

Instrumente informaționale de analiză a vocii / Instrumental tools of vocal analysis

Ana Rusu

Departamentul de canto și artele spectacolului muzical, Facultatea de interpretare muzicală, Academia de muzică „Gheorghe Dima”, Cluj-Napoca, România/ The Singing and Musical Theatre Department, Performing Faculty, Music Academy „G. Dima”, Cluj-Napoca, Romania
ana.rsu50@yahoo.com

REZUMAT

Societatea actuală este o societate bazată pe realizări tehnologice informaționale de înaltă calitate, tot mai multe fiind domeniile în care sunt utilizate sisteme computerizate de mare precizie. Unul dintre acestea, care se află în plină ascensiune, îl constituie studiul vocii cântate.

Evaluarea parametrilor vocali poate fi efectuată, așadar, prin intermediul unor programe special create. Lucrarea de față prezintă o încercare de a sintetiza și de a trece printr-un filtru analitic computerizat sunetul vocal, folosind în acest scop programul Praat.

Cuvinte cheie

Voce cântată, Programul Praat, frecvență fundamentală, spectrograma, înălțimea sunetului, formant.

INTRODUCERE

Printre domeniile de cercetare bazate pe utilizarea tehnologiilor web legate de studiul vocii se numără analiza și evaluarea acustico-fiziologică a mecanismului vocal. Obiectivele unor asemenea cercetări sunt monitorizarea calității sunetului emis, precum și găsirea unor soluții de natură fiziologică în vederea asigurării longevității aparatului vocal și reducerii riscurilor de disfuncționalitate.

Unul dintre avantajele sistemului computerizat de investigație îl reprezintă caracterul său obiectiv, reproductibil, precum și accesibilitatea și ușurința cu care poate fi folosit. Bazele de date create prin intermediul acestor programe oferă astfel un reper standardizat ce poate deveni un punct de referință pentru cântăreții începători și un sprijin pentru profesorii de canto în domeniul cultivării și dezvoltării vocii cântate.

PROGRAMUL PRAAT – O UNEALTĂ TEHNOLOGICĂ AVANSATĂ

Ultimele decenii se remarcă prin apariția mai multor programe destinate studiului vocii (vorbite și cântate). Printre acestea amintim programul *PitchXtractor* pentru Macintosh, care a fost creat anterior lui *Praat*, și este un precursor mai puțin performant în comparație cu acesta. Un alt program, de mare complexitate din punct de vedere al posibilităților de analiză a semnalului vocal, îl reprezintă sistemul VOCSPEC, creat în cadrul clinicii ORL Cluj, în colaborare cu SOFTWARE ITC Cluj. Din păcate, din motive tehnice, acest program nu mai poate fi

ABSTRACT

The society we live in is a society based on high quality information technology accomplishments, more and more are the fields where high precision computerized tools are employed. One of these fields, which is constantly growing, is the study of the singing voice.

Evaluation of vocal parameters may be done by specially created software. This study presents an attempt to synthesize and analytically filter the vocal sound by means of a computer using Praat software.

Key words

Singing voice, Praat program, fundamental frequency, spectrogram, pitch, formant.

FOREWORD

Among the study fields based on web technologies related to the study of the voice we can count the analysis and acoustic-physiologic evaluation of the vocal mechanism. The objectives of this kind of research are to monitor the quality of the vocal sound, and also to find some solutions of physiologic nature in order to ensure longevity of the vocal chords and to reduce the risks of malfunction.

One of the advantages of the computerized system of investigation is represented by its objective and reproducible character, as well as its accessibility and ease of use. Databases created by these programs offer a standardized landmark which can become a reference point for beginners and a tool for voice teachers.

THE PRAAT PROGRAM – AN ADVANCED TECHNOLOGICAL TOOL

The last decades are remarkable because of new programs designed to study the human voice (spoken and sung). Among these we find *PitchXtractor* for Macintosh, which was created before *Praat* and is less successful than it.

Another program, very complex from the point of view of its analytical possibilities, is VOCSPEC, created by

folosit. Așadar, *Praat* rămâne la ora actuală cel mai performant program de analiză a parametrilor vocali, care poate fi accesat gratuit la adresa: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat.html>

AVANTAJE ȘI POSIBILITĂȚI

Programul *Praat* este un program multifuncțional, punându-ne la dispoziție o paletă diversificată a instrumentelor informaționale de investigație, care să permită analiza în detaliu a segmentelor muzicale examinate. Printre opțiunile disponibile se numără editarea de sunet, redarea, reprezentarea grafică, modificarea, sintetizarea, conversia, filtrarea, precum și generarea de sunet. Cercetarea poate fi făcută pe două nivele, folosind:

- tehnici de cercetare de bază sau
- tehnici avansate de cercetare

Fișierele care pot fi introduse în program trebuie să fie înregistrate în sistemul *mono*, înregistrările *stereo* fiind împărțite în mod automat pe canale. Fișierul va conține o singură voce. Muzica pe mai multe voci sau însoțită de un acompaniament instrumental consistent nu va putea fi analizată decât în condițiile separării acestora. Ulterior, vocile pot fi „reasamblate” într-o singură imagine cu ușurință.

Important de reținut este faptul că sistemul *Praat* a fost conceput ca un sistem de analiză asupra vocii vorbite și cântate și mai puțin ca un mijloc de investigație asupra liniilor instrumentale. De aceea, cea mai potrivită utilizare a sa o reprezintă studiul asupra vocii umane.

SELECTAREA MATERIALULUI PROPUȘ PENTRU ANALIZĂ

Ne-am propus pentru investigație un scurt fragment extras din aria Reginei Noptii (*Der Hölle Rache kocht in meinem Herzen*) din actul II al operei *Flautul fermecat* de W. A. Mozart. Înregistrarea fragmentului a fost făcută urmând rigorile procedurii recomandate de echipele de cercetare în domeniu. Acestea presupun înregistrarea într-un studio specializat, păstrând distanța de 30 cm dintre microfon și gura cântărețului.

În centrul atenției noastre se află, așadar, una dintre cele mai dificile arii clasice scrise pentru vocea de soprană. Interpretarea acesteia cere abilități vocale și experiență scenică deosebite, care pot fi regăsite doar la o cântăreață profesionistă de valoare.

Deoarece acțiunea aparatului vocal este rezultatul unei proiecții mentale, care înglobează elementele fundamentale ale tonului vocal: înălțime, intensitate, durată și timbru, am considerat elocventă alegerea pentru analiză a unui segment extras dintr-o arie. La baza acestei alegeri stă și experiența celor mai recente studii (Lamarche, Ternström și Pabon, 2010), unde în fața cântăreților au fost puse câteva sarcini-test printre care se afla și interpretarea unei arii. În concluzie, calitatea sunetului cântat a fost diferită în cazul unei sarcini de interpretare comparativ cu sarcinile-test. Având drept obiectiv examinarea calității sunetului, am considerat că această arie (în care vocea feminină este explorată aproape de limita sa superioară) poate deveni un exemplu edificator.

the Otolaryngology Clinic from Cluj-Napoca together with SOFTWARE ITC Cluj. Unfortunately, for technical reasons, this program cannot be used anymore. So *Praat* is now the best program for analyzing vocal parameters, and can be downloaded freely at: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat.html>.

ADVANTAGES AND POSSIBILITIES

The *Praat* program is a multifunctional program, which allows us to investigate on multiple accounts the vocal sound and to analyze recorded pitches in detail. The options available are editing sound, playing, graphic representation, modifying, synthesizing, conversion, filtration, and also sound generating. Research can be done on two levels:

- basic technical research or
- advanced technical research

The files that can be opened need to be *mono* files, because *stereo* recordings will be automatically split into channels. The file will contain only one voice. Multiple voice or instrumental accompaniment could not be analyzed without removing them. Subsequently they all can be merged together in one file.

It is important to know that *Praat* was devised for analyzing spoken and sung voice, and not for investigating instrumental lines. Therefore its best use is with the human voice.

SELECTING THE MATERIAL FOR ANALYSIS

We want to analyze a short fragment from the Queen of the Night aria (*Der Hölle Rache kocht in meinem Herzen*) from the second act of the *Magic Flute* by W. A. Mozart. The recording of the fragment was done according to standard proceedings recommended by professionals. It was done in a professional recording studio, with a 30 cm distance from microphone to mouth.

We are going to investigate one of the most difficult classical arias written for the soprano voice. Performing it demands tremendous vocal and scenic abilities which can be found only with an experienced singer.

Because operating the vocal mechanism is the result of a mental projection, which encompasses the fundamental elements of vocal tone: pitch, intensity, duration, and timbre, we chose to analyze an excerpt from an aria. The motivation for this choice is based on the latest research studies (Lamarche, Ternström, and Pabon, 2010), in which the singers had to carry out test-tasks, some of which involved performing an aria. Therefore, the quality of the sung sound within a performing task was different by comparison to the test-tasks. Wanting to assess the quality of the sound, we have considered that this aria (in which the female voice is close to its superior limit) can become a good example.

ANALIZA ACUSTICĂ A PARAMETRILOR VOCALI

Fragmentul muzical selectat, extras din aria Reginei Noptii, are o durată de aproximativ 43 de secunde. În urma introducerii lui în program și a alegerii opțiunii *edit* apare următorul ecran:

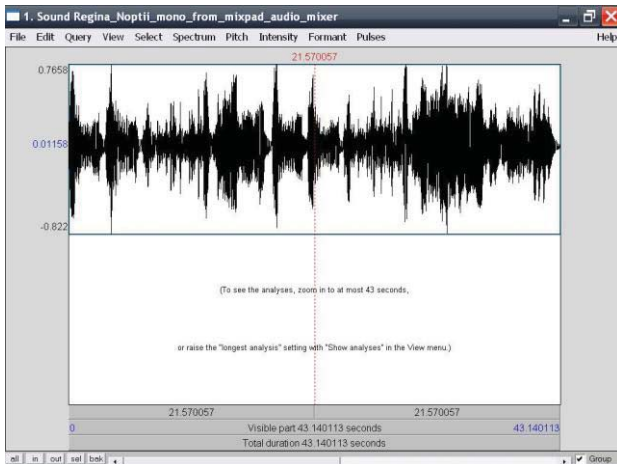


Figura 1. Editarea sunetului prin intermediul programului Praat

Jumătatea de sus a ecranului arată conturul grafic al melodiei înregistrate (unda sinusoidală a sunetului), partea de jos având instrucțiuni scrise. Linia verticală roșie, aflată în mijloc, poate fi relocalată în oricare parte a graficului, pentru a reda melodia. Programul permite selectarea unei porțiuni a liniei vocale pe care dorim să o analizăm în amănunt. Selectăm porțiunea ce conține sunetul Fa din octava 3-a ($F_6 = 1397\text{Hz}$), intonat pe vocala „A”.

În continuare alegem următoarele setări:

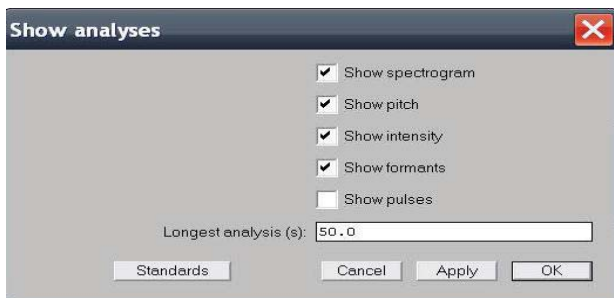


Figura 2. Selecția opțiunilor de analiză

Am selectat așadar realizarea unei spectrograme sau sonograme. Aceasta oferă reprezentarea grafică a sunetului pe axa timp-frecvență, măsurată în secunde și Hz și exprimă totalitatea frecvențelor unui sunet. Prima frecvență a spectrului (de unde și denumirea de spectrogramă), numită și frecvență fundamentală, este produsă la nivel laringian, iar restul frecvențelor se numesc armonice și sunt multipli ai frecvenței fundamentale. (Mureșan, 2010).

Spectrograma va fi suprapusă cu reprezentarea grafică a celorlalți parametri analizați: înălțime, intensitate și formați. Următorul ecran va arăta astfel:

ACOUSTIC ANALYSIS OF VOCAL PARAMETERS

The musical fragment from Queen of the Night lasts approximately 43 seconds. Upon opening it and choosing the *edit* option we have the following screen:

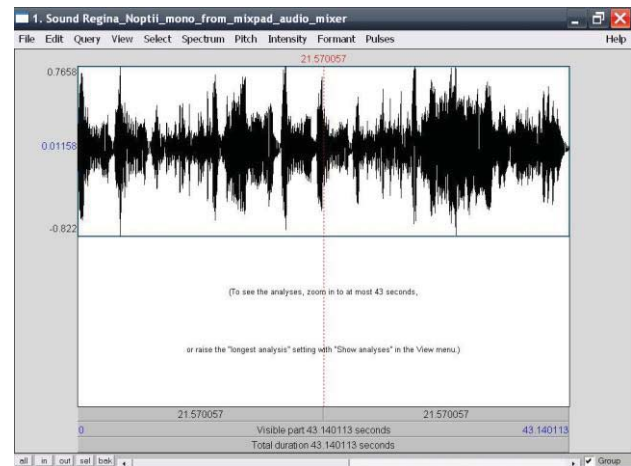


Figure 1. Editing sound with the Praat program

The upper half shows the graphic contour of the recorded melody (the sound's waveform), and the lower part has some written instructions. The vertical red line in the middle of the page can be relocated anywhere on the graphic to play the recording. The program allows selecting a portion of the vocal line for further analysis. We have selected a sample that contains the F note on the third octave ($F_6=1397\text{Hz}$), which is sung on the vowel A. In order to show all the tools in one screen we choose the following:

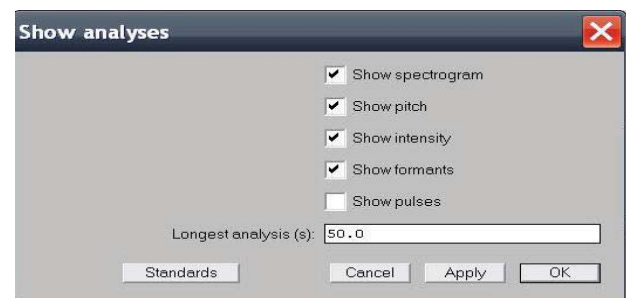


Figure 2. Selecting analysis options

We have selected a spectrogram or a sonogram. This presents a graphic of the sound based on the time-frequency axis, measured in seconds and Hertz, and contains all the frequencies of a sound. The first frequency of the specter (hence the name spectrogram), also called fundamental frequency, is produced within the larynx and the rest of the frequencies are called harmonics and are multiples of the fundamental frequency. (Mureșan, 2010).

The spectrogram will be overlaid with the graphic representation of the other parameters analyzed: pitch, intensity and formant. The screen will look like this:

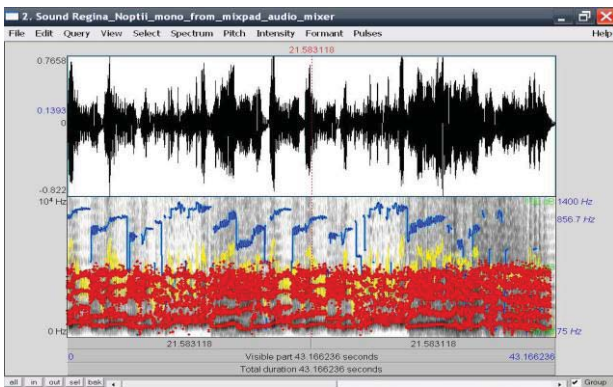


Figura 3. Reprezentarea grafică a parametrilor selectați

Partea gri din fundal este spectrograma. Ea oferă o reprezentare grafică a densității energiei acustice. Linia galbenă reprezintă intensitatea sau volumul sunetului, linia albastră reprezintă înălțimea liniei melodice, iar liniile roșii sunt formanții sunetului. La baza ecranului este cronometrată durata secțiunii analizate. Pentru a facilita analiza, fiecare dintre cei patru parametri pot fi extrași și examinați separat. Selectând opțiunea de efectuare a spectrogramei alegem intervalul de calcul al frecvenței între 0 și 10000 Hz:

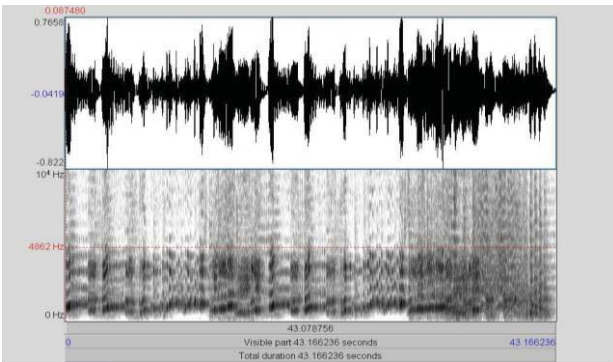


Figura 4. Spectrograma

Analiza spectrală de față pune în evidență prezența formanților caracteristici intonației vocalei „A”. Frecvența densității acustice a sunetului se concentrează în jurul cifrei de 4862 Hz. În partea de sus a ecranului, acolo unde această cifră este depășită, observăm micșorarea densității energiei acustice. În consecință, spectrograma realizată ilustrează existența unor structuri armonice sau formanți de mare intensitate, dezvăluind calitățile bogate ale sunetului vocal emis în registrul acut al vocii de sopran. Următorul pas în completarea tabloului analitic conturat îl constituie examinarea înălțimii:

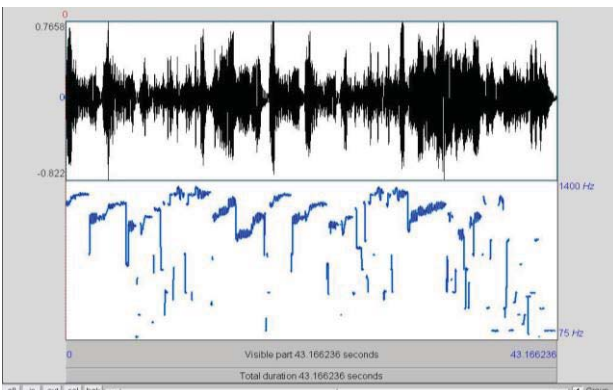


Figura 5. Reprezentarea înălțimii

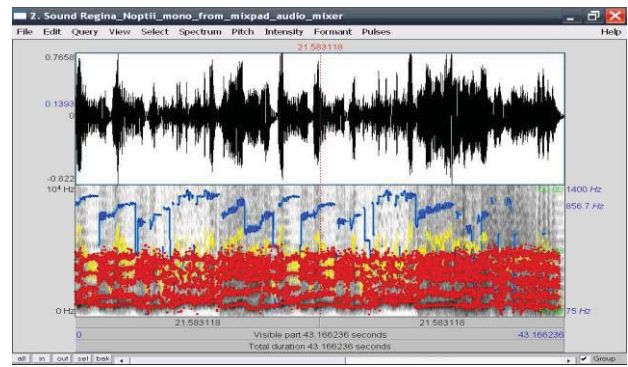


Figure 3. Graphic representation of selected parameters

The gray mesh in the background is the spectrogram. It shows a graphic representation of the density of the acoustic energy. The yellow line shows the intensity or the volume of the sound, the blue line is for pitch and the red lines are the formants. At the bottom of the screen we see the duration of the selected part. To facilitate the analysis each of the four parameters can be extracted and examined separately. Selecting the option of spectrogram, we choose the frequency calculation between 0 and 10000 Hz:

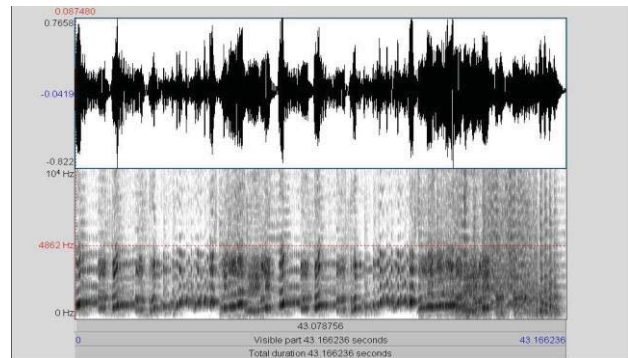


Figure 4. Spectrogram

This spectral analysis shows the presence of the formants which are present when singing the vowel A. The frequency of the acoustic density is mainly present around 4862 Hz. On the upper side of the spectrogram we observe a reduced energy of acoustic density. Thus, the spectrogram unveils high intensity harmonic structures or formants, disclosing the rich harmonic qualities of the high pitch soprano voice. Next step is examining the pitch:

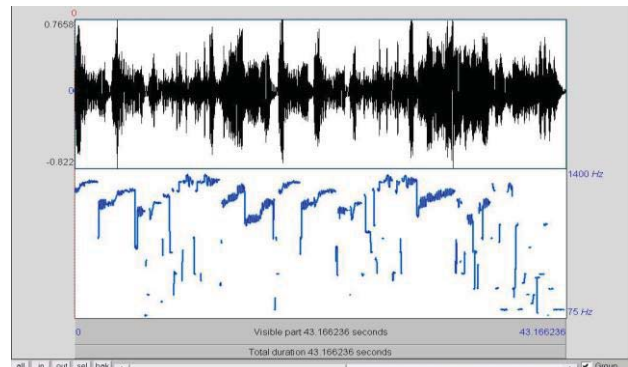


Figure 5. Pitch contour

Conturul melodic este mai bine spațiat acum, fiind evidențiat mai clar pe axa timp/înălțime. Cadrul de examinare este cuprins în limitele valorilor de 75-1400Hz. Astfel, oprind cursorul pe oricare dintre sunetele dorite putem vedea înălțimea exactă a acestuia exprimată în Hz precum și momentul lui de desfășurare precisă (până la nivelul de milisecunde). Efectuarea acestei operațiuni indică faptul că unul dintre sunetele cele mai înalte, având valoarea de 1234,96Hz, este produs în secunda 9,910971.

Setarea pragului inferior al înălțimilor constituie o sarcină de mare importanță. Aceasta reprezintă o cerință tehnică de bază a programului, deoarece o setare prea joasă ar cauza pierderea schimbărilor foarte rapide ale F0, iar una prea înaltă ar conduce spre pierderea valorilor foarte joase ale F0. Ținând cont de toate acestea am setat pragul inferior al înălțimii la valoarea de 75 Hz.

O analiză mai aprofundată poate fi realizată folosind setarea avansată a înălțimii. Această opțiune permite selectarea unui segment foarte scurt, cu o durată de doar câteva secunde. Am selectat secțiunea cuprinsă între secunda 8,569112 și 12,120796, astfel durata porțiunii analizate este calculată de program la 3,551684 secunde. Pentru a putea descifra tabloul grafic rezultat este nevoie de înțelegerea algoritmului de detectare a înălțimii care stă la baza programului de față (și a programelor similare), precum și de familiarizarea cu noțiunea de autocorelare.

Algoritmii de detectare a înălțimii spectral/temporale sunt bazați pe o combinație de procesare computerizată a domeniului temporal, folosind o funcție de autocorelare, precum corelarea încrucișată. Astfel, pentru a identifica înălțimea sunetului, este procesat domeniul frecvenței fiind folosită informația spectrală. O pistă finală în calcularea înălțimii poate fi bazată pe programarea dinamică prin intermediul estimării *candidaților* din cele două domenii: temporal și cel al frecvenței. Avantajul unei asemenea abordări constă în faptul că eroarea de proiecție a unui domeniu va fi redusă datorită procesării celuilalt domeniu.

Algoritmul detectării înălțimii este un algoritm conceput pentru a estima înălțimea sau frecvența fundamentală a unui semnal cvasiperiodic. Valoarea acestuia este invertită rezultând calculul frecvenței. La baza algoritmului stă o unealtă matematică de depistare a tiparelor repetitive (de exemplu a unui semnal periodic) numită autocorelare.

În procesarea semnalelor, autocorelarea reprezintă un domeniu ce poate oferi informații despre evenimente repetitive, precum sunt timpii muzicali sau frecvențele pulsației. Autocorelarea poate fi folosită în estimarea înălțimii unui ton muzical, sau la identificarea frecvenței fundamentale lipsă în cadrul unui semnal dedus din frecvențele sale armonice.

Familiarizarea cu noțiunile explicate mai sus permite înțelegerea următorului grafic:

Pitch contour, now better spaced up, can be seen more clearly on the time/pitch axis. The inspection framework is between 75-1400 Hz. So, moving the cursor on any of the sounds we can see its precise pitch in Hz as well as its temporal place (including milliseconds). Doing so we can see that one of the highest pitches has a value of 1234,96 Hz and is produced at second 9,91071.

Setting the lower threshold for the pitch screen is very important. It represents a basic technical requirement because setting the threshold too low will lead to a loss of fast changing F0, and setting it too high will lead to a loss of lower F0 values. Knowing all this we have set the threshold at 75 Hz.

A deeper analysis can be done using the advanced pitch settings. This option allows selecting a very short fragment, just a few seconds. We have selected the section between 8,569112 and 12,120796 seconds and so the duration of this part is of 3,551684 seconds. In order to understand the resulting graphic table we need to understand the pitch detection algorithm used for this program (and also for similar programs), as well as the autocorrelation notion.

Spectral/temporal pitch detection algorithms are based on a computerized processing combination of the temporal domain using an autocorrelation function such as crosscorrelation. So, to identify the pitch of a sound, the frequency domain is processed using spectral information. A final track in calculating the pitch can be based on dynamic programming through estimation of *candidates* from the two domains: temporal and frequency. The advantage of such an approach is based on the fact that the projection error of a domain will be reduced because of processing the other domain.

Pitch detection algorithm is an algorithm designed to estimate pitch or F0 of a quasi-periodic signal. Its value is inverted, resulting frequency calculation. The algorithm is based on a mathematical tool of tracing repetitive patterns (for example a periodic signal) called autocorrelation.

For processing signals the autocorrelation represents a domain which can offer information about repetitive events such as musical beats or pulsation frequencies. Autocorrelation can be used in estimating the pitch of a musical tone, or to identify missing F0 from a signal deducted from its harmonic frequencies.

Being familiar with the notions explained above we will understand the next graphic:

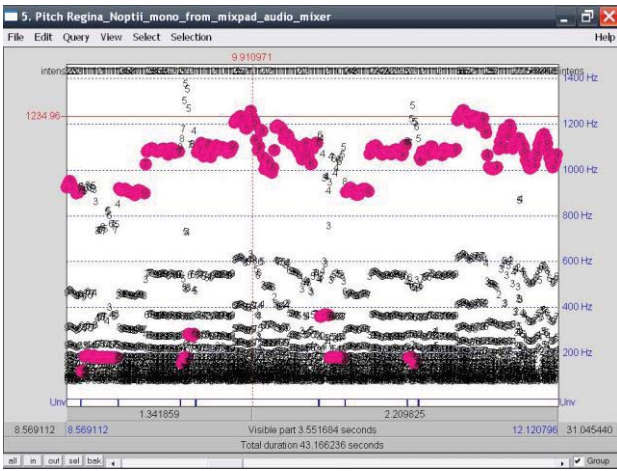


Figura 6. Setări avansate ale înălțimii

Pe toată suprafața ecranului se află dispersate cifre cuprinse între 0 și 9. Aceste cifre semnifică calitatea *candidaților* înălțimii, existând mai mulți *candidați* pentru fiecare cadru de timp. Numerele în sine reprezintă calitatea unui *candidat* multiplicat cu 10. În graficul nostru cifra 9 apare de mai multe ori. Fiecare apariție a ei poate fi analizată separat. Examinând primul dintre vârfurile graficului marcat cu 9 observăm că acesta este localizat pe axa timpului la 9,910971 sec., având înălțimea de 1234,96Hz, ceea ce înseamnă că în secunda 9,910971 există un *candidat* al înălțimii cu valoarea de 1234,96Hz și având calitatea de 0,9. Acest calificativ semnifică înălțimea relativă a unui vârf de autocorelare, a corelării încrucișate sau a unui vârf spectral și reprezintă metoda prin care a fost calculată înălțimea sunetului.

Pe ecran apare și un șir de discuri roșii. Acestea indică direcția cea mai bună în estimarea conturului înălțimii. Călea direcției lor a fost determinată prin intermediul unui *path finder*, calculat de algoritmul de extragere a înălțimii. *Path finder*-ul ia în calcul calitatea fiecărui *candidat*, intensitatea sunetului și salturile de frecvență localizând toate acestea pe axa timpului.

Linia orizontală de cifre, între 0 și 9, înșiruite de-a lungul părții superioare a ecranului, reprezintă intensitatea relativă a sunetului. Un grafic al intensității poate fi realizat și separat:

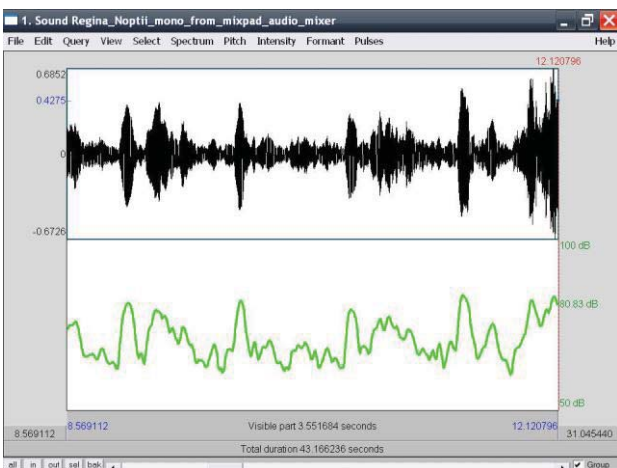


Figura 7. Reprezentarea intensității

Am supus examinării același fragment, cu durata de 3,557684 secunde. Intensitatea se delimitează aici între 60,52 dB și 83,72dB. Studiul întregului fragment de 70

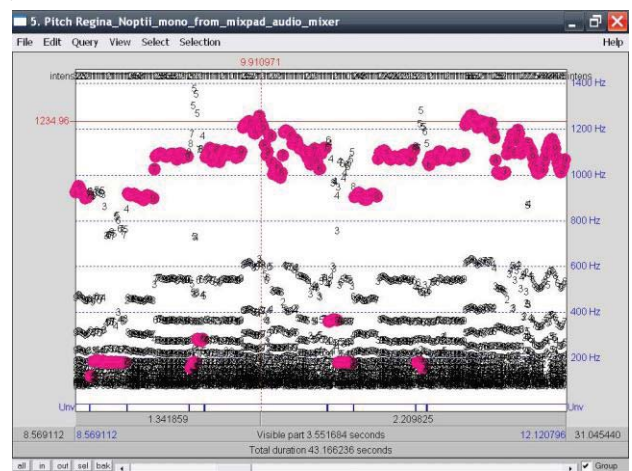


Figure 6. Advanced pitch settings

Digits between 0 and 9 are scattered over the drawing area. Their location represents the pitch *candidates* of which there are several for every time frame. The digits themselves represent the quality of a candidate, multiplied by ten. In our graphic number nine appears several times. Each instance can be analyzed separately. Examining the first of the graphic peaks marked with 9 we see that it is found on time axis at 9,910971 seconds, its pitch having 1234,96 Hz and its quality being 0,9. This rating signifies the relative height of an autocorrelation peak, crosscorrelation or a spectral height and represents the method by which the pitch of the sound was calculated.

On the screen we see a path of red discs. These discs represent the best direction in estimating the pitch contour. The path was determined by the *path finder* calculated by the pitch-extraction algorithm. The path finder takes into account the quality of each candidate, the intensity of the sound in the frame, and the frequency jumps, all marked on the time axis.

The horizontal line of digits, between 0 and 9, along the top of the drawing area, represents the relative intensity of the sound in each frame. A graphic of the intensity can be viewed separately:

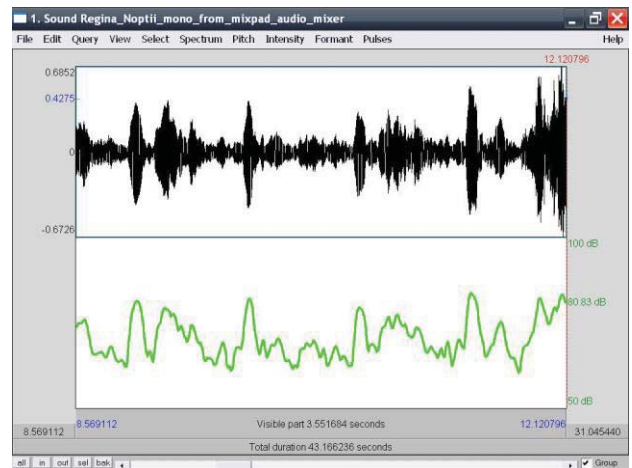


Figure 7. Intensity graphic

We have examined the same fragment, being 3,557684 seconds long. Intensity is between 60,52 and 83,72 dB. Considering the whole fragment of 43,166236 seconds

43,166236 secunde relevă o diferență semnificativă în ceea ce privește limita inferioară și mai puțin pronunțată la nivelul pragului superior, încadrându-se între 50 și 84,04dB. Media segmentului de 3,55 sec. a fost calculată de program la valoarea de 69,74dB. Această medie este obținută într-un fragment cântat în registrul acut al vocii de sopran, unde penetranța vocală este datorată nu atât intensității sunetului cântat cât, mai ales, capacității interpretului de focalizare a sunetului. Din acest punct de vedere o importanță deosebită revine analizei formațiilor, care reprezintă probabil cel mai amplu examen în aprecierea calităților acustice ale vocii. Tocmai existența formațiilor conferă vocii penetrantă și permite cântăreților să se audă peste acompaniamentul orchestral. Formații reprezintă armonicile sunetului amplificate de cavitățile de rezonanță, care joacă un rol definitoriu în formarea timbrului vocal.

Conform studiilor foniatrice (Mureșan, 2010) lungimea tipică a tractului vocal este de 17-18 cm. Aceasta generează o frecvență fundamentală de 500Hz, determinând frecvențe ale formațiilor la 500, 1500 și 2500Hz, care exprimă limita frecvențelor observate. Mușchii articulatori acționați în producerea vocalelor determină modificările de frecvență ale formațiilor. Astfel, pentru a crește frecvența pe un sunet situat în registrul acut al vocii de sopran este nevoie de coborârea mandibulei, ceea ce a și făcut cântărețul în timpul înregistrării ariei. Datorită coborârii mandibulei, primul formant (F1) a putut fi crescut în mod substanțial. O importanță deosebită revine și vocalei cântate. Mozart se dovedește din nou un mare cunoscător al calităților vocii umane și indică vocalizarea lui „A”.

Graficul formațiilor obținut prin intermediul programului Praat ilustrează existența unei bogate palete, dovedind calitățile vocale deosebite ale sopranei. Acest tablou oferă așadar un model spre care poate tinde un cântăreț dornic să se afirme pe scenele lumii:

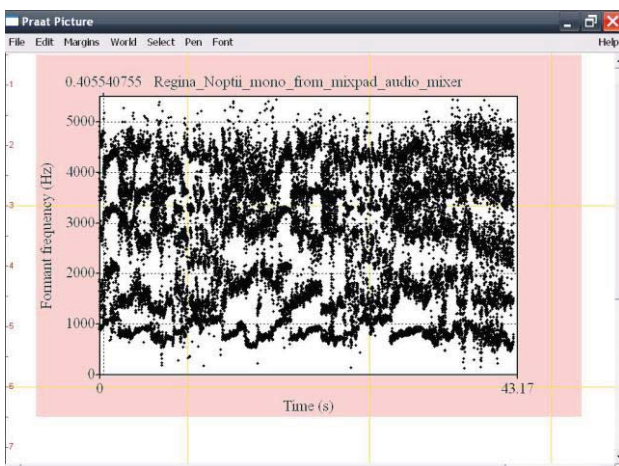


Figura 8. Graficul formațiilor

CONCLUZIE

Utilizarea programelor destinate studiului vocii umane conturează noi dimensiuni la nivelul de cunoaștere și

we can see a significant difference regarding the lower threshold and a lesser difference regarding the superior threshold, which is between 50 and 84,04 dB. The mean of the 3.55 second segment was calculated by the program at 69,74 dB. We got this mean for a fragment sung in the upper range of the soprano voice, where vocal penetration is due not so much to sound intensity as to the singer's capacity to focus the sound. Considering these facts, special attention is paid to the analysis of the formants, which probably represent the best test for appreciating vocal acoustic qualities. The existence of formants gives the voice its penetrating sound and allows the singers to be heard over an orchestra. The formants represent the sound harmonics amplified through the resonant cavities, which play a crucial role in forming the vocal timbre.

According to phoniatric research (Mureșan, 2010), the typical size of the vocal tract is 17-18 cm. It generates a F0 of 500 Hz, determining frequencies of the formants at 500, 1500 and 2500 Hz, which represents the limit of observed frequencies. The articulatory muscles which function for vowel production are responsible for modifying the frequencies of formants. To raise the frequency on a sound found in the upper vocal range the lower jaw needs to be lowered, which is exactly what the soprano did while recording this aria. Upon lowering the jaw, the first formant (F1) was substantially raised. The vowel is also very important. Mozart is again a genius indicating the vowel A to be sung by the singer.

The formant graphic generated by the Praat program shows a rich variety of formants, proving the outstanding qualities of the singer. This picture offers a model which every soprano would like to reproduce for a quality performance:

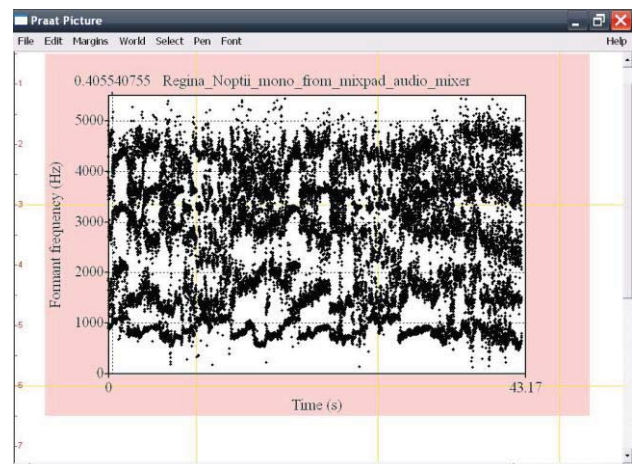


Figure 8. Formant graphic

CONCLUSION

Using human voice analysis programs gives us a new insight and a deeper knowledge of the sound. Such researches can impact the teaching and the composition

analiză a sunetului. Asemenea demersuri pot avea un impact deosebit atât asupra procesului de instruire/formare cât și asupra domeniului componistic muzical. Una dintre orientările muzicii din a doua jumătate a secolului XX și-a propus explorarea interiorității sunetului prin revalorificarea rezonanței sale naturale. Ideea prelucrării sunetului a creat o emanație puternică, compozitorii căutând și descoperind modalități personale de explorare a spectrului armonicelor naturale. Explorarea științifică, algoritmică a sunetului poate crea un nou impuls în direcția alimentării unor asemenea tendințe componistice.

process as well. One of the research areas of the second half of the 20th century undertook to explore the interiority of the sound, capitalizing on the natural resonance. The idea of editing the sound has proliferated among musicians, new research being done in exploring the natural harmonic spectrum. Scientific approach of the sound algorithms can further research in this area.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- [1] Johnson, A. M., și Kempster, G. B., (2011). Classification of the classical male singing voice using long-term average spectrum. *Journal of Voice* 25(5), 538-543.
- [2] Mureșan, R., Chirilă, M., (2010). *Reabilitarea și igiena vocii*. Cluj-Napoca: Alma Mater.
- [3] Sataloff, R. T., (1991). *Professional voice: the science and art of clinical care*. New York: Raven.
- [4] Lamarche, A., Ternström, S., și Pabon, P., (2010). The singer's Voice Range Profile: Female professional opera soloists. *Journal of Voice*, 24 (4), 410-426.