УДК 61:007

А.Г. Сизов, Р.В. Мещеряков, Б.А. Люкшин, С.В. Тимченко

Бионическая модель и информационная технология оценки заболеваний органов голосообразования

Статья посвящена вопросам оценки качества жизни пациентов, страдающих заболеваниями органов голосообразования. Предлагается бионическая модель как введение обобщенной оценки для определения качества жизни лиц с ограниченными возможностями. Рассматривается информационная технология по реализации модели.

Ключевые слова: информационные системы, нарушение голоса, критерий, фонация, качество жизни.

Оказание социальных услуг населению является одной из приоритетных задач системы здравоохранения Российской Федерации. Лица с ограниченными возможностями и пожилые люди попадают в категорию субъектов, которым необходима постоянная поддержка и ведение регулярного осмотра по определению состояния жизненно важных функций.

Одним из наиболее активно развивающихся направлений социальной помощи населению – это оценка качества жизни человека. Голосообразование – это одна из важнейших функций человека, позволяющая вести коммуникационный акт [2]. У лиц пожилого возраста нарушения голосообразования и речевосприятия относятся к наиболее распространенным заболеваниям. Однако эти нарушения носят, как правило, фрагментарный характер и развиваются относительно долго.

Очевидно, что создание медицинской технологии требует формализованного подхода путем создания бионической модели. Предлагается проводить оценку нарушений системы голосообразования человека на его социальную жизнь, что может быть реализовано с использованием информационной технологии.

Основной целью и задачей проекта является повышение качества жизни людям с ограниченными возможностями, а именно разработка информационного метода и использование этого метода в диагностическом устройстве, для выявления патологий.

Образование голоса

Рассмотрим анатомию и физиологию возникновения голоса [1]. Система голосообразования (рис. 1) может рассматриваться как автоматическая система, состоящая из:

- излучателя (поток воздуха, образуемый легкими);
- вибратора (мышцы гортани);
- мембраны (голосовые связки);
- импульсионного модулятора (язык);
- резонатора (глотка);
- частотного модулятора (мышцы рта).

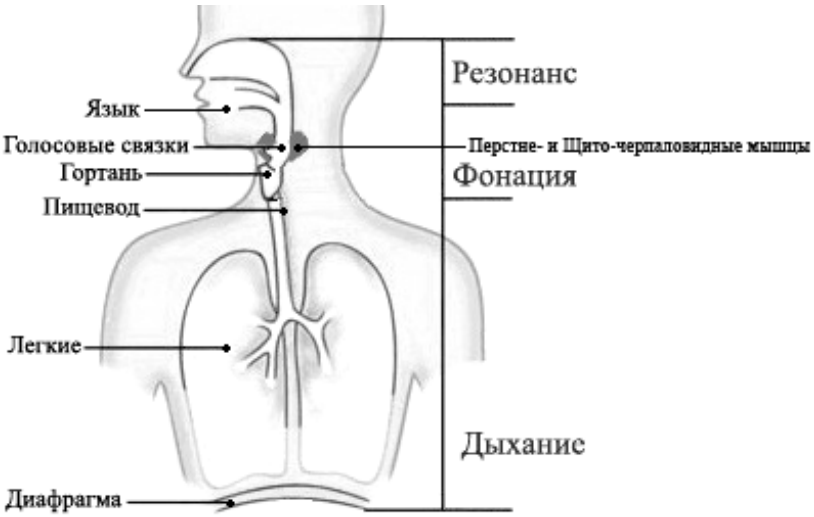


Рис. 1. Органы голосообразования

Фонация может быть проанализирована как преобразователь электрического сигнала в звуковую волну. Воздушный поток, созданный легкими, проходит через голосовые связки, которые создают волновую форму. Воздушный поток продолжает движение в глотку, чтобы получить резонанс и волновую форму, модулированную по интенсивности и частоте мышцами языка и рта (рис. 2).

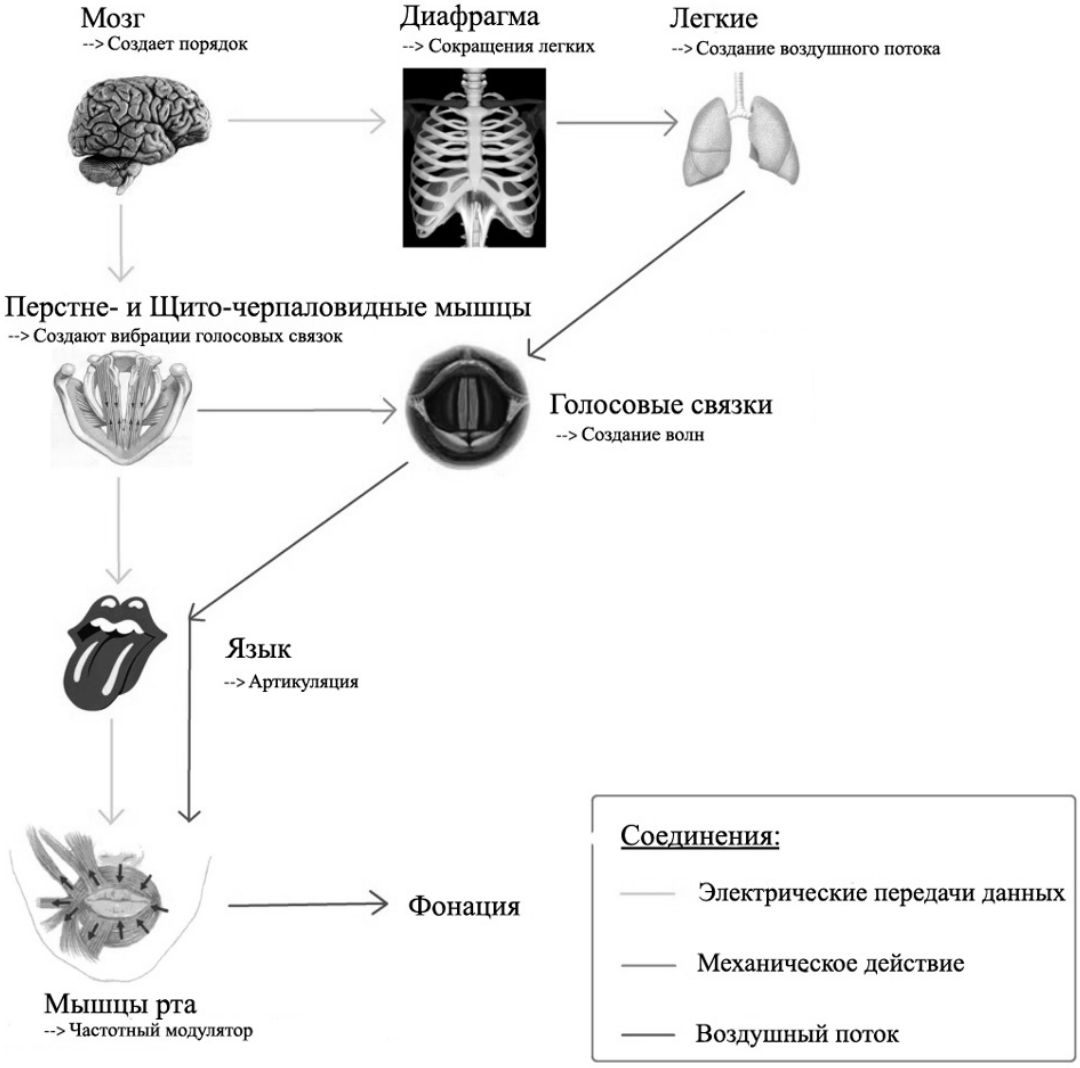


Рис. 2. Процесс голосообразования

Ряд заболеваний относятся к нарушению качества жизни. Дисфония четко определяется как основное расстройство фонации и является следствием патологии голосовых связок. Есть два вида дисфонии – функциональная и повреждающая.

Повреждающие дисфонии делится на два вида: врожденная и приобретенная дисфония. Повреждающая дисфония в некоторых случаях может появиться после функциональной дисфонии.

Возможны функциональные дисфонии:

− хрипота;
− ларингит;
− воспаление гортани;
− гиперкинез;
− слизистая киста или киста оболочки;
− гипокинез;
− инфекция горла;
− глоссоплегия;
− ринофарингит.

Указанные заболевания имеют различные степени тяжести, что существенно отражается на качестве жизни человека (табл. 1). Таким образом, диагностирование нарушений фонации поможет определить уровень качества жизни.

Эта шкалы позволяют лучше понять последствия каждого заболевания и оказать влияние на качество жизни. Предлагается определять качество жизни по схеме, представленной на рис. 3. Нарушения речи напрямую связаны с нарушениями коммуникативной сферы.

Таблица 1

Степени тяжести заболевания, влияющие на качество жизни человека

Градация нарушений	Степень нарушений	Описание	Рекомендации
Нет нарушений	0	–	–
Незначительные нарушения	1	Лингвистическое нарушение едва чувствуется или только чувствуется самим пациентом	Рекомендуется речевая терапия
Умеренные нарушения	2	Снижение легкости и скорости говорения	Необходима речевая терапия
Тяжелые нарушения	3	Говорящий нуждается в помощи слушателя. Пациент часто не может быть понятым, но понимает сам	Необходима речевая терапия и помощь со стороны слушателя
Глубокие повреждения	4	Говорение фрагментарными выражениями. Слушатель должен о многом догадываться. Информации мало, и слушатель должен управлять разговором	Необходима речевая терапия и изучение языка жестов, консультации или синтез голоса
Полная немота	5	Непонятные выражения и любые словесные попытки	Изучение языка жестов, синтез голоса

Рис. 3. Шкала качества жизни

Бионическая модель

Для ввода информации в ЭВМ предлагается использовать устройство, представленное на рис. 4. Устройство записывает специальный текст через микрофон, запись в формате *.wav заносится в базу данных. Далее происходит преобразование звука в спектр по методу спектрального анализа, который тоже заносится в базу данных. Затем голос пациента сравнивается с «идеальным» голосом этого же пациента (голос обработан с помощью звукового фильтра для убирания шума) и происходит обнаружение аномалий по спектру. Установив соответствие нарушений с базой данных, можно будет узнать вид заболевания. Результаты будут переданы на компьютер и распечатаны. Это позволит отслеживать ситуацию пациента для того, чтобы получить общую картину.

Для диагностирования дисфонии предлагается использование метода спектрального анализа. Для выявления патологии голоса пациента врачу-фониатру необходимо их графическое изображение. Для этого пациенты должны произнести два конкретных предложения («В бухту с моря налетел ветерок» и «Эти жирные сазаны ушли под палубу») и гласные («А», «И», «О»). Спектральный анализ должен быть сделан для каждого предложения и гласных. Для преобразования звуковых записей пациента в графическую характеристику голоса используется математический аппарат.

На рис. 5 изображена сонограмма речевого сигнала, представленная в виде спектра. По графику можно выделить частотную модуляцию голоса пациента.

Подобные спектральные анализы используются для диагностики патологий [3–5]. В базе данных речевых сигналов, состоящей из нескольких анализов для всех патологий, о которых говорилось ранее, были найдены общие характеристики одинаковых заболеваний. Указанная база данных будет использоваться в диагностическом устройстве. Она содержит спектральные характеристики

для каждого пола и возраста. Были сделаны записи нескольких пациентов разного возраста, пола и болезней (120 записей).

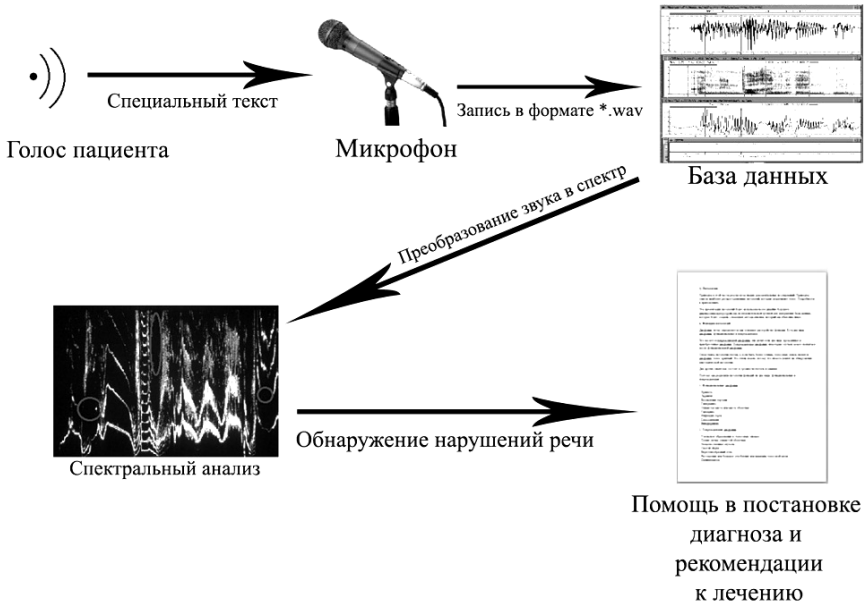


Рис. 4. Диагностическое устройство

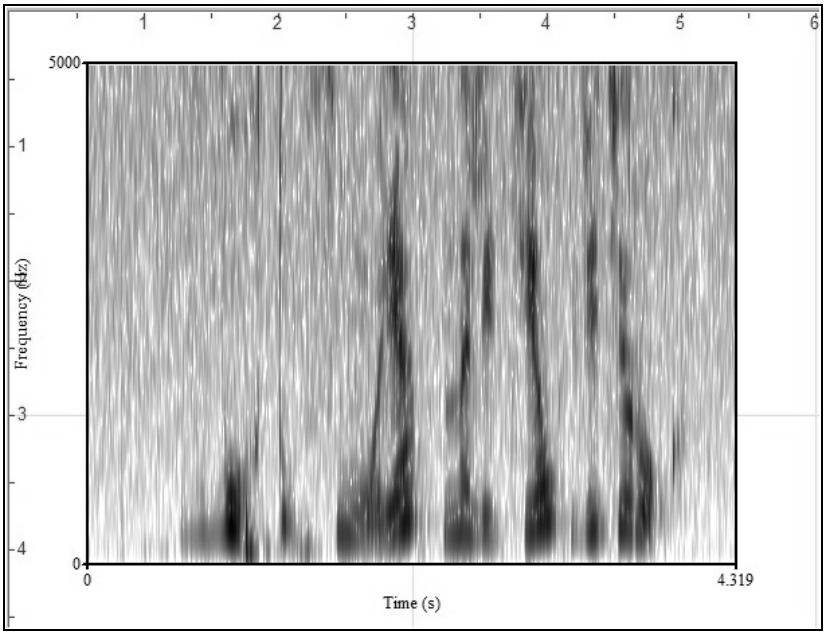


Рис. 5. Пример спектра речевого сигнала

Установлено, что необходимо получить по 10 записей для каждого пола в четырех возрастных группах для каждой болезни, чтобы получить достаточный список характеристик для улучшения системы. Список представляет собой более 2000 записей для тех болезней, которые были отмечены.

Апробация исследований – Информационная технология

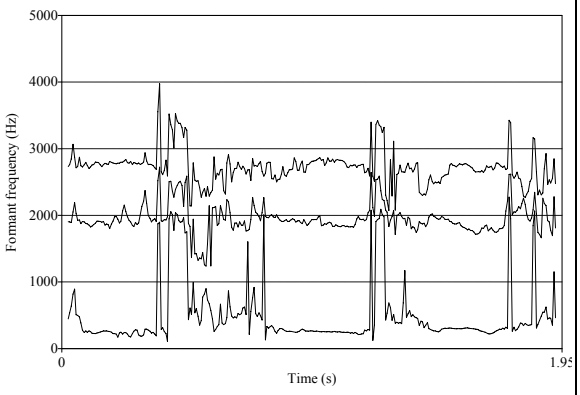
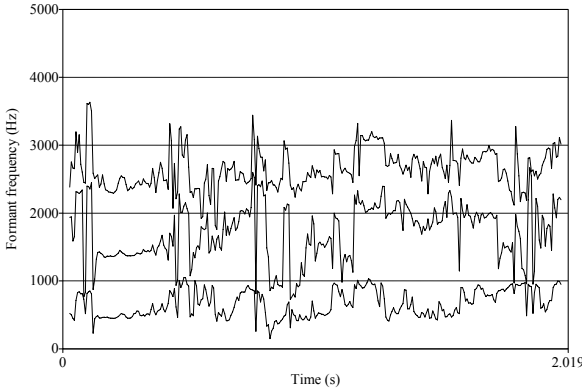
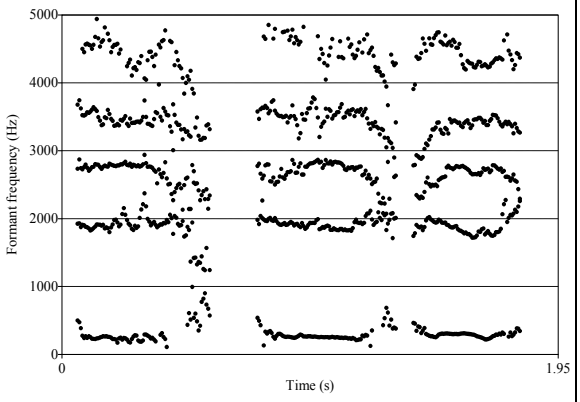
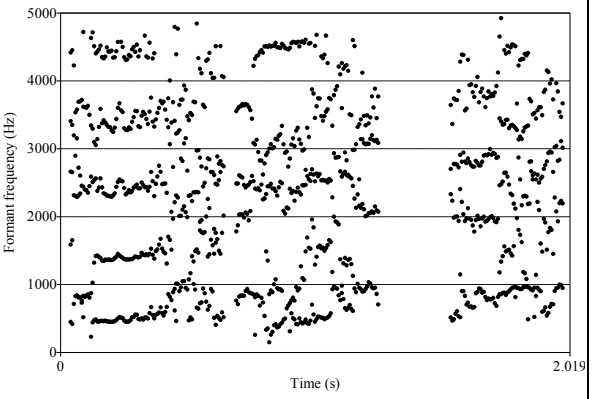
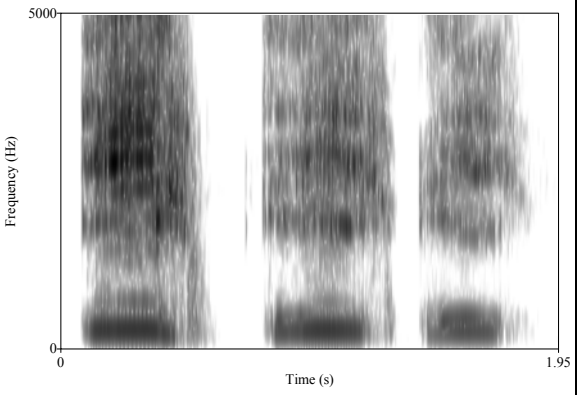
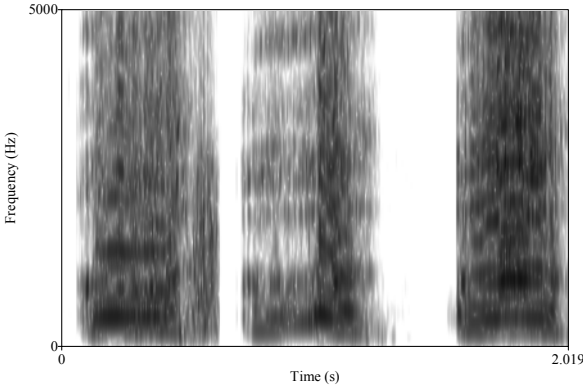
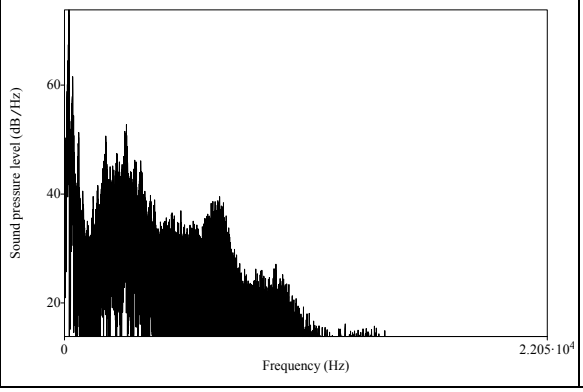
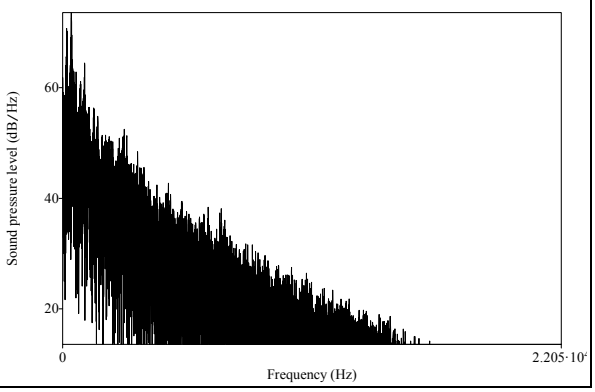
Для проверки метода спектрального анализа были исследованы речевые сигналы более пятидесяти пациентов. Приведем результаты исследований по двум пациентам.

1. Андрей Б. (пол: М. Дата рождения: 02.06.69, диагноз: хронический ларингит).

Выводы, которые можно сделать по указанным пациентам:

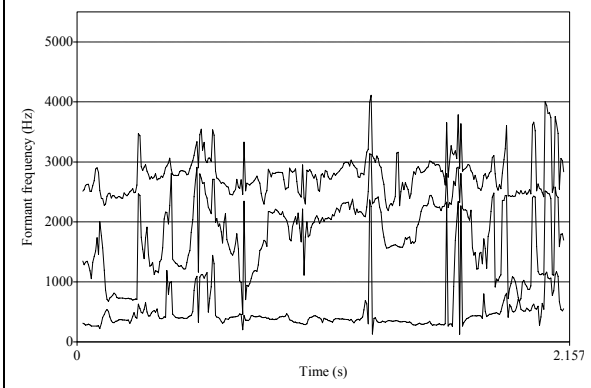
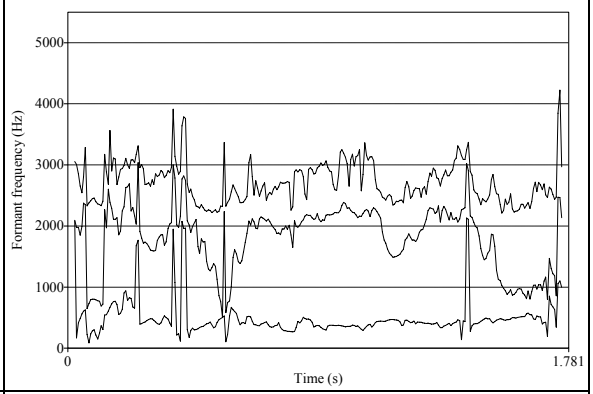
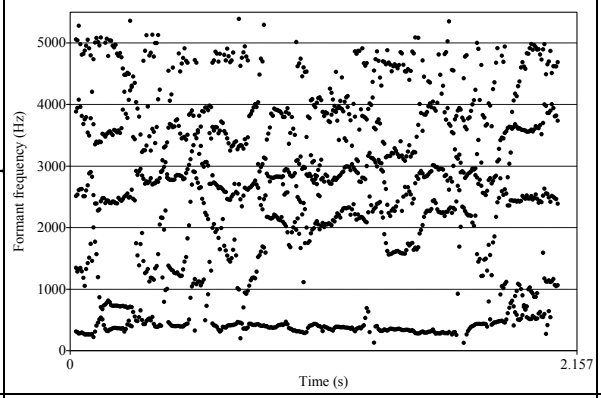
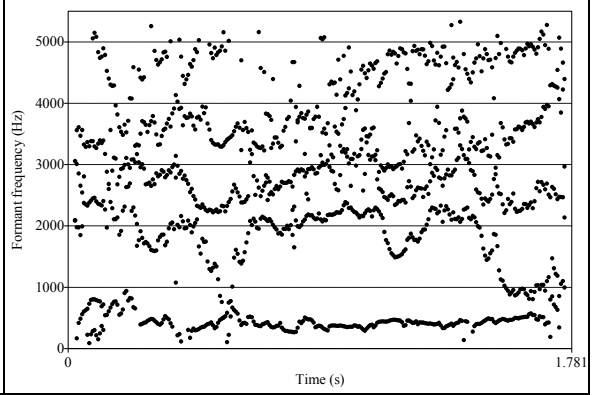
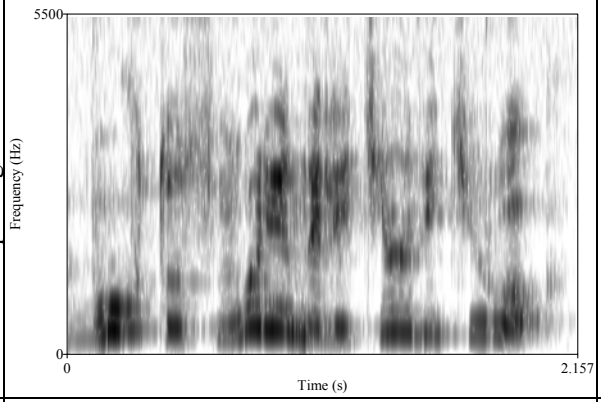
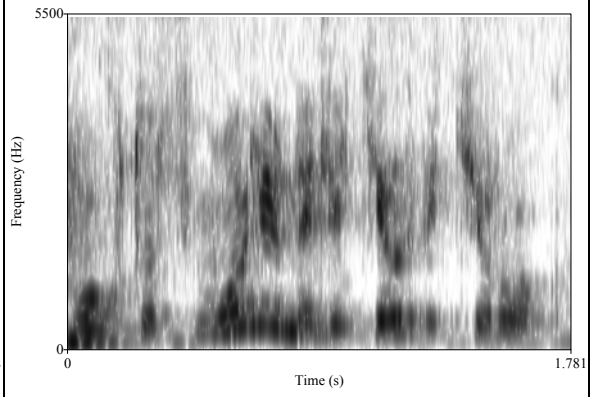
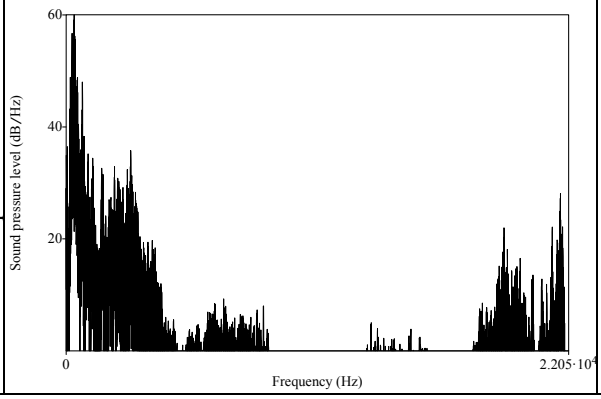
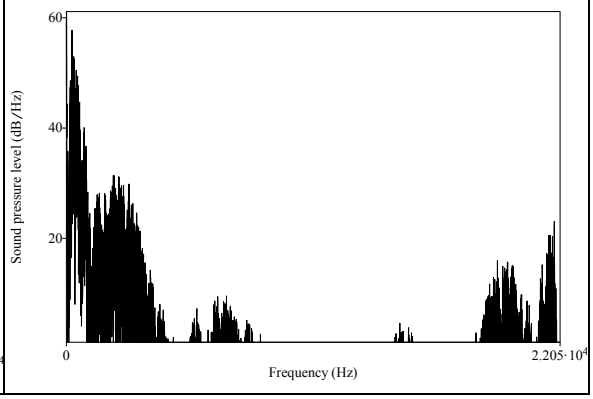
– Для пациента Андрея Б. до лечения: длительное произношение гласных звуков (когда голосовые связки должны быть в автоколебательном режиме); увеличение в расширении верхней форманты и снижение интенсивности (в спектрограмме) сигнала; пациент испытывает трудности в произношении. После лечения: длительность фонации увеличилась; форманты становятся более выраженными.

Таблица 2

	До лечения	После лечения
Formant tracks		
Formant speckle		
Spectrogram		
Spectrum		

2. Наталья Г. (пол: Ж. Дата рождения: 24.02.56, диагноз: острый ларингит).

Таблица 3

	До	После
Formant tracks		
Formant speckle		
Spectrogram		
Spectrum		

– Для пациента Натальи Г. до лечения: длительное произношение гласных звуков (когда голосовые связки должны быть в автоколебательном режиме); увеличение диапазона верхней форманты и снижение интенсивности (в спектрограмме) сигнала; продолжительность произнесенных фраз

короткая; при произнесении фразы появляются высшие гармоники, которые означали «свист» и утечку воздушного потока через голосовую щель. После лечения: нормализация структуры формант при произношении.

Проведенные испытания показывают, что бионическая модель и соответствующая ей информационная технология могут не только применяться врачом-логопедом, но и использоваться в автоматическом режиме. Он обеспечивает высокую скорость оценки и постановки диагноза, тем самым позволяя врачу сконцентрироваться на составлении курса лечения. Диагностическое устройство будет востребовано в любом отделении оториноларингологии и может повысить качество обслуживания пациентов. В настоящее время модель устройства проходит апробацию в 10-й поликлинике г. Томска. В дальнейшем планируется создание мобильного устройства для использования в качестве индивидуального медицинского устройства.

Авторы выражают глубокую благодарность В.И. Мухиной за помощь и апробацию данной модели информационной технологии.

Литература

1. Вартанян И.А. Физиология сенсорных систем: руководство / Сер. Мир медицины. – СПб.: Лань, 1999. – 224 с.

2. Филичева Т.Б. Основы логопедии / Т.Б. Филичева, Н.А. Чевелева, Г.В. Чиркина. – М.: Просвещение, 1989. – 223 с.

3. Gold B. Speech and Audio Signal Processing / B. Gold, N. Morgan. – New York: John Wiley and Sons, 2000. – 560 p.

4. Huang X. Spoken Language Processing / X. Huang, A. Acero, H.-W. Hon. – Upper Saddle River: Prentice hall PTR, 2001. – 980 p.

5. Quatieri T. Discrete-time speech signal processing: principles and practice. – Upper Saddle River: Prentice hall PTR, 2002. – 816 p.

Сизов Александр Геннадьевич
Аспирант каф. комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС) ТУСУРа
Эл. почта: Cu3blu.ru@gmail.com

Мещеряков Роман Валерьевич
Канд. техн. наук, доцент каф. КИБЭВС ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-34-26
Эл. почта: mrv@keva.tusur.ru

Люкшин Борис Александрович
Д-р техн. наук, профессор, заведующий каф. механики и графики ТУСУРа
Тел.: (382-2) 51-32-26
Эл. почта: lba2008@yandex.ru

Тимченко Сергей Викторович
Д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. каф. прикладной математики и информатики ТУСУРа
Эл. почта: tsv@ftf.tsu.ru

Sizov A.G., Meshcheryakov R.V., Lukshin B.A., Timchenko S.V.

Bionic model and information technology for assessment of the phonation organs diseases

The research is devoted to the estimation of life quality of the patients, who suffer from phonation organ diseases. We offer the bionic model as the introduction to generalized estimation of life quality of the disabled people.
Keywords: information systems, voice disorders, criterion, phonation, life quality.