

UOT: 81.23

NƏZAKƏT QAZIYEVA *

NİTQ SİQNALININ MİNİMAL GÖSTƏRİCİLƏRİ FONOSKOPIYADA
İDENTİFİKASIYA VASİTƏSİ KİMİ

XÜLASƏ

Səs siqnalının fiziki parametrləri, eləcə də fizioloji, psixoloji və digər amillərlə şərtlənən və səs biometriyası ilə bağlı olan göstəricilər fonoskopiya və məhkəmə ekspertizasında geniş şəkildə istifadə olunur. Səs vasitəsilə şəxsiyyətin identifikasiyası və verifikasiyası üsulu kimi müxtəlif metodlar mövcuddur. Tədqiqat zamanı apardığımız eksperimentin nəticəsinə görə, fonoskopik araşdırma zamanı nitq siqnalının minimal göstəriciləri daha etibarlı və stabil olması ilə diqqəti cəlb edir. Eksperiment zamanı genetik baxımdan eyni olduğu iddia olunan monoziqot əkilərin səs materialı da tədqiqata cəlb olunmuş, nitq siqnalının minimal göstəriciləri əsasında monoziqot əkilərin “səs izi”nin individual səciyyəyə daşdığı qənaəti əldə olunmuşdur.

Məqalədə səs siqnalında minimal göstəricilərinin individual əlamət kimi əhəmiyyətini araşdırmaq məqsədilə apardığımız üç eksperimentin nəticəsi öz əksini tapmışdır. Eksperiment zamanı məlum oldu ki, konkret mövqedə konkret səs üçün orta zaman göstəriciləri hər kəs üçün tənəffüs imkanları və nitq aparatının xüsusiyyətləri fərqli olduğundan fərdi səciyyəyə daşır və təkrarlanır. Eksperiment zamanı aparılan əməliyyatın nəticələri nitq siqnalında minimal göstəricilərin informativliyini və xüsusi əhəmiyyət daşdığını göstərdi.

Açar sözlər: biometrik səs izi, səsin əsas tezliyi, fonogram, nitq siqnalı, zaman göstəriciləri.

Giriş. Nitq siqnalının müxtəlif parametrləri fonoskopik analiz üçün əhəmiyyətli vasitə kimi çıxış edir. Akustik xüsusiyyətlər individual fizioloji göstəricilərlə, bu parametrlərin yaratdığı konfigurasiyanın həndəsi ölçüləri ilə bağlı olduğundan şəxsiyyətin müəyyən olunmasına imkan yaradır [Sataloff, Herman-Ackah: 2007, s.911]. Fonoskopik tədqiqatlarda nitq siqnalı əsas tonun tezliyi nəzərə alınmaqla əsasən spektral göstəricilər və formant əlamətləri əsasında təhlil olunur. Bununla yanaşı, kiçik zaman kəsiyində səsin fiziki parametrləri ilə bağlı göstəricilər də “səs izi”nin müəyyən olunmasında mühüm amil kimi çıxış edir. Bu kimi hallarda sözün davamlılığı, ritm, pauzanın uzunluğu və zamanla bağlı digər parametrlər nəzərə alınır. Zamanla bağlı göstəricilər fizioloji və psixoloji amillərlə əlaqədar olaraq meydana çıxır və perseptiv əlamətlərlə - qavrama ilə üst-üstə düşür. Bu baxımdan fonoskopiya qeyd olunan əlamətlərin şəxsiyyətin identifikasiyası zamanı istifadəsi mühüm əhəmiyyət daşır [Koval: 2006, s.127; Koval, Zubova: 2007, s.69].

Səsin bu kimi biometrik göstəricilərinin aşkarlanması, fonoskopik tədqiqatlar üçün yeni

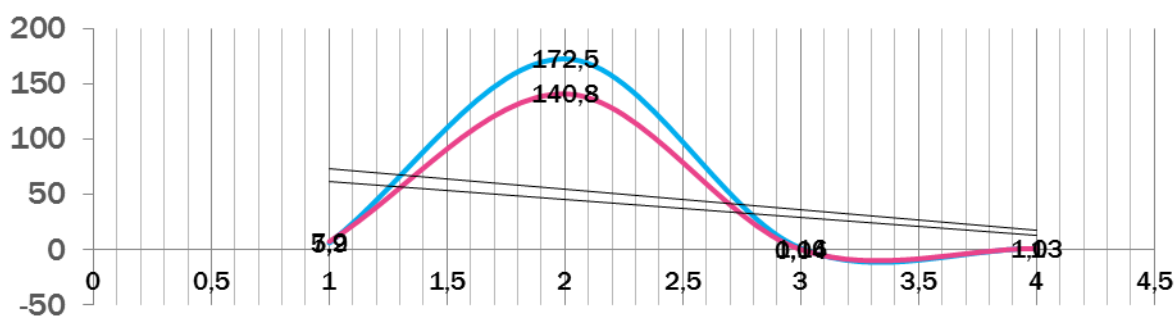
və daha əhəmiyyətli parametrlərin müəyyən olunması baxımından aktualdır. Eksperimentin nəticələrinin daha dəqiq və səhih olması üçün müxtəlif şəxslərə məxsus səs materialı ilə yanaşı, araşdırma zamanı üç monoziqot əkilə cütə aid fonogram da təhlil olunmuşdur. Müxtəlif eksperimentlərin nəticəsinə görə, perseptiv baxımdan genetik bağlılığı olmayan insanlara nisbətən monoziqot əkilərin səsi arasında oxşarlıq daha çoxdur [Decoster, Van Gysel: 2001, s.51; Jayakumar, Savithri: 2008, s.9; Nolan, Oh: 1996, s.40], lakin bu bənzərlik heç də onların “səs izi” baxımından eyni olması demək deyil. Bu fərziyyənin düzgünlüyünü yoxlamaq üçün səsin stasionar və keçid hissələrində stabil biometrik göstəricilərin müəyyən olunması məqsədilə araşdırma aparmaq qərarına gəldik.

Material və metod. Bu eksperimentin keçirilməsi üçün 12 şəxsin səs nümunəsindən istifadə olunmuşdur (30-40 yaş arası 6 nəfər və üç monoziqot əkilə cütü – iki qadın və 4 kişi). Eksperiment zamanı əvvəlcə diktorların səsi sinxron qaydada yazılmış, daha sonra onlara tanış olmayan mətn təqdim olunmuşdur. Tədqiqatın nəticələri ümumiləşdirilərkən riyazi, statistik metod, eləcə də ehtimal nəzəriyyəsinin bəzi formullarından istifadə olunmuşdur.

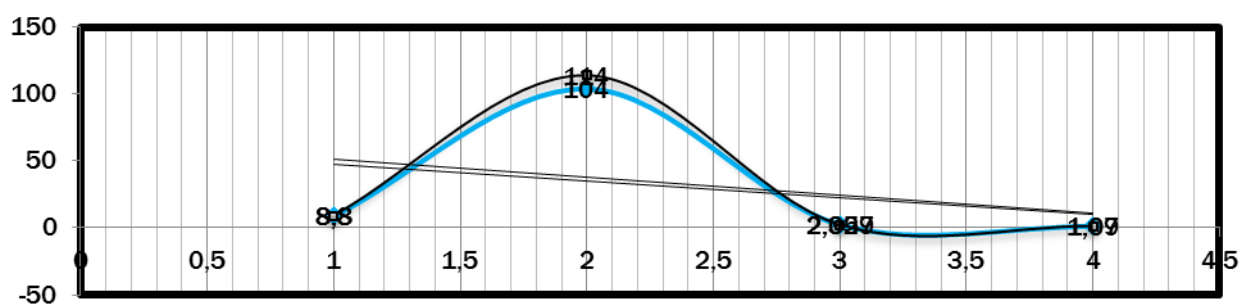
* Fil.ü.f.d., dosent, AMEA Nəsimi adına Dilçilik İnstitutu
Eksperimental Fonetik Araşdırmalar Laboratoriyası
n.qazi@inbox.ru

Akustik analiz. Eksperiment zamanı PRA-AT proqramından istifadə olunmaqla fonogramlar təhlil olunaraq spektral analiz aparılmışdır. Nitq signalının seçilmiş seqmenti üçün əsas tonun tezliyinin orta qiyməti, nitqin sürəti, orta kvadratik sapma, səslilik əmsalı, əsas tonun nisbi diapazonunun göstəriciləri müəyyən olunmuşdur. Bundan əlavə, riyazi metod tətbiq olunmaqla formant göstəricilərinin nisbəti hesablanmışdır ($F2 / F1 = 2,2$; $F2 / F1 = 2,4$; və ya $F3 / F2 = 2,0$ и $F3 / F2 = 1,7$).

Aşağıdakı qrafikdə dörd fonogramdan seçilmiş material üzrə əsas tonun periodunun orta qiyməti (ms.), əsas tonun orta tezliyi (hs.), orta kvadratik sapma əmsalı (ms.), əsas tonun tezliyinin nisbi diapazonu, səslilik əmsalı və nitqin tempi ilə bağlı aparılmış hesablamaların nəticəsi təqdim olunmuşdur. İlk qrafikdə (k1, k2) əksini tapan göstəricilər arasında fərq böyük olduğundan səs nümunələri ayrı-ayrı şəxslərə, ikinci qrafikdə əksini tapan əlamətlərin isə (k3, k4) eyni şəxsə aid olması qənaəti əldə olunmuşdur.



K1	7,2	140,8	0,04	1	0,5	5
k2	5,9	172,5	1,16	1,03	0,6	8



K3	8,8	104	2,357	1,09	0,4	5
K4	8,8	114	2,029	1,07	0,5	5

Bütün eksperimentlərdə olduğu kimi, fonetik eksperiment zamanı da həlledici məqamlardan biri materialın düzgün seçimidir. Nəticənin düzgünlüyü funksiyalar sisteminin düzgün qurulmasından birbaşa asılıdır. Fonogramda individuallıqla bağlı "iz"lər səsə akustik xüsusiyyətlərinin vizual şəkildə əks olunduğu proqram təminatı ilə izlənilir, spektral əlamətlər, əsas tonun, digər formantların göstəriciləri, zaman və amplituda ilə bağlı xüsusiyyətlər nəzərdən keçir

rilərək təhlil olunur. Lakin müşahidələr əsasında söyləmək olar ki, spektral mənşərdə diqqətə cəlb edən minimal göstəricilər səsə individual xüsusiyyətlərini müəyyən etməkdə mühüm "açar" rolunu oynayır.

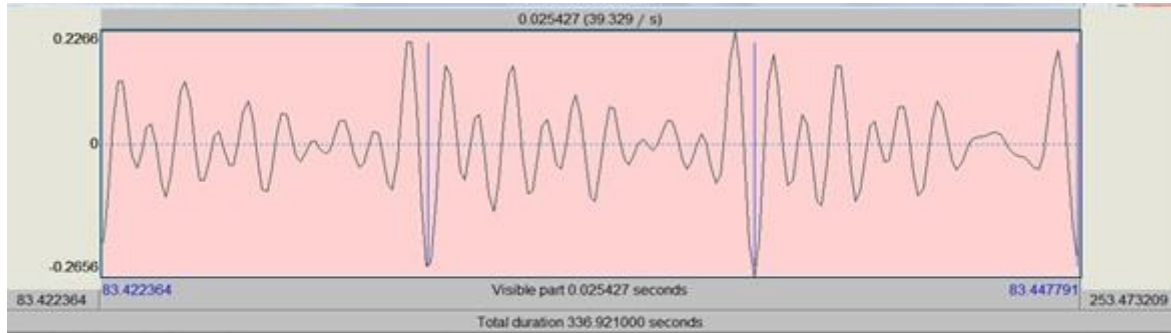
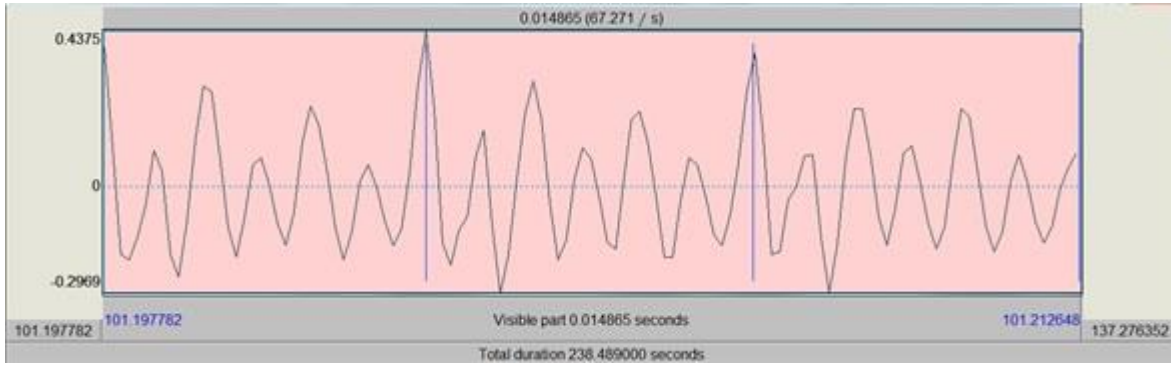
Eksperiment zamanı aparılan əməliyyatın nəticələri nitq signalında minimal göstəricilərin informativliyini və xüsusi əhəmiyyət daşıdığını sübut edir. Kiçik zaman kəsiyində səs signalının xüsusiyyətləri ilə bağlı əsaslı məlumatın əldə

olunmasında veyvlet-koeffisientlərin təhlili ilə siqnalın analizi etibarlı və dolğun məlumat mənbəyi hesab olunur [Daubechies: 2011, s.245; Gilles: 2013, s.4002; Vu Dang: 2014, s.146].

“Wavelet” sözü ingilis dilindən hərfi tərcümədə qısa (kiçik) dalğa mənasını verir. Veyvlet çevrilmələrindən müxtəlif tipli siqnalların təhlilində - fond bazarında məlumatın ilkin təhlili və proqnozlaşdırılmasında, obrazların tanınmasında, müxtəlif siqnalların təhlili və sintezində geniş şəkildə istifadə olunur. Zaman və tezlik göstəricilərinə görə lokal səciyyə daşıyan veyvlet bazisli siqnallar kiçik miqyasda baş verən prosesləri izləmək imkanı verdiyindən daha faydalı məlumatın əldə olunması baxımından maraq doğurur. veyvlet eksperimental Bu ya-

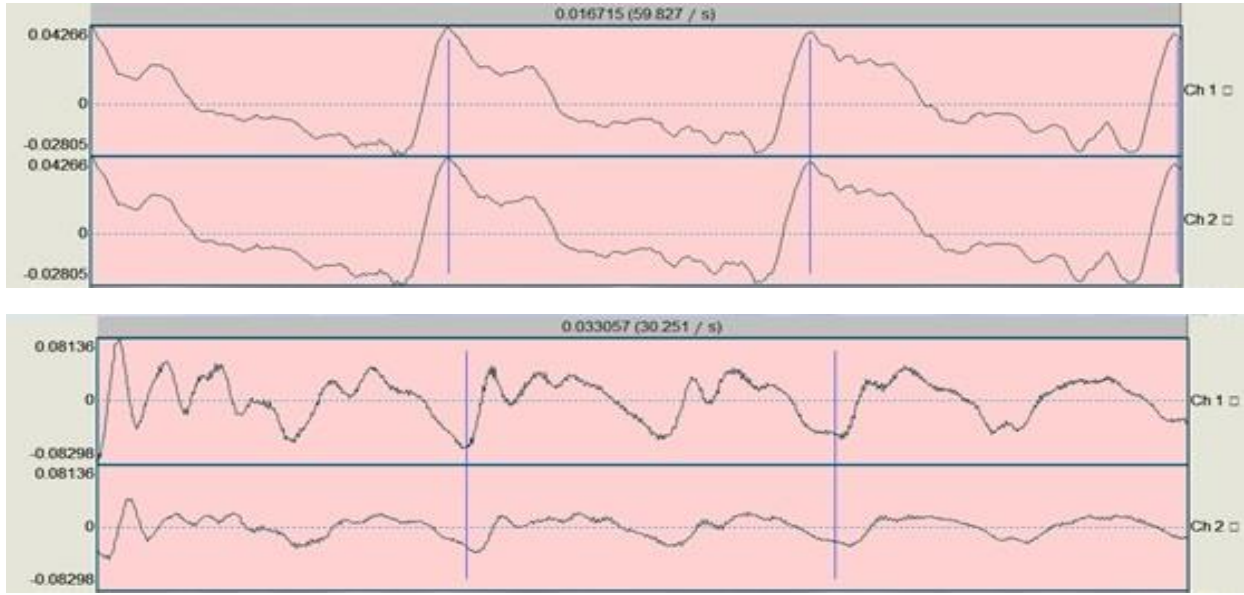
naşma səs siqnalının kiçik ölçülü (məsələn, 10-20 ms.) kəsiyində dəyişmə dinamikasını izləmək imkanı verir.

Birinci eksperiment. Eksperimentin məqsədinə uyğun olaraq, şəxsiyyətin identifikasiya vasitəsi kimi “səs izi”nin müəyyən olunması üçün seçilmiş materialdan səsin spesifik xüsusiyyətlərini saxlayacaq kiçik fraqmenti - səsin (saitin) stasionar hissəsindən seçilmiş üç periodu təhlil etdik. Həm monoziqot əkizlərə məxsus fonogramlarda, həm də digər səs materiallarında zaman baxımından periodun orta qiyməti müxtəlif və özünəməxsus olması ilə diqqət çəkdi. Bir materialda üç periodun reallaşması üçün 0,014 s., digərində 0,025 s. tələb olunmuşdur.



Qeyd etdiyimiz kimi, eksperiment zamanı düzgün nəticə almağın mühüm şərtlərindən biri materialın düzgün seçimidir. Eksperiment zamanı məlum oldu ki, konkret mövqedə konkret səs üçün orta zaman göstəriciləri hər kəs üçün tənəffüs imkanları və nitq aparatının xüsusiyyətləri fərqli olduğundan fərdi səciyyə daşıyır və təkrarlanır.

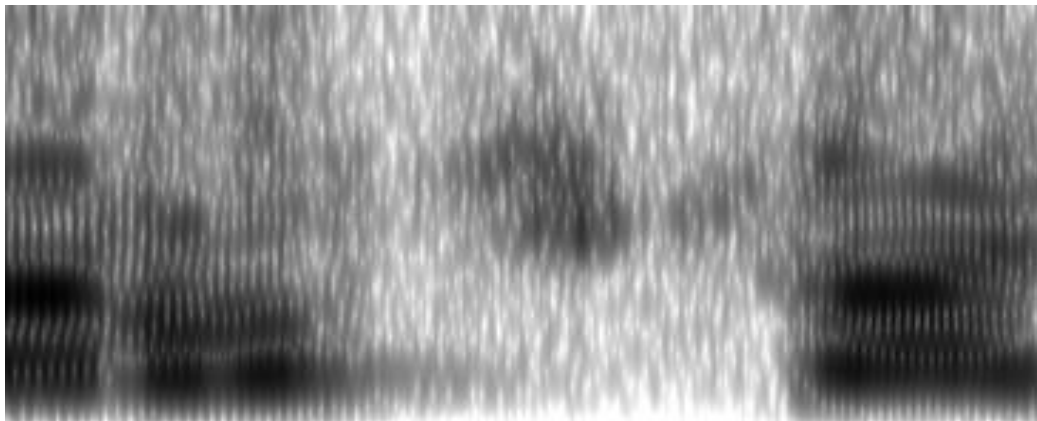
Eyni mövqedə ilk diktora məxsus bir fonogramda səs siqnalının tələffüzünə 0,014 s., digər fonogramda 0,017 s. sərf olunmuşdur. Digər diktör üçün bu göstəricilər uyğun olaraq 0,025 s. və 0,020 s. təşkil edir. Monoziqot əkizlərin səs materialı ilə bağlı araşdırmada da analogi mənzerənin şahidi oluruq. Üç periodun tələffüzü üçün əkiz cütün bir nümayəndəsi 0,0101 s., digəri 0,033 s. sərf edir.



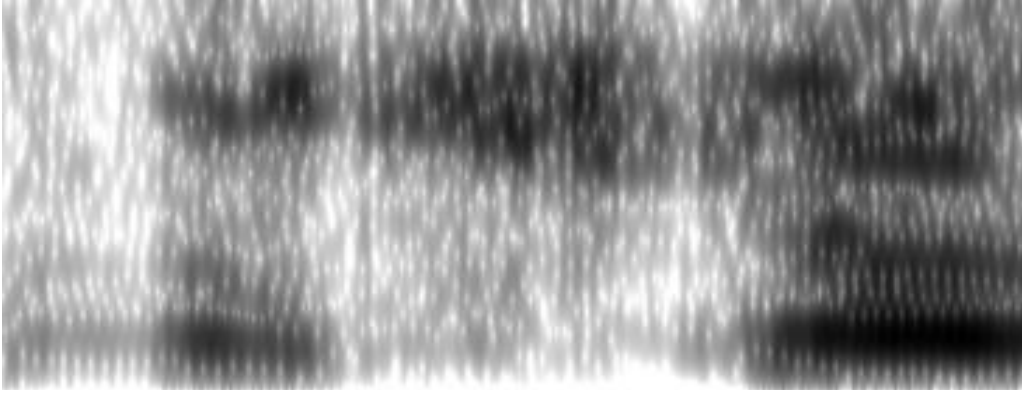
İkinci eksperiment. İkinci eksperiment zamanı tədqiqata cəlb olunan materialda nitq signalının parametrlərini dəyərləndirmək məqsədilə kontur-spektroqramlardan istifadə olunmuşdur. Bu metod nitqin ayrı-ayrı səciyyəvi parametrlərini spektrogramda konturların statistik təhlili əsasında araşdırmaq imkanı verir. Bir zamanlar fonoskopiya kontur-spektrogramların təhlili metodu geniş yayılmışdı. Bu metod tələffüz olunan söz və səsləri üç səviyyəli təsvir şəklində təsəvvürdə canlandırmağa şərait yaradır. Kontur-spektrogramlar “zaman – intensivlik - tezlik” parametrlərini eyni zamanda əks etdirir. Kontur-spektrogramda hər bir kontur nitq signalına aid ani tezlik və amplituda dəyişikliklərini əks etdirdiyindən konturların təhlili dəqiqliyi hətta küyün yüksək olduğu halda belə qorumağa imkan verir. Səs signalının formant

mənzərəsinin müəyyən olunmasında da kontur analiz çox effektiv vasitə kimi çıxış edir.

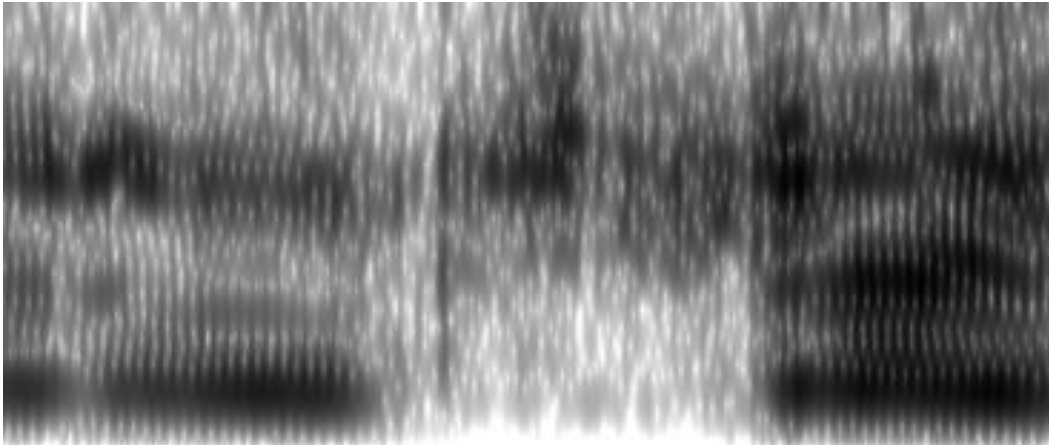
Nitq signalında individual əlamətlərin aşkarlanması məqsədi ilə apardığımız növbəti eksperiment üçün iki şəxs arasında baş tutan söhbətin fonogramından istifadə olunmuşdur. Dialoq müəyyən mövzu ətrafında qurulduğundan hər iki şəxs eyni söz və ifadələri vaxtaşırı təkrarlayır. Bu bizə imkan verdi ki, eyni sözdə eyni mövqedə işlənən səslərin, eləcə də bütövlükdə sözün kontur-spektrogramını tədqiqata cəlb edərək onları vizual əlamətlər əsasında təhlil edək. Təqdim olunan spektrogramlardan ikisi bir şəxsə, digəri başqa bir şəxsə məxsusdur. Bunu spektrogramı nəzərdən keçirdikdə vizual olaraq da müəyyən etmək mümkündür. Hər iki diktorun işlətdiyi eyni söz (“ruçka”) kontekstdən (“Bir ruçka götür” və “ruçkanı ver görüm”) çıxarılarq təhlilə cəlb olunmuşdur.



(1)



(2)

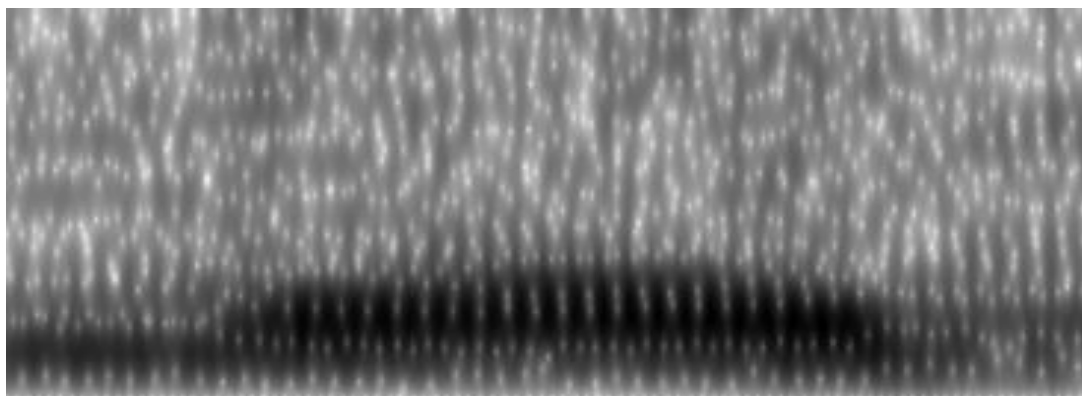


(3)

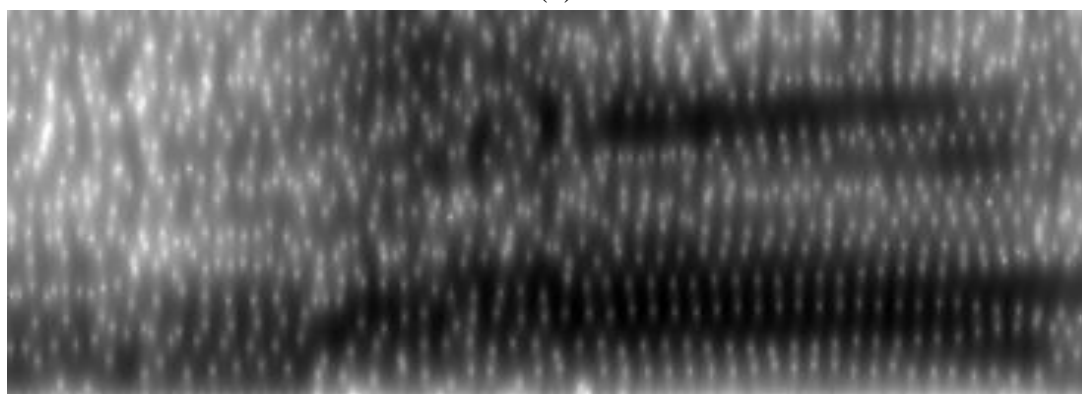
Bizi səs signalı ilə bağlı minimal göstəricilər maraqlandırdığından tədqiqat zamanı daha çox səs keçid hissəsi diqqət mərkəzində saxlanılmışdır. Qeyd olunan söz tədqiqat materialı olaraq təsadüfi seçilməmişdir – belə ki, “ç” samiti artikulyasiya baxımından affrikat səs olduğundan onun tələffüzü zamanı əvvəlcə baş və rən kipləşmə tədricən novlu hissə ilə əvəzlənir. Tənəffüs imkanlarını, nitq aparatının hər kəs üçün fərqli həndəsi ölçüsü olduğunu və tələffüz anında yaranan konfigurasiyanın fərqliliyini nəzərə alaraq “ç” səsinin daxili keçid hissəsinin spektral görüntüsünün mühüm informativ əhəmiyyətə malik olduğunu söyləyə bilərik.

Üçüncü eksperiment. Burun samitləri səs signalında unikal xüsusiyyətlərin müəyyən olunması üçün əhəmiyyətli əlamətlərin daşıyıcısı kimi diqqəti cəlb edir. Ağız boşluğunda kipləşmə və tədrici süzülmə ilə müşayiət olu-

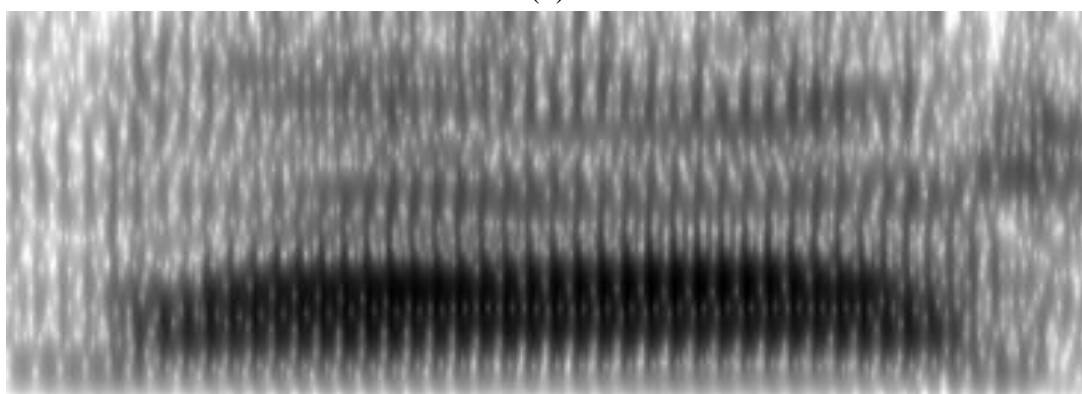
nan bu səslərin tələffüzü zamanı dilçək aşağı sallandığından burun boşluğuna keçid açıq olur. Bu isə həm ağız boşluğu, həm də burun boşluğunun rezonator kimi çıxış etməsi və onlara məxsus parametrlərin səsə əks olunması deməkdir. Bundan əlavə, burun samitləri əlavə rezonatorun açıq olması səbəbindən yanaşı işləndiyi səslərin (saitlərin) formant mənzərəsinə əsaslı şəkildə təsir göstərərək antiformant kimi çıxış edir və onların göstəricilərini diqqəti cəlb edəcək qədər aşağı salır. Bunu nəzərə alaraq, növbəti eksperiment üçün material olaraq “m” samitinin iştirak etdiyi sözləri seçdik. Seçilmiş fonogramda “a” saiti iki “m”-in arasında işlənməmişdir – bu halda antiformant əlamətləri spektrogramda aydın şəkildə müşahidə olunur. Spektrogramlardan görüldüyü kimi, birinci və üçüncü spektrogram bir şəxsə, ikinci isə digər şəxsə məxsusdur.



(1)



(2)



(3)

Beləliklə, kontur-spektroqramlar səs signalında individual əlamətlərin müəyyən olunması üçün ən etibarlı və mühüm vasitələrdən biri kimi çıxış edir. Vacib məsələ tədqiqat materialının düzgün seçimi, səslərin koartikulyasiya xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla sözdə mövqeyindən asılı olaraq səsə akustik keyfiyyətinin müəyyən olunması və kompleks təhlilin aparılmasıdır. Yeri gəlmişkən, səsə koartikulyasiya ilə bağlı keçid sahələri fərdi fizioloji xüsusiyyətlərdən asılı olmaqla şüuraltı səviyyədə “proqramlaşaraq” avtomatlaşdıyından individuallığın müəyyən olunmasında “açar” kimi çıxış edən vasitələrdən biri kimi çıxış edir. Burun boşluğunun dəyişməz geometrik əlamət-

ləri nitq signalının fonoskopik baxımdan təhlili üçün etibarlı material təqdim edir.

Nəticə

Həm monoziqot əkilərin, həm də digər səs materiallarının fonogramlarının təhlili əsasında aparılan eksperimentlərin nəticəsinə görə belə qənaətə gəlmək olar ki, səs signalında zaman, tezlik, intensivlik amilinin təsiri ilə meydana çıxan individual əlamətlərin “açar”ını – “səs izi”ni müəyyən etmək üçün kiçik fraqmentlər sanballı və etibarlı məlumat mənbəyi kimi çıxış edir. Səs signalının müxtəlif periodlarında intensivliyin, üçüncü formantdan sonra – qeyri-lingvistik, individual zonada formant göstəricilərinin və onların arasındakı sahənin fərqli pa-

rametrlərə malik olması biometrik baxımdan “səs izi”nin aşkarlanma vasitəsi kimi diqqəti cəlb edir. Tədqiqatın nəticəsi göstərdi ki, səs signalının minimal göstəriciləri fonoskopik araşdırma üçün daha etibarlı fakt kimi çıxış edir. Bu nəticələrindən danışanın avtomatik tanınması, eləcə də məhkəmə fonoskopiya sahəsində - şəxsiyyətin identifikasiyası məqsədi

ilə istifadə oluna bilər. Beləliklə, aparılan tədqiqat bu sahədə mövcud nəticələri təsdiqləməklə yanaşı [Jayakumar, Savithri: 2008; Koval, Zubova: 2007], səs signalının yeni individual əlamətlərinin müəyyən olunması, bu istiqamətin daha dərinəndən araşdırılması üçün yeni araşdırma və eksperimentlərin aktual olduğunu bir daha sübut edir.

Ədəbiyyat

1. Daubechies I. (2011) Synchrosqueezed wavelet transforms: An empirical mode decomposition-like tool / I. Daubechies, J. Lu, H.-T. Wu // Journal of Applied and Computational Harmonic Analysis. –Vol. 30, № 2. – P. 243–261. DOI: 10.1016/j.acha.2010.08.002
2. Decoster, W., Van Gysel, A.; Vercammen, J., Debruyne, F. (2001) Voice similarity in identical twins. Acta Oto-Rhino-Laryngologica Belgica .55, 49-55.
3. Gilles J. Empirical Wavelet Transform / J. Gilles // IEEE Transactions on Signal Processing. – 2013. – Vol. 61, № 16. – P. 3999–4010. DOI: 10.1109/TSP.2013.2265222
4. Jayakumar, T., Savithri, S. R. (2008) Investigation into voice source of monozygotic twins using formant based inverse filtering. Journal of the All India Institute of Speech and Hearing .27, 8-14.
5. Koval, S.L., Zubova, P.I. (2007): Speaker identification by his voice and speech on the basis of complex analysis of phonograms, in Theory and practice of forensic expertise № 3 (7), Moscow: Nauka, p. 68-76 (in Russian).
6. Nolan, F. and Oh, T. Identical twins, different voices. (1996) Forensic Linguistics. 3(1):39–49.
7. Sataloff, R.T, Herman- Ackah Y.D., Hawkshaw. M.J.(2007) Clinical Anatomy and physiology of the voice . In Otolaryngologic Clinics of North America. vol 40. issue 5. pp 909-929. DOI: 10.1016/j.otc.2007.05.002
8. Vu Dang Hoang. (2014). Wavelet-based spectral analysis. Department of Analytical Chemistry and Toxicology, Hanoi University of Pharmacy, 13-15 Le Thanh Tong, Hanoi, Vietnam. Volume 62, Pages 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2014.07.010>

Nazakət GAZIEVA

MINIMUM SPEECH SIGNAL DATA AS SPECIAL IDENTIFICATION INDICATORS IN PHONOSCOPY

SUMMARY

The physical parameters of the speech signal due to physiological, psychological and other factors, as well as those associated with voice biometrics, are widely used in the field of forensic examination and phonoscopy. There are different methods for identifying and verifying a person using voice biometric data. As a result of our research, it was revealed that in phonoscopic studies, the minimum data of the speech signal is more reliable and stable. During the experiment, the study also involved the vocal materials of monozygotic twins, which are considered identical in terms of genetic data. Based on the results of the experiment, we came to the conclusion that the “voice prints” in monozygous twins are of an individual character.

The article presents the results of three experiments carried out to identify the significance of the minimum data of the speech signal as a marker of individuality. In the course of the experiment, it turned out that in a specific position for a certain sound, the average temporal indicators are individual in nature and are repeated, since this parameter depends on the respiratory process and the geometric structure of the speech apparatus. The results of the experiments proved the informativeness and special importance of the minimum data of the speech signal for personal identification.

Key words: *biometric voice prints, fundamental frequency, phonogram, speech signal, temporal characteristics.*

Назакет ГАЗИЕВА

**МИНИМАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА КАК СПЕЦИАЛЬНЫЕ
ИНДИКАТОРЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ В ФОНОСКОПИИ**

РЕЗЮМЕ

Физические параметры речевого сигнала обусловленные физиологическими, психологическими и другими факторами, а так же связанные с голосовой биометрией широко используются в сфере судебной экспертизы и фоноскопии. Существуют разные методы для идентификации и верификации личности с помощью биометрических данных голоса. В результате проведенного нами исследования выявлено, что при фоноскопических исследованиях минимальные данные речевого сигнала более надежны и стабильны. В ходе эксперимента привлекались исследованию также голосовые материалы монозиготных близнецов, которые считаются идентичными по генетическим данным. По данным результатов эксперимента мы пришли к выводу, что “голосовые отпечатки” у монозиготных близнецов носят индивидуальный характер.

В статье приведены результаты трех экспериментов проведенных для выявления значимости минимальных данных речевого сигнала как маркер индивидуальности. В ходе эксперимента выяснилось, что в конкретной позиции для определенного звука средние временные показатели носят индивидуальный характер и повторяются, так как этот параметр зависит от дыхательного процесса и геометрической структуры речевого аппарата. Результаты экспериментов доказали информативность и особую важность минимальных данных речевого сигнала для идентификации личности.

Ключевые слова: биометрические отпечатки голоса, основная частота, фонограмма, речевой сигнал, временные характеристики.