شناسایی صدای اول و دوم قلب با استفاده از روش‌های یادگیری ماشینی در گاو

علی صادق‌پور[۱]، مرتضی کیوانلو*[۲]، حمید استاجی[۳]، احسان‌الله افشاری صفوی[۲]

۱- دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران، ۲- گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، ۳- گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

mkeivanlou@um.ac.ir

زمینه و نوع مطالعه: تشخیص دقیق صداهای قلبی پایه معاینات قلبی-عروقی است. در دامپزشکی، تفسیر صداهای قلب به دلیل وابستگی به تجربه بالینی و شرایط محیطی پرچالش است. این مطالعه با هدف طراحی و ارزیابی یک سیستم خودکار برای تفکیک صدای اول (S1) و دوم (S2) قلب در گاو، به صورت یک مطالعه کاربردی-توسعه‌ای انجام شد.

هدف: هدف اصلی، توسعه و ارزیابی یک مدل مبتنی بر یادگیری عمیق برای طبقه‌بندی خودکار صداهای S1 و S2 قلب گاو بر اساس سیگنال‌های صوتی ضبط شده با یک گوشی طبی اصلاح‌شده بود.

روش کار: در مجموع ۲۸ رأس گاو شیری هلشتاین در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند. با استفاده از یک میکروفون نصب‌شده روی دو شاخه گوشی طبی، در هر حیوان ۳۰ ثانیه صدای قلب ضبط گردید. پس از جداسازی و برچسب‌زنی دستی ۸۲۵ قطعه صوتی S1 و S2، داده‌ها به سه گروه آموزش (۱۶ رأس)، اعتبارسنجی (۶ رأس) و آزمون (۶ رأس) تقسیم شدند. ویژگی‌های ضرایب کپسترال فرکانس مِل (Mel-Frequency Cepstral Coefficients یا MFCCs) از سیگنال‌ها استخراج شد. یک مدل شبکه عصبی عمیق (Deep Neural Network یا DNN) با یک لایه ورودی (۷۰ نرون)، لایه Dropout و تابع فعال‌ساز softmax طراحی و با استفاده از معیار دقت آموزش داده شد. عملکرد نهایی مدل بر روی داده‌های آزمون با شاخص‌های صحت (Accuracy)، دقت (Precision)، حساسیت (Recall) و F1-Score ارزیابی گردید.

نتایج: مدل شبکه عصبی عمیق آموزش‌دیده پس از ۵۳۷ دوره آموزش متوقف شد. ارزیابی بر روی داده‌های مستقل آزمون نشان داد مدل توانست صداهای S1 و S2 را با دقت کلی (Accuracy)۸۳/۳ درصد تشخیص دهد. این نتیجه حاکی از توانایی قابل قبول مدل در تمایز خودکار این دو صدای کلیدی قلبی، حتی با استفاده از داده‌های ضبط شده با وسایل ساده و در شرایط واقعی مزرعه است.

نتیجه‌گیری: مدل پیشنهادی مبتنی بر یادگیری عمیق و ویژگی‌های MFCC، قابلیت خوبی برای شناسایی خودکار صداهای اول و دوم قلب در گاو نشان داد. این سیستم می‌تواند به عنوان گام اولیه و کمکی در توسعه سیستم‌های تشخیصی پیچیده‌تر، مانند شناسایی سوفل‌ها و آریتمی‌های قلبی در دام‌های بزرگ مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: صدای قلب؛ شبکه‌های عمیق عصبی (DNN)؛ MFCCs؛ یادگیری عمیق؛ گاو.

S1 and S2 Heart Sound Recognition Using Machine Learning Techniques in Cattle

Ali Sadeghpour [1], Morteza Keywanloo [2], Hamid Staji [3], Ehsanallah Afshari Safavi [2]

[1] Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran
[2] Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[3] Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran

Background and Study type: Accurate identification of heart sounds is fundamental to cardiovascular examination. In veterinary medicine, auscultation is challenging due to its reliance on clinical expertise and noisy environments. This applied-developmental study aimed to design and evaluate an automated system for discriminating the first (S1) and second (S2) heart sounds in cattle.

Objectives: The primary objective was to develop and assess a deep learning-based model for the automatic classification of S1 and S2 heart sounds in cattle using audio signals recorded with a modified conventional stethoscope.

Methods: A total of 28 Holstein dairy cows were enrolled. Heart sounds were recorded for 30 seconds per animal using a microphone attached to the stethoscope's tubing bifurcation. After manual segmentation and annotation of 825 S1 and S2 sound events, data were split into training (16 cows), validation (6 cows), and test (6 cows) sets. Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCCs) were extracted as features. A Deep Neural Network (DNN) model with one input layer (70 neurons), a dropout layer, and a softmax activation function was designed and trained using accuracy metrics. The final model's performance was evaluated on the independent test set using Accuracy, Precision, Recall, and F1-Score.

Results: The trained DNN model stopped after 537 epochs. Evaluation on the unseen test data showed that the model could distinguish S1 and S2 sounds with an overall Accuracy of 83.3%. This result demonstrates the model's acceptable capability for the automated identification of these key heart sounds, even with data acquired using simple equipment under field conditions.

Conclusions: The proposed model, based on deep learning and MFCC features, showed good potential for the automatic identification of S1 and S2 heart sounds in cattle. This system can serve as an initial step and an auxiliary tool for developing more complex diagnostic systems, such as detecting heart murmurs and arrhythmias in large animals.

Keywords: Heart sound; Deep Neural Networks (DNN); MFCCs; Deep Learning; Cow