

2.23 — rozpoznawanie mowy

Grażyna Demenko

APROKSYMACJA CZĘSTOTLIWOŚCI
PODSTAWOWEJ W ZDANIACH

38/1983

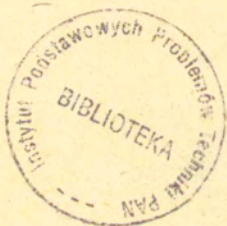
P 269



WARSZAWA 1983

ISSN 0208-5658

Praca wpłynęła do Redakcji dnia 22 listopada 1983 r.



56999



N a p r a w a c h r ę k o p i s u

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN

Nakład 150 egz. Ark.wyd. 1,6. Ark.druk. 2,5.

Oddano do drukarni we wrześniu 1983 r.

Nr zamówienia 709/83 M - 13.

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa,
ul.Sniadeckich 8

Grażyna Demenko
Pracownia Fonetyki Akustycznej
IPPT PAN

APROKSYMACJA CZĘSTOTLIWOŚCI PODSTAWOWEJ W ZDANIACH¹.

Streszczenie

W pracy zaprezentowano metodę służącą do opisu przebiegów częstotliwości podstawowej w zdaniach o różnej strukturze gramatycznej. Dokonano ekstrakcji parametru F_0 z trzech list wyrazowych czytanych przez 9 osób, wybierając kilkanaście zdań do dokładnej analizy. Metodę zilustrowano szeregiem przykładowo wykonanych aproksymacji, otrzymując ponad 250 różnorodnych przebiegów parametru F_0 w wybranych sylabach. Dokonano próby aproksymacji przebiegów F_0 w sylabach akcentowanych oraz w ciągu sylab. Wskazano na możliwość grupowania funkcji przy zastosowaniu przyjętej metody. Wykazano wpływ cech osobniczych głosu oraz informacji lingwistycznych na kształtowanie konturów częstotliwości podstawowej.

1. Wstęp

Częstotliwość podstawowa odgrywa ważną rolę w przekazywaniu zarówno informacji lingwistycznych jak i nielingwistycznych. Dokładne relacje między nimi oraz ich wpływ na kształtowanie konturów F_0 nie są jednak znane. Składa się na to szereg ogólnie znanych przyczyn. Ramiszewi (por. [8]) stwierdza, że nie istnieje jednoznaczny stosunek między fizycznymi parametrami intonacji a przekazywaną syntaktyczną i treściową informacją. Intonacyjne wzory tych samych fraz u różnych mówców nie są jednakowe. Autor wskazuje na możliwości istnienia subiektywnych form intonowania

1

Praca wykonana w ramach problemu węzłowego 06.9.

i trudności w stwierdzeniu, która z tych form jest typowa. Olive [6] podaje kilka podstawowych zasad dla syntezy naturalnie wymówionych prostych zdań angielskich. Rezultaty jego badań pokazują, że wzorce F_0 są funkcją gramatyczną struktury zdań, nie mogą być jednak zastosowane do analizy zdań o bardziej złożonej strukturze gramatycznej.

Fujisaki w pracy [3] przedstawia bardzo szczegółową koncepcję opisu zmian częstotliwości podstawowej w mowie i śpiewie. Zastosował on podobny model, jak Ohman [5]. Autor stwierdza, że obserwowane kontury F_0 mogą być rozważane jako odpowiedź fonacyjnego systemu dla sieci suprasegmentalnych rozkazów. Rozkaz wymówienia "utterance command" produkuje skłédnik podstawowy dla całej wypowiedzi, natomiast rozkaz akcentu "accent command" służy do realizacji specyficznego typu akcentu i produkuje skłédnik akcentu. Kontury F_0 wyrazu oraz zdań są opisane dość złożonymi zależnościami. Zwykle im bardziej precyzyjna jest dokonywana analiza zmian częstotliwości podstawowej tym bardziej komplikuje się model opisu. Na decyzję więc, jaki model zastosować powinna mieć wpływ nie tylko sama jakość opisu ale również jego prostota i możliwość łatwej adaptacji do określonych zadań. Najlepszą formą sprawdzenia jakości modelu i jego użyteczności jest przetestowanie go na większej ilości przykładów. Proponowana w pracy metoda analizy konturów F_0 została zilustrowana szeregiem przykładów.

2. Metoda analizy konturów częstotliwości podstawowej

2.1. Materiał doświadczalny

Jako materiał do analizy przyjęto zapisy magnetofonowe 54 zdań wymówionych przez 9 osób (5 głosów męskich i 4 żeńskie). Poszczególne osoby czytały kolejno zdania pogrupowane w następujących listach wyrazowych.

Lista I.

Stas powiedział.

Staszek wie.

Stas nie powiedziałaby nam.

Staszek powiedziałaaby.

Stas wie.

Staszek powie.

Stas' powiedziałby nam.
Staszek wiedział.
Stas' powiedziałby.
Staszek nie powiedziałby nam. .
Stas' wiedział.
Staszek powiedział.

Lista II.

Lech trze.
Janek rozdawał.
Lech nie wytrzepał go dziś.
Janek dał.
Lech wytrzepał.
Janek nie rozdawał nam dziś.
Lech wytrzepał go.
Janek da.
Janek nie rozdawał nam.
Lech wytrze.
Janek dawał.
Lech wytrzepał go dziś.
Janek nie rozdawał.
Lech trzepał.
Janek rozdawał nam.
Janek rozda.
Lech nie wytrzepał.
Janek rozdawał nam dziś
Janek rozdał.
Lech nie wytrzepał go.

Lista III.

Jan dał.
Leszek wytrzepał go dziś.
Jan nie rozdawał.
Leszek wytrze.
Jan rozdawał nam.
Leszek nie wytrzepał go dziś.
Jan rozdał.
Leszek wytrzepał.
Jan rozdawał nam dziś.

Leszek nie wytrzepał go.
Jan rozda.
Leszek nie wytrzepał.
Jan rozdawał.
Jan nie rozdawał nam dziś.
Leszek trze.
Jan dawał.
Leszek wytrzepał go.
Jan nie rozdawał nam.
Leszek trzepał.
Jan da.

Listy zawierają trzy zestawy zdań o różnej strukturze gramatycznej, w których akcent przypada zawsze na te same sylaby. Z listy I do analizy wybrano zdania zawierające sylaby akcentowane "Staś" oraz "wie". Z listy II wybrano zdania zawierające sylaby "Lech" oraz "trze".

2.2. Ekstrakcja parametru F_0 .

Zastosowany układ pomiarowy (składający się z tonometru TM 3, minikomputera MERA 303, oscylografu, oscyloskopu i drukarki) opisano w pracy [10]. Wyekstrahowane przebiegi częstotliwości podstawowej, po uprzednim wprowadzeniu do pamięci minikomputera, zostały poddane najpierw wizualnej ocenie na oscyloskopie. W wypadkach, w których pomiar F_0 był wątpliwy, wykonano oscylogramy na bardzo szybkim przesuwie papieru i z wybranych fragmentów zrobiono spektrogramy. Po takiej ocenie nie przyjęto do analizy 1 głosu żeńskiego, dla którego występowały konsekwentnie kłopoty z poprawną ekstrakcją spowodowane bardzo znacznymi (około 2,5 krotnymi) spadkami częstotliwości nawet w obrębie jednego wyrazu. W przypadkach pozostałych występowały kłopoty z ekstrakcją na krótkich fragmentach spowodowane np. zmianą F_0 na przejściu między spółgłoską "d" i samogłoską "a", znacznym spadkiem F_0 na końcu wypowiedzi, niskim poziomem sygnału lub też chwilowym zachwianiem periodyczności przebiegu. Ponieważ parametr F_0 z większości głósów był wyekstrahowany poprawnie, tylko w wątpliwych przypadkach zastosowano gęste próbkowanie sygnału : co 10 ms, w pozostałych przyjęto pomiar co 20 ms. Przyjęcie częstotliwości próbkowania równej 20 ms powoduje błędy ekstrakcji

w przypadku analizy sygnału bardzo szybko zmieniającej się w czasie (np. dla głosów żeńskich już w przeciągu 20 ms może wystąpić istotna zmiana częstotliwości podstawowej). Najbardziej wiarygodną metodą ekstrakcji parametru F_0 jest przyjęcie częstotliwości próbkowania umożliwiającej dokonywanie pomiaru co okres. Z uwagi jednak na bardziej złożone oprogramowanie algorytmu analizy danych otrzymanych przy pomiarze częstotliwości co okres oraz na fakt, iż w analizowanym materiale przyjęta częstotliwość próbkowania co 20 ms okazała się wystarczająca, oprogramowano algorytm wczytywania wyniku ekstrakcji parametru F_0 do pamięci mikrokomputera co 10 ms oraz co 20 ms.

Dokładną analizę błędów wynikających z metody ekstrakcji oraz przetwarzania wyniku ekstrakcji parametru F_0 na postać cyfrową przedstawiono w pracach [9], [10].

Po dokonaniu sprawdzenia otrzymanych wyników ekstrakcji oraz ich weryfikacji dane pomiarowe zostały wygładzone podobnie jak to przyjęto w pracy [2]. Otrzymane ciągi danych pomiarowych częstotliwości podstawowej posłużyły do dalszych analiz.

2.3. Aproksymacja przebiegów częstotliwości podstawowej.

Otrzymane przebiegi częstotliwości podstawowej z poszczególnych zdań zostały najpierw poddane subiektywnej ocenie wizualnej. Do dokładnej analizy wybrano dwa zestawy zdań, które po wstępnej ocenie uznano za najbardziej reprezentatywne (posiadające najbardziej zróżnicowane przebiegi parametru F_0) dla całego materiału. Przyjęto następującą metodę analizy konturów F_0 . Poszczególne wybrane zdania zostały podzielone na sylaby (dokonano tego przy pomocy oscylogramów wykonanych przy bardzo szybkim przesuwie papieru). Przebiegi częstotliwości podstawowej w sylabach aproksymowano funkcją typu :

$$y_t = at^b e^{ct} \quad (1)$$

gdzie : a, b, c - stałe

t - czas

Algorytm wyznaczania stałych a, b, c przedstawiono w pracy [2]. Przyjęcie jednak takiej postaci funkcji nie pozwala na obiektywną ocenę wyników aproksymacji w przypadku przebiegów znacznie różniących się między sobą w skali czasu i częstotliwości.

Dokonano modyfikacji wyżej wymienionej funkcji. Jako parametr czasu wprowadzono czas względny, ustalając w ten sposób stały przedział aproksymacji w skali czasu. Kolejne przedziały czasu oznaczono następująco :

$$t_j = \frac{t_i}{t}$$

gdzie : j - numer punktu aproksymowanego

t_i - kolejne przedziały czasowe w których aproksymowana jest j -ta próbka

t - całkowity czas aproksymowanego przebiegu

Problematyczny jest wybór odpowiedniej skali częstotliwości. Wykonano aproksymację przebiegów w nieznormalizowanych skalach : liniowej i logarytmicznej oraz w skalach znormalizowanych. Metod normalizacji jest bardzo wiele. Należy jednak dokładnie zdawać sobie sprawę z faktu, że rezultaty późniejszej klasyfikacji zależą od wyboru skal. Już proste przeskalowanie osi współrzędnych może prowadzić do odmiennego podziału na grupy (por. [9]). Aby osiągnąć inwariantność ze względu na przesunięcie skal można wybrać tak osie układu współrzędnych aby dane miały wartość średnią równą zero i jednostkową dyspersję. Ponieważ w rozważanym przypadku chodzi jedynie o zniwelowanie różnic spowodowanych różnymi średnimi wartościami parametru F_0 , najbardziej właściwe wydaje się być zastosowanie skali logarytmicznej. Skala ta już w znacznym stopniu niweluje wyżej wspomniane różnice. Najlepsze wyniki otrzymano w przypadku zastosowanie skali logarytmicznej oraz sprowadzeniu wszystkich przebiegów do wartości minimalnej równej "1". Struktura funkcji aproksymującej jest więc następująca :

$$y_j = at_j^b e^{ct_j} \quad 2$$

gdzie : t_j - czas względny

j - numer kolejnej próbki

$$y_j = \ln F_j - \ln F_{\min} + 1$$

$\ln F_{\min}$ - oznacza logarytm częstotliwości minimalnej występującej w aproksymowanym przebiegu

F_j - kolejne wartości pomiarów F_0

Druga pochodna funkcji $y'' = -b$ decyduje o wystąpieniu maksimum oraz minimum, stosunek $\frac{b}{c}$ o miejscu wystąpienia ekstremum. Funkcja posiada ekstremum jeśli współczynniki b i c mają różne znaki. Stała a związana jest z wartością ekstremalną występującą w przebiegu i miejscem wystąpienia ekstremum.

$$a = \frac{y_{\text{ext}}}{-\frac{b}{c} e^c \left(\frac{-b}{c}\right)} \quad (3)$$

W zależności od stałych a, b, c możemy rozpatryć następujące przypadki :

- (1) $a > 0, 0 < b < 1, c > 0$ (rys. 1a) Funkcja jest rosnąca, krzywa jest styczna w punkcie 0 do osi OX.
 (2) $a > 0, b > 1, c > 0$ (rys. 1b) Funkcja jest rosnąca, krzywa jest styczna do osi OY w punkcie 0.
 (3) $a > 0, b < 0, c > 0$ (rys. 1c) Funkcja ma minimum w punkcie

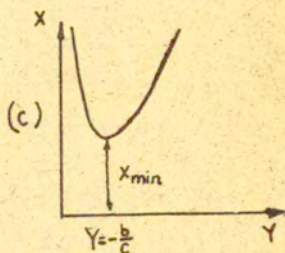
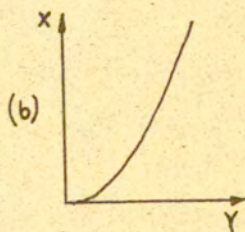
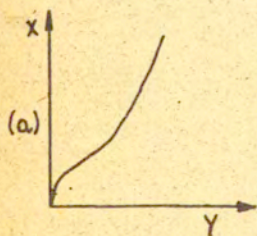
$$x_{\min} = a \left(\frac{-b}{c}\right)^b e^{-b}$$

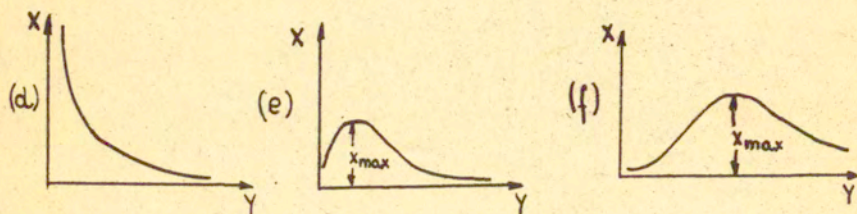
- (4) $a > 0, b < 0, c < 0$ (rys. 1d) Funkcja jest malejąca dla $0 < x < \infty$ wykres ma asymptoty $x = 0, y = 0$.

- (5) $a > 0, 0 < b < 1, c < 0$ (rys. 1e) Funkcja ma maksimum

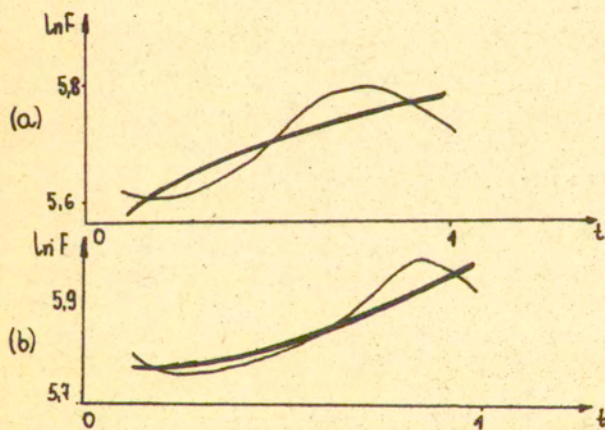
$$x_{\max} = a \left(\frac{-b}{c}\right)^b e^{-b} \text{ oraz punkt przegięcia dla } y = -\frac{b + \sqrt{b}}{c}$$

- (6) $a > 0, b > 1, c < 0$ (rys. 1f) Funkcja ma maksimum oraz punkt przegięcia dla $y = -\frac{b \pm \sqrt{b}}{c}$





Rys. 1. Wykresy funkcji $x = ay^b e^{cy}$.



Rys. 2. Aproxymacja przebiegów częstotliwości podstawowej

(a) $f(t) = 1,08 t^{0,04} e^{0,08t}$

(b) $f(t) = 0,79 t^{-0,1} e^{0,4t}$

Funkcję aproksymującą zaznaczono grubszą linią.

Jeżeli współczynniki b oraz c mają różne znaki to o charakterze przebiegu decyduje : (a) współczynnik, który ma większą wartość bezwzględną, (b) miejsce wystąpienia ekstremum. Im bardziej

wartości współczynników są bliskie zera tym bardziej funkcja jest zbliżona do przebiegu równego. Wyłączne porównywanie współczynników funkcji nie daje pełnej informacji o stopniu podobieństwa aproksymowanych przebiegów. Na rys. 2 przedstawiono dwa bardzo podobne do siebie przebiegi aproksymowane funkcjami o różnych postaciach. Przebieg pierwszy aproksymowano funkcją

$$f_t = 1,08 t^{0,04} e^{0,08t}$$

a drugi funkcją

$$f_t = 0,79 t^{-0,1} e^{0,4t}$$

Podobieństwo obu funkcji będzie widoczne jeśli zostaną przeanalizowane dokładniej. Funkcja druga osiąga minimum w punkcie $\frac{b}{c} = \frac{1}{4}$, a więc na początku przedziału. Po osiągnięciu minimum szybko rośnie (duża wartość c) i osiąga podobne wartości jak funkcja pierwsza. Jako kryterium wyboru współczynników funkcji przyjęto warunek minimum sumy kwadratów różnic funkcji aproksymującej oraz przebiegu aproksymowanego. Rys. 3,4,5,6,7 przedstawiają aproksymację F_0 w poszczególnych sylabach. Na ich podstawie można wizualnie ocenić jakość aproksymacji. Wymienione rysunki umożliwiają szybkie zorientowanie się w charakterze przebiegów poszczególnych funkcji bez ich matematycznej analizy. Rysunki te obrazują również podobieństwa i różnice analizowanych przebiegów.

3. Aproksymacja przebiegów częstotliwości podstawowej otrzymanych z wybranego materiału językowego.

3.1. Analiza w obrębie sylab z pierwszej listy wyrazowej.

3.1.1. Analiza pierwszej akcentowanej sylaby.

W tabeli nr 1 w kolumnie I zestawiono wyniki aproksymacji przebiegów F_0 dla 8 osób powtarzających 9 różnych zdań, w których akcent przypadał na pierwszą sylabę "lech". (Podane w kolumnach stałe a, b, c oznaczają współczynniki funkcji aproksymującej). W znacznej większości przypadków przebiegi aproksymowano funkcjami rosnącymi lub lekko opadającymi w początkowym odcinku, a następnie rosnącymi do końca przedziału. W kilku zaledwie przypadkach (konsekwentnie dla jednego głosu) prze-

biegi zostały zaproksymowane funkcją malejącą. Klasyfikację otrzymanych funkcji można przeprowadzać w różny sposób np. grupując je według podobieństwa współczynników i miejsca wystąpienia ekstremum lub też zakresu zmian częstotliwości w przyjętym przedziale aproksymacji. Ponieważ wyłączone porównanie współczynników funkcji nie jest w przyjętej metodzie adekwatną miarą podobieństwa funkcji (przykładowo na rys. 2) przedstawiono aproksymację dwóch bardzo podobnych do siebie przebiegów różnymi typami funkcji grupowanie przeprowadzono stosując jako kryterium zarówno stosunek logarytmu częstotliwości maksymalnej do logarytmu minimalnej występującej w aproksymowanym przebiegu jak i podobieństwo współczynników funkcji. Analizowane funkcje podzielono przykładowo na trzy grupy. Do grupy pierwszej zaliczono funkcje, w których stosunek częstotliwości maksymalnej do logarytmu minimalnej jest większy od 1,25, do drugiej funkcje, w których stosunek ten jest większy od 1,1, a do trzeciej pozostałe funkcje. W ten sposób w grupie pierwszej znalazły się funkcje o największym zakresie zmienności F_0 , w grupie drugiej o średnim zakresie zmian tego parametru, a w grupie trzeciej funkcje lekko rosnące, równe lub lekko opadające.

1. Grupa I.

W grupie tej znalazły się 3 typy funkcji :

a/ funkcje posiadające współczynniki $b < 0$, $c > 0$ oraz o stosunku $\frac{b}{c} < 0,2$.

O mocno rosnącym charakterze funkcji decyduje tutaj mała wartość bezwzględna b (do 0,15) i stosunkowo duża wartość c (do 0,68).

Funkcje oznaczono inicjałami osoby wymawiającej poszczególne sylaby oraz numerami zdania, w których funkcja ta występowała.

Są to następujące funkcje : BS1, PD1, BS2, PJ2, RC2, BS3, PD3, PJ3, RC3, BS4, RC4, BS5, BS6, PJ7, BS8, BS9.

b/ funkcje posiadające $b > 0$ i $c > 0$

Wartości bezwzględne współczynników b i c są mniejsze niż w poprzednim przypadku, ale o mocno rosnącym charakterze funkcji decyduje fakt, iż obydwa są dodatnie.

Zaliczono tu funkcje : RC1, PD2, PD5, BS7, PD8, PD9.

c/ funkcje posiadające $b > 0$ i $c < 0$

W grupie tej znalazła się jedna funkcja o stosunku $\frac{b}{c} > 1,5$,

a więc posiadająca maksimum poza przedziałem aproksymacji, funkcja FJ9.

Do grupy I zaliczono 9 funkcji : wszystkie dla głosu BS, 6 funkcji dla głosu PD, 4 funkcje dla głosu RC i 4 dla PJ.

2. Grupa II.

W grupie tej znalazły się także trzy typy funkcji. Są to funkcje podobne jak w grupie I, lecz o mniej rosnącym charakterze decyduje tutaj mniejsza wartość współczynnika c.

a/ funkcje posiadające $b < 0$, $c > 0$ oraz o stosunku $\frac{b}{c} < 0,2$.

Są to funkcje FJ1, ESz1, WJ3, HK4, PJ5, RC5, PJ6, HK6, PD7, RC9, ESz9.

b/ funkcje posiadające $b > 0$ i $c > 0$

Zaliczono tutaj cztery przypadki : HK5, PJ8, RC8, HK9.

c/ funkcje o współczynnikach $b > 0$ i $c < 0$

Zaliczono tu : HK2, PD4, HK1, WJ8, PD6, HK3.

Do grupy II zaliczono siedem funkcji dla głosu HK, trzy funkcje dla głosu PJ, dwie dla ESz, trzy dla PD, pięć dla RC i dwie dla WJ.

3. Grupa III.

Podobnie jak dla poprzednich grup dokonano następującego zestawienia funkcji :

a/ funkcje o współczynnikach $b < 0$ i $c > 0$ oraz ekstremum w okolicach środka przedziału

Znalazło się tu sześć funkcji : ESz3, GD3, ESz7, PJ4, ESz4, GD2.

b/ funkcje posiadające $b > 0$ i $c > 0$

Jest to funkcja rosnąca lecz posiadająca małe bezwzględne wartości b oraz c, funkcja GD6.

c/ funkcje posiadające $b > 0$ i $c < 0$ oraz ekstremum w okolicach środka przedziału.

Jest to liczna grupa dziewiętnastu funkcji :

RC6, ESz6, WJ6, GD7, HK7, WJ7, GD9, WJ9, HK8, ESz8, GD8, ESz5, WJ5, GD1, WJ4, WJ1, GD4, ESz2, WJ2.

d/ funkcje posiadające $b < 0$ i $c < 0$

Funkcja lekko malejąca, współczynniki b oraz c małe.

Jest to funkcja GD5.

W grupie III znalazły się dwie funkcje dla HK, jedna dla RC, jedna dla PJ, dziewięć dla GD, siedem dla ESz i siedem dla WJ.

Ciekawe jest zestawienie wyników powyższego grupowania. W grupie I znalazły się wszystkie funkcje dla głosu BS, dla głosu PD wszystkie funkcje zaliczono do I lub II grupy, dla głosu RC również wszystkie funkcje do I lub II za wyjątkiem jednej w grupie III. W grupie III znalazły się natomiast wszystkie funkcje dla głosu GD, w grupie II lub III dla głosu ESz oraz WJ. Widoczny jest z tego zestawienia silny wpływ cech osobniczych głosu na przebiegi częstotliwości podstawowej.

3.1.2. Analiza drugiej sylaby akcentowanej

W analizowanych zdaniach drugi akcent przypadał na sylabę "trze", w jednym zdaniu na sylabę "wy". Podobnie jak dla poprzedniej sylaby zestawienie przedstawiono w tabeli 1, kolumnie III. Zakres zmian logarytmu częstotliwości maksymalnej do minimalnej jest duży. W przypadku zdania dwusylabowego zakres zmian F_0 na sylabie "trze" jest największy. W pozostałych zdaniach zakres zmian tego parametru jest różny wynikający z bardziej lub mniej konsekwentnego przenoszenia spadku F_0 na sylabę lub sylaby następne (końcowe). Największą grupę stanowią funkcje o współczynnikach $b > 0$, $c < 0$ oraz miejscu wystąpienia ekstremum $\frac{b}{c} < 0,2$, a więc funkcje typu \wedge . Analogiczne wyniki można otrzymać analizując listę złożoną ze zdań podobnych, lecz zawierających wyraz "leszek" zamiast wyrazu "lech". Przykładowo przedstawiono wyniki aproksymacji przebiegów F_0 w zdaniu "leszek trze" w tabeli 4. Przebiegi częstotliwości na pierwszej sylabie akcentowanej aproksymowano funkcjami rosnącymi (wyjątkowo tylko dla jednego głosu GD funkcjami malejącymi). Przebiegi częstotliwości na drugiej sylabie akcentowanej aproksymowano podobnie jak w poprzednim przypadku.

3.2. Analiza F_0 w obrębie sylab z drugiej listy wyrazowej.

Nieco odmienny charakter funkcji aproksymujących otrzymano analizując zupełnie inną listę złożoną z odmiennych sylab. Wyniki przedstawiono w tabeli 2 oraz rys. 7. Na pierwszej sylabie akcentowanej "staś" otrzymano w większości funkcje malejące lub lekko rosnące. Funkcje lekko rosnące otrzymano najbardziej konsekwentnie dla głosu BS. Poprzednio ustalono, że na sylabie

"lech" wzrost funkcji był dla tego głosu największy. Kilka funkcji rosnących otrzymano również dla głosu PD. Natomiast najbardziej malejące funkcje otrzymano dla głosu GD, który również w przypadku analizy sylaby "lech" posiadał najwięcej funkcji malejących.

Otrzymane funkcje mają w większości przypadków ekstremum w środku lub okolicach środka przedziału aproksymacji, są malejąco-rosnące lub rosnąco-malejące, przy czym wzrost jest zazwyczaj niewielki. Analizując drugą akcentowaną sylabę ("wie" lub "po") zauważa się, że większość funkcji posiada współczynnik $b > 0$ oraz ekstremum przypadające w okolicach środka przedziału.

Dodatkowo wykonano aproksymację przebiegów częstotliwości podstawowej otrzymaną ze zdania "staszek wie". Wyniki przedstawiono w tabeli 3.

Wyniki są podobne jak w przypadku listy II.

Aproksymacja przebiegów częstotliwości podstawowej w zdaniach.

Kontury F_0 w zdaniach we wszystkich badanych przypadkach określone są przebiegami częstotliwości podstawowej w sylabach akcentowanych, między nimi oraz przebiegiem F_0 po ostatniej akcentowanej sylabie. Ogólny kontur jest bardzo charakterystyczny dla wszystkich zdań. Na fragmencie wypowiedzi zawierającym sylaby akcentowane zauważa się wyraźny wzrost F_0 oraz spadek częstotliwości na końcowej części zdania. Aproksymację zdań przeprowadzono następująco. Wszystkie badane wypowiedzi podzielono na cztery części: pierwsza zawierała sylabę akcentowaną, druga część sylabę lub sylaby między akcentami, trzecia część zawierała następną sylabę akcentowaną i czwarta sylabę lub sylaby po akcencie. Przykładowo rys. 8 przedstawia wyniki aproksymacji przebiegów F_0 w zdaniu "lech wytrzepał go" wymówionym przez 3 osoby. W miejscach, w których występowały spółgłoski bezdźwięczne lub ciche zastosowano interpolację.

W tabelach 1, 2 kolumnach III i IV zestawiono wyniki aproksymacji sylab lub sylaby zawartej między sylabami akcentowanymi, w kolumnie I przedstawiono wyniki aproksymacji przebiegów F_0 w sylabie początkowej, w kolumnie II przedstawiono wyniki aproksymacji w sylabie lub sylabach końcowych.

Analizując funkcje aproksymujące przebiegi F_0 w sylabach między

akcentami stwierdza się, że współczynniki b i c są małe, a więc funkcje mają przebiegi łagodne. Współczynnik $b < 0$, stosunek $\frac{b}{c}$ jest różny, zatem miejsce ekstremum zmienia się w szerokim zakresie. Współczynnik "a" jest prawie równy "jeden" (wynika to z faktu, że funkcje te powinny posiadać wartość minimalną równą "jeden", przy małych wartościach b i c). Wyjątkowo w trzech przypadkach na 48 wystąpiła aproksymacja funkcją rosnącą, dla głosów GD i PD w zdaniu "lech wytrzepał" oraz dla GD w zdaniu "lech wytrzepał go dziś".

Na rys. 9 przedstawiono przebiegi częstotliwości podstawowej w tych zdaniach. Widoczne jest, że przebiegi F_0 na drugiej sylabie rozpoczynają się od częstotliwości bardzo wysokich (wyższych niż w przypadku sylab poprzednich). W pozostałych przypadkach zakresy zmian parametru F_0 na obu sylabach akcentowanych są podobne.

W przypadku aproksymacji sylab na końcu wypowiedzi charakterystyczny jest współczynnik $b < 0$ oraz duży stosunek $\frac{b}{c}$ a więc miejsce ekstremum jest poza przedziałem aproksymacji. Wszystkie funkcje są malejące lub malejące i w końcowym odcinku lekko rosnące. Zakres zmian częstotliwości jest różny zależnie od stopnia przenoszenia spadku F_0 z poprzedniej akcentowanej sylaby. Również i w tym przypadku można zauważyć predyspozycje intonacyjne poszczególnych osób. Największy zakres zmian częstotliwości we wszystkich analizowanych przypadkach występuje dla głosu BS, a najmniejszy dla głosu ESz.

Dla głosu ESz cały spadek częstotliwości przypada zawsze na sylabę akcentowaną.

Wnioski

Przyjęty materiał językowy pozwolił na szczegółowe zbadanie możliwości zastosowanego modelu opisu zmian częstotliwości podstawowej w wyrazach i w zdaniach. Została potwierdzona ogólna teza mówiąca, że zasadniczy wpływ na przebiegi F_0 w zdaniach ma miejsce występowanie akcentu. Potwierdzony został również bardzo znaczny wpływ struktury gramatycznej zdania na przebiegi częstotliwości podstawowej w obrębie poszczególnych sylab. Wyniki pracy wskazują na bardzo dużą zawartość cech osobniczych w przebiegach parametru F_0 . W wielu przypadkach zauważa się bardzo charakterystyczny

dla niektórych osób sposób zmian częstotliwości podstawowej niezależnie od struktury gramatycznej zdania. Zastosowany model opisu parametru F_0 może być użyteczny w przypadku formułowania reguł syntezy. Dokonanie jednak obiektywnej oceny poprawności aproksymacji przebiegów F_0 może odbyć się jedynie za pomocą syntezy. Trudno jest bowiem ocenić czy wyłączenie kierowanie się kryterium minimum sumy kwadratów różnic funkcji i przebiegu aproksymowanego jest wystarczające. W pracy nie podano analizy błędów aproksymacji (poprzestając na wizualnej ocenie przebiegu aproksymowanego i funkcji) z tego powodu, że nie ma ścisłego kryterium według którego należałoby uznać, że wykonana aproksymacja jest bardziej lub mniej poprawna. Zakładając nawet, że wprowadzono zbyt duże uproszczenie otrzymane wyniki analiz są dość konsekwentne i zachęcające do wykorzystania proponowanego modelu w zagadnieniach, w których będzie on wystarczająco poprawny np. w nauce intonacji języka, rehabilitacji osób o uszkodzonych narządach fonacyjnych oraz rewalidacji mowy u osób głuchych.

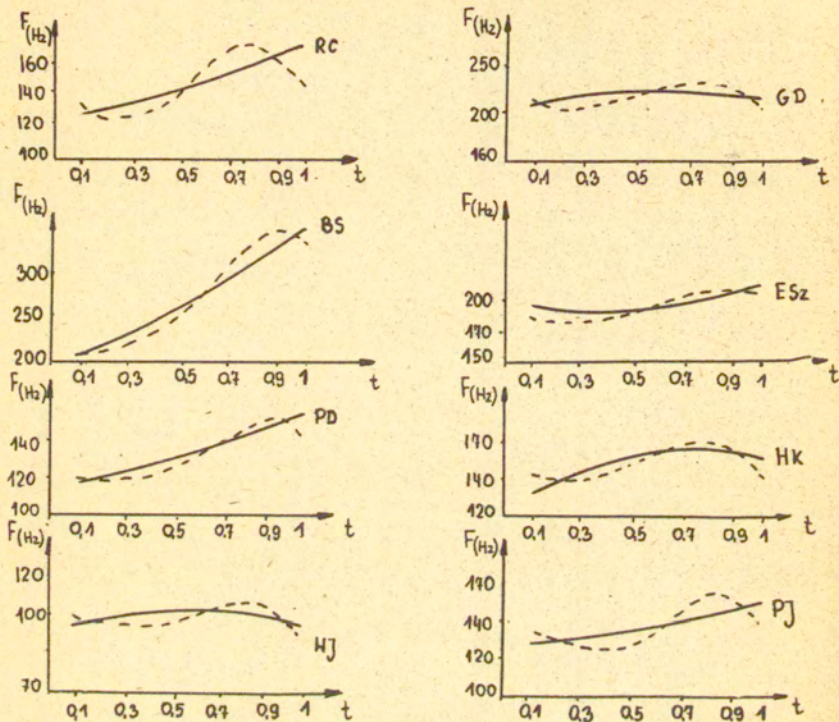
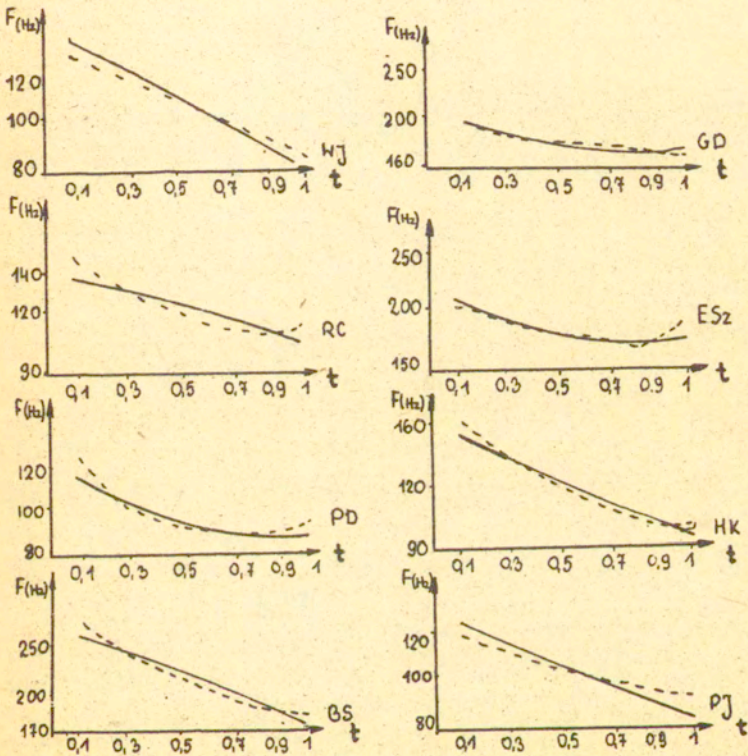
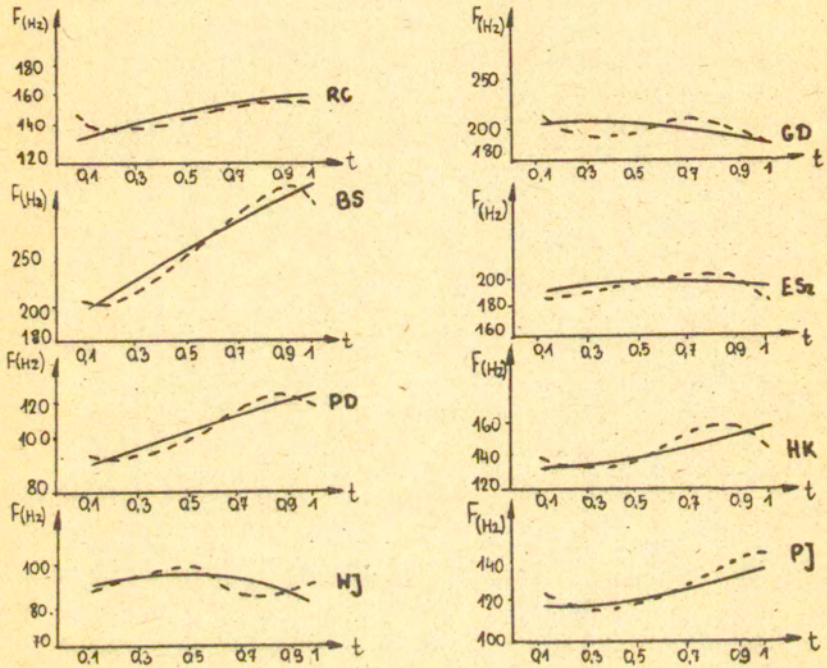


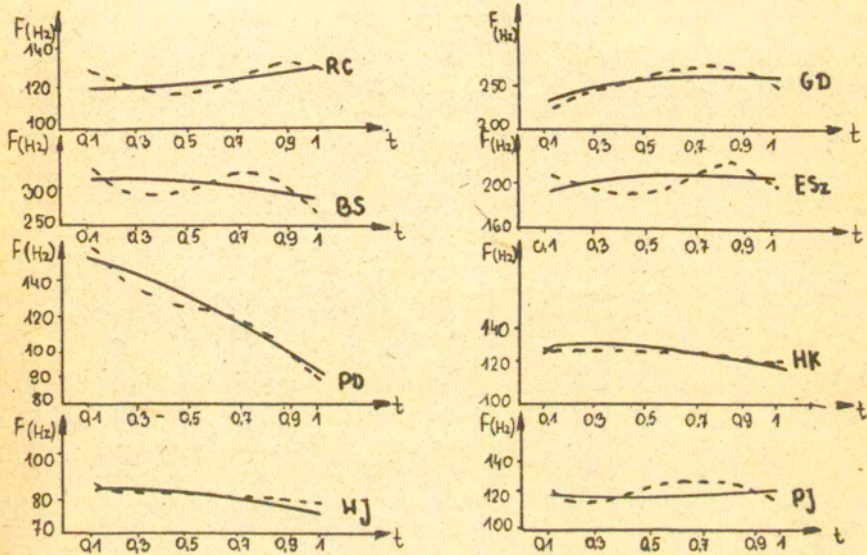
Fig. 3. Przebiegi częstotliwości podstawowej i ich aproksymacje w zdaniu "lech trze". Funkcję aproksymującą zaznaczono linią ciągłą a/ sylaba "lech".



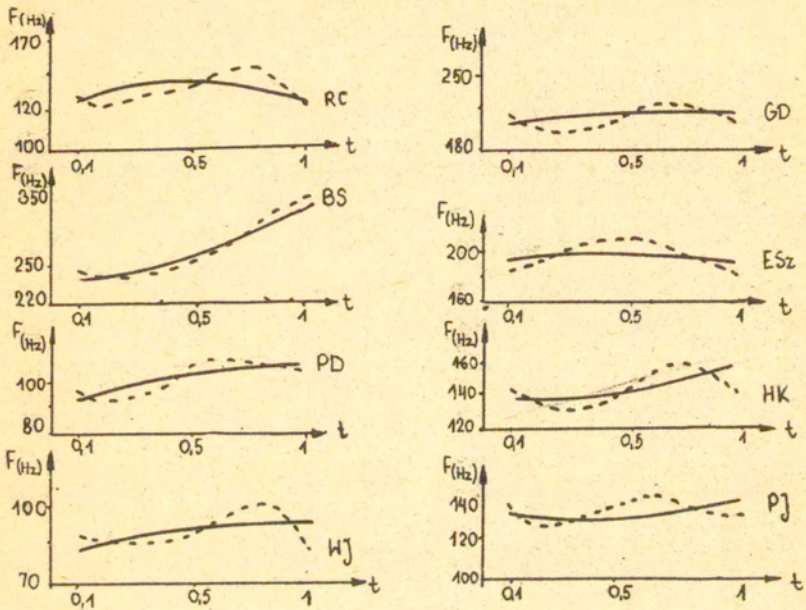
Ryc. 3. Przebiegi częstotliwości podstawowej i ich aproksymacje w zdaniu "lech trze"
b/ sylaba "trze".



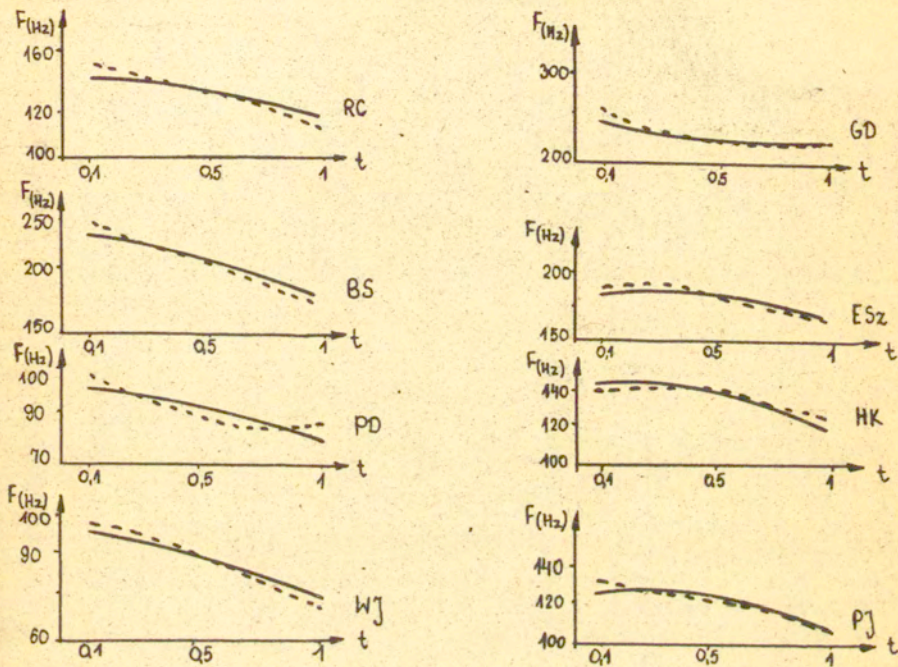
Ryc. 4. Przebiegi częstotliwości podstawowej i ich aproksymacje w zdaniu "lech wytrze" a/ sylabie "lech".



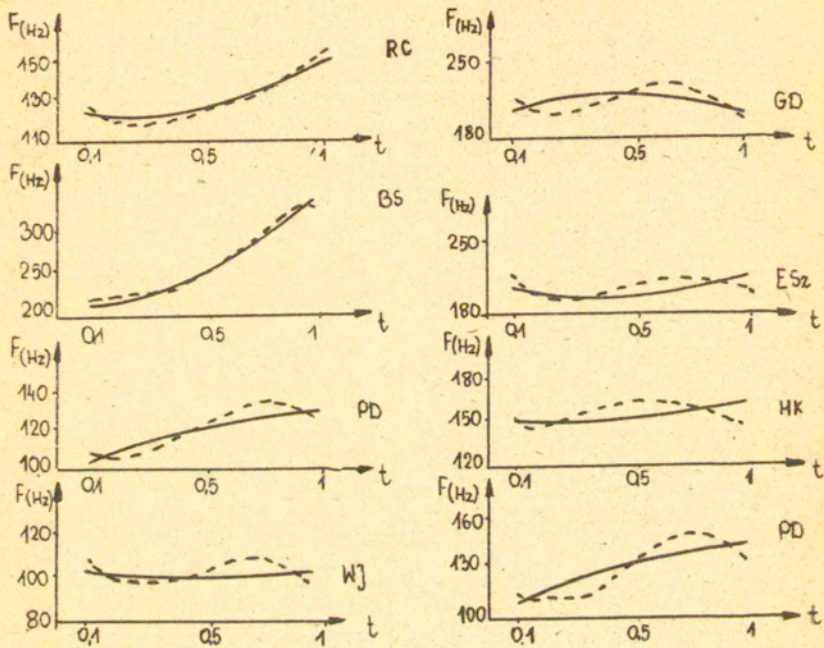
Ryc. 4. Przebiegi częstotliwości podstawowej i ich aproksymacje w zdaniu "lech wytrze" b/ sylaba "trze".



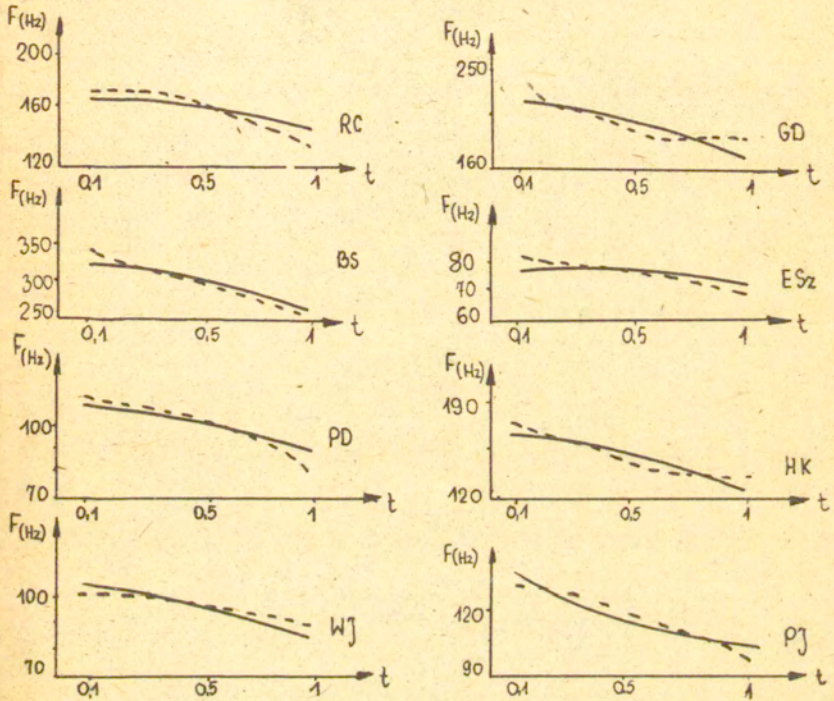
Ryc. 5. Przebiegi częstotliwości podstawowej i ich aproksymacje w zdaniu "lech nie wytrzeпаł"
a/ sylaba "lech".



Ryc. 5. Przebiegi częstotliwości podstawowej i ich aproksymacje w zdaniu "lech nie wytrzepeł" b/ sylaba "trze".



Ryc. 6. Przebiegi częstotliwości podstawowej i ich aproksymacje w zdaniu "lech nie wytrzepeł go dziś" a/ sylaba "lech".



Ryc. 6. Przebiegi częstotliwości podstawowej i ich aproksymacje w zdaniu "lech nie wytrzepał go dziś" b/ sylaba "trze".

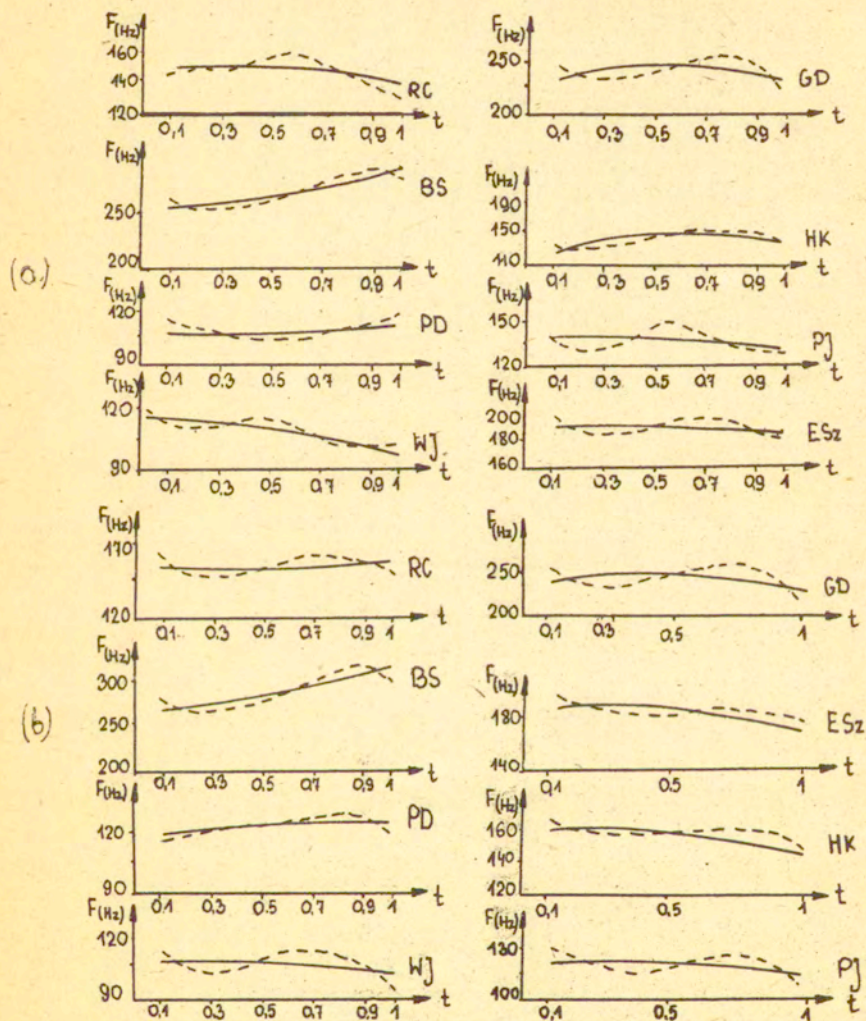


Fig. 7. Przebiegi częstotliwości podstawowej i ich aproksymacje w zdaniu
 a/ "staś wie", sylaba "staś",
 b/ "staś powie", sylaba "staś".

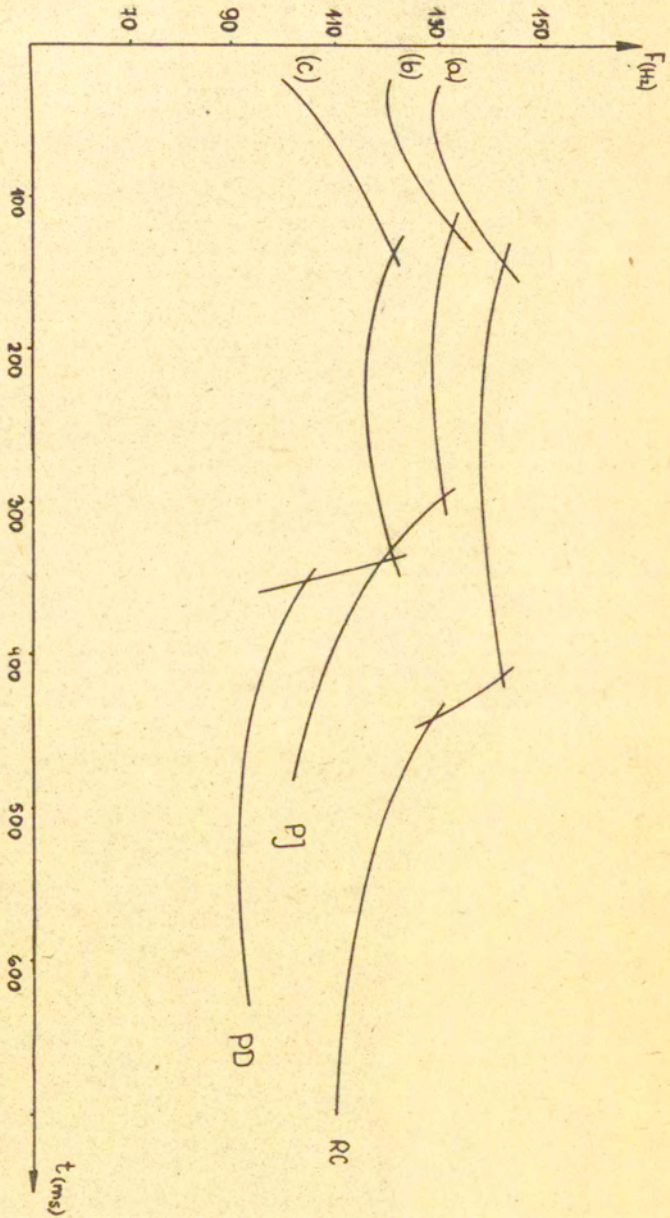
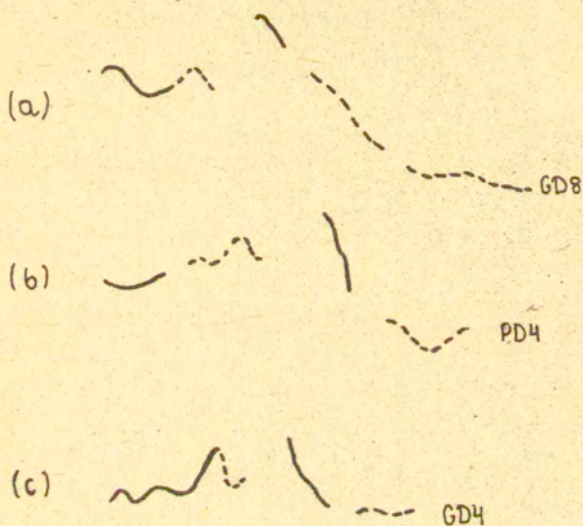


Fig. 8. Aproxymacje przebiegów częstotliwości podstawowej w zdaniu "Jech wytrzepał Go"
a/ f_{105} PD
b/ f_{105} PJ
c/ f_{105} RC
Aproxymacji dokonano na sylabach akcentowanych, między nimi oraz na sylabach końcowych.



Ryc. 9. Przebiegi częstotliwości podstawowej
a/ w zdaniu "lech wytrzepał", głos GD4,
b/ w zdaniu "lech wytrzepał", głos PD4,
c/ w zdaniu "lech wytrzepał go dziś", głos GD8.
Sylaby akcentowane zaznaczono linią ciągłą.

Tabela 1.

Wyniki aproksymacji przebiegów częstotliwości podstawowej-lista I.

		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
1	lech trze	BS	1	0,84	-0,055	0,58	0,095	1				
		PD	2	0,85	-0,06	0,43	0,14	2				
		PJ	3	0,91	-0,035	0,35	0,1	3				
		HK	4	1,2	0,08	-0,1	0,8	4				
		RC	5	0,97	0,001	0,27		5				
		ES	6	0,88	-0,06	0,24	0,25	6				
		GD	7	1,26	0,09	-0,15	0,6	7				
		WJ	8	1,24	0,065	-0,14	0,46	8				
		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
lech trze	BS	1	0,75	-0,25	0,35	0,7	1					
	PD	2	1,06	-0,13	0,02		2					
	PJ	3	1,08	-0,08	-0,012		3					
	HK	4	1,53	-0,004	-0,43		4					
	RC	5	1,52	0,02	-0,45	0,05	5					
	ES	6	0,85	-0,16	0,24	0,7	6					
	GD	7	1	-0,1	0,007		7					
	WJ	8	1,31	-0,05	-0,3		8					
		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
2	lech wytrze	BS	1	0,84	-0,058	0,57	0,1	1				
		PD	2	0,98	0,003	0,33		2				
		PJ	3	0,75	-0,11	0,56	0,19	3				
		HK	4	1,16	0,07	-0,07	1	4				
		RC	5	0,69	-0,16	0,63	0,25	5				
		ES	6	1,04	0,012	-0,014	0,86	6				
		GD	7	0,96	-0,04	0,12	0,33	7				
		WJ	8	1,24	0,03	-0,16	0,2	8				
		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
lech wytrze	BS	1	0,83	-0,13	0,28	0,46	1	1	-0,19	0,1	0,1	
	PD	2	2,3	0,14	-0,8	0,175	2	0,99	-0,03	0,053	0,1	
	PJ	3	1,29	0,1	-0,2	0,5	3	0,99	-0,08	0,04	0,57	
	HK	4	2,02	0,27	-0,7	0,38	4	1	-0,11	0,04	2	
	RC	5	0,72	-0,19	0,45	0,42	5					
	ES	6	0,85	-0,1	0,25	0,4	6	1	-0,07	0,07		
	GD	7	1,09	0,024	-0,05	0,48	7					
	WJ	8	1,41	0,08	-0,24	0,33	8	1	-0,06	0,04		

		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
3	lech trzepeł	BS	1	0,90	-0,022	0,44	0,05	1				
		PD	2	0,8	-0,07	0,45	0,16	2				
		PJ	3	0,69	-0,15	0,61	0,24	3				
		HK	4	1,2	0,09	-0,09	1	4				
		RC	5	0,74	-0,1	0,52	0,2	5				
		ES	6	1	-0,01	0,03	0,3	6				
		GD	7	0,84	-0,11	0,2	0,5	7				
		WJ	8	0,91	-0,13	0,2	0,15	8				
		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
	lech wyrzepeł	BS	1	1,14	-0,08	-0,15		1	1	-0,15	0,013	
		PD	2	1,5	0,02	-0,42	0,04	2	1,01	-0,08	0,007	
		PJ	3	1,11	-0,05	-0,11		3	1	-0,07	0,007	
		HK	4	1,53	0,12	-0,43	0,28	4	1	-0,12	0,02	
		RC	5	1,03	-0,03	-0,03	1	5	0,99	-0,07	0,07	
		ES	6	1,15	0,02	-0,14	0,14	6				
		GD	7	2	0,17	-0,7	0,24	7	1,08	0,04	0,005	
		WJ	8	2,2	0,18	-0,78	0,23	8	0,99	-0,04	0,023	
		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
4	lech wyrzepeł	BS	1	0,74	-0,09	0,68	0,13	1	0,99	-0,08	0,12	0,7
		PD	2	1,09	0,04	-0,015		2	1	0,002	0,3	
		PJ	3	0,67	-0,23	0,61	0,38	3	0,99	-0,08	0,001	
		HK	4	0,89	-0,06	0,26	0,23	4	0,99	-0,04	0,086	0,46
		RC	5	0,94	-0,02	0,24	0,08	5	0,99	-0,035	0,14	0,25
		ES	6	0,74	-0,16	0,5	0,32	6	1	-0,055	0,085	0,6
		GD	7	1,09	0,03	-0,07		7	1	0,009	0,3	
		WJ	8	1,02	0,04	-0,16	0,25	8	0,99	-0,03	0,08	0,37
		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
	lech wyrzepeł	BS	1	1,3	-0,05	-0,3		1	1	-0,12	0,001	
		PD	2	2,1	0,13	-0,76	0,17	2	0,99	-0,05	0,12	
		PJ	3	1,84	0,16	-0,61	0,26	3	1	-0,06	-0,03	
		HK	4	1,22	0,0002	-0,22	0,001	4	0,99	-0,09	-0,0045	
		RC	5	1,26	0,01	-0,23	0,04	5	1	-0,11	0,034	
		ES	6	1,33	0,044	-0,3	0,15	6	0,99	-0,036	0,045	0,8
		GD	7	1,15	-0,02	0,153	0,13	7				
		WJ	8	1,44	0,03	-0,36	0,08	8	0,99	-0,05	0,03	

		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$
5	BS	1	0,91	-0,03	0,48	0,06	1	1	-0,08	0,06	1,33
	PD	2	1,08	0,044	0,08		2	1,0	-0,06	0,18	0,3
	PJ	3	0,78	-0,1	0,41	0,24	3	1	-0,056	0,1	0,6
	HK	4	1,14	0,07	0,0002		4	1	-0,057	0,005	
	RC	5	0,79	-0,12	0,44	0,27	5	1	-0,035	0,1	0,3
	ESz	6	1,16	0,04	-0,13	0,32	6	0,99	-0,004	0,16	0,02
	GD	7	1,04	-0,016	-0,02		7	1	-0,014	0,21	0,07
	WJ	8	1,4	0,11	-0,33	0,3	8	0,98	-0,008	0,01	0,8
		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$
lech wytrzeptał go	BS	1	1,19	0,023	-0,18	0,13	1	0,99	-0,16	-0,0015	
	PD	2	1,58	0,035	-0,47	0,07	2	0,99	-0,06	0,044	
	PJ	3	1,03	-0,06	-0,04		3	1,03	-0,1	0,0007	
	HK	4	1,01	-0,12	0,0001		4	0,99	-0,1	-0,0001	
	RC	5	1,55	0,1	-0,44	0,22	5				
	ESz	6					6	0,98	-0,05	0,07	
	GD	7	1,5	0,08	-0,42	0,19	7				
	WJ	8	1,18	-0,05	-0,17		8	1,01	-0,06	0,05	
		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$
6	BS	1	0,72	-0,14	0,62	0,22	1	1,01	-0,1	0,2	0,5
	PD	2	1,28	0,1	-0,16	0,63	2	1,03	-0,06	0,27	0,2
	PJ	3	0,94	-0,05	0,17	0,3	3	1	-0,04	0,1	0,4
	HK	4	0,98	-0,004	0,13	0,03	4	1,1	-0,057	0,08	0,7
	RC	5	1,2	0,06	-0,14	0,32	5				
	ESz	6	1,19	0,054	-0,13	0,41	6	1	-0,025	0,07	0,36
	GD	7	1,01	0,003	0,07		7	1,01	-0,05	0,11	0,45
	WJ	8	1,6	0,17	-0,4	0,4	8	1	-0,05	0,16	0,31
		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$
lech nie wytrzeptał	BS	1	1,78	0,11	-0,58	0,2	1				
	PD	2	1,25	-0,009	-0,23	0,04	2				
	PJ	3	1,3	0,02	-0,26	0,07	3				
	HK	4	1,09	-0,06	-0,1		4				
	RC	5	1,31	0,01	-0,28	0,04	5				
	ESz	6	1,55	0,07	-0,3	0,23	6				
	GD	7	0,9	-0,15	0,12	1	7				
	WJ	8	1,4	0,04	-0,4	0,1	8				

		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
7	lech nie wytrzepał go	BS	1	0,027	0,45		1	1	-0,07	0,04		
		PD	2	0,95	-0,02	0,1	0,2	2	1,02	-0,08	0,06	
		PJ	3	1	0,002	0,11		3	1	-0,07	0,065	1,08
		HK	4	0,98	-0,01	0,1	0,1	4	0,99	-0,06	0,19	0,32
		RC	5	0,89	-0,04	0,34	0,12	5	1,01	-0,02	0,13	0,15
		ESz	6	1,18	0,04	-0,13	0,31	6				
		GD	7	1,11	0,01	-0,01	1	7	1,02	-0,04	0,24	0,17
		WJ	8	1,79	0,2	-0,54	0,37	8	1	-0,06	0,06	
		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
	lech nie wytrzepał go	BS	1	1,39	-0,004	-0,34		1	1	-0,12	-0,02	
		PD	2	1,24	-0,0001	-0,18		2	1,01	-0,06	0,11	0,54
		PJ	3	1,06	-0,03	-0,07		3	0,99	-0,08	0,04	
		HK	4	0,97	-0,13	0,036		4	0,99	-0,03	0,08	
		RC	5	1,01	-0,08	-0,02		5	1	-0,01	-0,06	
		ESz	6	1,23	0,023	-0,21		6				
		GD	7	1,9	0,16	-0,62	0,23	7	0,99	-0,09	0,036	
		WJ	8	1,06	-0,13	-0,06		8	1	-0,06	0,08	
		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
8	lech wytrzepał go dziś	BS	1	0,93	-0,01	0,42	0,02	1	1	-0,1	0,18	0,2
		PD	2	1,16	0,08	0,07		2	1,03	-0,11	0,21	0,5
		PJ	3	1,06	0,03	0,1		3	1	-0,04	0,11	0,36
		HK	4	1,3	0,11	-0,2	0,5	4	1	-0,07	0,15	0,5
		RC	5	1,07	0,02	0,078		5	1	-0,05	0,12	0,38
		ESz	6	1,24	0,035	-0,15	0,23	6	1	-0,07	0,14	0,5
		GD	7	1,45	0,08	-0,36	0,2	7	1	-0,02	0,1	0,2
		WJ	8	1,21	0,08	-0,11	0,3	8				
		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
	lech wytrzepał go dziś	BS	1	1,3	0,03	-0,27	0,1	1	1	-0,16	0,1	
		PD	2	1,33	0,07	-0,3	0,2	2	1,06	-0,1	0,12	
		PJ	3	1,27	-0,008	-0,25		3	1	-0,08	0,05	
		HK	4	1,65	0,23	-0,5	0,5	4	1	-0,1	0,05	
		RC	5	1,07	-0,006	-0,07	0,22	5	1	-0,1	0,052	
		ESz	6	1,12	-0,003	-0,1		6	1	-0,06	0,03	
		GD	7	1,3	0,08	-0,42	0,2	7	0,99	-0,17	0,0006	
		WJ	8	1,33	0,05	-0,29	0,19	8	1,01	-0,067	0,036	

		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$
9	BS	1	0,88	-0,03	0,57	0,05	1	0,99	-0,04	0,17	0,2
	PD	2	1,01	0,02	0,2		2	0,99	-0,07	0,1	0,7
	PJ	3	1,38	0,12	-0,08		3	1	-0,01	0,12	0,08
	HK	4	1,05	0,037			4	1	-0,04	0,13	0,3
	RC	5	0,8	-0,08	0,47	0,17	5	1	-0,013	0,26	0,05
	ESz	6	0,81	-0,1	0,33	0,3	6	1	-0,03	0,19	0,16
	GD	7	1,17	0,04	-0,13	0,3	7	0,99	0,013	0,36	
	WJ	8	1,14	0,011	-0,04	0,28	8	0,99	-0,02	0,1	0,2
		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$
lech nie wytrzymał go dzisiaj	BS	1	1,44	0,07	-0,37	0,1	1	0,99	-0,16	0,04	
	PD	2	1,44	0,035	-0,37	0,1	2	1	-0,025	0,07	
	PJ	3	1,72	0,1	-0,5	0,2	3	1	-0,03	0,03	
	HK	4	1,43	0,07	-0,3	0,2	4	1,07	-0,1	0,02	
	RC	5	1,33	0,04	-0,3	0,13	5	1	-0,11	0,02	
	ESz	6	1,18	0,053	-0,17	0,3	6	1,01	-0,08	0,03	
	GD	7	1,36	0,02	-0,32	0,06	7	1	-0,08	-0,02	
	WJ	8	1,32	0,035	-0,29	0,12	8				

Tablica 2.

Wyniki aproksymacji przebiegów częstotliwości podstawowej-lista II.

Staż wie		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$
		1	BS	1	0,96	-0,01	0,21	0,05	1		
	PD	2	0,76	-0,13	0,42	0,3	2				
	PJ	3	1,19	0,04	-0,12	0,33	3				
	HK	4	1,3	0,1	-0,24	0,41	4				
	RC	5	1,5	0,13	-0,37	0,35	5				
	ESz	6	0,94	-0,05	0,12	0,42	6				
	GD	7	1,12	0,04	-0,08	0,5	7				
	WJ	8	1,3	0,04	-0,3	0,13	8				
Staż wie		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$
		BS	1	2,2	0,1	-0,8	0,12	1			
	PD	2	1,38	-0,07	-0,22		2				
	PJ	3	1,03	-0,05	0,04		3				
	HK	4	1,9	0,13	-0,71	0,18	4				
	RC	5	1,4	0,035	-0,29	0,12	5				
	ESz	6	1,4	0,0006	-0,36	0,002	6				
	GD	7	0,6	-0,32	0,7	0,48	7				
	WJ	8	2,1	0,6	-0,8	0,7	8				
Staż powie		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$
		BS	1	0,91	-0,02	0,3	0,67	1			
	PD	2	1,11	0,04	0,31		2				
	PJ	3	1,1	0,01	-0,09	0,1	3				
	HK	4	1,6	0,09	-0,04	0,22	4				
	RC	5	0,86	-0,1	0,2	0,5	5				
	ESz	6	1,1	0,002	-0,08	0,01	6				
	GD	7	1,3	0,05	-0,19	0,26	7				
	WJ	8	2,4	0,21	-0,8	0,26	8				
Staż powie		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$
		BS	1	1,1	-0,1	-0,1		1	1,12	-0,06	0,02
	PD	2	1,02	-0,06	-0,003		2	1,13	0,04	-0,08	0,5
	PJ	3					3				
	HK	4	1,34	-0,02	-0,3		4	0,9	-0,06	0,26	0,23
	RC	5	1,67	0,05	-0,5	0,1	5	0,9	-0,08	0,18	0,44
	ESz	6	1,5	0,06	-0,4	0,15	6	0,95	-0,05	0,1	0,5
	GD	7	1,29	-0,01	-0,26		7	0,96	-0,04	0,2	0,2
	WJ	8	1,9	0,14	-0,6	0,23	8	1,05	-0,035	0,001	

3	Staż powieździałby	I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
		BS	1	0,7	-0,17	0,53	0,32	1	1	-0,06	0,12	0,5
		PD	2	1,18	0,06	-0,1	0,6	2	1	-0,02	0,05	0,42
		PJ	3	1	0,03	-0,4		3				
		HK	4	1,71	0,16	-0,46	0,35	4	0,99	-0,05	0,11	0,45
		RC	5	1,26	0,021	-0,19	0,11	5	1	-0,04	0,12	0,33
		ESz	6	1,5	0,09	-0,37	0,24	6	1	-0,02	0,27	0,07
		GD	7	2,33	0,26	-0,8		7	1	-0,07	0,19	0,37
		WJ	8	0,99	-0,004	0,03	0,14	8	1	-0,05	0,06	0,8
4	Staż powieździał	III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
		BS	1	2,1	0,17	-0,75	0,23	1	1,04	-0,1	-0,03	
		PD	2	1,46	0,08	-0,35	0,23	2	1	-0,04	0,08	0,5
		PJ	3					3				
		HK	4	1,4	0,12	-0,38	0,31	4	0,98	-0,04	0,14	0,28
		RC	5	1,18	0,04	-0,08	0,5	5	1	-0,08	0,14	0,57
		ESz	6	2,01	0,21	-0,61	0,34	6	1,04	-0,02	-0,03	
		GD	7	2,24	0,18	-0,81	0,22	7	0,99	-0,07	0,19	0,37
		WJ	8	1,22	0,05	-0,12	0,4	8	0,9	-0,11	0,21	0,52
4	Staż powieździał	I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
		BS	1	1,05	0,04	0,07		1	1	0,05	0,05	
		PD	2	1,24	0,07	-0,19	0,37	2	1	-0,01	0,03	0,3
		PJ	3	0,86	-0,1	0,19	0,53	3	1	-0,02	0,07	0,27
		HK	4	0,78	-0,15	0,36	0,42	4	1	-0,05	0,06	0,83
		RC	5	1,02	0,02	0,1		5	1	-0,03	0,003	
		ESz	6	1	0,94	-0,01		6	1	-0,05	0,03	
		GD	7	1,26	0,12	-0,8		7	1	-0,08	0,08	1
		WJ	8	1,31	0,1	-0,22	0,45	8	1	-0,02	0,05	0,4
4	Staż powieździał	III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
		BS	1	2,1	0,13	-0,7	0,18	1	1,28	-0,03	-0,14	
		PD	2	1,37	0,004	-0,33	0,01	2	1	-0,014	0,05	
		PJ	3	1,67	0,09	-0,47	0,19	3	0,78	-0,18	0,46	
		HK	4	1,7	0,16	-0,56	0,29	4	0,95	-0,1	0,17	
		RC	5	1,6	0,11	-0,43	0,26	5	0,97	-0,04	0,18	
		ESz	6	1,56	0,07	-0,4	0,18	6	1,02	-0,01	0,03	
		GD	7	1,96	0,14	-0,7	0,2	7	0,9	-0,09	0,2	
		WJ	8	1,45	0,02	-0,33	0,06	8	1	-0,06	0,06	

5		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$
		BS	1	1,02	0,016	0,08	0,4	0,4	1	0,99	-0,05
PD	2	0,75	-0,17	0,4	0,9	0,4	2	1	-0,01	0,05	0,2
PJ	3	0,99	-0,11	0,12	0,4	0,9	3	1	-0,27	0,12	1
HK	4	1,38	0,13	-0,28	0,4	0,46	4	0,99	-0,04	0,04	1
RC	5	1,09	0,02	-0,05	0,4	0,4	5	1	-0,06	0,15	0,4
ESz	6	1,06	0,007	0,017	0,27	0,17	6	1	-0,01	0,16	0,06
GD	7	0,65	-0,2	0,73	0,38	0,27	7				
WJ	8	1,89	0,21	-0,56	0,38	0,38	8	0,99	-0,06	0,17	0,35
		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$	IV	a	b	c	$\frac{b}{c}$
BS	1	2,3	0,21	-0,78	0,27	0,27	1	1,05	-0,09	0,07	
PD	2	1,78	0,1	-0,5	0,35	0,2	2	1,05	-0,04	0,07	0,6
PJ	3	1,49	0,13	-0,37	0,37	0,35	3	1	-0,05	0,05	1
HK	4	1,96	0,22	-0,6	0,36	0,37	4	1,02	-0,03	0,07	
RC	5	1,99	0,23	-0,63	0,26	0,36	5	0,86	-0,11	0,34	0,32
ESz	6						6	1	-0,04	0,01	
GD	7	2,4	0,21	-0,86	0,24	0,24	7	0,97	-0,06	0,17	0,35
WJ	8	1,31	0,07	-0,27	0,26	0,26	8	0,65	-0,2	0,73	0,27

Tabela 3.

Wyniki aproksymacji przebiegów częstotliwości podstawowej
w zdaniu "Staszek wie"

Staszek wie	I						II					
		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$	
	RC	1	1,85	0,23	-0,58	0,39	1	1	-0,04	0,19	0,19	
	PD	2	1,21	0,048	-0,18	0,27	2	1	-0,01	0,12	0,08	
	ESz	3	1,34	0,07	-0,25	0,28	3	1	-0,03	0,22	0,14	
	BS	4	1,07	0,04	0,07		4	1,01	-0,1	0,011		
	HK	5	1,24	0,1	-0,2	0,5	5	1,02	-0,04	0,06	0,7	
	GD	6	1,23	0,08	-0,18	0,44	6	1,02	-0,07	0,07	1	
	WJ	7	1,5	0,09	-0,5	0,2	7	1	-0,09	0,08	0,5	
	PJ	8	0,88	-0,09	0,18	0,5	8	1,02	-0,04	0,1	0,4	
III												
	I	a	b	c	$\frac{b}{c}$							
RC	1	1,62	0,09	-0,43	0,2							
PD	2	1,13	-0,05	-0,03								
ESz	3	1,02	-0,05	0,04	1,25							
BS	4	2	0,09	-0,8	0,11							
HK	5	2,15	0,18	-0,8	0,22							
GD	6	1,3	0,05	-0,3	0,17							
WJ	7	1,7	0,09	-0,55	0,16							
PJ	8	1,1	-0,05	0,12	0,42							

Tabela 4.

Wyniki aproksymacji przebiegów częstotliwości podstawowej
w zdaniu "leszek wie"

		I	a	b	c	$\frac{b}{c}$	II	a	b	c	$\frac{b}{c}$
	PD	1	1,5	0,18	-0,28	0,64	1	1,02	-0,09	0,13	0,69
	GD	2	1,12	-0,003	-0,09		2	1	-0,04	0,35	0,11
	ESz	3	0,99	-0,02	0,06	0,33	3	0,98	-0,05	0,2	
	BS	4	0,93	-0,02	0,29	0,07	4	1,01	-0,14	0,19	0,74
	RC	5	0,91	-0,05	0,2	0,25	5	1	-0,02	0,13	0,15
	HK	6	1,07	0,028	0,25		6	0,99	-0,04	0,11	0,36
	PJ	7	1,08	0,08	0,098		7	1	-0,07	0,07	
	WJ	8	1,09	0,022	-0,05	0,04	8	1	-0,035	0,22	0,16
		III	a	b	c	$\frac{b}{c}$					
	PD	1	1	-0,3	0,07						
	GD	2	0,95	-0,15	0,041						
	ESz	3	0,94	-0,09	0,08						
	BS	4	0,9	-0,08	0,1						
	RC	5	0,84	-0,24	0,19						
	HK	6	0,92	-0,15	0,16						
	PJ	7	0,99	-0,07	0,07						
	WJ	8	1,1	-0,07	-0,11						

BIBLIOGRAFIA

- [1] BRANDT, S. : Metody statystyczne i obliczeniowe analizy danych, PWN, Warszawa, 1978.
- [2] DEMENKO, G. : Normalizacja przebiegów częstotliwości podstawowej, Prace IPPT 26/81, Warszawa, 1981.
- [3] FUJISAKI, H. : Dynamic characteristics of Voice Fundamental Frequency in Speech and Singing, The Fourth F.A.S.E. Symposium Contributed papers, 57-69, Wenecja, 1981.
- [4] KLOKER, D. : A technique for the automatic location and description of pitch contours, IEEE Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 55-58, Philadelphia, 1976.
- [5] KUBZDELA, H. : Automatyczna ekstrakcja częstotliwości tonu podstawowego oraz pierwszych trzech formantów sygnału mowy, Prace IPPT 51/1973.
- [6] MYTKOWSKI, K. : Kanał funkcji analogowych typ KF-01 do wprowadzania i wyprowadzania informacji w systemie "On-line" do/z pamięci minikomputera Momik 8B/100, Prace IPPT 39/1976.
- [7] OHMAN, S. : Word and Sentence Intonation : A Quantitative Model "Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report, STL-QPSR, 2/3/1967, 20-54, 1967.
- [8] OLIVE, J. : Fundamental frequency for the synthesis of simple declarative English Sentences, JASA, vol. 57, No. 2, 476-482, 1975.
- [9] RALSTON, A. : Wstęp do analizy numerycznej, PWN, Warszawa, 1975.
- [10] RAMISZWILI, G. : Rieczewoj signal i individualnost' gołosa, Tbilisi, 1976.