

Meranie časovej modulácie rečového signálu

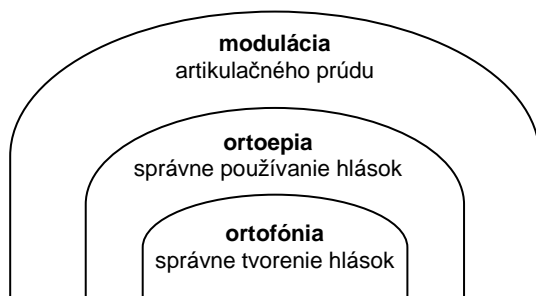
Július Zimmermann, Filozofická fakulta PU, zimmer@unipo.sk

Kľúčové slová: rečový signál, suprasegmenty, sonantické jadro slabiky, kvantita, pauza, tempo, rytmus

Keywords: speech signal, suprasegments, sonantic core of syllable, quantity, pause, speech rate, rhythm

1. Úvod

Proces nácviku správnej výslovnosti pri výučbe cudzieho jazyka, ale aj jazyka materinského, má isté osvedčené zákonitosti. Na prvé miesto sa zvyčajne kladie potreba zvládnuť správne tvorenie hlások patriacich do inventára cieľového jazyka, ide teda o ortofonickú zručnosť. Druhým krokom je nácvik správneho používania hlások, keď sa študent učí vytvárať sekvenciu zvukov podľa ortoepických pravidiel. Vrcholom artikulačných zručností je modulácia artikulačného prúdu, určovanie suprasegmentálnych (prozodických) vlastností reči v časovej, silovej a tónovej rovine (obr. 1).



Obr. 1. Tri stupne nácviku správnej výslovnosti.

Vzhľadom na to, že v tomto texte nám pôjde o metódy merania niektorých suprasegmentov, priblížime si najprv fyzikálnu podstatu jestvovania prozodických parametrov v najmenšej zvukovej jednotke súvislej reči, v slabike. Každá slabika má sonantické jadro, teda znelý segment, hlásku s periodickou štruktúrou. Znelé segmenty reči sú tvorené z väčšej časti zloženým tónom, fourierovským spektrom sínusových tónov, bytostne spätých s rezonanciou v artikulačných dutinách. Každý hovoriaci človek si od útleho veku osvojil schopnosť ovládať generovanie zložených tónov tak, že vie určiť jeho trvanie, výšku a hlasitosť. Z týchto troch schopností človeka sú odvodené tri odlišné modulácie artikulačného prúdu – časová modulácia (určovanie kvantity, pauzy, tempa a rytmu), silová modulácia (určovanie intenzity hlasu, prízvuku, dôrazu a emfázy) a tónová modulácia (určovanie hlasového registra a melódie).

Z predchádzajúceho odseku môže vyplývať, že ak sú známe metódy merania trvania tónu, jeho amplitúdy a frekvencie, meranie suprasegmentov nie je zložité. Skutočnosť je ale zložitejšia. Po prvé, sonantické jadrá slabík nie sú až tak jednoznačne zloženým tónom, pretože môžu obsahovať vysoký podiel šumu. Prítomnosť šumu môže zapríčiniť sám charakter hlásky, ďalej individuálna artikulácia hovoriaceho, alebo aj nepriaznivý pomer signál/šum. Po druhé, sonantické jadrá, predovšetkým na konci výpovede, mávajú zvyčajne menšiu amplitúdu než na začiatku výpovede. Malá amplitúda v prítomnom šume zaniká a preto pri jej detekcii kladie pomerne vysoké nároky na ľudský vnem. Tieto nároky väčšina metód analýzy signálu nezvláda. Po tretie, ak má byť niektorý z uvedených troch parametrov slabiky odmeraný, musia byť najprv jednoznačne určené hranice sonantického jadra. Tieto

hranice sa v experimentálnej fonetike mnohokrát musia určovať „ručne“, segmentovaním úseku signálu pri ich súčasnom vizuálnom pozorovaní na oscilogramy a pri ich percepcii. Po štvrté, treba spomenúť aj individuálne artikulačné návyky skúmaných osôb, hlavne pri vyššom tempe reči, keď je reč vďaka svojej redundancii síce zrozumiteľná, ale jej signál už taký jednoznačný nie je.

2. Základné princípy

V tejto kapitole sa budeme venovať základným princípom, z ktorých je odvodená podstata merania časových proporcií rečového signálu. Vychádzajme z toho, že rečový signál vo svojej digitálnej podobe je sekvenciou vzoriek – okamžitých hodnôt amplitúdy signálu – vyjadrených zvyčajne 16-bitovým binárnym číslom. Počet vzoriek signálu je daný nastavením procesu digitalizácie pri nahrávaní zvuku a vyplýva zo vzorkovacej teóremy. Vzorky sú uložené v pamäti počítača a každá z nich si svojim poradím „pamätá“, v ktorom časovom okamihu bola sňatá z hodnoty akustického tlaku. Pravda, vzorkovacia frekvencia je rovnako uložená v hlavičke zvukového súboru, jej hodnotou je daná perióda vzorkovania a z obidvoch údajov vyplýva všetko, čo potrebujeme na výpočet akejkoľvek časovej proporcie signálu. Východiskovým pracovným „poľom“ merania časovej modulácie reči je oscilogram, teda prostredie časovej domény signálu.

Pri ručných metódach merania experimentátor má k dispozícii viacero farebne odlíšených kurzorov, zvislých úsečiek na oscilogramy, ktorými určuje predovšetkým začiatok a koniec segmentu, ale aj iné miesta na časovej osi, určujúce časové okamihy spúšťania, resp. zastavovania algoritmov. Teda napr. ak je segment určený pomocou dvoch kurzorov, v každom programe na analýzu, alebo na editovanie zvukov je v reálnom čase na obrazovke vypísané aj trvanie segmentu v milisekundách. Segmentovanie, ktorým sa hľadá správny začiatok a koniec segmentu pri jeho súčasnej akustickej reprodukcii, je v porovnaní s analógovým segmentovaním pomocou magnetofónu a Janotovho segmentátora zo 70. rokov minulého storočia komfortnou činnosťou, problémy môžu vyplynúť jedine zo sporného vnemu hlásky s ohľadom na jej prienik do susednej hlásky v rozsahu tranzientu.

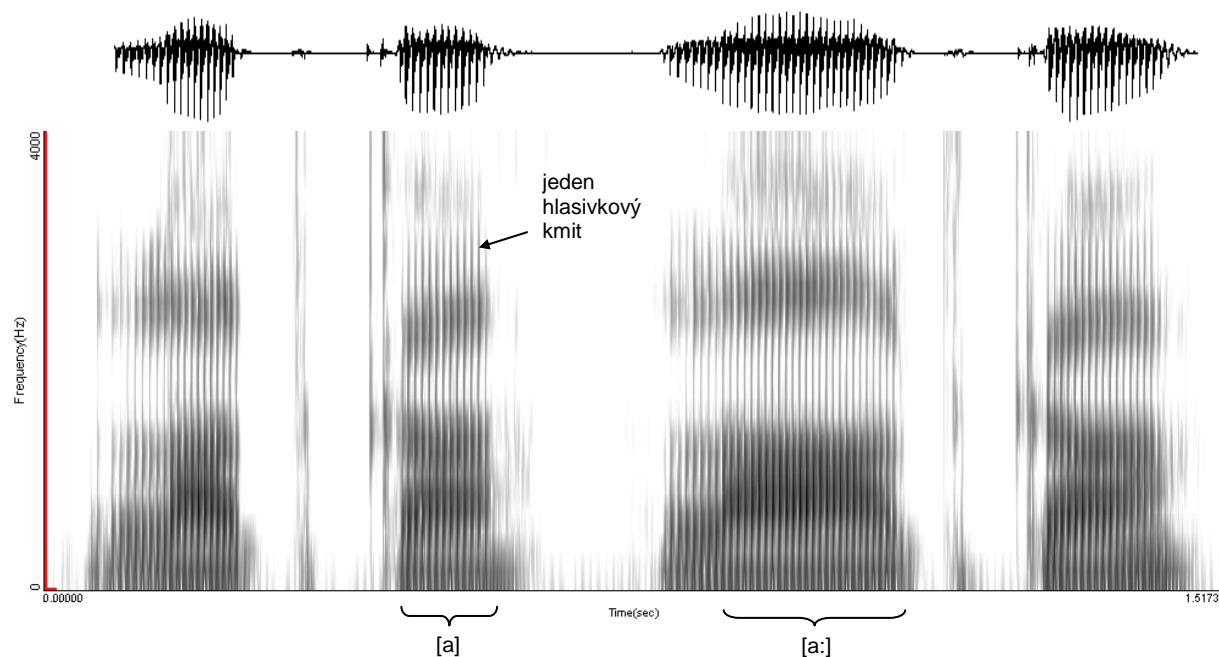
Pri automatických metódach merania, teda algoritmoch napísaných v niektorom programovacom jazyku, prebieha proces merania bez účasti experimentátora. Program nahrádza prácu operátora s klávesnicou a myšou, jeho produktom môže byť séria číselných alebo grafických výstupov, ktoré sa ďalej vyhodnocujú štatisticky, alebo aj vizuálne.

3. Meranie kvantít

V tejto časti sa budeme zaoberať meraním kvantít sonantických jadier. Kvantita sa vo zvukovej podobe slovenskej reči prejavuje ako prostriedok, ktorým sa odlišujú krátke a dlhé samohlásky. Meranie kvantít patrí k najjednoduchším úlohám experimentálnych meraní, na interpretáciu je pripravený obr. 2. Ako možno vidieť na obrázku, v tomto prípade nie je určenie hraníc vokálov a problematické. Meranie ich kvantít pomocou dvoch kurzorov je veľmi rýchle, nameraná hodnota môže byť ovplyvnená dlhším dokmitom vokálu, v ktorom sa koniec vokálu nedá presne určiť. Objektívnejším spôsobom, ako vyhodnocovať rozdiel medzi krátkou a dlhou realizáciou samohlásky je spočítanie hlasivkových kmitov. Na obr. 2 má svorkou označené krátke *a* 13 kmitov, dlhé *á* 26 kmitov. Je zrejmé, že počet hlasivkových kmitov nebude vhodnou charakteristikou na porovnávanie kvantít dvoch sonantických jadier vtedy, keď výška ich základného tónu nebude približne rovnako vnímaná. Príčinou je skrátenie periódy základného tónu pri vyššom F_0 a predĺženie tejto periódy pri znížení F_0 .

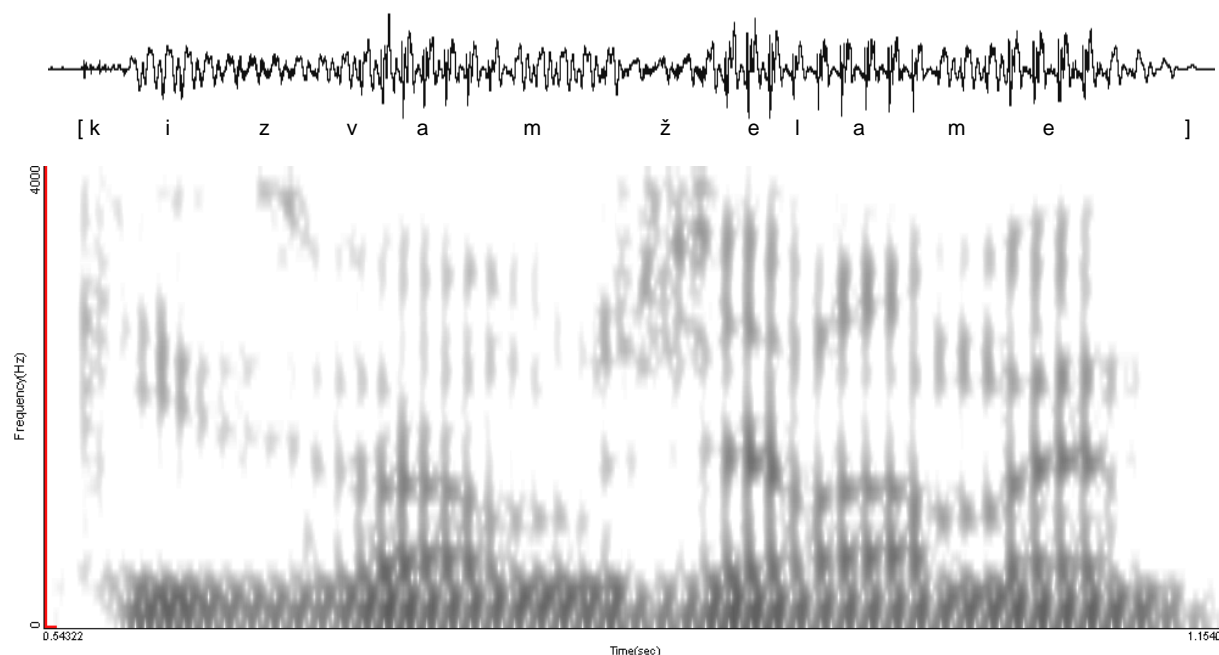
Kvantita krátkych slovenských vokálov sa pohybuje v rozmedzí od 30 ms do 300 ms. Spodná hranica predstavuje približne tri hlasivkové kmity pri F_0 100 Hz, takéto extrémne krátke sonantické jadrá nájdeme v súvislej reči realizovanej vysokým tempom. Horná hranica okolo 300 ms sa môže vyskytnúť v umeleckom štýle, pri prednese úsekov s vysokou sémantickou nasýtenosťou. Ak by sme chceli vyjadriť interval, v ktorom sa môže nachádzať kvantita vokálov, počtom hlasivkových kmitov, na spodnej strane to môžu byť spomenuté tri

hlasivkové kmity, na hornej strane pri F_0 100 Hz až 30 kmitov, resp. pri ženskom hlase s dvojnásobnou hodnotou F_0 v porovnaní s mužským hlasom až 60 kmitov.



Obr. 2. Oscilogram a sonogram slov *latka* a *látka*, určenie kvantity krátkej a dlhej samohlásky *a* a hlasivkového kmitu.

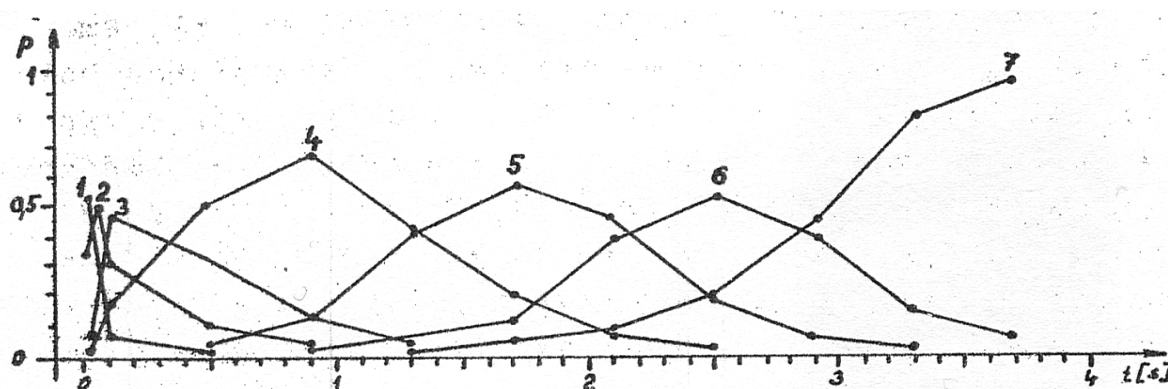
Na obr. 3 možno vidieť, aká je situácia vtedy, keď sú hranice sonantických jadier málo zreteľné. Periodicita signálu je plynulá, neprerušovaná, amplitúda zloženého tónu nevykazuje väčšie zmeny. V takýchto situáciách je experimentátor nútený starostlivou segmentáciou – vizuálnym pozorovaním oscilogramu a sonogramu a súčasným posluhom nájsť hranice takého segmentu, ktorý znie ako čistá hláska príslušného sonantického jadra a súčasne pokrýva jeho celú časovú realizáciu bez prieniku do susedných hlások.



Obr. 3. Súvislá periodicita spojenia *kiz vam želame*, kde sú hranice sonantických jadier menej zreteľné.

4. Meranie pauzy

Experimentálne meranie pauzy možno pokladať za najjednoduchšie meranie spomedzi všetkých suprasegmentov. V princípe meriame trvanie takého úseku súvislej reči, v ktorom sa nerealizuje žiadny komunikačne relevantný zvuk. Meriame teda trvanie ticha medzi susednými slovami kontextu. Najmenšou pauzou je pauza, nachádzajúca sa na hranici jej vnemu, najdlhšou pauzou je také prerušenie súvislej reči, keď poslucháč stráca dojem, že reč pokračuje. V roku 1984 autori J. Sabol a J. Zimmermann (Sabol – Zimmermann, 1984) analyzovali rozsiahly rečový materiál s umelo modifikovaným trvaním pauzy v rozsahu od nuly až po niekoľko sekúnd. Nahrávky s rôzne dlhými pauzami boli perцепčne testované, aby ich poslucháči triedili do siedmich skupín. Výsledkom týchto experimentov sú nasledovné histogramy početností pre sedem typov páuz: nulovú, príliš krátku, krátku, normálnu, dlhú, príliš dlhú a rozbiehajúcu text (obr. 4).



Obr. 4. Histogramy rozdelenia početností pre sedem typov páuz.

Z obr. 4 vyplývajú časové intervaly pre všetky typy páuz:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Nulová – menej ako 50 ms | 5. Dlhá – od 1350 ms do 2200 ms |
| 2. Príliš krátka – od 50 ms do 100 ms | 6. Príliš dlhá – od 2200 ms do 2800 ms |
| 3. Krátka – od 100 ms do 300 ms | 7. Rozbiehajúca text – nad 2800 ms |
| 4. Normálna – od 300 ms do 1350 ms | |

5. Meranie tempa reči

Tempo reči sa dá vyjadriť viacerými spôsobmi. Ide o počet udalostí za časovú jednotku. Takouto udalosťou môže byť slovo, slabika alebo fonéma. Pretože dĺžka slova je variabilná, na vyjadrenie tempa reči sa používa len zriedkavo. Na určovanie foném v súvislej reči musí mať experimentátor skúsenosti, súvisiace s transkripciou. Najvhodnejšou akustickou udalosťou na vyjadrenie tempa reči je základná jednotka súvislej reči – slabika. Proces merania je jednoduchý. Pretože tempo reči sa zvyčajne týka jednotlivca, východiskovým materiálom je výpoveď – celý súvislý rečový prejav jedného hovoriaceho. V takejto výpovedi sa najprv spočítajú slabiky a tento počet sa potom vydelením celkovým trvaním výpovede v sekundách. Výsledkom je tempo reči dané počtom slabík za sekundu.

V r. 1975 J. Sabol experimentálne preveroval vzťah tempa reči a významovej náplne textu (Sabol, 1975). Zistil, že v hovorovom štýle je priemerné tempo reči 4,05 slabík za sekundu, v publicistickom štýle 3,92 slabík za sekundu, v próze 3,95 slabík za sekundu, vo voľnom verši 3,72 slabík za sekundu a vo viazanom verši 3,56 slabík za sekundu.

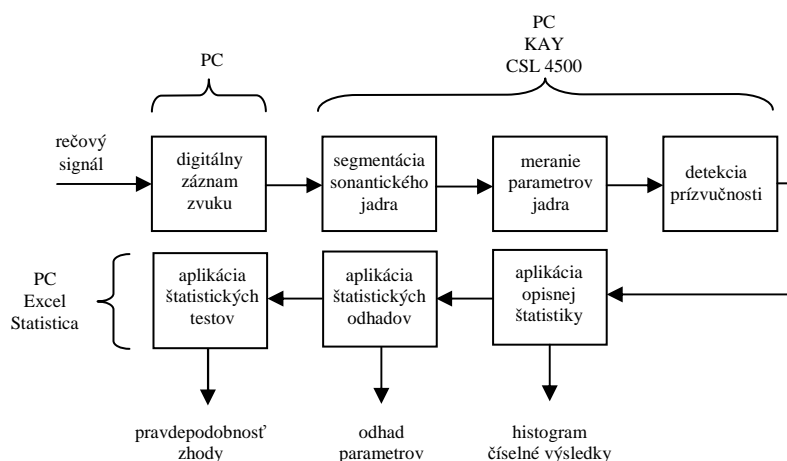
Iné zisťovanie tempa reči uskutočnila v r. 2004 V. Smoláková (Smoláková, 2004). Merala rýchlosť reči v masmédiách v piatich kategóriách – v pomalom, skôr pomalom, primeranom, skôr rýchlom a rýchlom tempe, získala nasledovné časové intervaly:

Kategória tempa	Interval počtu slab/sek
pomalé	do 4,1)
skôr pomalé	$\langle 4,1 - 4,8 \rangle$
primerané	$\langle 4,8 - 6,8 \rangle$
skôr rýchle	$\langle 6,8 - 8,2 \rangle$
rýchle	$\langle 8,2 - 8,6 \rangle$

6. Meranie rytmu

Rytmické (pravidelné) striedanie udalostí v čase – rytmus – je matematicky uchopiteľný v dvoch rovinách: po prvé, možno skúmať samotnú udalosť, jej kvalitatívne a kvantitatívne vlastnosti; po druhé, dá sa analyzovať perióda, po uplynutí ktorej sa udalosť opakuje. V rovine rečového signálu akustickou udalosťou je prozodický jav, predovšetkým prízvuchnosť slabiky. Ak hovoríme o matematickom spracovaní (skúmaní) prízvuchnosti slabiky, máme na mysli analýzu kvantitatívnych parametrov jej sonantického jadra (Sabol – Zimmermann, 1994), teda jeho intenzitu, základný tón a čas jeho trvania (kvantitu). Períodu rytmických udalostí predstavuje čas, ktorý uplynul medzi ich dvoma susednými realizáciami.

Pri zostavovaní algoritmu exaktného skúmania rečového rytmu treba riešiť dva odlišné úlohy. Prvou úlohou je meranie parametrov sonantického jadra (jeho intenzity, základného tónu a kvantity) a periódy rytmu. Táto etapa pozostáva z akvizície (snímania a záznamu) rečového signálu, zo segmentácie sonantických jadier, zo samotného merania ich parametrov a z detekcie ich prízvuchnosti. Druhou úlohou je matematické spracovanie nameraných výsledkov a ich interpretácia. Pretože tento výskum vždy spracúva konečný (a rozsahom relatívne obmedzený) zvukový materiál, matematický aparát sa musí opierať o štatistický „korzet“, vystužený teóriou pravdepodobnosti (pozri napr. v Sabol – Zimmermann, 1986). Experimentálny postup exaktnej analýzy rytmu znázorňuje obr. 5.



Obr. 5. Bloková schéma etáp skúmania rytmu rečového signálu.

Meranie prvého parametra sonantických jadier slabík – intenzity vychádza z amplitúdy signálu jadra. Pretože v mužskom hlase sa jadro realizuje približne tromi až tridsiatimi glotálnymi vlnami (v ženskom hlase približne dvojnásobným počtom), amplitúda vln nie je konštantná. Rozdiel v intenzite vln môže byť približne 20 dB, do úvahy sa berie ich aritmetický priemer.

Na meranie druhého parametra sonantických jadier – základného tónu F_0 je najvhodnejšia jednoduchá metóda nelineárneho kvantovania (Sabol – Zimmermann, 1994, s. 35 – 37), určujúca polohu nástupu glotálnych vln značkami na časovej osi. Značky možno vizuálne kontrolovať, prípadne korigovať ich polohu, ak ide o degradovaný signál. Aj v tomto prípade nie je základný tón v priebehu realizácie jadra konštantný, môže kolísať v rozsahu ± 10 Hz; do úvahy sa berie aritmetický priemet hodnôt základnej periódy T_0 , z ktorého sa vypočíta F_0 podľa vzťahu:

$$F_0 = \frac{1}{T_0}$$

Meranie kvantity jadier sme podrobne prebrali v časti 3.

Detekcia prízvuchnosti slabiky je výpočtom parametrového kontrastu dvoch susedných slabík (Sabol – Zimmermann, 1994). Parametrový kontrast, vypočítaný podľa vzťahu:

$$\text{Parametrový kontrast} = (|F_0| * \text{polarita } I) + I + T$$

vyčíslí najprv absolútnu hodnotu rozdielu základných tónov F_0 susedných slabík, tento rozdiel násobí znamienkom rozdielu intenzít I a k tomuto výsledku pripočíta rozdiel intenzít I a kvantít T susedných slabík. Prízvuchnosť slabiky možno určovať aj subjektívne – posluhom.

7. Štatistické spracovanie nameraných výsledkov

Rečový signál je hromadným javom. To znamená, že ak by sme napr. analyzovali 100 izolovaných realizácií tej istej hlásky (slabiky, slova, výpovede), vždy by sme dostali do istej miery odlišné výsledky, hoci invariantný obsah reči nesúci jazykovú informáciu bude rovnaký. Musí sa teda reč spracúvať prinajmenšom prísne štatisticky. Do štatistického spracovania postúpia tie namerané parametre sonantických jadier slabík, ktoré sú v konkrétnom výskume zaujímavé, resp. dané úlohou. Namerané parametre tvoria kolekciu čísel, ich hodnoty sú dané náhodne vybranými vzorkami signálu. Štatistika vyhodnocuje množiny čísel, charakterizujúcich skúmaný jav, nasledovnými spôsobmi (Sabol – Zimmermann, 1986; Bakytová a kol., 1979; a inde):

- výpočtom charakteristík polohy,
- výpočtom charakteristík rozptylu,
- grafickým zobrazením pomocou histogramu,
- štatistickým odhadom,
- testovaním hypotéz.

Medzi štatistické charakteristiky polohy, vhodné na skúmanie rytmu reči, patrí aritmetický priemer (\bar{x}), modus (číslo s najväčšou početnosťou) a medián (číslo, ktoré sa nachádza v strede postupnosti čísel, usporiadaných podľa veľkosti). Význam charakteristiky polohy spočíva v tom, že udáva polohu stredu – ťažiska číselných údajov na číselnej osi. Ak je každá analyzovaná realizácia skúmaného javu vyhodnotená nameranou hodnotou, charakteristika polohy vyhodnocuje jednu číselnú hodnotou štatistickú polohu všetkých analyzovaných realizácií skúmaného javu.

Do skupiny charakteristík rozptylu patria:

- variačné rozpätie,
- rozptyl,
- štandardná (smerodajná) odchýlka,
- variačný koeficient.

Variačné rozpätie je rozdielom medzi maximálnou a minimálnou číselnou hodnotou, rozptyl sa vypočíta podľa vzťahu:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

kde n je počet čísel a x_i sú namerané číselné hodnoty.

Štandardná odchýlka s je druhou odmocninou rozptylu; variačný koeficient v_k potom bude:

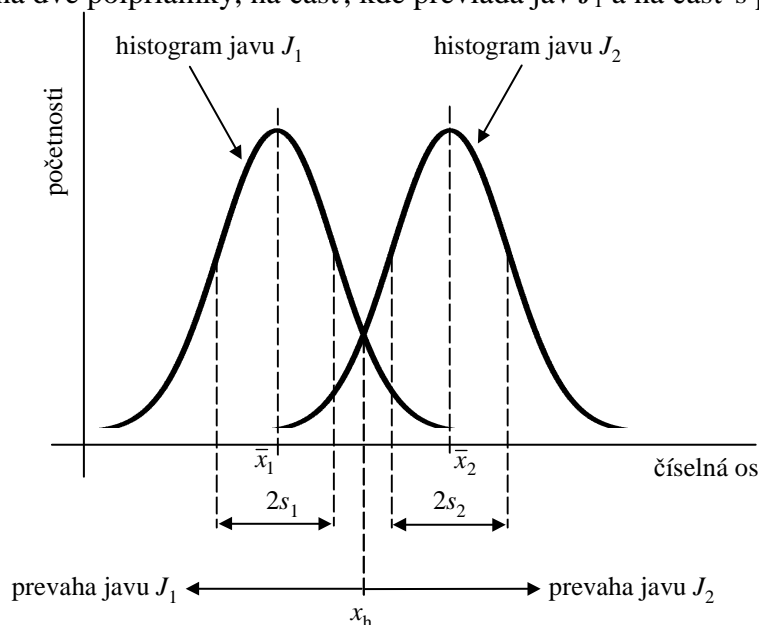
$$v_k = \frac{s}{\bar{x}} 100$$

Veľkosť variačného koeficienta je daná v percentách. Keď je hodnota v_k väčšia ako 50%, môžeme usúdiť, že hodnoty čísel sú vysoko rozptýlené a aritmetický priemer by sme nemali používať.

Charakteristika rozptylu informuje o variabilite rozloženia čísel na číselnej osi. Rovnako ako v prípade charakteristik polohy jedno číslo štatisticky vyhodnocuje vlastnosť skupiny čísel.

Histogram slúži na grafické zobrazenie početností číselných hodnôt v triedach (číselných intervaloch). Kreslí sa ako stĺpcový graf, resp. ako polygón. Vodorovnou osou grafu je číselná os s vyznačenými intervalmi, zvislou osou sú početnosti čísel v jednotlivých triedach. Keď číselné dáta majú charakter spojitých nameraných údajov, histogram má tvar Gaussovej krivky, aproximujúcej normálne štatistické rozdelenie.

Ak do jedného grafu nakreslíme viac histogramov, môžeme veľmi výstižne, objektívne a veľmi rýchlo vzájomne porovnať viacero javov (podstatných pre rytmus), skúmaných meraním. Majme kvantitatívne parametre javov J_1 a J_2 . Pre jav J_1 vypočítajme strednú hodnotu \bar{x}_1 a štandardnú odchýlku s_1 , pre jav J_2 strednú hodnotu \bar{x}_2 a štandardnú odchýlku s_2 . Keď zobrazíme histogramy¹ oboch javov do jedného grafu (obr. 6), môžeme vyhodnotiť vzájomný vzťah javov J_1 a J_2 na číselnej osi pozíciou ich stredných hodnôt \bar{x}_1 a \bar{x}_2 , veľkosťou ich štandardných odchýlok s_1 a s_2 a hraničnou hodnotou x_h , ktorá rozdeľuje číselnú os na dve polpriamky, na časť, kde prevláda jav J_1 a na časť s prevahou javu J_2 .

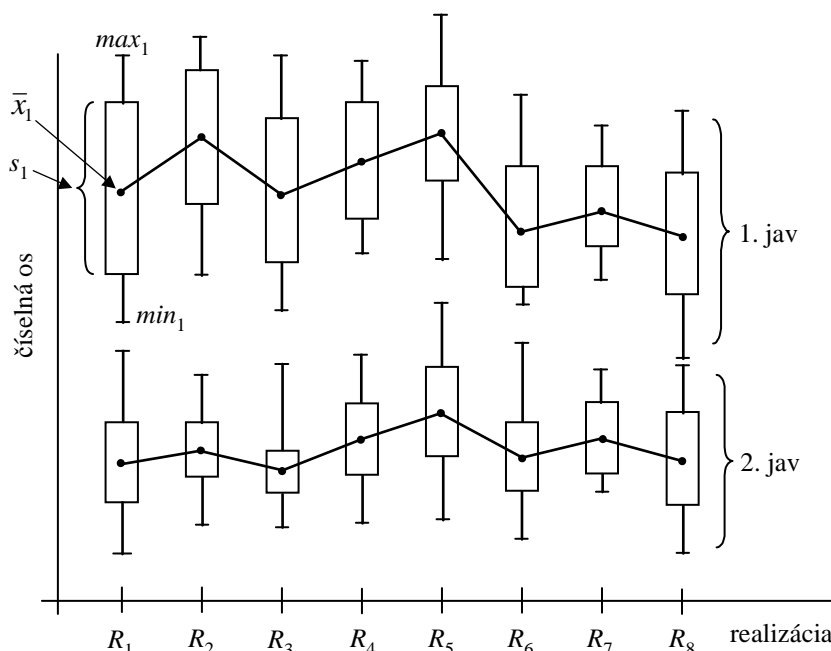


Obr. 6. Porovnanie javov J_1 a J_2 ich histogramami, charakteristikami polohy a rozptylu.

Keď počet súčasne pozorovaných realizácií javu (alebo niekoľkých javov) je vyšší, kumulovanie histogramov do jedného grafu môže spôsobiť jeho nečitateľnosť. V takomto prípade je výhodnejšie konštruovať porovnávací graf kombinovaním čiarového grafu a

¹ Čím viac číselných údajov – parametrov – získame z oboch javov, tým viac sa budú histogramy podobať symetrickým krivkám normálneho rozdelenia (Gaussovej krivke). Veľkosť dvojnásobku štandardnej odchýlky na obr. 6 je daná kolmicami spustenými z bodov obratu krivky normálneho rozdelenia.

viacerých „štvorcových“ grafov (box and whisker plot). V kombinovanom grafe možno pozorovať kolísanie stredných hodnôt, štandardných odchýlok, maxim a miním, prípadne aj iných charakteristík polohy a rozptylu jednotlivých realizácií. Na obr. 7 uvádzame kombinovaný graf, vyhodnocujúci osem realizácií dvoch javov, ich stredné hodnoty \bar{x}_1 až \bar{x}_8 , ich štandardné odchýlky s_1 až s_8 , ich minimá min_1 až min_8 a ich maximá max_1 až max_8 .



Vodorovnou osou grafu je škála identifikujúca realizácie R_1 až R_8 , zvislou osou je číselná os.

Obr. 7. Graf porovnania aritmetických priemerov, štandardných odchýlok, miním a maxim dvoch javov v ôsmich realizáciách.

7.1. Charakteristiky polohy a rozptylu môžu byť využité na exaktné štúdium konečného počtu realizácií rytmotvorného javu – konečného štatistického súboru, teda takého štatistického súboru, v ktorom poznáme všetky jeho štatistické jednotky a vieme udať ich vlastnosti.

Základný súbor (všetky možné realizácie javu) je v praxi len zriedkavo presne známy, pretože môže byť a často býva nekonečný. Keď aj je základný súbor konečný, ale keď sa skladá z príliš veľkého množstva štatistických jednotiek (napr. sonantické jadrá slabík rozsiahleho prejavu jedného rečníka), nepostupujeme tak, že spracujeme všetky jeho jednotky; bolo by to časovo, ale aj ekonomicky náročné. V takomto prípade zovšeobecňujeme štatistické výsledky, ktoré sme získali z výberového súboru (výberový štatistický súbor je náhodným štatistickým výberom), a aplikujeme ich na základný súbor s istým stupňom neistoty, ktorý udávame pravdepodobnosťou (metóda štatistickej indukcie, resp. teória odhadu).

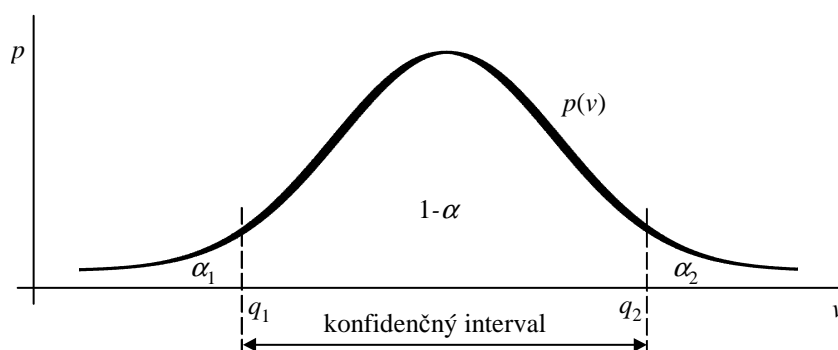
Účelnosť štatistického odhadu spočíva v tom, že na základe znalosti charakteristík výberového súboru umožňuje odhadnúť parametre základného súboru. Pritom sa výsledok odhadu môže poskytnúť vo forme jedného čísla, teda bodu na číselnej osi, alebo vo forme číselného intervalu daného svojimi hranicami. Medzi týmito hranicami sa odhadovaný parameter nachádza s istou pravdepodobnosťou. Z toho vyplývajú dva odlišné spôsoby odhadu: bodový a intervalový odhad (Sabol – Zimmermann, 1986, s. 32 – 34).

Najlepším odhadom strednej hodnoty základného súboru je aritmetický priemer \bar{x} výberového súboru. Najlepším odhadom rozptylu základného súboru pomocou rozptylu

výberového súboru s^2 je výberová charakteristika $(n/(n-1))s^2$. Z toho vyplýva, že vzorec pre odhad štandardnej odchýlky základného súboru bude:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Intervalový odhad niektorého parametra základného súboru spočíva v tom, že sa stanoví dolná a horná hranica intervalu, q_1 a q_2 . Charakteristiky základného aj výberového súboru sú číselné hodnoty, môžu nadobúdať diskkrétne (nespojité) hodnoty alebo spojité hodnoty. Číselné hodnoty v možno graficky znázorniť na číselnej osi (vodorovná os na obr. 8). Zvislou osou tohto grafu je pravdepodobnosť p . V grafe je nakreslená krivka závislosti pravdepodobnosti $p(v)$ odhadovaného parametra základného súboru od veľkosti číselnej hodnoty. Hranice intervalu, q_1 a q_2 vymedzujú ten úsek plochy pod krivkou pravdepodobnosti, v ktorom je pravdepodobnosť najvyššia a klesá smerom k hraniciam q_1 a q_2 .



Obr. 8. Pravdepodobnosť intervalového odhadu.

Pravdepodobnosť toho, že odhadovaný parameter bude menší ako q_1 , označme hodnotou α_1 , a že bude väčší ako q_2 , označme hodnotou α_2 . Pravdepodobnosť toho, že odhadovaný parameter bude mimo intervalu spoľahlivosti – konfidenčného intervalu $\langle q_1, q_2 \rangle$, označme hodnotou α . Potom riziko odhadu má pravdepodobnosť $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$.

Z toho, že pravdepodobnosť $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$, vyplýva veľkosť pravdepodobnosti, že odhadovaný parameter bude vo vnútri intervalu $\langle q_1, q_2 \rangle$. Keďže súčet všetkých pravdepodobností toho istého javu sa vždy rovná 1, bude pravdepodobnosť vo vnútri intervalu $\langle q_1, q_2 \rangle$ koeficientom spoľahlivosti (konfidencie), rovným výrazu $1 - \alpha$.

Hodnoty výrazu $1 - \alpha$ majú v praxi veľkosť $p = 0,9$ až $0,999$. Pri zvyšovaní tejto hodnoty sa rozširuje interval $\langle q_1, q_2 \rangle$ a odhad sa stáva menej presným. Opačne, pri menšom koeficiente spoľahlivosti je interval menší a odhad je presnejší.

Odhad parametra základného súboru možno v niektorých prípadoch udať aj jednostranným intervalom ohraničeným iba z jednej strany. Keď $\alpha_1 = 0$ a $\alpha_2 = \alpha$, je interval ohraničený iba zhora (pravostranný interval) a opačne, ak $\alpha_1 = \alpha$ a $\alpha_2 = 0$, je ohraničený zdola (ľavostranný interval).

7.2. Okrem odhadu (bodového aj intervalového) možno hypotézou vyjadriť predpoklad o tom, čomu sa rovná niektorý parameter základného štatistického súboru, a tento predpoklad sa dá otestovať. Výsledkom štatistického testu je len jedno z dvoch rozhodnutí: buď je hypotéza prijatá ako pravdivá, alebo je zamietnutá ako nepravdivá. Treba zdôrazniť, že ide o štatistickú hypotézu, pri ktorej figuruje pravdepodobnosť a ktorá súvisí s hromadným javom. Štatistická hypotéza je matematické vyjadrenie istej domnienky alebo predpokladu o parametroch jedného alebo viacerých základných štatistických súborov.

Nulová hypotéza H_0 vyjadruje predpoklad o tom, že parameter Q základného súboru sa rovná niektorej známej konštante Q_0 alebo parametru iného základného súboru. Zapisuje sa takto:

$$H_0: (Q = Q_0)$$

Tento vzťah sa dá zapísať aj v tvare:

$$H_0: (Q - Q_0) = 0$$

Z výrazu vyplýva aj názov „nulová hypotéza“, teda nulový rozdiel medzi Q a Q_0 .

Alternatívna hypotéza H_1 predpokladá nerovnosť Q a Q_0 . Alternatívna hypotéza môže byť obojstranná, ak $H_1: (Q \neq Q_0)$, resp. jednostranná, ak $H_1: (Q > Q_0)$ alebo $H_1: (Q < Q_0)$.

Platnosť nulovej hypotézy H_0 sa overuje testom pomocou výberového súboru. Po jej zamietnutí sa akceptuje alternatívna hypotéza H_1 . Výsledkom testu je teda buď zamietnutie, alebo nezamietnutie (nepriame prijatie) nulovej hypotézy.

Podobne ako pri odhade vystupuje pri testovaní pravdepodobnosť α , hladina významnosti (signifikancie) testu, zvyčajne rovná hodnote 0,05 alebo 0,01. Keď výsledok testu zamietá nulovú hypotézu ako nesprávnu, označuje sa tento výsledok ako štatisticky významný (signifikantný), v opačnom prípade ako štatisticky nevýznamný (nesignifikantný).

Pre bodový aj intervalový odhad a pre testovanie hypotéz jestvuje viacero počítačových štatistických používateľských programov (napr. Statistica, SPSS, atď.). Ich úspešné nasadenie je spojené s citlivou interpretáciou výsledkov štatistickej analýzy, vyžaduje od experimentátora skúsenosti v matematickej štatistike. Aplikáciou štatistickej indukcie pri analýze rytmu možno z rečového signálu extrahovať aj také informácie, ktoré sú v základnej akustickej analýze nečitateľné.

Literatúra

BAKYTOVÁ, H. a kol.: *Základy štatistiky*. 2. vyd. Bratislava, Alfa 1979. 390 s.

KRÁL, Á. – SABOL, J.: *Fonetika a fonológia*. Bratislava, SPN 1989.

SABOL, J.: *Sústava suprasegmentálnych javov spisovnej slovenčiny*. In: *Studia Academica Slovaca*. 4. Prednášky XI. letného seminára slovenského jazyka a kultúry. Red. J. Mistrík. Bratislava, Alfa 1975, s. 373 – 393.

SABOL, J.: *Prozodická sústava slovenčiny*. Bratislava, Československý rozhlas Bratislava, Metodicko-výskumný kabinet 1977.

SABOL, J. – ZIMMERMANN, J.: *Komunikačná hodnota pauzy*. In: *Úloha reči a hudby v životnom prostredí*. XXIII. akustická konferencia. 23rd Acoustic Conference on Physiological and Psychological Acoustics, Acoustics of Speech and Music. České Budějovice, Československá vědeckotechnická společnost 1984, s. 225–228.

SABOL, J. – ZIMMERMANN, J.: *Štatistika. Exaktné metódy v jazykovede a literárnej vede*. Košice, Rektorát Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach 1986. 158 s.

SABOL, J. – ZIMMERMANN, J.: *Komunikačný štatút prízvuku v spisovnej slovenčine*. Acta Facultatis Philosophicae Universitatis Šafarikanae. Spoločenskovedný zväzok 10 (AFPh UŠ 56). Prešov, Filozofická fakulta Univerzity P. J. Šafárika 1994. 90 s.

SMOLÁKOVÁ, V.: *Tempo reči v masmédiách*. Diplomová práca. Prešov, Filozofická fakulta Prešovskej univerzity 2004.

Abstract

The study deals with experimental measuring of suprasegments producing by time modulation of articulation stream. At first the author devotes to segmentation of sonantic core of a syllable. Algorithm is adapted to work with digitisation record in a personal computer and applicates an oscillogram, sonagram and perception of segment. There follows detail algorithm of measuring quantity of sonantic cores of a syllable, algorithm of measuring pause, speech rate and rhythm. The way how to compute measured values is described in details so that there could be found descriptive statistics and there could be done point and interval estimation of parameters and in the end there could be tested hypothesis about equals or non-equals of propable characteristics of statistics files.

Táto štúdia, bola vytvorená realizáciou projektu *Vybudovanie lingvokulturologického a prekladateľsko-tlmočnického centra*, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.