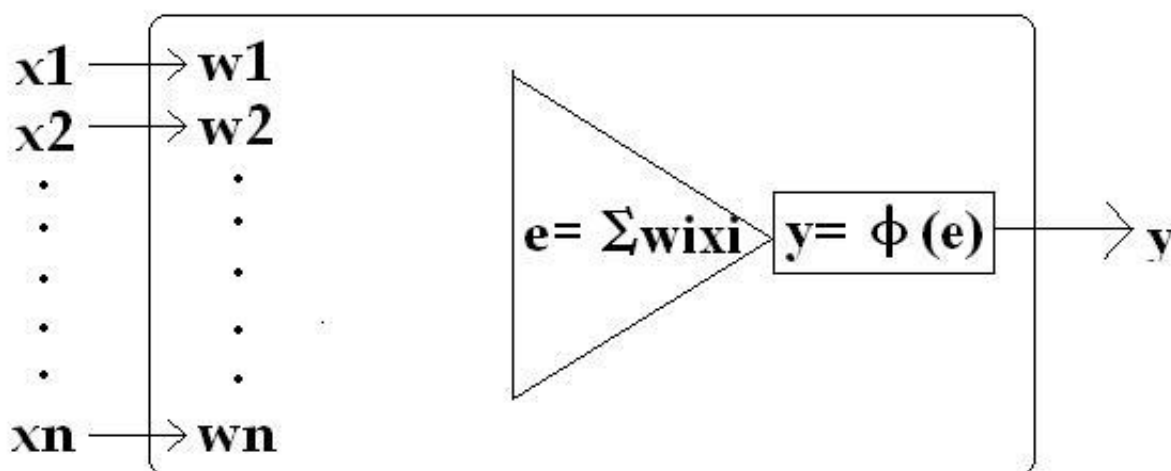
Współczesne technologie umożliwiają między innymi rozwiązanie przedstawionych problemów inżynierskich. Naukowcy i technicy posiadają coraz więcej narzędzi badawczych, programów komputerowych. Problemem jest znalezienie takich rozwiązań, aby były one zarówno przydatne jak i tanie. Dlatego coraz częściej stosuje się metody przybliżone. Najważniejsze, aby metody te umożliwiły rozwiązać problem inżynierski na tyle dokładnie, aby wynik był zadowalający nawet, jeżeli jest przybliżony. W rozpatrywanym przypadku wpływu drgań na budynki optymalny może być system, który określi z wystarczająco wysokim prawdopodobieństwem przynależność badanego obiektu do strefy wpływów dynamicznych bez wykonania pomiarów polowych, a jedynie na podstawie wywiadu i wprowadzeniu podstawowych danych do systemu. Działająca na takiej zasadzie proponuje się wykorzystać Sztuczną Sieć Neuronową - SSN (z ang. ANN – Artificial Neural Network) [5].

System inżynierski oparty na sztucznej sieci neuronowej został już wcześniej wykorzystany przez innych autorów na przykład do oceny stanu technicznego budynków zabytkowych (zob. [6]) czy też innych problemów inżynierskich (zob. [7]).

Docelowo przedmiotowa SSN ma działać tak, aby po wprowadzeniu do programu danych m.in. odległości budynku od drogi, rodzaju drogi, nośności pojazdów mogących poruszać się po drodze oraz innych istotnych czynników, sieć na podstawie zebranej wcześniej bazy danych ustaliła z określonym prawdopodobieństwem przynależność obiektu do strefy wpływów dynamicznych. Oczywiście, aby stworzyć taki system, niezbędna jest budowa obszernej bazy danych, przetworzenie informacji, określenie wag poszczególnych czynników i ich wpływu na wynik. Są to standardowe etapy, które należy wykonać: budowa bazy danych, zapis danych w postaci zrozumiałej dla sieci (zob. rys.3), faza uczenia sieci, faza testowania, faza weryfikująca system.

Poniżej przedstawiony został schemat SSN wraz z opisem działania.

- 1 etap: sygnały wejściowe X przemnażane są przez odpowiadające im wagi i poddawane zadanej funkcji „ e ” (najczęściej funkcja sumowania- iloczyn skalarny wektora X i W);
- 2 etap: wynik funkcji wewnętrznego przemnażania z etapu 1 „ e ” podlega działaniu określonej funkcji wejścia- wyjścia – tzw. funkcji aktywacji „ f ”;
- 3 etap: sygnał wyjściowy wyliczany jest: $Y = f(w \circ X)$



Rys.3. Model Sztucznej Sieci Neuronowej: X -wektor wejściowy; Y - wektor wyjściowy; W - wektor wag; „ e ” - funkcja wewnętrznego przetwarzania; „ ϕ ”- funkcja aktywacji

5. WNIOSKI

Uważa się, że określanie strefy wpływów dynamicznych za pomocą algorytmu SSN stanowi główny cel prowadzonych badań. Obecnie opracowywana jest baza danych pomiarowych z pomiarów rzeczywistych drgań od poruszających się pojazdów na wybrane obiekty budowlane. Docelowo baza ta ma stać się podstawą do stworzenia innowacyjnego systemu oceny wpływów drgań na budynki znajdujące się w pobliżu dróg kołowych. W następnym etapie planuje się wykonanie większej ilości pomiarów, uporządkowanie ich i utworzenie bazy wyników, która będzie podstawą do dalszych prac związanych z docelową budową algorytmu sztucznej sieci neuronowej.

Należy przypuszczać, że prezentowane w artykule zagadnienia dotyczące identyfikacji procesu eksploatacji obiektów budowlanych posadowionych w pobliżu dróg staną się w przyszłości szeroko rozpatrywanym problemem badawczym [8]. Może to wynikać z faktu, iż coraz więcej właścicieli obiektów budowlanych jest zainteresowanych ich prawidłową

eksploatacją (np. ze względu na ceny nieruchomości). Znaczący impuls do opracowania przedstawionej w skrócie koncepcji stanowiło dążenie do zaspokojenia oczekiwań w zakresie przewidywania i kontroli kosztów związanych z eksploatacją obiektów budowlanych. Ocena, np. jaka będzie trwałość wszystkich elementów budynku, pomaga w podjęciu decyzji dotyczącej właściwych wymagań i szczegółowych rozwiązań eksploatacji. Opracowanie takiej metody stanowi cel badań, a wynik identyfikacji stanu eksploatacji powinien stanowić dogodny i przejrzysty element kontroli stanu użytkowania i utrzymywania obiektu budowlanego [10]. W takim przypadku powinna wzrosnąć elastyczność użytkowania, a prawdopodobieństwo zatarzenia się obiektu i deprecjacji ekonomicznej będzie mniejsze.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Hunaidi O., *Traffic vibrations in buildings*, National Research Council of Canada, 2000.
- [2] *Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłogę na budynki - PN-85 B-02170*, Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości, 1985.
- [3] Jakubczyk-Gałczyńska A., *Idea określania strefy wpływów drgań komunikacyjnych w oparciu o algorytm sztucznej sieci neuronowej*, Zeszyty Naukowe PG, Gdańsk 2012.
- [4] Kawecki J., Stypuła K.: *Błędy w diagnozach dotyczących oceny wpływów dynamicznych na budynki*. Szczecin 2007.
- [5] Stęgowski, Z.: *Sztuczne sieci neuronowe*, Kraków 2004.
- [6] Urbański P.: *Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do oceny stopnia zużycia technicznego wybranej grupy budynków mieszkalnych*. Uniwersytet Zielonogórski, 2004.
- [7] Janas L. i Miller B.: *Zastosowanie sieci neuronowych do wspomagania zarządzania obiektami mostowymi*, Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej NR 276, str.181, Rzeszów 2011.
- [8] Kristowski A. *Idea planowania eksploatacji wybranych obiektów budowlanych infrastruktury transportowej*, Logistyka 6/2011.
- [9] *Ocena wpływu drgań na obiekty w otoczeniu i na ludzi*,
www.kgo.agh.edu.pl/style_i_inne/.../ocena_wplywu_drgan.ppt, 10.02.2012r.
- [10] Ustawa Prawo budowlane Dz.U.10.243.1623, z późniejszymi zmianami.