

ЕТОЛОГИЯ

МЕТОДИ ЗА ДЕКОДИРАНЕ И ДЕМОДУЛИРАНЕ ЕЗИКА НА ЖИВОТНИТЕ

ЙОНЧО КОСТОВ

Лаборатория за изучаване езика на животните - София

ВИОЛЕТА АЛЕКСАНДРОВА

Лесотехнически университет – София

Изучаването на животинските звуци и многообразните птичи песни е трудна задача, тъй като трябва да се установи тяхната физична характеристика, както и способите за модулиране. По-надеждни методи се явяват тези с графично представяне на звуците. **Payne et al.** (1986), **McComb** (2000) визуализират във вид на спектрограма звуците, издавани от слона в ниските честоти и инфразвука. **Taylor** (2008) представя графични записи на често употребявани звуци от птица и тяхната честотна характеристика.

Александрова и Костов (2010), **Костов и Александрова** (2004), **Костов и сътр.** (2009) **Kostov et Alexandrova** (2009) описват методика за графично записване на звуковете и крясъците (звукограми) при някои животни и птици.

Особено значение за разчитането на съвършено кодирани звуци в поведенческите реакции на животните има модулирането на звуковите трептения. Ние трудно ще разкрием тайните на кода на езика на животните без анализ на видовете модулация на вълновите трептения, използвана във формирането на звуковите съобщения. За кодирането на звуците е важно да узнаем как се групират звуковите вълни в сигнала, т. е. модулират, формата, която придобиват при излъчването.

В научните изследвания за звуците са известни данни за честотния спектър и дължината на вълната при много видове животни. Така например, ударите с крайник на слона по земната повърхност се установяват като инфразвук (до 16 Hz). Ръмженето на лъва и песента на славей - като звуци от звуковия диапазон (16 до 16 000 Hz). Звукът на прилепа, формиран чрез особено устроения грък-

лян и изпуснат през устните или ноздрите, звуците на делфина, акулите и други - като ултразвук (до 120 000 Hz).

В тези случаи се налага чрез спектрометрични методи да се установи диапазонът на звуковите трептения и определи спектрограмата.

В други случаи, когато излъчените звуци на животните се характеризират освен по честота и по други физични параметри, като амплитуда на вълните, фаза, пауза и др., е наложително използването на друга терминология.

Днес по литературни данни преобладават проучванията за езика на животните, представяни във вид на спектрограми. Спектрограмата дава представа и показва спектралната плътност на сигналната разновидност във времето. Тя е позната още като spectral waterfalls, sonograms, voiceprints или voicegrams. Спектрограмата се употребява за разпознаване на фонетичните звуци, за анализ на животинските звуци или в други области, като музиката, изучаване на говоримата реч, сеизмологията и др.

Уредите за възпроизвеждане на спектрограмите се наричат спектрографи или сонографи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

За изучаване езика на животните и птиците използвахме електронна апаратура и регистриращи устройства, която дава възможност да се разчитат звуците по амплитуда и честота, както и демодулиране на сигнала, кодиран във вид на смесена модулация. Записите бяха регистрирани на хартиен носител със скорост на движение на лентата 100 mm/s.

За сравнение на звукограмите използвахме аудио и графични записи от интернет, публикувани като спектрограми (I – метод) и във вълнова форма (II – метод).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

При графичното изобразяване на звуците в спектрограма се вижда зоната на силно уплътняване на линиите по честоти на дадения звук (спектъра) и неговите вариации, разположени във времето. Макар да е твърде диспергиран, звуковият сигнал в пространството на вертикални и хоризонтални линии, не става много ясна връзката между съставните части на излъчения сигнал.

Известни са научни изследвания за звуците на животните, при които не се показва спектрограма, а данните се визуализират като двуфазни вълни по честота, амплитуда и пауза. Този втори метод се означава като вълнова форма. За тази цел се използват компютърни програми за декодиране на звуковите вълни или стандартна електронна апаратура.

Първите наши опити за декодиране и демодулиране езика на животните бяха осъществени чрез такава методика (фиг. 1). Както се вижда от фигурата, звуковите вълни се групират по амплитуда и честота. Съвсем скоро обаче стигнахме до извода, че това не е достатъчно за декодиране на животинските звуци. Наистина се регистрират промени в пакетирането на звуковите вълни, но те са много общи, липсва спецификата на модулираните звуци при отделните видове животни, особено когато се регистрират не само срички (звукосъчетания), но и различни фрази и теми в езика.

Ние потърсихме друго решение, при което се

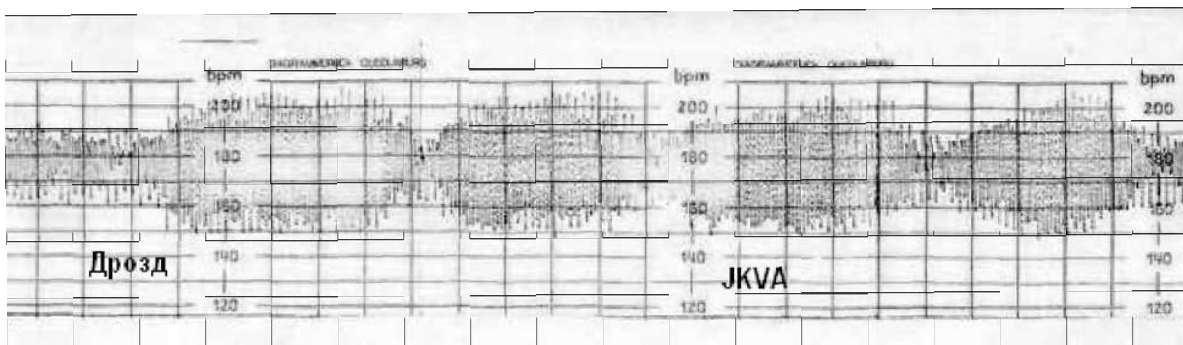
получава по-цялостно записване на потока от информация. Решението беше постигнато чрез преобразуване на двуфазните трептения и осевата им линия в контурна крива в полосата на честотната лента, която формира модул (фигура), напълно съответстващ на сричката или по-точно на звуковото съчетание.

В следващите няколко фигури ще се опитаме да направим сравнение на едни и същи звуци на животни, записани и представени като спектрограми или във вид на двуфазни трептения, които сме преобразували в модулна форма чрез нашата апаратура.

На фиг. 2 са показани записи със звуците на кон. В горната част на фигурата, означена с цифрата 1, се вижда графичният образ на звука, представен като спектрограма. В границите на 2 и 4 kHz са записани добре уплътнените линии на звука и по-слабо към 6 kHz.

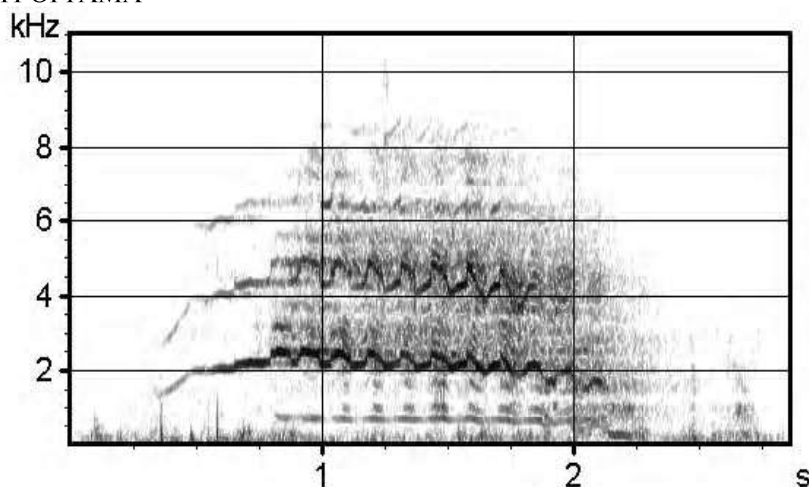
На втория запис от фигурата (2) звукът е преобразуван в звукограма с модул „а”, който показва кривата на същия звук. При сравняването на двата записа се вижда, че те са почти идентични, с изключение на многослойното повторение в спектрограмата.

Записи на един и същ звук на овца, регистриран и представен чрез трите възможни метода, са показани на фиг. 3. В горната част на фигурата звукът е декодиран и демодулиран във вид на вълнова форма от звукови трептения. В началото на записа се вижда, че вълните на звука са с по-висока амплитуда, която постепенно намалява и затихва. В средната част на фигурата е регистрирана спектрограма на същия звук. На нея се отчитат най-интензивни уплътнявания на хоризонталните линии около 2000 Hz. В последната част на фигу-

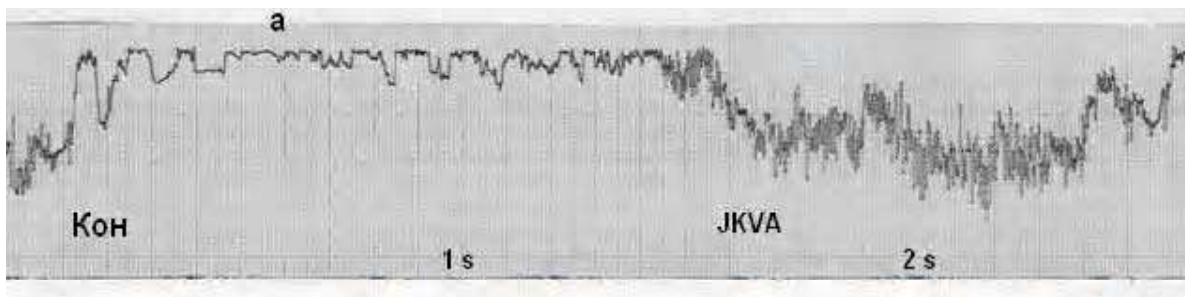


Фиг. 1. Записи по форма на вълните при Дрозд (*Turdus philomelos*)

1 - СПЕКТРОГРАМА



2 - ЗВУКОГРАМА



2 Честота на звука – 2500 – 3500 Hz.

Фиг. 2. Записи на кон (*Equus caballus*)

1 - Спектрограма; 2 - Звукограма; а - модул.

рата за сравнение представяме звукограма, направена чрез нашата апаратура. От записа се вижда, че звукосъчетанието е съставено от модул „а” (фраза), който е изграден от три субмодула (фонем). Те започват от пауза, намираща се на осевата линия.

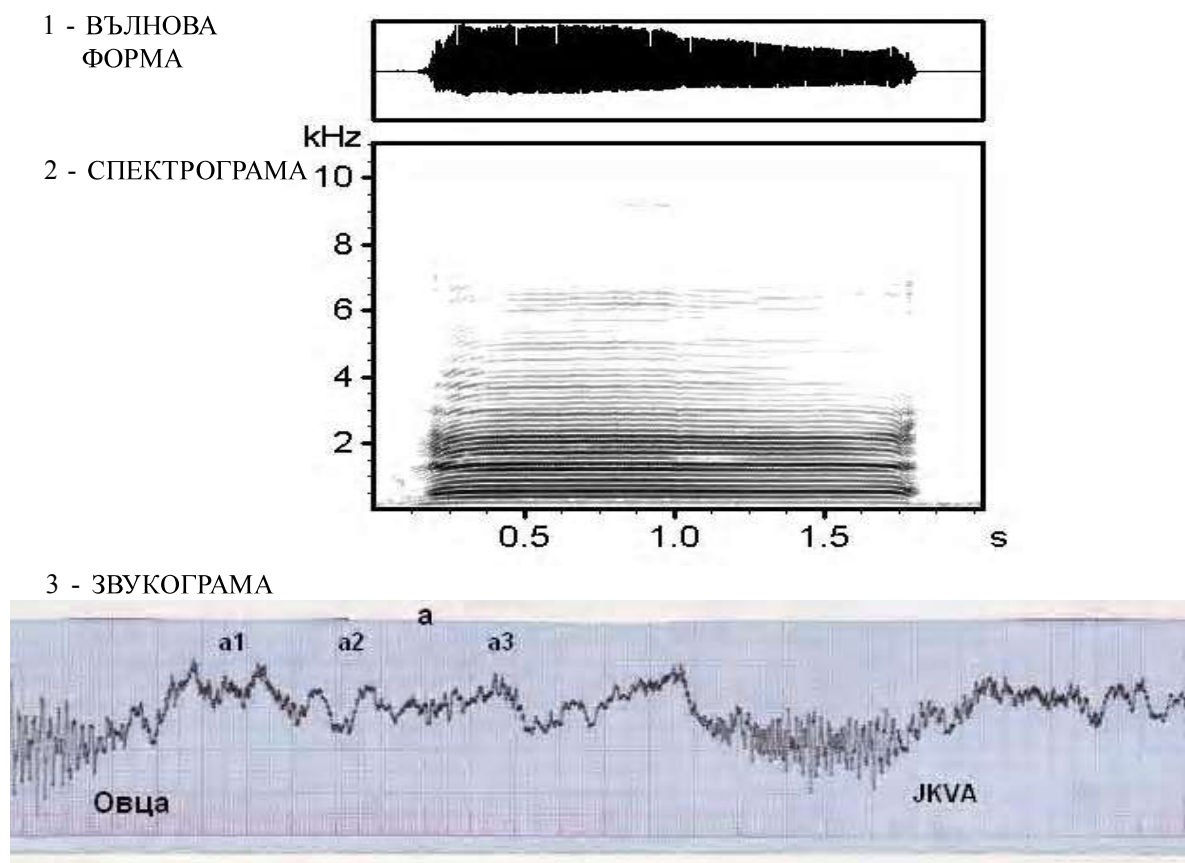
Сравнения на звуци, излъчвани от заек, между вълнова форма и модулна форма като звукограма са показани на фиг.4.

От звукограмите, регистрирани чрез нашата методика, стигаме до извода, че животните модулират сигналите в различен вид. Така например, някои птици от сем. Вrabчови, пчели, щурци, змии и други кодират сигналите чрез честотна модулация. Това се постига най-често чрез включване в съобщението на различен брой еднакви по амплитуда звукови вълни, разделени посредством пауза. Така възникват сигнали с различна продължителност, разположени на осевата линия или над нея.

Други видове използват за кодиране на съобщението амплитудна модулация в краищата или в средата на пакета от звукови вълни.

При някои животни намираме използване в комбинация и на двата вида модулация, както и случаи на промяна във фазата и паузата между вълните.

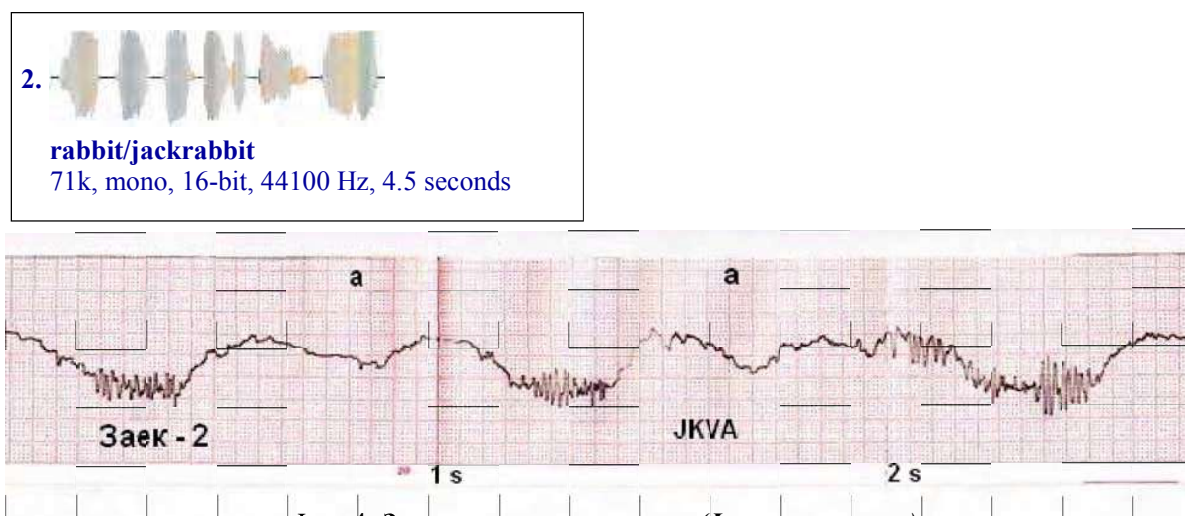
При животните с по-добре устроен звуков апарат (вокализация) вероятно се използва синтеза (импулсна модулация) за модулиране на вълните, при която се оформят куполовидни, островърхи, трапецовидни или правоъгълни фигури с различна продължителност. Те се разполагат в полосата на честотната лента. Ние ги определяме като „модули”. Един модул може да съдържа различен брой „субмодули” и да бъде осеян от допълнителни или наложени трептения с различна честота и амплитуда. В такъв случай, ако използваме понятия, характерни за човешката реч, мо-



Честота на звука – 800 – 2000 Hz.

Фиг. 3. Записи на звуци на овца (*Ovis aries*)

1 - Вълнова форма; 2 - Спектрограма; 3 - Звукограма; а - модул; а1, а2, а3 - субмодули.



Фиг. 4. Записи на звуци на заяк (*Lepus europaeus*)

1 - Вълнова форма; 2 - Звукограма; а - модул.

дулите могат да се отъждествят със сричките, а субмодулите - с фонемите.

Кодовите на езика се изграждат от продължи-

телността на модулите и тяхното съчетаване по еднаквост или различие по форма и пространственото им разположение в честотната лента. Така

от комбинирането на модулите при кодирането на сигнала се образуват фразите и темите в езика на животните.

Всичко това ни дава основание да предложим и използваме термина „звукограма“, който дава по-добра картина и представа при графичното записване на излъчваните звуци от животните.

В заключение може да се допусне, че животните имат свой език за комуникация, който е кодиран и модулиран в зависимост от физиологичното им състояние и влиянието на околната среда. Различните видове имат определен набор от звуци за комуникация по между си, който се предава по наследство и придобива в онтогенетичното развитие на индивида.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Александрова, В., Й. Костов**, 2010. Звукограми на езика на някои домашни животни и птици. Животновъдни науки, 1, XLVII, 64-68.
2. **Костов, Й., В. Александрова**, 2004. Основи на етологията при животните. ИК „Еньовче“, С. 177.
3. **Костов, Й., В. Александрова, В. Пейчева**, 2009. Езикът на животните е като телеграфни сигнали. Ветеринарномедицински новини. 3, 26-28.
4. **Kostov, Y., V. Alexandrova**, 2009. How to recognize (decode) animal language. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 15, N5, 475-477.
5. **McComb, K., Moss, C.J., Sayialel, S. and Baker, L.**, 2000. Unusually extensive networks of vocal recognition in African elephants. Animal Behaviour, 59: 1103-1109.
6. **Payne, K., Langbauer, Jr., W.R., and Thomas, E.**, 1986. Infrasonic calls of the Asian elephant (*Elephas maximus*). Behavioral Ecology and Sociobiology, 18: 297-301.
7. **Taylor, H.**, 2008. Decoding the song of the pied butcherbird: an initial survey. Revista Transcultural de Música Transcultural Music Review. #12 ISSN:1697-0101.

METHODS FOR DECODING AND DEMODULATING OF THE ANIMALS LANGUAGE

Y. Kostov

Laboratory for Study of Animal Language –Sofia

V. Alexandrova

University of Forestry - Sofia

SUMMARY

The records of sounds, made by animals and birds, in the form of spectrogram, wave form of amplitude and frequency modulation and visualized coded signal, have been presented and compared. During the demodulation and decoding of the records it can be seen that the signals are strictly modulated in the form of code of sound vibrations, which are grouped in the modules (syllables), phrases and themes, depending on the behavioral reactions of the animals.

Key words: *animal language, soundgrams (spectrograms), decoding*

E-mail: yoncho_kostov@abv.bg

E-mail: violeta_gerasimova@abv.bg