

Лобанов Борис Мефодьевич

доктор технических наук,
гл. научный сотрудник
ОИПИ НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Boris Lobanov

Dr. Sc. in Engineering
Scientific director
UIIP NAS Belarus
Minsk, Belarus
lobbormef@gmail.com

Житко Владимир Александрович

магистр технических наук,
аспирант
ОИПИ НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Vladimir Zhitko

Magistr in Engineering
PhD Student
UIIP NAS Belarus
Minsk, Belarus
zhitko.vladimir@gmail.com

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА РЕЧЕВОГО СИГНАЛА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИНТОНАЦИИ

Описываемый в данном докладе и размещенный на сайте <https://intontrainer.by> программный комплекс представляет собой набор программ, предназначенный для обучения (тренинга) разнообразным интонационным моделям речи. На этом сайте представлены два типа программных продуктов, обеспечивающих численную и визуальную оценку просодических характеристик речи и пения.

Первый тип – тренажеры интонирования речи и пения: *RU IntonTrainer* – тренажер для русской речи, *GB IntonTrainer* – тренажер для англо-британской речи, *US IntonTrainer* – тренажер для англо-американской речи, *CH IntonTrainer* – тренажер для китайской речи, *DE IntonTrainer* – тренажер для немецкой речи, *SING IntonTrainer* – тренажер упражнений пения.

Второй тип – статистические анализаторы интонационных параметров речи и пения: *Speech Melody Meter* – измеритель высоты и диапазона голоса, *Speech Rate Meter* – измеритель темпа речи, *Speech Intonation Assistant* – монитор мелодики и темпа диктора, *Voice Emo Meter* – измеритель степени эмоциональности голоса, *Singer Voice Tester* – тестер высоты и диапазона пения.

В заключении доклада приводятся статистические данные по востребованности интернет-пользователями описанного программного комплекса из более чем 150-ти стран.

К л ю ч е в ы е с л о в а: *анализатор речи, интонация, просодия, обучение языкам, тренинг, программный комплекс, интернет-доступ.*

SPEECH SIGNAL ANALYSIS SOFTWARE PACKAGE FOR INTONATION TRAINING

Software package described in this report and posted on the site <https://intontrainer.by> is a software system designed to train learners in producing a variety intonation patterns of speech and singing. This site contains two types of software products that provide a numerical and visual assessment of the prosodic characteristics of singing and speech.

The first type – intonation trainers for speech and singing: *RU IntonTrainer* – for Russian speech, *GB IntonTrainer* – for British-English speech, *US IntonTrainer* – for American-English speech, *CH IntonTrainer* – for Chinese speech, *DE IntonTrainer* – for German speech, *SING IntonTrainer* – for singer's voice.

The second type – statistical analyzers of intonation parameters of speech and singing: *Speech Melody Meter* – measuring the height and range of the voice, *Speech Rate Meter* – measurement of speech rate, *Speech Intonation Assistant* – monitoring pitch and tempo of the speaker, *Voice Emo Meter* – measuring the degree of emotionality of the voice, *Singer Voice Tester* – testing the pitch and range of singing.

The report concludes with statistical data on the demand for the described software package by Internet users from more than 150 countries.

Key words: *speech analyzer, intonation, prosody, language teaching, training, software package, Internet access.*

По словам известного лингвиста Максима Кронгауза, «*интонация – самая эфемерная составляющая устной речи. На письме она передается весьма условно, и это, может быть, самая загадочная область фонетики, исследования которой еще далеки от завершения*». С физической точки зрения интонация – это совокупность просодических характеристик акустического речевого сигнала, таких, как: мелодика, ритмика, темп, паузация и громкость речи. Из них наиболее универсальными и значимыми являются мелодика, темп и паузация речи.

Интонация представляет собой важнейшее средство передачи как собственно языковой, так и социокультурной информации. В практике преподавания существует мнение, что иноязычный акцент особенно ярко проявляется в интонации, поэтому при обучении иностранным языкам и их преподавании ей следует уделять особенное внимание.

Например, американские носители языка делают следующее интересное наблюдение: *Спросите у среднего американца, что они думают о российском акценте, и они говорят: «Русские звучат недружелюбно. Я чувствую,*

как будто неприятен ему. Одна из причин того, что русские, говорящие на английском языке, не звучат дружелюбно – это их плоский тон. Они просто не используют правильную интонацию во время разговора».

Правильность воспроизведения мелодики при говорении и адекватность ее восприятия при слушании с трудом поддается самоконтролю учащегося (особенно, при отсутствии музыкального слуха). Существующие лингафонные курсы и оборудование обеспечивают только слуховую обратную связь для контроля правильности интонирования речи, чего явно *недостаточно*.

В статье рассмотрены алгоритмы построения комплекса систем оперативной оценки интегральных (статистических) и локальных (динамических) характеристик речевого сигнала, используемых для самоконтроля и обучения нормативной интонации.

В первом разделе описываются тренажеры интонирования речи для пяти языков и пения.

Во втором разделе описываются статистические анализаторы интонационных параметров.

В заключении приводятся статистические данные по востребованности описанного программного комплекса за последние 5 лет интернет-пользователями сайта <https://intontrainer.by>.

1. ТРЕНАЖЕРЫ ИНТОНИРОВАНИЯ РЕЧИ И ПЕНИЯ

Описываются следующие тренажеры интонирования речи для пяти языков и пения:

- I. *IntonTrainer – RU* – тренажер интонирования русской речи,
- II. *IntonTrainer – GB* – тренажер интонирования англо-британской речи,
- III. *IntonTrainer – US* – тренажер интонирования англо-американской речи,
- IV. *IntonTrainer – CH* – тренажер интонирования китайской речи,
- V. *IntonTrainer – DE* – тренажер интонирования немецкой речи,
- VI. *IntonTrainer – SING* – тренажер интонирования пения.

Тренажеры построены по единому алгоритму и отличаются только особенностями используемого набора эталонных фраз, демонстрирующих основные виды интонационных конструкций указанных языков и пения. Наборы эталонных фраз, состоящие из образцов речевого сигнала, заимствованы из открытых интернет-источников с уроками речи на соответствующих языках, а также с упражнениями для певцов.

Ниже рассматриваются основные принципы работы тренажеров на примере системы обучения интонированию русской речи.

1.1. Интонационная модель

В 1960-х гг. Е. А. Брызгунова предложила описание интонации русского языка с использованием понятия интонационной конструкции (ИК), которое вошло в академическое издание русской грамматики [1] и стало использоваться в методических пособиях по обучению русскому языку как иностранному (РКИ) [2]. За основу классификации интонационных конструкций принят характер движения тона на ударном и прилегающих к нему слогах. Е. А. Брызгунова выделяет семь основных интонационных конструкций русской речи, различающих смысл звучащих предложений: ИК1, ИК2, ИК3, ИК4, ИК5, ИК6, ИК7.

Очевидно, что описания ИК1-ИК7, приведенные в [1], не являются полными и строгими. Такого рода словесные описания не могут вполне удовлетворить разработчиков компьютерных моделей анализа и синтеза интонационных характеристик речи. В работах [3–5] предложена ПАЕ-модель, которая обеспечивает наглядное представление интонационных конструкций в виде набора универсальных мелодических портретов (УМП) в нормированных координатах «*Частота – Время*».

В соответствии с ПАЕ-моделью, минимальным просодическим компонентом, из которого составляется интонация синтагмы или фразы, является акцентная единица (АЕ). АЕ может состоять из одного или более фонетических слов, причем одно из них должно иметь в своем составе полноударный (ядерный) слог. Каждая АЕ, в свою очередь, состоит из ядра (ударная гласная фонема), пред-ядра (все фонемы, предшествующие ударной гласной) и за-ядра (все фонемы за ударной гласной). ПАЕ-модель предполагает, что для определенного типа интонации топологические свойства мелодического контура АЕ не зависят от количественного и качественного содержания пред-ядра, ядра и за-ядра.

Нормализация по времени осуществляется путем приведения к стандартной длине элементов АЕ: пред-ядерных, ядерных и за-ядерных участков. Этот вид нормализации устраняет различия мелодической кривой, связанные с количественным составом пред-ядерных и за-ядерных участков АЕ. Нормализация по частоте осуществляется путем задания минимального значения ЧОТ $F_{0\ min} = 0$, а максимального $F_{0\ max} = 1$ для мелодической кривой в произнесении конкретного диктора. Этот вид нормализации устраняет различия мелодической кривой, связанные с индивидуальными дикторскими различиями в высоте голоса.

1.2. Структурная схема тренажера “IntonTrainer-Ru”

Для создания системы, обеспечивающей в ходе процесса самообучения сравнение произнесенной и эталонной фраз, решен ряд принципиальных проблем [6], к которым относятся:

- адекватное сопоставление сигнала произносимой фразы (с заранее не известным началом и окончанием) с эталонной фразой при условии их взаимной временной деформации;
- сегментация анализируемого сигнала на участки, для которых понятие ЧОТ имеет смысл с точки зрения формирования интонационного контура фразы в целом: участки гласных и большинства сонорных согласных;
- высокоточное вычисление частоты основного тона, произносимого и эталонного сигналов без подстройки для мужских и женских голосов в широком диапазоне (от 50 до 500 Гц);
- интерполяция значений ЧОТ на тех участках, для которых определение ЧОТ является некорректным (большинство согласных звуков);
- представление набора эталонных фраз в виде УМП основных ИК русской речи;
- вычисление численного сходства произносимой фразы с УМП эталонной фразы.

В используемой БД эталонов хранятся по несколько образцов фраз различных ИК, а также разнообразные примеры их употребления, в соответствии [2]. Для каждой из эталонных фраз проводится предварительная разметка, включающая указание фразовых (синтагматических) границ, а также положение ядерных, пред-ядерных и за-ядерных участков во фразе. Учащийся, в соответствии с предлагаемой методикой обучения интонации, выбирает нужные фразы, прослушивает их и затем произносит их. Далее рассчитываются спектры эталонного и произнесенного сигналов, а затем с использованием метода динамического программирования осуществляется их сопоставление, перенос меток и разметка произносимой фразы. Производится расчет частоты основного тона F_0 обоих сигналов, осуществляются операции медианного сглаживания, интерполяции траектории F_0 на не голосовых участках. Рассчитываются и сравниваются УМП эталонного и произнесенного сигналов. Вычисляется численное сходство произносимой фразы с УМП эталонной фразы и проводится оценка полученного результата.

На конечном этапе осуществляется экранное отображение результатов анализа, позволяющее получить визуальную, слуховую и численную оценку интонационного сходства произносимой фразы с эталонной.

1.3. Начальный режим работы тренажера “IntonTrainer-Ru”

Начальное окно тренажера, открывающееся после запуска программы, показано на рис. 1.

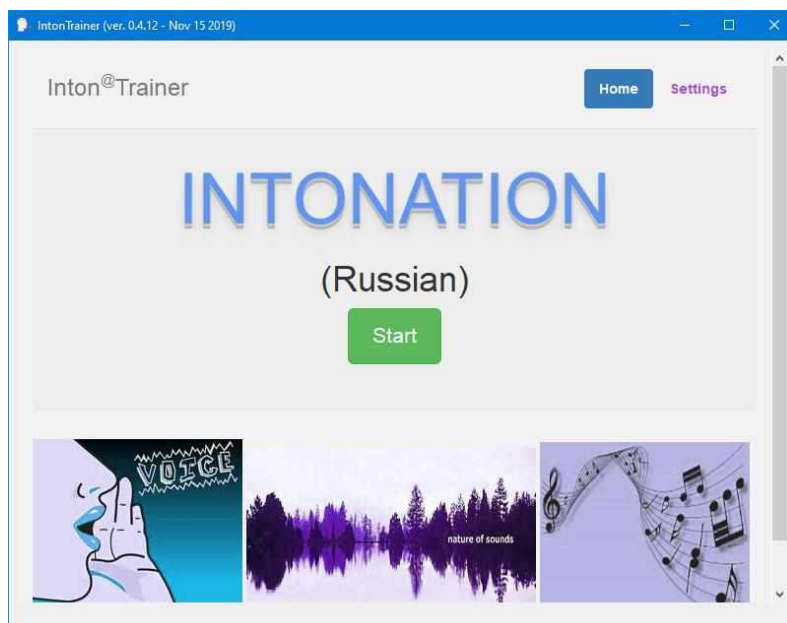


Рис. 1. Начальное окно тренажера

При нажатии кнопки «**Start**» (рис. 1) открывается информационное окно тренажера (рис. 2), содержащее структурированный перечень текстов эталонных аудиофраз, произнесенных женским и мужским голосами.

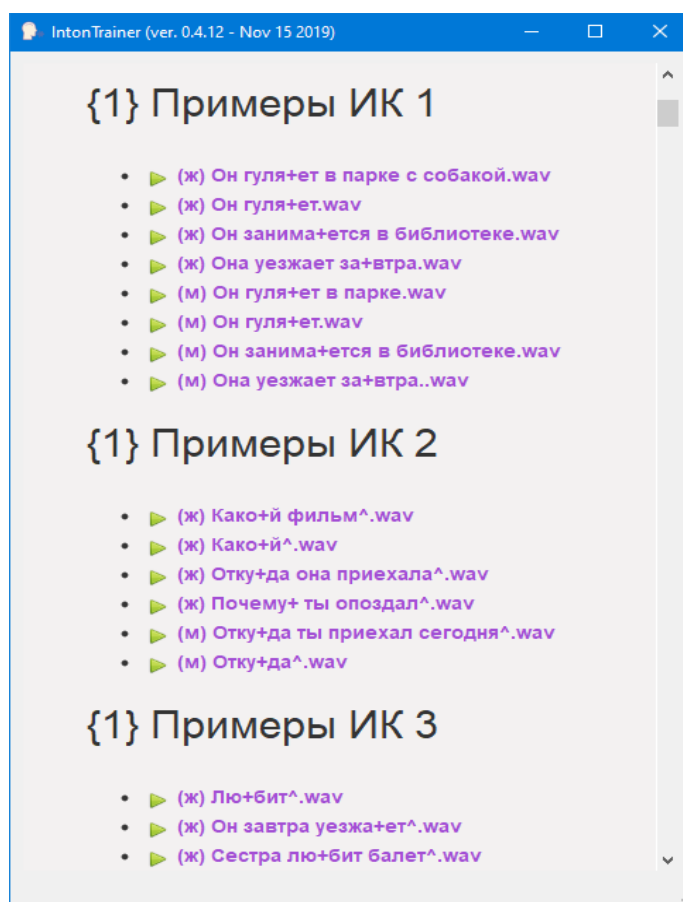


Рис. 2. Информационное окно тренажера

Прокручивая страницу информационного окна (рис. 2), пользователь получает возможность слухового и визуального ознакомления с основными интонационными конструкциями русской речи путем выбора с помощью курсора требуемой директории.

При выборе, например, ИК1 «(ж) Он гуля+ет в парке с собакой», открывается главное окно тренажера (см. рис. 3).

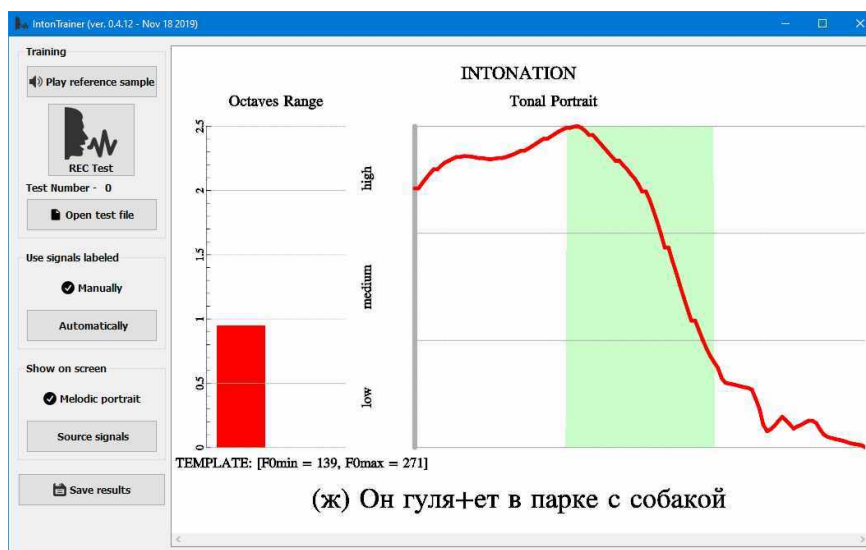


Рис. 3. Главное окно тренажера

В левой части окна сосредоточены органы управления, позволяющие осуществлять прослушивание эталонного речевого сигнала – Play reference sample, запись учащимся тестовой фразы – REC Test, вызов заранее подготовленных тестовых фраз – Open test file, а также задавать различные режимы графического отображения анализируемых сигналов и результатов интонационного анализа.

В правой части окна в графическом виде представлены результаты анализа эталонной фразы:

- График отображения изменений ЧОТ во фразе в виде УМП – Tonal Portrait, состоящего из трех нормированных во времени участков: пред-ядра, ядра и за-ядра. Ядро помечено зеленым цветом.

- Красный столбец (слева от мелодической кривой) отображает диапазон изменения частоты основного тона во фразе – Octaves Range.

Внизу под графиками для выбранной эталонной фразы приведены минимальное и максимальное значения F0 в Герцах – TEMPLATE: [F0min = 139, F0max = 271], а также текст фразы «(ж) Он гуля+ет в парке с собакой», в которой ядерный гласный обозначен знаком «+».

1.4. Режим сравнения произносимых и эталонных фраз

Основное назначение тренажера – предоставление пользователю возможности индивидуального интонационного тренинга при изучении русского как иностранного (РКИ) или для совершенствования уже имеющихся устно-речевых интонационных навыков русскоязычного пользователя.

После того, как пользователь прослушал и просмотрел УМП выбранной фразы, он может воспользоваться внешним или встроенным микрофоном для ввода речевого сигнала своим голосом. При этом он должен нажать кнопку «REC Test» в левой секции окна (см. рис. 3), дождаться короткого «бип-сигнала» и произнести в микрофон фразу, текст которой указан в нижней части окна. После записи введенного речевого сигнала пользователь услышит 2-й «бип-сигнал», а изображение в окне (рис. 3) заменится на изображение, показанное на рис. 4.

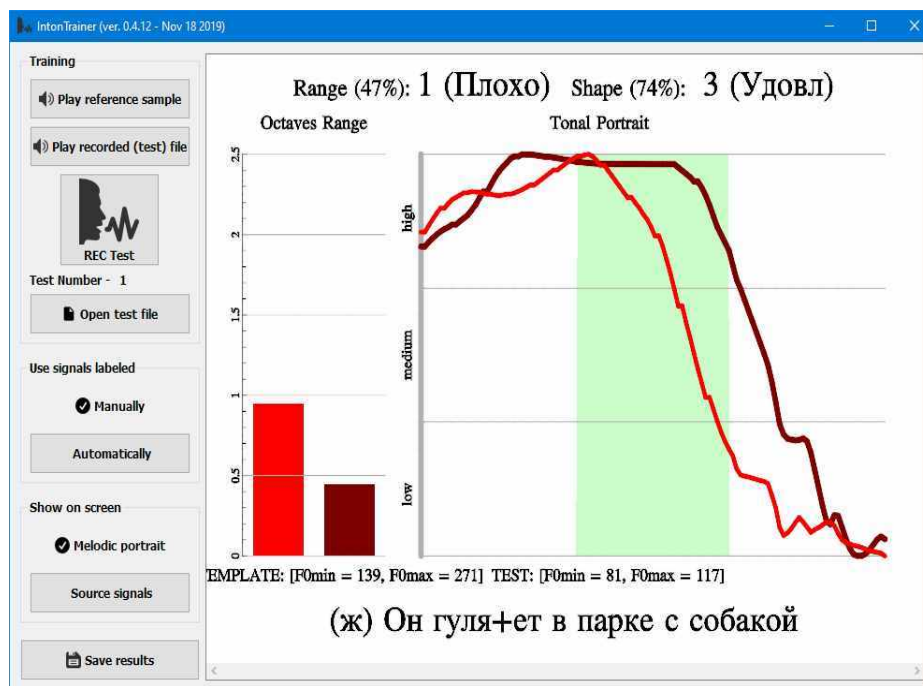


Рис. 4. Результат сопоставления эталонной и произнесенной фразы

На рис. 4 представлены результаты сопоставления УМП эталонной фразы «(ж) Он гуля+ет в парке с собакой» (красные линия и столбик слева) и произнесенной учащимся той же фразы (коричневые линия и столбик слева). Оценка интонационного сходства фраз осуществляется по двум основным критериям: степени сходства диапазонов изменения F_0 – Range и подобия кривых УМП – Shape.

В верхней части окна показаны результаты сравнения эталонной и произнесенной фраз: Range (47 %) – близость по диапазону изменения $F_0(t)$ и Shape (74 %) – близость по форме сравниваемых кривых УМП. Рядом с процентными оценками близости проставлены оценки по 5-бальной школьной системе.

Учащийся, не удовлетворившись результатом теста, имеет возможность многократно повторить фразу, добиваясь желательного освоения навыка правильного интонирования каждой из выбранных ИК русской речи. На рис. 5 показан улучшенный в сравнении с рис. 4 результат интонирования той же фразы, достигнутый учащимся.

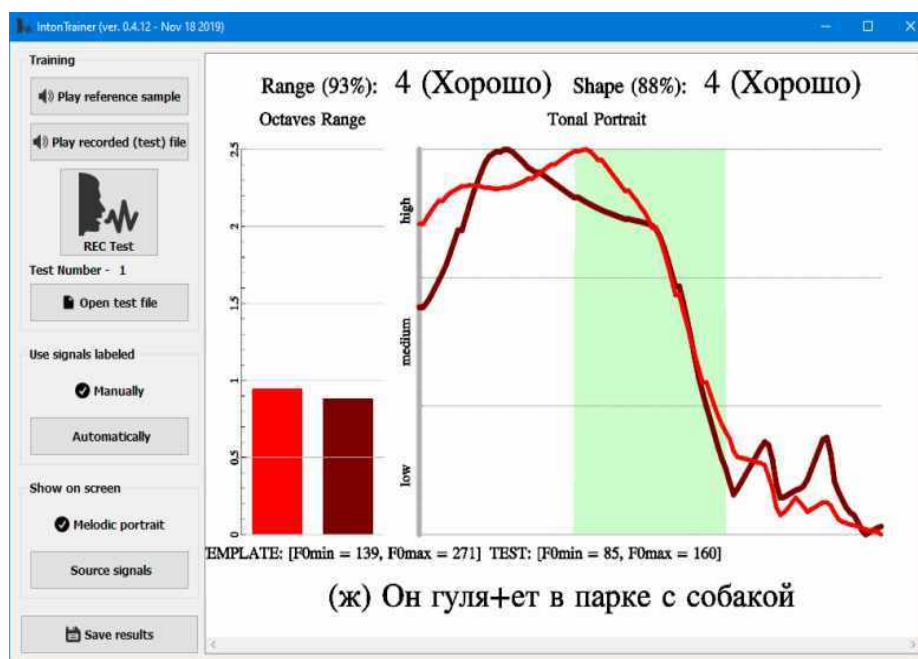


Рис. 5. Результат повторного сопоставления эталонной и произнесенной фразы

1.5. Состав БД русскоязычных эталонных фраз

Структурированный перечень текстов эталонных фраз, произнесенных женским и мужским голосами, хранится в папке “**PATTERNS**”. При создании эталонных фраз для основных аудиопримеров ИК1–ИК7 использовалась интернет-версия методического пособия *Одинцовой И. В.* [2].

Папка содержит:

- отдельные примеры основных интонационных конструкций:
ИК1 – 8 примеров, ИК2 – 6, ИК3 – 6, ИК4 – 4, ИК5 – 5, ИК6 – 7, ИК7 – 4, ИК8 – 4;
- сопоставительные пары ИК1-8 – 29 примеров;
- употребления каждой из ИК в различных речевых ситуациях – 188 примеров, в том числе:
 - ИК1 – 16 (4 ситуации по 4 примера в каждой);
 - ИК2 – 48 (12 ситуаций по 4 примера в каждой);
 - ИК3 – 36 (9 ситуаций по 4 примера в каждой);
 - ИК4 – 36 (9 ситуаций по 4 примера в каждой);
 - ИК5 – 12 (3 ситуации по 4 примера в каждой);
 - ИК6 – 20 (5 ситуаций по 4 примера в каждой);
 - ИК7 – 8 (2 ситуации по 4 примера в каждой);
 - ИК8 – 12 (3 ситуации по 4 примера в каждой);
- отрывок из прозы А. П. Чехова;
- стихотворение Александра Блока.

Программный комплекс «IntonTrainer-Ru» является открытой системой. Допускается модификация используемых настроек и аудиоматериалов. Эталонные базы данных – PATTERNS – могут быть дополнены или модифицированы в соответствии с поставленной задачей либо созданы заново для работы с новыми языковыми приложениями.

Как уже указывалось, тренажеры интонирования речи для других 4-х языков и для пения в основном отличаются только особенностями используемого набора эталонных фраз.

2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ АНАЛИЗАТОРЫ ИНТОНАЦИИ

Описываются следующие статистические анализаторы интонационных параметров речи и пения:

- I. *Speech Melody Meter* – измеритель высоты и диапазона голоса,
- II. *Speech Rate Meter* – измеритель темпа речи,
- III. *Speech Intonation Assistant* – монитор мелодики и темпа диктора,
- IV. *Voice Emo Meter* – измеритель степени эмоциональности голоса,
- V. *Singer Voice Tester* – тестер высоты и диапазона пения.

Принцип работы анализаторов основан на вычислении статистических характеристик гистограмм распределения значений частоты основного тона (ЧОТ) и длительности гласных звуков на достаточно протяженных (не менее 10 сек) отрезках произносимой речи. Для оценки интонационных параметров используются те или иные характеристики гистограмм в зависимости от назначения анализатора.

2.1. Измеритель высоты и диапазона голоса – *Speech Melody Meter* (SMM)

В SMM реализован метод оценки трех интегральных характеристик гистограммы ЧОТ: центра «масс» распределения – C [Hz], эффективной полосы – B [Hz], асимметрии распределения – A [Hz]. В SMM предусмотрена возможность широкого выбора параметров линейных шкал гистограммы, а именно: диапазона анализируемых частот – $F0_{min}$ и $F0_{max}$, частотного разрешения – $dF0$, числа компонент гистограммы – N_c . Отличительной особенностью программной реализации SMM является то, что дискретные значения $F0$ речи измеряются только на интервалах гласных звуков, что позволяет выделить наиболее значимые для восприятия участки траектории $F0$ и в то же время избежать ряда артефактов, возникающих на интервалах согласных и пауз.

Результаты измерения указанных выше характеристик для двух различных образцов речи, а также их гистограммы отображаются в рабочем окне программы (см. рис. 6).

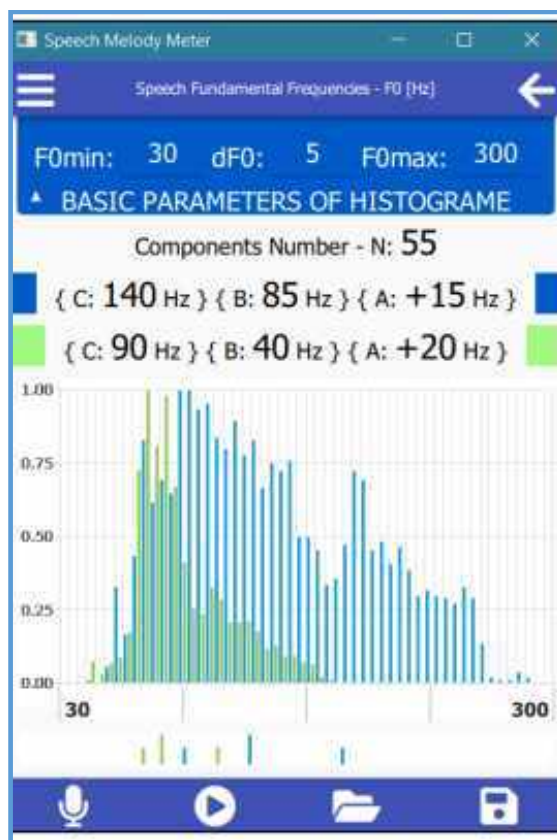


Рис. 6. Рабочее окно программы SMM

Важной особенностью программы является то, что пользователю, в соответствии с решаемой им задачей, предоставлена возможность оперативного изменения соответствующих численных значений $F0_{min}$, $F0_{max}$, $dF0$. Эти параметры определяют частотный диапазон и частотное разрешение анализа, а также количество компонент гистограммы – N . Кроме того, в SMM реализована возможность визуального сравнения пользователем двух гистограмм, полученных от разных источников речи. При этом обеспечивается расчет и отображение статистических характеристик обоих сигналов: $(C1 - C2)$, $(B1 - B2)$, $(A1 - A2)$.

2.2. Измеритель темпа речи – Speech Rate Meter (SRM)

Измерение и оценка темпа речи базируется на автоматическом выделении и подсчете числа гласных звуков N_v в анализируемом отрезке речи. Как известно, слоги образуются за счет гласных звуков, поэтому число слогов равно числу гласных в слове. Результат деления этого числа на длительность речи является фактически выражением темпа в количестве слогов за единицу времени. В то же время, деление этого результата на статистическую оценку среднего количества гласных в слове L_v [7] дает широко распространенную оценку в количестве слов в минуту.

В предлагаемом измерителе темп речи рассчитывается как просодический комплекс, включающий оценки:

а) **полного темпа** (Speech Rate – рассчитывается как количество слов, произнесенных в одну минуту за фактическое время звучания речи, т. е. с учетом длительности межфразовых пауз);

б) **артикуляторного темпа** (Articulation Rate – рассчитывается как количество слов в минуту за суммарное время артикуляции слов, т. е. без учета длительности межфразовых пауз);

с) **показателя паузации** (Phrase Pauses – рассчитывается как среднеквадратическое значение длительности межфразовых пауз).

Отметим, что рассмотренные оценки темпа в значительной степени являются независимыми и выражают комплексную характеристику темпа речи. Например, полный темп может быть низким из-за большой длительности межфразовых пауз, но при этом артикуляторный темп может быть весьма высоким. Показатель паузации также не связан простой зависимостью с первыми двумя параметрами из-за довольно распространенного дефекта речи – вставки паразитных звуков, типа ЭЭ--ЭЭ (Filler Sounds).

Результаты измерения указанных оценок темпа речи отображаются в рабочем окне программы (см. рис. 7).

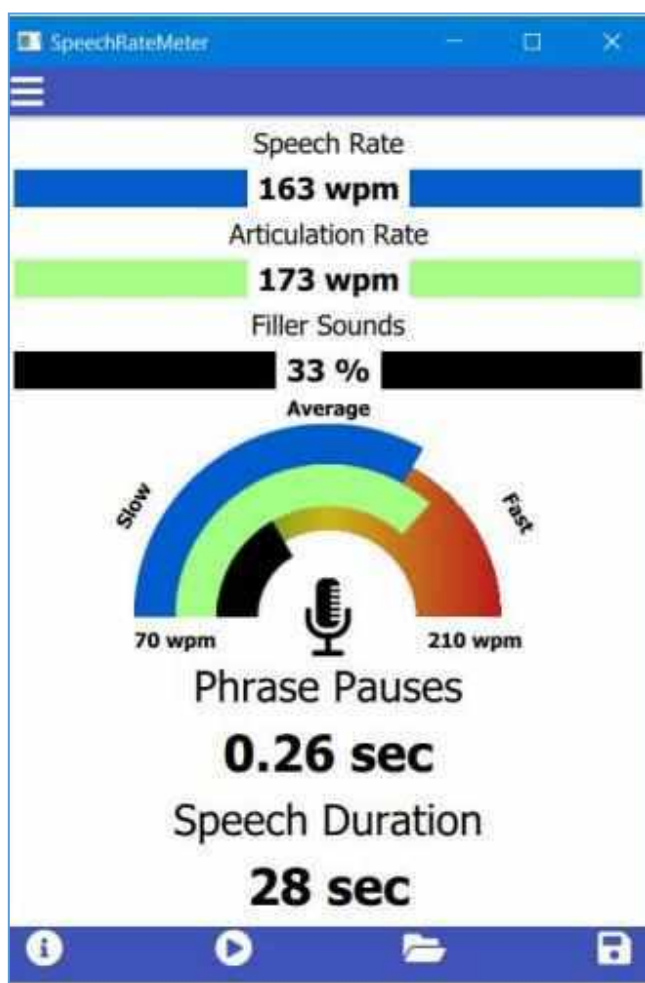


Рис. 7. Рабочее окно программы SRM

В верхней части главного окна отображаются рассчитанные численные значения темповых оценок анализируемого отрезка речи: Speech Rate (wpm), Articulation Rate (wpm), Filler Sounds (%). В нижней части рабочего окна отображаются рассчитанные численные значения оценки средней длительности межфразовых пауз и длительность анализируемого отрезка речи: Phrase Pauses score (sec), Speech Duration (sec). В средней части окна графически показаны измеренные величины параметров темпа речи в виде трех подвижных дуг разного цвета: Speech Rate (синий), Articulation Rate (зеленый), Filler Sounds (черный). Длина этих дуг нормирована относительно задаваемых пользователем минимального и максимального значений этих параметров. Выбор минимального и максимального значений определяется конкретными условиями использования SRM, при которых измеренное значение темпа речи будет считаться медленным – Slow, средним – Average или быстрым – Fast. Выбранные минимальное и максимальное значения «wpm» показаны на концах полуокружности (см. рис. 7).

2.3. Монитор мелодики и темпа диктора – Speech Intonation Assistant

Программа мониторинга мелодики и темпа речи диктора базируется на тех же методах оценки интонационных параметров речи, как и в разделах 2.1 и 2.2. В режиме реального времени измеряются два параметра, наиболее важные для восприятия:

1. Диапазон изменения ЧОТ – Pitch Variability [Hz].
2. Скорость или темп речи – Speech Rate [wpm].

Первый параметр в значительной степени характеризует выразительность речи, а второй – ее разборчивость. На основе расчета этих параметров интонации реализованы три режима работы программы: вспомогательные режимы – “Testing” и “Training”, основной режим – “Monitoring”. В режиме “Monitoring”, после нажатия на значок микрофона в рабочем окне программы (см. рис. 8), начинается отображение текущих значений интонационных параметров анализируемого сигнала речи.

В верхней части рабочего окна показана длительность произнесенного речевого сигнала – Speech Duration (sec). На нижнем и верхнем полях показаны траектории изменения соответствующих интонационных параметров, а над каждым полем: средние их значения – Mean Value – и отклонения от среднего – Deviation – за указанное время.

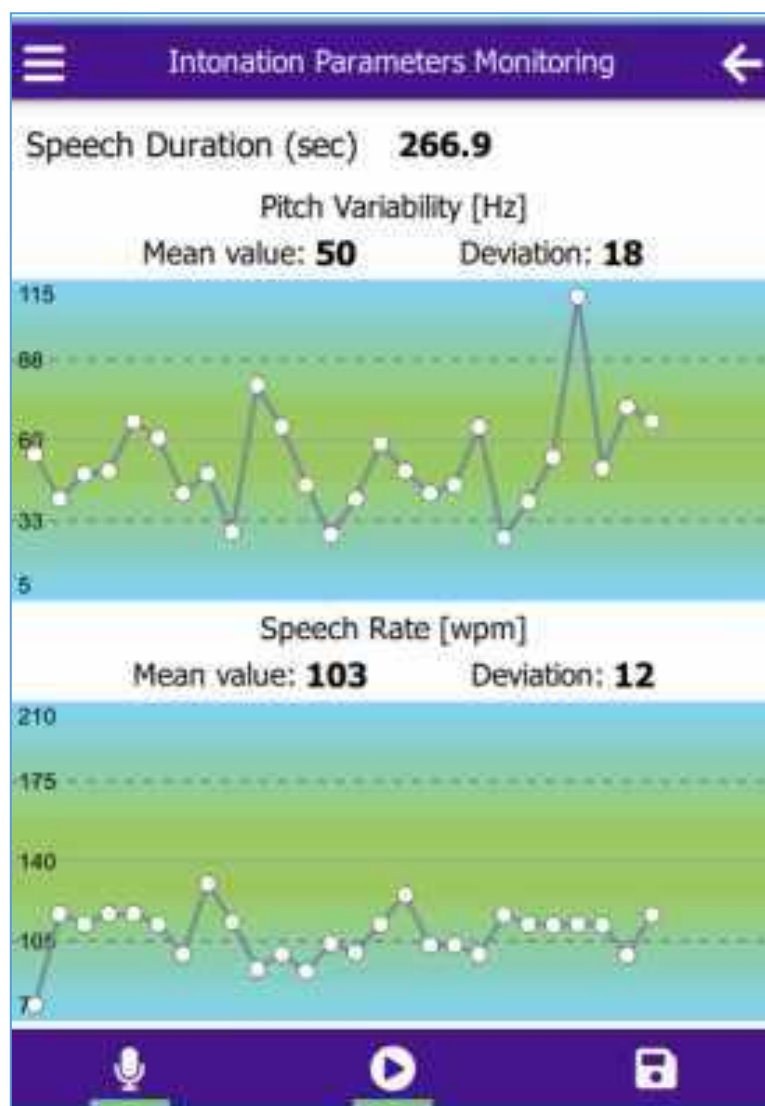


Рис. 8. Рабочее окно режима “Monitoring”

Два вспомогательных режима используются следующим образом. В режиме “Testing” предоставляется возможность предварительно проверить значения его указанных выше интонационных параметров (см. рис. 9А). Режим “Training” позволяет многократно сравнить значения собственных параметров со значениями параметров выбранных им известных дикторов или стилей речи (см. рис 9Б). Для этой цели в программе размещены следующие образцы речи на русском и английском языках:

- звуковые рекламные ролики;
- примеры чтения аудиокниг;
- примеры стиля «Диктант»;
- выступления известных актеров;
- выступления известных лидеров;
- репортажи радио- и тележурналистов;
- чтение дикторами официальных новостей;
- примеры религиозных молитв;
- примеры религиозных проповедей.



Рис. 9. Рабочее окно вспомогательных режимов “Testing”(А) и “Training” (Б)

2.4. Измеритель степени эмоциональности голоса – *Voice Emo Meter*

Для оценки интегральных различий F0-гистограмм с низкой и высокой степенью эмоциональности используются следующие два параметра: центр “тяжести” гистограммы – С, эффективная “ширина” гистограммы – В. Численные значения обоих параметров изменяются от самых малых значений – C_{min} , B_{min} – для голоса с низкой степенью эмоциональности – до самых больших значений – C_{max} , B_{max} – для голоса с высокой степенью эмоциональности. Степень эмоциональности E^o голоса определяется в шкале «градусов» от 0^o до 100^o путем нормировки этих параметров относительно минимальных и максимальных значений.

На рис. 10 представлен результат измерения E_o при умеренно эмоциональном прочтении отрывка стихотворения А. С. Пушкина относительно нейтрального прочтения того же отрывка.

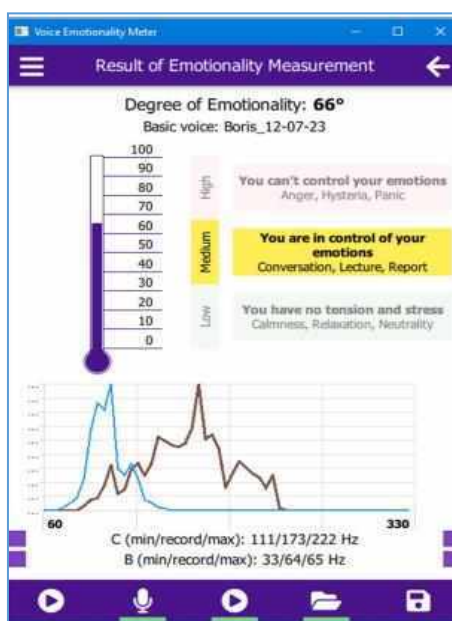


Рис. 10. Рабочее окно программы «*Voice Emo Meter*»

В нижней части рабочего окна голубым цветом изображена гистограмма распределения значений F_0 базового прочтения, а коричневым цветом – эмоционального. Ниже изображения гистограмм приведены соответствующие им значения параметров C и B . В верхней части рабочего окна показано численное значение измеренной степени эмоциональности – $E^\circ = 66^\circ$. В средней части окна наглядно представлена шкала в виде градусника, показывающего измеренную степень эмоциональности. Справа от шкалы даны надписи, поясняющие ситуативные условия для возникновения каждой из трех обобщенных степеней эмоциональности – низкой, средней и высокой.

2.5. Тестер высоты и диапазона пения – *Singer Voice Tester*

Программа *SingerVoiceTester* (SVT) предназначена для тестирования певческих способностей пользователя путем анализа статистических характеристик достаточно длительного интервала (порядка 10 секунд) акустического сигнала его пения. Для этого рассчитывается гистограмма распределения частот встречаемости частоты основного тона (F_0) голоса певца на 4-х октавной музыкальной шкале. На основе полученной гистограммы реализованы два режима работы программы:

1. Определение типа певческого голоса (бас, баритон, тенор, контральто, меццо-сопрано, сопрано);

2. Тестирование и оценка практического владения певческим голосом в игровом режиме путем оценки его отличий от эталонного исполнения по высоте голоса и диапазону.

При выборе первого режима после записи через микрофон своего голоса или после вызова записанного ранее голоса певца открывается окно с результатами определения типа певческого голоса (см. рис. 11А для мужского голоса или рис. 11Б для женского).

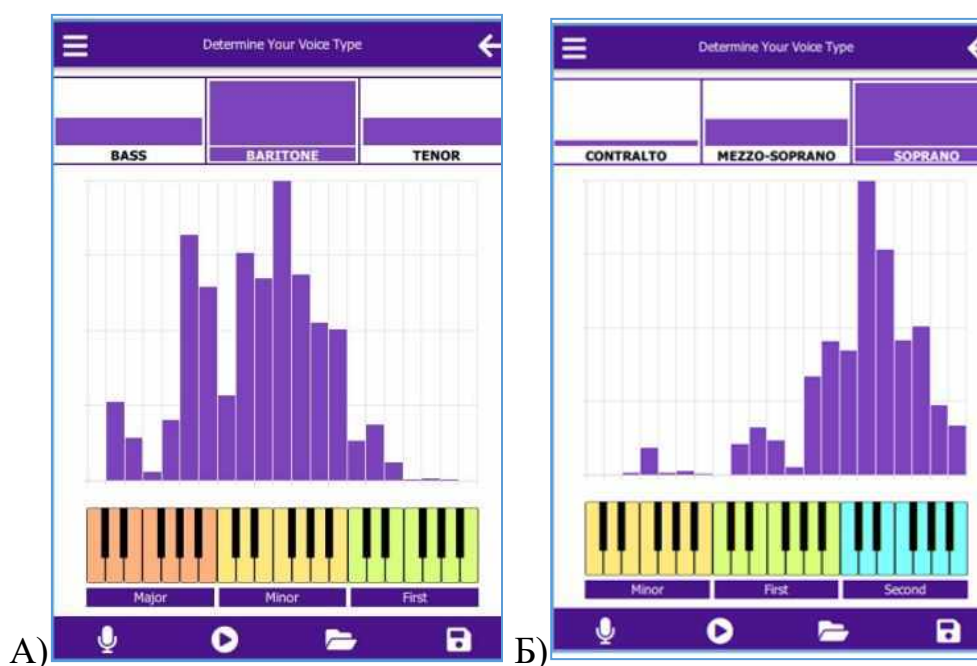


Рис. 11. Окно с результатами определения типа певческого голоса

При выборе второго режима эталонный сигнал пения может быть введен непосредственно в микрофон компетентным исполнителем или учителем пения. Затем, после ввода пользователем тестируемого исполнения, открывается рабочее окно программы 2-го режима (см. рис. 12).

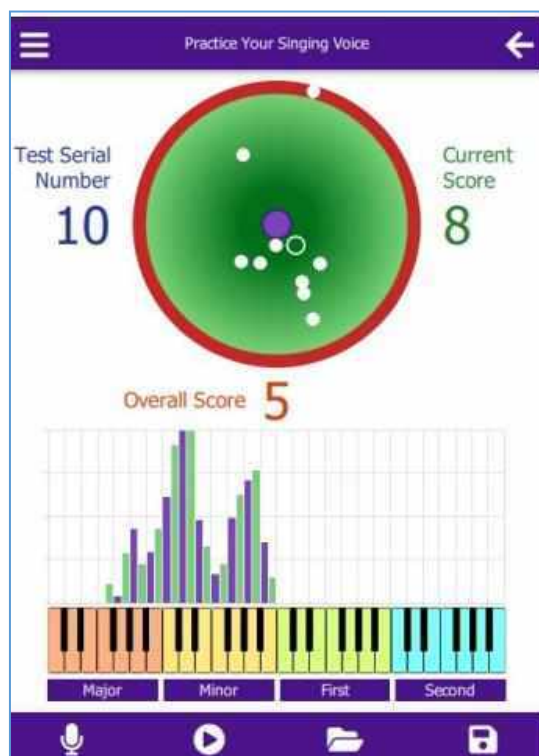


Рис. 12. Рабочее окно 2-го режима

В верхней половине рабочего окна (рис. 12) представлено изображение голосовой мишени. Центр мишени соответствует характеристикам гистограммы эталонного исполнения песенного фрагмента. После первого тестового исполнения пользователем этого же песенного фрагмента в зоне круга голосовой мишени появляется метка в виде белого кольца. Координаты этой метки на мишени зависят от степени отклонения тестовой гистограммы от эталонного исполнения по двум характеристикам голоса – высоте и диапазону. На голосовой мишени они имеют следующее соответствие:

- горизонтальная ось X – отклонение от эталонного по диапазону голоса,
- вертикальная ось Y – отклонение от эталонного по высоте голоса.

При последующих тестах прежняя метка из кольца превращается в белую точку, а результат текущего теста отражается снова в виде белого кольца.

Процесс тестирования может продолжаться до некоторого заданного пользователем числа тестов. Слева от голосовой мишени показан порядковый номер теста, справа от мишени – текущий результат, непосредственно под мишенью – итоговый результат, как среднее значение для выбранного пользователем количества тестов. Результаты тестов оцениваются по 10-бальной системе. Наивысшая оценка «10» – при попадании в центр мишени. Нулевая оценка – при попадании в красное кольцо.

Каждый из описанных в статье **одиннадцати** программных комплексов размещался на сайте <https://intontrainer.by>, начиная с 2015 года, по мере окончания их разработки. Детальные описания работы с программами приведены на сайте в PDF файлах «User Guide». Программные комплексы, размещенные на сайте, выпущены под разрешительной лицензией MIT, что позволяет программистам использовать лицензируемый код в закрытом программном обеспечении при условии, что текст лицензии предоставляется вместе с ним.

Программные комплексы общедоступны для бесплатной загрузки и в зависимости от специфики каждого из них рекомендуются к использованию в следующих достаточно широко востребованных приложениях:

- В лингвистическом образовании как средство визуализации интонации; *(Первичное ознакомление и изучение основных интонационных конструкций речи, их попарного сопоставления и особенностей употребления и др.).*

- Для самостоятельного обучения и самоконтроля как средство интонационного тренинга;

(При изучении иностранных языков, совершенствовании интонационных навыков родной речи в ряде профессий, таких, как операторы колл-центров, дикторы радио, ТВ и др.).

- В научно-практических исследованиях как средство сравнения интонации от разных источников.

(Исследование индивидуальных, эмоциональных и стилистических особенностей реализации интонации. Сравнительная оценка интонации речи в норме и патологии. Оценка интонационного качества синтезированной речи).

С использованием сайта <https://datastudio.google.com/navigation/reporting> проведен анализ активности обращений пользователей к нашему сайту. К настоящему времени (с начала 2020 г.) зафиксировано 17 006 обращений к сайту от пользователей из 121 страны.

На рис. 13 представлено распределение числа обращений к сайту для первых 17-и стран.

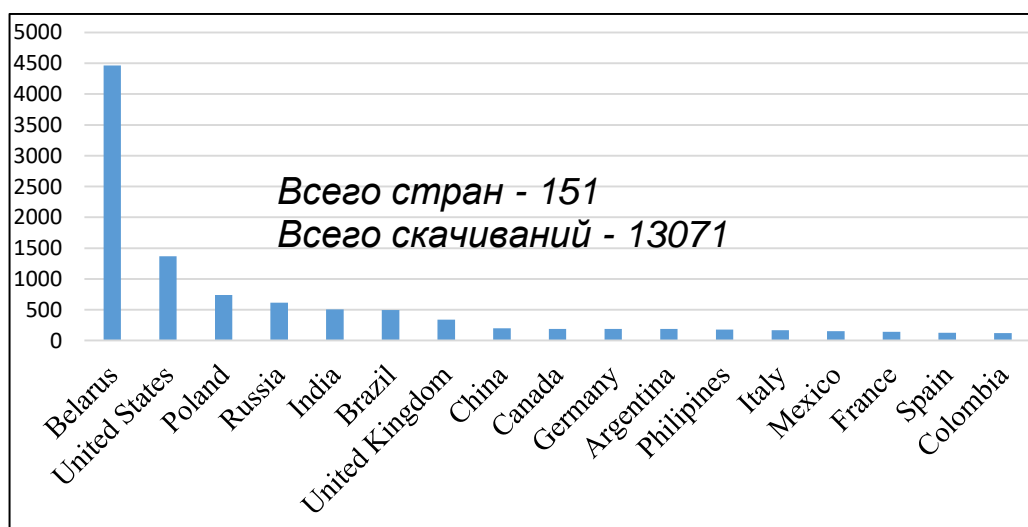


Рис. 13. Распределение числа обращений к сайту <https://intontrainer.by>

На рис. 13 представлено распределение числа обращений к сайту для 25-и стран (без Беларуси).

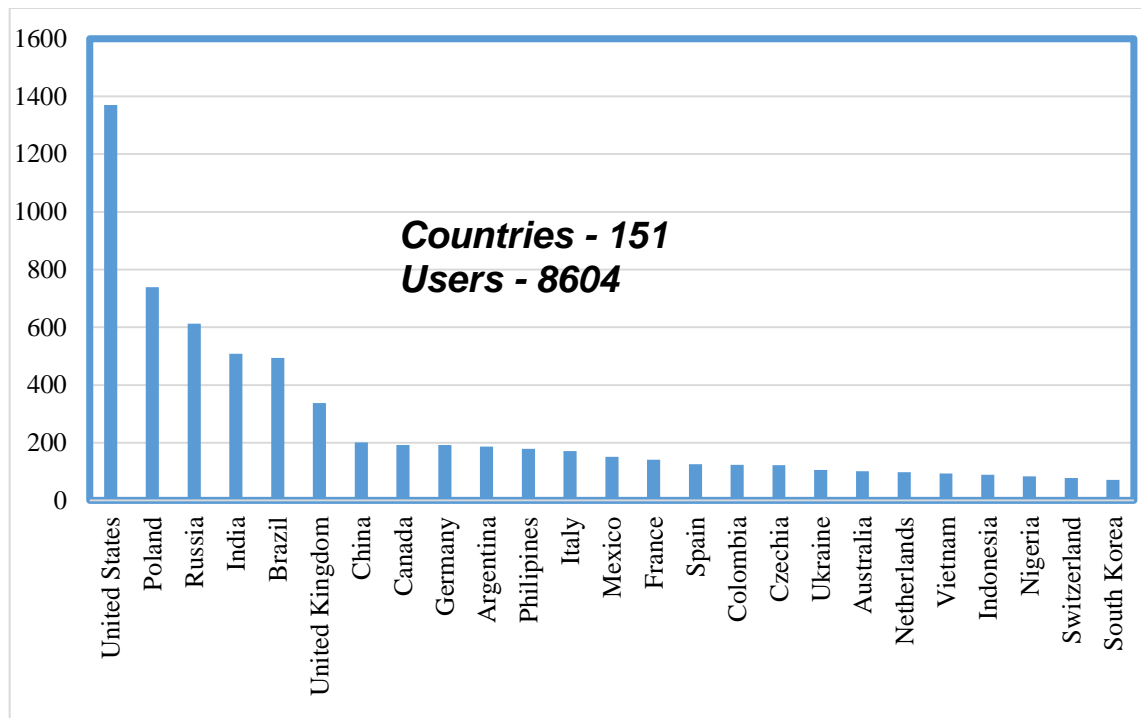


Рис. 14. Распределение числа обращений к сайту (без Беларуси)

На экранной копии (рис. 15) наглядно представлена география обращений пользователей различных стран к сайту. Более подробно географию пользователей читатель может просмотреть, обратившись к сайту: <https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=18QwNw88mRMarNcPC-EieT-d7EhOzhxGZe>



Рис. 15. География обращений к сайту <https://intontrainer.by>

Реальные данные, представленные на рис. 13–15, достаточно убедительно свидетельствуют о востребованности разработанных программных продуктов, а также попутно наглядно показывают степень интенсивности научных исследований и лингвистического образования в отдельных регионах и странах мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брызгунова Е. А. Интонация // Русская грамматика : Фонетика. Фонология. Ударение. Интонация. Словообразование. Морфология. М., 1980. Ч. 1. С. 96–122.
2. Одинцова В. И. Звуки. Ритмика. Интонация : учеб. пособие. М. : Флинта-Наука, 2011. 368 с.
3. Language- and Speaker Specific Implementation of Intonation Contours in Multilingual TTS Synthesis / B. Lobanov, L. Tsiurulnik, D. Zhadinets, E. Karnevskaia // Speech Prosody: proceedings of the 3rd International conference. Dresden, Germany. 2006. Vol. 2. P. 553–556.
4. Лобанов Б. М., Цирульник Л. И. Компьютерный синтез и клонирование речи. Минск : Белорусская Наука, 2008. 316 с.
5. Lobanov B., Okrut T. Universal Melodic Portraits of Intonation Patterns in Russian Speech // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference “Dialogue 2014”. Bekasovo, 2014. P. 330–339.
6. Lobanov B. A., Zhitko V., Zahariev V. Prototype of the Software System for Study, Training and Analysis of Speech Intonation // Speech and Computer: 20th International Conference, SPECOM 2018, Leipzig, Germany, September 18–22, 2018. Leipzig, 2018. P. 337–346.