

УДК 004.934.2

ПРОГРАММНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗВУКОВЫХ ФОРМАНТ ЯКУТСКОГО ЯЗЫКА

Леонтьев Н.А., Слепцов И.А., Токарев И.З.

ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет
им. М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: leonza@mail.ru

В данной статье описывается исследование фонетики якутского языка с помощью свободно доступных программных средств. Приведен обзор исследований в области фонетики якутского языка с помощью аппаратных и компьютерных средств, а также анализа спектра речи. Использование свободных программных средств позволяет провести спектральный анализ фонем устной речи. В работе была использована бесплатная программа SpeechAnalyzer фирмы SIL International для выявления формантных частот записанной речи. Исследованы фонемы, которые присутствуют в якутском языке. Приводятся результаты исследования формантных частот устной речи на якутском языке, составлена таблица гласных и согласных звуков, а также дифтонгов. Результаты исследования позволяют создать автоматизированные системы по синтезу и распознаванию речи с помощью математических моделей по обработке естественной речи.

Ключевые слова: фонетика, якутский язык, формантная частота, распознавание речи, таблица частот

SOFTWARE FINDING SOUND FORMANTS OF THE YAKUT LANGUAGE

Leontev N.A., Sleptsov I.A., Tokarev I.Z.

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: leonza@mail.ru

This article describes a study of phonetics of the Yakut language using freely available software. Provides an overview of research in the field of phonetics Yakut language with hardware and computer facilities, as well as analysis of the spectrum of speech. Using free software allows for spectral analysis of speech phonemes. In this study we used a free program SpeechAnalyzer company SIL International to identify formant frequencies recorded speech. Studied the phonemes that are present in the Yakut language. The results of the study formant frequencies of speech in the Yakut language, a table of vowels and consonants and diphthongs. Results of the study will create an automated system for the synthesis and speech recognition using mathematical models for processing natural speech.

Keywords: phonetics: Yakut language, formant frequencies, speech recognition, a table of frequencies

Автоматизированная обработка речи является перспективным направлением в информационных технологиях. Это направление привлекает многих исследователей, в мире проводятся множество работ по синтезу и распознаванию речи. В области синтеза речи достигнуты хорошие результаты, но в области распознавания речи многие результаты не вышли за пределы лабораторных исследований и демонстраций дикторского распознавания. Большие компании, такие как Google и Apple, решают вопросы распознавания речи напрямую, они создают огромные базы данных голосов и фрагментов, в которых идет поиск и сравнение с образцами. Данный метод требует несколько миллиардов фрагментов речи и несколько десятков лет их сбора, а также необходимо наличие большого количества технических и программных средств для хранения и обработки данных.

В России и в мире ведутся исследования языков разных народов, например, татарского [9], чувашского [3] языков, но, к сожалению, изучение других языков остается в продвигаются медленно, что конечно в дальнейшем снижает количество носителей языка, так как происходит отток

в сторону более информационно развитых языков. Данная ситуация также начинает преобладать в якутском языке, так как отсутствуют электронные ресурсы по поддержке якутского языка.

Развитие информационных технологий позволило расширить возможности автоматизированного исследования устной речи. Появились программные средства для анализа устной речи. Исследователями были разработаны множество методов и способов синтеза и распознавания речи, все они обладают своими преимуществами и недостатками.

Аппаратные исследования фонетики якутского языка были проведены в 70-х годах 20 века [1, 2]. В данных работах приведены данные о гласных и согласных фонемах якутского языка, показаны пневмоосцилограммы, палатограммы и рентгенограммы и кадры из кинорентгенограмм различных слов и фонем. Все это дает понимание механизма работы речевого тракта для задач синтеза и распознавания речи на якутском языке. Возможности вычислительной техники в те времена не могли обеспечить компьютерный анализ звуковой речи на якутском языке.

В работе [7] Слепцов И.А. исследовал формантные частоты гласных звуков устной речи на якутском языке. В работе [8] Токарев И.З. провел спектральное сравнение чисел на якутском языке. Все эти работы являлись начальным этапом исследовательской работы по изучению устной речи на якутском языке для задач синтеза и распознавания речи.

Современные информационные средства позволяют хранить и создавать устную речь с помощью компиляции частей речи [4, 5], но это не позволяет реализовывать такие характеристики речи, как просодия, интонация, эмоция. Для высококачественного синтеза устной речи необходимо обеспечить наличие всех характеристик речи, только в таком случае речь перестанет быть искусственной.

Формантный метод синтеза обладает возможностью изменения их параметров, это позволяет изменять характеристики речи, получать разные типы голосов, создавать ударения, выражать эмоции. Такой метод также обладает малым объемом и делает возможным реализацию речи на микроэлектронных устройствах.

Целью работы является получение таблицы формантных частот устной речи якутского языка.

Материалы и методы исследования

По теории создания звука в речевом тракте звук представляет формантными частотами, это резонансные параметры речевого тракта и диапазона частот

формантных областей в которых сосредоточена большая часть энергии сигнала. Согласно теории формантных частот для фонемы необходимо выделить основную частоту и дополнительные четыре формантных частоты.

Обычно считается, что достаточно указать две первые формантные частоты для задач распознавания и синтеза, но иногда необходимо учитывать и более высокие формантные частоты, а также основной тон. Для выделения формантных частот создают спектрограмму голосового сигнала и проводят анализ по обнаружению формантных частот. Формантные частоты раньше анализировались с помощью динамического спектрографа, который производил запись спектрограмм (сонограмм). Исследования разных языков мира, в частности, английского языка, его гласных и согласных, дифтонгов усовершенствовали методы исследования и позволили создать программное обеспечение, с помощью которого можно производить анализ звука и речевых сигналов.

Обнаружение основных и формантных частот возможно производить с помощью программных средств анализа радиосигналов MatLab, с помощью математической программы MathCAD [6] или с помощью специализированного программного обеспечения, такого как SpeechAnalyzer фирмы SIL International, который относится к свободно распространяемым программным продуктам.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследований получены формантные частоты гласных звуков устной речи на якутском языке, приведенные в табл. 1. В якутском языке существуют долгие гласные и гласные, характерные для якутского языка, это гласные «Ө» и «Ү».

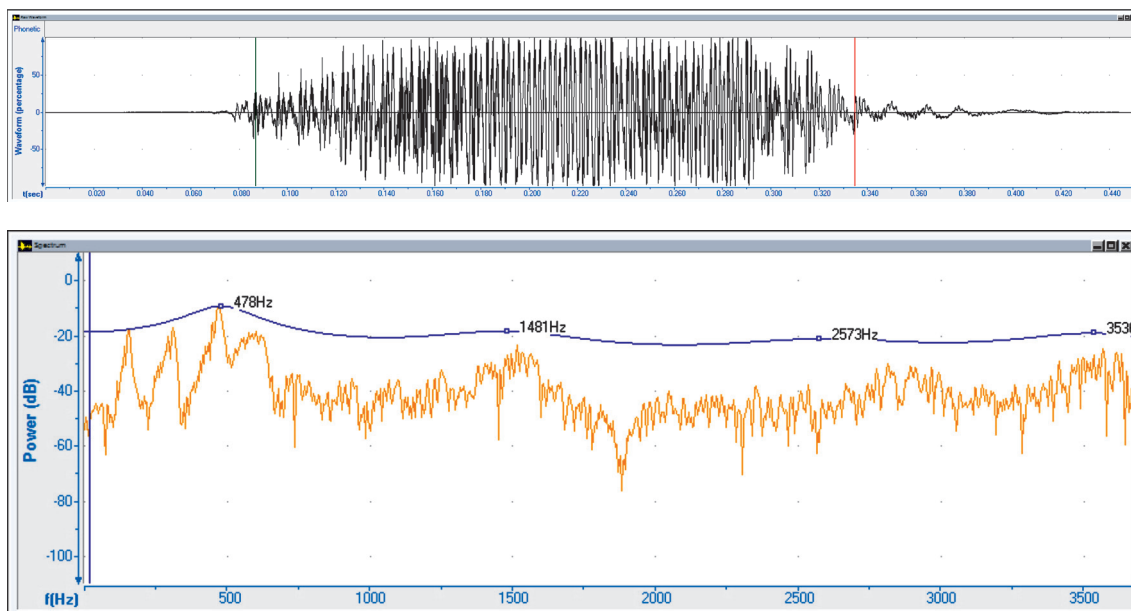
Таблица 1

Формантные частоты гласных звуков

Фонемы	Формантные частоты (Гц)			
	F1	F2	F3	F4
А	730	1481	2731	3336
АА	741	1467	2713	3409
Э	601	1682	2827	3646
ЭЭ	573	1619	2853	3569
И	302	2221	3295	3450
ИИ	254	2218	2953	3548
О	637	1834	3150	
ОО	491	1877	2868	3520
Ө	459	1567	2673	3639
ӨӨ	432	1492	2569	3562
У	254	735	2122	3265
УУ	305	749	2140	3214
Ү	175	2177	3103	
ҮҮ	261	1892	2259	3306
Ы	271	1778	2259	3361
ЫЫ	256	2286	3427	

При анализе гласных звуков программа SpeechAnalyzer показывает временной отклик сигнала, а также производить вычисления формантных частот. На рисунке приведена спектрограмма гласного звука «Ө».

Также был исследованы дифтонги якутского языка «иэ», «уо», «ыа» и «үө». При произношении дифтонгов звук произносится слитно. При исследовании дифтонгов выяснилось, что дифтонги имеют формантные частоты (табл. 2), отличные от слияния двух разных фонем.



Спектрограмма гласного звука «Ө»

Таблица 2

Формантные частоты дифтонгов

Дифтонги	Формантные частоты (Гц)				
	F1	F2	F3	F4	F5
иэ	434	1871	2605	3593	4699
уо	502	980	2123	3280	4153
ыа	433	1568	2637	3975	5455
үө	430	1647	2510	3507	4651

Таблица 3

Формантные частоты согласных

Фонемы	Формантные частоты (Гц)			
	F1	F2	F3	F4
l	2	3	4	5
Б	614	1535	2459	3509
Г	314	1395	2321	3402
Б	276	1676	2815	
Д	250	1590	2729	
Дь	73	2598		
Й	572	2835		
К	625	1669	3514	
Л	309	2216		
М	604	1527	2616	
Н	347	1520	2581	3622

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
Н	178	1591		
Нь	619	1726	2665	
П	241	1517	2495	3575
Р	1527	2563	3603	
С	1005			
Һ	450	1564	3616	
Т	954	1993	2944	
Х	476	1621	2776	
Ч	259	1644	2525	

Также авторами впервые были получены формантные частоты согласных звуков якутского языка, до этого такие исследования не производились. В якутском языке существуют характерные согласные «Дь», «Н», «Нь», «Һ» и «Ң». Звуки, заимствованные из русского языка «В», «Ш», «Щ», «Ц», «З», «Ф», «Ж», произносятся согласно фонетике русского языка.

Заключение

В результате исследования получена таблица формантных частот, с помощью которых возможно создать электронный синтезатор речи на якутском языке, а также создать программное обеспечение по распознаванию речи на якутском языке. Материалы по фонетике якутского языка необходимо собирать и анализировать с помощью новых программных средств, что позволяет сохранить чистое произношение якутского языка.

Список литературы

1. Дьячковский Н.Д. Звуковой строй якутского языка. – Т. 1. Часть 1. Вокализм. – Якутск: Книж. изд., 1971.
2. Дьячковский Н.Д. Звуковой строй якутского языка. – Т. 1. Часть 2. Консонантизм. – Якутск: Книж. изд., 1977.
3. Желтов П.В., Семенов В.И. Вейвлет-анализ акустического сигнала // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2008. – № 4. – С. 68–71.
4. Леонтьев Н.А., Слепцов И.А. Фонемный синтез речи на якутском языке. Свидетельство Роспатент № № 2014613342. Программа для ЭВМ.
5. Леонтьев Н.А., Слепцов И.А. Компилятивная модель для автоматизированного синтеза якутского языка // Инновационный потенциал молодежной науки: материалы Всероссийской научной конференции. – Уфа, 2013 – С. 217–220.
6. Леонтьев Н.А. Применение пакета Mathcad для обнаружения звуковых формант в задачах синтеза и распознавания речи // Современные научные исследования и инновации. – 2014 – № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/04/33556> (дата обращения: 13.05.2014).

7. Слепцов И.А. Исследование формантных частот якутских гласных // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы II междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, апрель 2014 г.). – СПб.: Заневская площадь, 2014. – С. 15–18.

8. Токарев И.З. Спектральное сравнение чисел на якутском языке для задач распознавание речи // XXI век. Образование. Творчество. Наука: материалы I Всерос. научной конференции для студентов и школьников, 21 февраля 2014 г. – Челябинск: изд-во Метеор-сити, 2014. – С. 51–54.

9. Хусаинов А.Ф. Программный комплекс для анализа речи (на примере распознавание фонем татарского языка) // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2013. – № 3 (29). – С. 129–133.

References

1. D'yachkovskij N.D. Zvukovoj stroj jakutskogo jazyka. T. 1. Chast' 1. Vokalizm. Jakutsk: Knizh. izd., 1971.
2. D'yachkovskij N.D. Zvukovoj stroj jakutskogo jazyka. T. 1. Chast' 2. Konsonantizm. Jakutsk: Knizh. izd., 1977.
3. Zheltov P.V., Semenov V.I. Veyvlet-analiz akusticheskogo signala // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta im. A.N. Tupoleva. 2008. no. 4. pp. 68–71.
4. Leont'ev N.A., Slepcev I.A. Fonemnyj sintez rechi na jakutskom jazyke. Svidetel'stvo Rospatent no. no. 2014613342. Programma dlja JeVM.
5. Leont'ev N.A., Slepcev I.A. Kompiljativnaja model' dlja avtomatizirovannogo sinteza jakutskogo jazyka // Innovacionnyj potencial molodezhnoj nauki: materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii. Ufa, 2013 pp. 217–220.
6. Leont'ev N.A. Primenenie paketa Mathcad dlja obnaruzhenija zvukovyh formant v zadachah sinteza i raspoznavanie rechi // Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. 2014 no. 4 [Elektronnyj resurs]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/04/33556> (data obrashhenija: 13.05.2014).
7. Slepcev I.A. Issledovanie formantnyh chastot jakutskih glasnnyh // Tehniceskie nauki: problemy i perspektivy: materialy II mezhdunar. nauch. konf. (g. Sankt-Peterburg, april' 2014 g.). SPb.: Zanevskaja ploshhad', 2014. pp. 15–18.
8. Tokarev I.Z. Spektral'noe sravnenie chisel na jakutskom jazyke dlja zadach raspoznavanie rechi // XXI vek. Obrazovanie. Tvorchestvo. Nauka: materialy I Vseros. nauchnoj konferencii dlja studentov i shkol'nikov, 21 fevralja 2014 g. Cheljabinsk: izd-vo Meteor-siti, 2014. pp. 51–54.
9. Husainov A.F. Programmnyj kompleks dlja analiza rechi (na primere raspoznavanie fonem tatarskogo jazyka) // Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravlenija i radiojelektroiki. 2013. no. 3 (29). pp. 129–133.