

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM**

-----***-----

HOÀNG QUỐC HUY

**NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM HÌNH THÁI, DI TRUYỀN VÀ
PHÂN BỐ CỦA CHEO CHEO LỪNG BẠC (*Tragulus versicolor*
Thomas, 1910) Ở NAM TRUNG BỘ, VIỆT NAM**

**Chuyên ngành: Động vật học
Mã số: 9420103**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỘNG VẬT HỌC

Huế - 2026

ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM

-----***-----

HOÀNG QUỐC HUY

**NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM HÌNH THÁI, DI TRUYỀN VÀ
PHÂN BỐ CỦA CHEO CHEO LƯNG BẠC (*Tragulus versicolor*
Thomas, 1910) Ở NAM TRUNG BỘ, VIỆT NAM**

Chuyên ngành: Động vật học

Mã số: 9420103

Người hướng dẫn khoa học:

1. GS.TS. NGÔ ĐẮC CHỨNG

2. TS. HÀ THẮNG LONG

Huế - 08/2026

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Cheo cheo lưng bạc (*Tragulus versicolor*) là loài thú móng guốc nhỏ đặc hữu của Việt Nam, có vùng phân bố hẹp và rất hiếm gặp trong tự nhiên. Sau gần 30 năm không có ghi nhận khoa học mới, loài được tái phát hiện tại Nam Trung Bộ năm 2019. Với số quần thể được biết đến rất nhỏ, sinh cảnh rời rạc và chịu áp lực từ mất rừng, săn bắt và hoạt động sinh kế, loài được đánh giá ở mức Cực kỳ nguy cấp (CR) trong Sách đỏ Việt Nam năm 2024.

Mặc dù có giá trị đặc biệt về tiến hóa và bảo tồn, thông tin khoa học về Cheo cheo lưng bạc vẫn còn rất ít. Các nghiên cứu trước đây chủ yếu ghi nhận sự tồn tại của loài, chưa cung cấp một đánh giá tích hợp về hình thái, di truyền, phân bố và các tác động tại Việt Nam. Khoảng trống này hạn chế cơ sở cho nhận dạng loài, xác định khu vực trọng điểm và xây dựng biện pháp bảo tồn phù hợp.

Trong bối cảnh các sinh cảnh rừng khô và bán khô ven biển Nam Trung Bộ đang chịu áp lực lớn từ săn bắt, chuyển đổi sử dụng đất, phát triển hạ tầng và du lịch, việc nghiên cứu tích hợp hình thái, di truyền, phân bố và các tác động đối với Cheo cheo lưng bạc là cần thiết. Vì vậy, đề tài “Nghiên cứu đặc điểm hình thái, di truyền và phân bố của Cheo cheo lưng bạc (*Tragulus versicolor* Thomas, 1910) ở Nam Trung Bộ, Việt Nam” được thực hiện nhằm bổ sung cơ sở khoa học và thực tiễn cho bảo tồn loài.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Bổ sung dữ liệu khoa học về đặc điểm hình thái, di truyền, phân bố của Cheo cheo lưng bạc và đánh giá các tác động đến loài tại một số khu vực rừng tiềm năng ở Nam Trung Bộ; qua đó đề xuất giải pháp phù hợp để bảo tồn loài hiệu quả và bền vững.

- Xác định đặc điểm hình thái ngoài và hình thái sọ của Cheo cheo lưng bạc; so sánh với Cheo cheo thường (*Tragulus kanchil*) nhằm cung cấp cơ sở phân biệt, nhận dạng loài qua hình thái.

- Xác định đặc điểm bộ gen ty thể hoàn chỉnh của Cheo cheo lưng bạc và đánh giá vị trí phát sinh chủng loại của loài trong họ Tragulidae.

- Xác định hiện trạng phân bố thông qua phỏng vấn, ảnh chụp và xây dựng mô hình phân bố tiềm năng của loài.

- Xác định các tác động chính đến Cheo cheo lưng bạc và đề xuất giải pháp bảo tồn phù hợp cho từng khu vực ghi nhận loài.

3. Nội dung nghiên cứu

- Mô tả hình thái ngoài và so sánh các chỉ số hình thái sọ giữa Cheo cheo lưng bạc và Cheo cheo thường.

- Phân tích đặc điểm bộ gen ty thể và quan hệ phát sinh chủng loại của Cheo cheo lưng bạc trong họ Tragulidae.

- Thu thập dữ liệu phân bố qua phỏng vấn và ảnh chụp; phân tích xác suất hiện diện; xây dựng mô hình phân bố tiềm năng dựa trên kết quả dự đoán kết hợp dữ liệu sinh cảnh rừng, độ cao và độ biệt lập.

- Phân tích các tác động chính đến loài và sinh cảnh; đề xuất giải pháp bảo tồn khả thi, phù hợp điều kiện quản lý tại từng khu vực.

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Về khoa học, luận án bổ sung dữ liệu về hình thái và phân bố; cung cấp thông tin mới về hình thái sọ, bộ gen ty thể và quan hệ phát sinh chủng loại; đồng thời tích hợp dữ liệu ghi nhận, mô hình xác suất hiện diện và dữ liệu không gian để định hướng các khu vực cần khảo sát bổ sung.

Về thực tiễn, kết quả cung cấp bằng chứng phục vụ bảo tồn một loài đang được xếp Cực kỳ nguy cấp ở Việt Nam; hỗ trợ nhận dạng mẫu vật, xác định khu vực trọng điểm, hoạch định quản lý rừng và đề xuất giải pháp gắn với điều kiện địa phương.

5. Những đóng góp mới của luận án

- Cung cấp dữ liệu mới về hình thái sọ của Cheo cheo lưng bạc qua mô tả và phân tích định lượng các chỉ số hình thái, góp phần hoàn thiện cơ sở định danh và so sánh với Cheo cheo thường (*T. kanchil*) có phân bố tại Việt Nam.

- Lần đầu tiên phân tích và công bố trình tự bộ gen ty thể hoàn chỉnh của Cheo cheo lưng bạc, cung cấp dữ liệu di truyền nền tảng cho nghiên cứu phát sinh chủng loại và các nghiên cứu chuyên sâu.

- Ghi nhận mới bốn khu vực phân bố của Cheo cheo lưng bạc ở Nam Trung Bộ.

- Cung cấp bằng chứng khoa học về hiện trạng các tác

động đối với loài và sinh cảnh; đồng thời đề xuất giải pháp bảo tồn khả thi, gắn với điều kiện thực tiễn quản lý rừng và phát triển kinh tế - xã hội của các địa phương.

-

PHẦN 1. TỔNG QUAN TÀI LIỆU

1.1. Tổng quan về nhóm thú móng guốc

Thú móng guốc là nhóm động vật có vú gồm hai bộ chính là Guốc chẵn (Artiodactyla) và Guốc lẻ (Perissodactyla). Nhóm này đa dạng về kích thước, hình thái, sinh thái và đóng vai trò quan trọng trong cấu trúc, chức năng của các hệ sinh thái trên cạn. Trong bộ Guốc chẵn, họ Cheo cheo (Tragulidae) là một trong những nhóm nhai lại cổ nhất còn tồn tại, có kích thước nhỏ, không có sừng hoặc gạc, con đực có răng nanh trên phát triển.

Các nghiên cứu về thú móng guốc trên thế giới đã chuyển từ mô tả hình thái và phân loại học cổ điển sang các tiếp cận hiện đại dựa trên di truyền, sinh thái học, mô hình hóa phân bố và bảo tồn. Tuy nhiên, phần lớn nghiên cứu tập trung vào các loài kích thước trung bình và lớn như hươu nai, trâu bò, linh dương hoặc lợn rừng. Các loài thú móng guốc kích thước nhỏ, đặc biệt là họ Cheo cheo ở Đông Nam Á, vẫn ít được nghiên cứu.

1.2. Lịch sử nghiên cứu họ Cheo cheo và loài Cheo cheo lưng bạc

Họ Cheo (Tragulidae) hiện gồm ba giống còn tồn tại là

Tragulus, *Moschiola* và *Hyemoschus*. Trong đó, giống *Tragulus* phân bố chủ yếu tại Đông Nam Á và bao gồm các loài có kích thước cơ thể nhỏ, sống trong các sinh cảnh rừng nhiệt đới. Cheo cheo lưng bạc là một loài thuộc giống *Tragulus*, được Thomas mô tả năm 1910 dựa trên mẫu vật thu ở gần Nha Trang, Khánh Hòa.

Sau mô tả ban đầu, loài hầu như không được nghiên cứu trong thời gian dài. Một số ghi nhận mẫu vật rời rạc được đề cập trong thế kỷ XX, nhưng thiếu dữ liệu thực địa cụ thể. Việc tái phát hiện loài bằng bẫy ảnh tại rừng khô Núi Chúa vào năm 2019 đã mở ra hướng nghiên cứu mới về phân bố và bảo tồn. Tuy vậy, đến nay dữ liệu về hình thái sọ, di truyền, sinh thái và phạm vi phân bố thực tế của loài vẫn còn rất hạn chế.

1.3. Tình trạng bảo tồn và các mối đe dọa đến loài Cheo lưng bạc

Trên Danh lục Đỏ IUCN, Cheo cheo lưng bạc được xếp Thiếu dữ liệu (DD). Ở Việt Nam, loài được đánh giá Cực kỳ nguy cấp (CR) trong Sách đỏ Việt Nam năm 2024. Sự khác biệt phản ánh nhu cầu tiếp tục bổ sung dữ liệu thực địa, nhất là về phân bố, tình trạng quần thể và xu hướng suy giảm ở cấp quốc gia.

Các mối đe dọa chính đối với loài gồm mất và phân mảnh sinh cảnh, săn bắt bằng bẫy dây, khai thác lâm sản, cháy rừng, chăn thả gia súc, mở rộng hạ tầng và du lịch. Do loài có vùng phân bố hẹp, quần thể nhỏ và sinh cảnh rời rạc, các tác động

này có thể làm tăng nguy cơ tuyệt chủng cục bộ nếu không có hành động bảo tồn kịp thời.

1.4. Khái quát khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu thuộc Nam Trung Bộ, tập trung tại Đắc Lắc, Khánh Hòa và Lâm Đồng. Các địa điểm có địa hình núi thấp ven biển, đồng bằng hẹp, cồn cát, sườn núi đá granit và các kiểu rừng khô hoặc bán khô phân bố rời rạc, chịu tác động của khô hạn mùa khô, hạ tầng, du lịch và chuyển đổi sử dụng đất.

Đối với Cheo cheo lưng bạc, các sinh cảnh rừng thấp, khô hạn theo mùa và phân bố dọc dải ven biển hoặc vùng đồi thấp ven biển có ý nghĩa đặc biệt. Tuy nhiên, diện tích các sinh cảnh này nhỏ, bị chia cắt mạnh và chịu áp lực cao từ các hoạt động kinh tế - xã hội. Vì vậy, việc đánh giá phân bố loài cần được đặt trong bối cảnh biến đổi sinh cảnh, quy hoạch sử dụng đất và áp lực phát triển của từng địa phương.

PHẦN 2. ĐỐI TƯỢNG, ĐỊA ĐIỂM, THỜI GIAN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, địa điểm và thời gian nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu chính là loài Cheo cheo lưng bạc (*Tragulus versicolor* Thomas, 1910), thuộc họ Cheo cheo (Tragulidae), bộ Guốc chẵn (Artiodactyla), lớp Thú (Mammalia). Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 10/2020 đến tháng 8/2025.

Nghiên cứu được triển khai tại 11 khu vực rừng thuộc ba tỉnh Đắk Lắk, Khánh Hòa và Lâm Đồng: Cù Mông, Krông Trai, Hòn Lớn, Ninh Ích - Ninh Lộc, Hòn Hèo, Diên Lâm, Cù Hin, Suối Tiên, Cam An Bắc, Cam Phước Tây và Tuy Phong.

2.2. Vật liệu nghiên cứu

Vật liệu hình thái gồm 27 mẫu sọ trưởng thành: 7 mẫu Cheo cheo lưng bạc và 20 mẫu Cheo cheo thường. Bốn trong bảy mẫu Cheo cheo lưng bạc được định danh phân tử bằng mã vạch DNA và mỗi đặc hiệu loài; ba mẫu còn lại được lưu giữ tại Viện Sinh học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Vật liệu di truyền là một mẫu mô cơ của một cá thể Cheo cheo lưng bạc đực trưởng thành, thu tại Ninh Hòa, tỉnh Khánh Hòa vào tháng 10/2022. Dữ liệu phân bố được thu thập bằng phỏng vấn bán cấu trúc và khảo sát ảnh tại các khu vực rừng tiềm năng.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Hai mươi sáu chỉ số hình thái sọ được đo theo hệ thống chuẩn hóa cho họ Tragulidae và giống *Tragulus*. Số liệu được phân tích bằng thống kê mô tả, PCA, kiểm định Mann–Whitney kèm hiệu chỉnh Benjamini–Hochberg và kích thước hiệu ứng Cliff's delta. MANOVA được sử dụng như bằng chứng hỗ trợ do số biến gần bằng số mẫu và ma trận hiệp phương sai có nguy cơ suy biến.

DNA tổng số được tách chiết bằng bộ kit QIAamp DNA Mini Kit. Dữ liệu giải trình tự được tạo bằng nền tảng DNBSEQ, lắp ráp bộ gen ty thể bằng GetOrganelle, chú giải

bằng MITOS2 và hiệu đính thủ công trên Geneious Prime. Cây phát sinh chủng loại Maximum Likelihood được dựng bằng IQ-TREE với 1.000 bootstrap. Khoảng cách di truyền giữa các loài *Tragulus* được tính theo mô hình Kimura hai thông số (K2P) dựa trên trình tự *cytb*.

Dữ liệu phân bố được thu thập qua 96 cuộc phỏng vấn bán cấu trúc và khảo sát bẫy ảnh tại 11 khu vực. Ảnh được quản lý bằng digiKam và camtrapR; sự kiện độc lập được xác định theo ngưỡng 60 phút. Mô hình occupancy một loài, một mùa được xây dựng bằng gói unmarked trong R, với xác suất phát hiện hiệu chỉnh theo nỗ lực máy hoạt động.

Mô hình phân bố tiềm năng được ngoại suy từ thành phần hiện diện của mô hình occupancy lên raster sinh cảnh và giới hạn bằng mặt nạ rừng tự nhiên. Kết quả được dùng để mô tả xu hướng và định hướng khảo sát bổ sung, không được xem là ranh giới phân bố thực tế, ước lượng mật độ hoặc bằng chứng xác nhận sinh cảnh cốt lõi.

Các biến môi trường gồm *dry*, *semidry*, *evergreen*, *remoteness* và *elevation*, được chuẩn hóa Z-score. Thành phần phát hiện được cố định ở $p(\text{effort})$, trong đó *effort* là số ngày máy hoạt động hợp lệ trong mỗi phiên khảo sát. Mô hình được so sánh bằng AICc, ΔAICc và trọng số Akaike.

Tác động được đánh giá bằng cách tích hợp phỏng vấn, quan sát hiện trường, GIS/viễn thám và quy hoạch sử dụng đất đến năm 2030. Giải pháp bảo tồn được xây dựng từ phân tích SWOT và nguyên tắc bảo tồn tại chỗ, có xem xét sự khác biệt về quản lý, sinh kế và áp lực phát triển ở từng khu vực.

Các biến môi trường và sinh cảnh được sử dụng theo hướng phản ánh giả thuyết sinh thái của loài, trong đó rừng khô, rừng bán khô, rừng thường xanh, độ cao và mức độ biệt lập được dùng để giải thích xác suất hiện diện. Khi dự đoán phân bố tiềm năng, vùng ngoại suy được giới hạn bằng lớp mặt nạ rừng tự nhiên, loại trừ khu dân cư, đất nông nghiệp, rừng trồng và đường giao thông nhằm giảm nguy cơ dự đoán vượt ngoài sinh cảnh có ý nghĩa sinh thái.

Việc đánh giá tác động và xây dựng giải pháp bảo tồn không chỉ dựa vào kết quả ghi nhận loài, mà còn tích hợp thông tin phỏng vấn, quan sát hiện trường, quy hoạch sử dụng đất đến năm 2030 và phân tích SWOT cho từng khu vực ghi nhận loài. Cách tiếp cận này giúp liên kết bằng chứng sinh học với điều kiện quản lý thực tế tại địa phương.

PHẦN 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm hình thái Cheo lưng bạc

3.1.1. Đặc điểm hình thái ngoài

Kết quả định danh loài từ ảnh bẫy ảnh cho thấy Cheo cheo lưng bạc (*Tragulus versicolor*) có các đặc điểm hình thái ngoài phù hợp với mô tả gốc và các ghi nhận trước đây. Đặc điểm nổi bật nhất của loài là kiểu màu lông tách thành hai phần rõ rệt: nửa trước cơ thể, gồm đầu, cổ, vai và phần trước thân có màu nâu đỏ; phần sau thân, đặc biệt từ vùng lưng giữa đến mông, có màu xám bạc. Sự tương phản này là dấu hiệu nhận dạng quan trọng để phân biệt Cheo cheo lưng bạc với Cheo

cheo thường trong điều kiện quan sát ngoài thực địa hoặc qua ảnh bẫy ảnh.

Ở các ảnh ghi nhận rõ, Cheo cheo lưng bạc có cơ thể nhỏ, chân mảnh, đầu thon, mõm nhọn và tai tương đối ngắn, phù hợp với đặc điểm chung của các loài thuộc giống *Tragul*. Vùng bụng và mặt trong chân thường sáng màu hơn so với lưng và hai bên thân; không ghi nhận sự hiện diện của sừng hoặc gạc, phù hợp với đặc điểm của họ Cheo cheo (*Tragulidae*). Do dữ liệu hình thái ngoài trong nghiên cứu này chủ yếu được quan sát qua ảnh bẫy ảnh, các chỉ số như khối lượng cơ thể, chiều dài thân, chiều cao vai và khác biệt giới tính chưa được định lượng trực tiếp.

Nhìn chung, dữ liệu bẫy ảnh cho thấy Cheo cheo lưng bạc tại khu vực nghiên cứu vẫn duy trì đặc điểm chẩn đoán quan trọng đã được mô tả trong tài liệu trước đây, đặc biệt là kiểu lông hai màu với phần sau thân xám bạc. Đặc điểm này có giá trị thực tiễn trong định danh nhanh ngoài hiện trường và xử lý dữ liệu bẫy ảnh, nhưng trong các trường hợp ảnh không rõ hoặc mẫu vật không đầy đủ cần kết hợp thêm bằng chứng hình thái sọ hoặc dữ liệu di truyền.

3.1.2. Đặc điểm hình thái sọ

Phân tích 7 mẫu sọ trưởng thành cho thấy Cheo cheo lưng bạc có chiều dài sọ 91–99 mm, chiều rộng sọ 32–36 mm và chiều cao sọ 26–28 mm. Sọ thuôn dài về phía mõm, nhẹ, phần

mặt sọ phát triển hơn phần não sọ, phù hợp với đặc trưng của giống *Tragulus*.

Về hình dạng, sọ của Cheo cheo lưng bạc thuần dài về phía mõm, phần mặt sọ phát triển hơn phần não sọ, vòm sọ hơi dẹt và không có mào dọc giữa rõ rệt. Các đặc điểm này phù hợp với kiểu hình chung của giống *Tragulus*, đồng thời bổ sung bộ dữ liệu mô tả sọ cho một loài đặc hữu hẹp vốn rất khan hiếm mẫu vật.

So sánh 26 chỉ số trên 27 mẫu cho thấy Cheo cheo lưng bạc lớn hơn ở 23/26 chỉ số. Hai trục PCA đầu giải thích 77,71% phương sai, trong đó PC1 chiếm 67,79% và phản ánh chủ yếu kích thước sọ. Kiểm định Mann–Whitney cho 23/26 chỉ số có $p < 0,05$ và vẫn có $q < 0,05$ sau hiệu chỉnh Benjamini–Hochberg.

Nhóm sáu chỉ số chiều dài gồm BPL, LM, CBL, MLL, LTL và UTL đều cao hơn ở Cheo cheo lưng bạc. Một số chỉ số chiều rộng và chiều cao như ZW, WO, BH, HM và BPM cũng có hiệu số trung bình lớn, nhưng các chỉ số này tương quan mạnh với nhóm chiều dài sọ và xương hàm ($r = 0,64–0,84$), nên nhóm chiều dài được xem là ổn định hơn cho nhận định phân biệt loài.

MANOVA thăm dò cho Wilks' Lambda = 0,0000126; $F \approx 30,49$; $p < 0,0001$, nhất quán về hướng với PCA và các so sánh đơn biến. Tuy nhiên, do số biến gần bằng số mẫu và bậc tự do nội nhóm thấp, kết quả chỉ được xem là bằng chứng hỗ trợ.

Ba chỉ số chiều dài có giá trị phân tách cao là LM, BPL và CBL. Ngưỡng tham chiếu đề xuất trên bộ mẫu nghiên cứu: $BPL \geq 72$ mm, $LM \geq 73$ mm, $CBL \geq 92$ mm hướng đến *T. versicolor*; $BPL \leq 70$ mm, $LM \leq 72$ mm, $CBL \leq 90$ mm hướng đến *T. kanchil*. Các ngưỡng chưa được thẩm định độc lập; mẫu trong vùng chồng lấn cần đối chiếu thêm hình thái, nguồn gốc và dữ liệu phân tử.

Giới hạn quan trọng của phân tích hình thái là số mẫu *T. versicolor* nhỏ ($n = 7$). Bốn mẫu đã được định danh phân tử, toàn bộ là mẫu trưởng thành và các phép đo được lặp lại hai lần; tuy vậy, các ngưỡng phân biệt chỉ có giá trị tham chiếu trên bộ mẫu hiện có và cần kiểm chứng ngoài mẫu.

Bảng 1. Một số chỉ số hình thái sọ có giá trị phân biệt giữa Cheo cheo lưng bạc và Cheo cheo thường

Chỉ số	Cheo cheo lưng bạc (mm)	Cheo cheo thường (mm)	Nhận định
BPL	67,5–86,5	54,7–71,5	Phân tách rất rõ, ngưỡng đề xuất ≥ 72 mm
LM	70,5–84,0	59,6–72,6	Phân tách rất rõ, ngưỡng đề xuất ≥ 73 mm
CBL	91,8–99,9	76,7–94,3	Phân tách rõ, ngưỡng đề xuất ≥ 92 mm

3.2. Đặc điểm di truyền

Mẫu KH01 được giải trình tự trên nền tảng DNBSEQ, thu 4.042.092 đọc sạch, tương đương 1,21 GB; Q20 = 98,77%, Q30 = 95,73% và GC = 43,73%. Bộ gen ty thể lắp ráp de novo đạt độ phủ trung bình 254× và độ bao phủ $\geq 1\times$ đạt 99,8%.

Bộ gen ty thể hoàn chỉnh của Cheo cheo lưng bạc dài 16.317 bp, có cấu trúc vòng khép kín điển hình của động vật có xương sống. Thành phần base gồm A = 32,7%, T = 26,9%, C = 26,8%, G = 13,6%, với hàm lượng GC = 40,3%. Bộ gen gồm 37 gen điển hình: 13 gen mã hóa protein, 22 gen tRNA, 2 gen rRNA và một vùng điều khiển D-loop dài 890 bp. Trình tự được đăng ký trên GenBank với mã số PV872897.

Trong số các gen mã hóa protein, *cox1* là gen dài nhất với 1.545 bp, còn *atp8* là gen ngắn nhất với 207 bp. Hai gen rRNA gồm *rrnS* (12S rRNA) dài 952 bp và *rrnL* (16S rRNA) dài 1.570 bp; vùng D-loop dài 890 bp nằm giữa *trnP* và *trnF*. Trật tự và thành phần gen phù hợp với cấu trúc chuẩn của bộ gen ty thể động vật có xương sống.

Trình tự được đăng ký với mã GenBank PV872897, BioProject PRJNA1303987, BioSample SAMN50545290 và SRA SRR34936334. Đây là bộ gen ty thể hoàn chỉnh đầu tiên của loài, tạo dữ liệu nền cho định danh và so sánh di truyền.

Cây Maximum Likelihood dựa trên bộ gen ty thể hoàn chỉnh cho thấy họ Tragulidae là nhóm đơn ngành. *T. versicolor* tạo một nhánh riêng, là nhóm chị em với nhánh gồm *T. napu*, *T. kanchil* và *T. javanicus*, với bootstrap 99,5%, hỗ trợ vị trí phát sinh độc lập của loài.

So sánh kích thước bộ gen ty thể cho thấy *T. versicolor* (16.317 bp) nằm trong khoảng biến thiên điển hình của họ Tragulidae, tương tự *T. kanchil* (16.333 bp), *T. napu* (15.778 bp), *Hyemoschus aquaticus* (16.225 bp) và *Moschiola indica* (16.402 bp). Sự khác biệt nhỏ về chiều dài chủ yếu liên quan

đến vùng điều khiển D-loop, trong khi cấu trúc 37 gen được bảo thủ.

Khoảng cách K2P trên gen *cytb* giữa *T. versicolor* và các loài *Tragulus* khác là 15,25–18,03%, cao hơn khoảng cách giữa các loài còn lại trong giống (8,36–11,98%). Riêng *T. versicolor* và *T. kanchil* đạt 15,25%. Do mtDNA phản ánh dòng mẹ, kết quả chưa đủ để suy luận cấu trúc quần thể hoặc dòng gen giữa các quần thể.

Bộ gen ty thể có giá trị xác định vị trí phát sinh và mức phân kỳ của dòng mẹ, nhưng không thay thế dữ liệu di truyền nhân hoặc dữ liệu hệ gen từ nhiều quần thể. Đây là giới hạn cần được lưu ý khi chuyển từ kết quả phát sinh chủng loại sang suy luận bảo tồn quần thể.

Bảng 2. Tóm tắt đặc điểm bộ gen ty thể Cheo cheo lưng bạc

Thông số	Giá trị
Chiều dài bộ gen	16.317 bp
Cấu trúc	Dạng vòng, điển hình của động vật có xương sống
Thành phần base	A = 32,7%; T = 26,9%; C = 26,8%; G = 13,6%
GC content	40,3%
Số gen	37 gen: 13 PCGs, 22 tRNAs, 2 rRNAs và D-loop
GenBank accession	PV872897

3.3. Đặc điểm phân bố

Có 96 người được phỏng vấn: 30 người từng gặp hoặc biết Cheo cheo lưng bạc, 25 người nhận diện Cheo cheo thường, 30 người biết có cheo nhưng không phân biệt hai loài và 11 người không biết. Có 85/96 người (88,5%) cho rằng số lượng cheo đã giảm mạnh trong 10 năm gần đây.

Khảo sát tại 11 khu vực sử dụng 366 trạm, 401 lượt đặt máy và 28.779 ngày máy hoạt động, thu 39.590 ảnh. Cheo cheo lưng bạc được ghi nhận mới tại Krông Trai, Hòn Hèo, Cù Hin và Cam Phước Tây, ở 24 trạm với 357 sự kiện độc lập theo ngưỡng 60 phút.

Số sự kiện độc lập gồm Krông Trai 36, Hòn Hèo 242, Cù Hin 39 và Cam Phước Tây 40. Hòn Hèo có số ghi nhận và số trạm ghi nhận cao nhất. Tuy nhiên, số ghi nhận chỉ phản ánh mức phát hiện, không đại diện cho mật độ, kích thước quần thể hoặc toàn bộ phạm vi phân bố tại từng khu vực.

Tính cả ghi nhận tại Vườn quốc gia Núi Chúa đã công bố năm 2019, hiện có năm khu vực ghi nhận loài ngoài tự nhiên ở Việt Nam. Phân bố hiện biết rộng hơn trước nhưng vẫn rời rạc và gắn với các mảng sinh cảnh đặc thù.

Ở Cam Phước Tây, hai loài *T. versicolor* và *T. kanchil* được ghi nhận tại các trạm khác nhau, gợi ý khả năng phân chia sinh cảnh vì mô nhưng chưa đủ dữ liệu để khẳng định. Những khu vực không ghi nhận loài có thể phản ánh phát hiện không hoàn hảo, suy giảm cục bộ hoặc các yếu tố chưa được mô hình hóa.

Bảng 3. Kết quả ghi nhận Cheo cheo lưng bạc bằng bẫy ảnh tại các khu vực có phát hiện loài

Khu vực	Tỉnh	Số trạm ghi nhận	Số lần ghi nhận
Krông Trai	Đắk Lắk	7	36
Hòn Hèo	Khánh Hòa	8	242
Cù Hin	Khánh Hòa	3	39

Cam Phước Tây	Khánh Hòa	6	40
Tổng cộng		24	357

3.4. Mô hình xác suất hiện diện và phân bố tiềm năng

Bộ dữ liệu occupancy chuẩn hóa gồm 366 trạm, tối đa 21 phiên/trạm, mỗi phiên 7 ngày, với tổng nỗ lực 26.315 ngày-trạm. Sau chuẩn hóa, có 131 sự kiện độc lập tại 21 trạm, tương ứng 5,7% số trạm khảo sát.

Tập ứng viên có 13 mô hình M0–M12; ba mô hình không hội tụ hoặc không xác định AICc nên còn 10 mô hình hợp lệ. M5 [$\psi(dry)$, $p(effort)$] có AICc thấp nhất: 436,97; $\Delta AICc = 0$; $w_i = 0,320$. M9 [$\psi(dry + remoteness)$, $p(effort)$] có $\Delta AICc = 0,313$ và $w_i = 0,273$; tổng trọng số hai mô hình là 0,593.

Bảng 4. Các mô hình occupancy nhận được mức hỗ trợ cao nhất

Mô hình	Cấu trúc	AICc	$\Delta AICc$	w_i
M5	$\psi(dry)$, $p(effort)$	436,97	0	0,320
M9	$\psi(dry + remoteness)$, $p(effort)$	437,28	0,313	0,273
Tổng M5 + M9				0,593

Trong M5, *dry* có hệ số dương ($\beta = 0,444$; $p = 0,010$; CI95%: 0,106–0,782), cho thấy xác suất hiện diện dự đoán tăng theo *dry* trong phạm vi dữ liệu khảo sát. Do M9 được hỗ trợ gần tương đương và số trạm ghi nhận thấp, chưa đủ cơ sở

khả năng định loài phụ thuộc chủ yếu vào rừng khô trên toàn vùng nghiên cứu.

Đối với thành phần phát hiện, *effort* có hệ số dương nhưng chưa đạt ý nghĩa thống kê ($\beta = 0,149$; $p = 0,141$; CI95%: -0,050–0,348). Khả năng phát hiện không hoàn hảo cần được tính đến khi diễn giải các khu vực chưa ghi nhận.

Xác suất hiện diện dự đoán theo 11 khu vực dao động 0,0460–0,0707. Suối Tiên, Cam An Bắc, Cù Hin và Cam Phước Tây có giá trị tương đối cao hơn, nhưng khoảng tin cậy 95% chồng lấp đáng kể; các giá trị không được dùng để suy luận khác biệt có ý nghĩa, mật độ hay kích thước quần thể.

Bề mặt ngoại suy cho thấy các vùng có giá trị ψ tương đối cao tập trung chủ yếu dọc ven biển Khánh Hòa và phía đông Đắk Lắk; phần lớn diện tích rừng tự nhiên nằm ở mức ψ thấp và các vùng $\psi \geq 0,08$ có diện tích nhỏ, phân mảnh.

Bản đồ phản ánh phân bố không gian của biến *dry* trong M5 và phạm vi dự báo. Các vùng có giá trị tương đối cao chỉ là thông tin hỗ trợ định hướng khảo sát bổ sung, không phải bằng chứng xác nhận loài hiện diện, sinh cảnh tối ưu, sinh cảnh cốt lõi hay ranh giới phân bố thực tế.

Việc M9 có mức hỗ trợ gần tương đương M5 cho thấy ảnh hưởng bổ sung của *remoteness* chưa thể loại trừ. Vì vậy, diễn giải cuối cùng ưu tiên mối liên hệ được hỗ trợ với *dry* nhưng đồng thời giữ rõ mức bất định của mô hình và nhu cầu bổ sung điểm ghi nhận.

3.5. Hiện trạng tác động và giải pháp bảo tồn

Các tác động chính gồm bẫy bắt động vật hoang dã, khai thác than củi, thu hái lâm sản phụ, lấn chiếm và đốt rừng làm rẫy, chăn thả gia súc, mở đường và xây dựng khu du lịch. Bẫy bắt, lấn chiếm rừng và khai thác than củi là ba tác động phổ biến, có mức độ cao nhất.

Hòn Hèo có mức tác động nhân sinh cao nhất, tiếp đến Krông Trai. Cù Hin và Cam Phước Tây có mức tác động trung bình đến thấp hơn. Các tác động gây chia cắt và suy giảm chất lượng sinh cảnh, đe dọa khả năng duy trì các khu vực đã ghi nhận loài.

Bốn nhóm mục tiêu bảo tồn được đề xuất: (1) quy hoạch, bảo vệ ổn định rừng tự nhiên; (2) giảm thiểu và ngăn chặn tác động nhân sinh; (3) tăng cường quản lý, giám sát bảo tồn tại chỗ; (4) gắn kết và duy trì nguồn lực bảo tồn bền vững.

Phân tích SWOT cho thấy Krông Trai và Hòn Hèo có lợi thế về diện tích rừng tự nhiên lớn, sinh cảnh liên vùng và khả năng thiết lập vùng bảo tồn tại chỗ. Cam Phước Tây có tiềm năng kết nối, mở rộng sinh cảnh với các khối rừng lân cận, còn Cù Hin có thể phù hợp với mô hình OECM quy mô nhỏ, gắn bảo tồn với du lịch sinh thái nếu quy hoạch được kiểm soát chặt chẽ.

Về thách thức, Krông Trai chịu áp lực từ khai thác than, củi đốt và cháy rừng mùa khô; Hòn Hèo chịu áp lực mạnh từ đô thị hóa, hạ tầng du lịch ven biển, săn bắt và khai thác lâm sản; Cù Hin có nguy cơ thu hẹp rừng tự nhiên do quy hoạch du lịch; Cam Phước Tây đối mặt với lấn chiếm nương rẫy, chăn thả gia súc và cháy rừng mùa khô.

Hòn Hèo và Krông Trai là hai khu vực cần ưu tiên xem xét hành động bảo tồn do có sinh cảnh rừng liên kề lớn và phạm vi ghi nhận rộng. Hòn Hèo có 13.945 ha rừng tự nhiên nhưng chịu áp lực phát triển cao; việc xem xét hình thức bảo vệ lâu dài, trong đó có khả năng thành lập Khu bảo tồn thiên nhiên Hòn Hèo, cần tiếp tục đánh giá pháp lý, sử dụng đất và sự đồng thuận của các bên.

Lộ trình thực hiện gồm bốn bước: (1) chia sẻ và kiểm chứng thông tin nghiên cứu; (2) tham vấn, đánh giá tính khả thi, pháp lý và nguồn lực; (3) thí điểm các hoạt động khả thi như tháo gỡ bãi, tuần tra, truyền thông và giám sát; (4) theo dõi, đánh giá và điều chỉnh giải pháp.

Các đề xuất là định hướng chuyển kết quả nghiên cứu thành hành động có thể xem xét. Việc triển khai cụ thể phải được cơ quan quản lý và các bên liên quan thẩm định, đồng thời cập nhật khi có thêm dữ liệu về phân bố, sinh cảnh, tác động và hiệu quả bảo tồn.

PHẦN 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

1. Trên bộ 27 mẫu, Cheo cheo lưng bạc khác rõ Cheo cheo thường về hình thái sọ. BPL, LM và CBL có giá trị tham chiếu phân biệt hai loài, bổ sung cơ sở hình thái định lượng trong điều kiện mẫu vật Cheo cheo lưng bạc còn hạn chế.

2. Bộ gen ty thể hoàn chỉnh có cấu trúc điển hình của động vật có vú. Phát sinh chủng loại và khoảng cách di truyền cho thấy *T. versicolor* là một nhánh phân hóa rõ trong giống *Tragul*, bổ sung bằng chứng phân tử hỗ trợ vị trí phân loại độc lập và giá trị tiến hóa của loài.

3. Bốn khu vực phân bố mới tại Krông Trai, Hòn Hèo, Cù Hin và Cam Phước Tây cho thấy phạm vi hiện biết rộng hơn nhưng vẫn rời rạc. Mô hình cho thấy mối liên hệ dương với *dry*; các vùng dự đoán tương đối cao ở Khánh Hòa và phía đông Đắk Lắk cần được ưu tiên khảo sát bổ sung và theo dõi dài hạn.

4. Bẫy bắt và mất sinh cảnh rừng là các nguy cơ chính. Bảo tồn loài cần theo hướng tại chỗ, gắn với quản lý sinh cảnh và sự tham gia của các bên liên quan.

2. Kiến nghị

1. Ưu tiên tăng cường bảo vệ tại bốn khu vực đã xác nhận sự hiện diện, trước hết kiểm soát bẫy bắt, hạn chế mất và suy giảm chất lượng rừng, đồng thời duy trì giám sát định kỳ bằng bẫy ảnh.

2. Mở rộng khảo sát ở các khu vực có sinh cảnh phù hợp và giá trị dự đoán tương đối cao nhưng chưa có ghi nhận xác nhận, đặc biệt tại Khánh Hòa, phía đông Đắk Lắk và vùng rừng thấp ven biển Lâm Đồng.

3. Tại Hòn Hèo và Krông Trai, tiếp tục đánh giá điều kiện pháp lý, sử dụng đất, cơ chế quản lý và sự đồng thuận của các bên để lựa chọn hình thức bảo vệ lâu dài phù hợp; xem xét khả năng thành lập Khu bảo tồn thiên nhiên Hòn Hèo.

4. Tiếp tục nghiên cứu sinh thái, cấu trúc quần thể, kết nối sinh cảnh và di truyền quần thể bằng nhiều mẫu và chỉ thị nhân/hệ gen; kết quả sẽ hỗ trợ quy hoạch, bảo tồn, cứu hộ và nhân nuôi bảo tồn trong tương lai.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. Bùi, A. T., Lê, T. T. T., Võ, T. B. T., Hoàng, Q. H., Nguyễn, K. T., Trần, V. C., & Nguyễn, T. S. (2025). Kết hợp sử dụng kỹ thuật mã vạch DNA và môi đặc hiệu loài trong định danh hai loài Cheo cheo tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ – Đại học Thái Nguyên*, 230(05), 209–216. <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.11223>
2. Hoàng Quốc Huy, Nguyễn Trường Sơn, Bùi Anh Tuấn, Trần Văn Giang & Ngô Đắc Chứng. (2026). So sánh đặc điểm hình thái hộp sọ của hai loài cheo cheo thuộc giống *Tragulus* (Lớp Thú, Bộ Móng guốc ngón chẵn) tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Khoa học Tự nhiên*, 135(1A), 95–103. <https://doi.org/10.26459/hueunijns.v135i1A.7891>
3. Huy Hoang Quoc, Long Ha Thang, Mau Trinh Dang, Truong Son Nguyen, & Chung Ngo Dac. (2025). The complete mitochondrial genome of the silver-backed chevrotain (*Tragulus versicolor*) from Vietnam and its phylogenetic position within Tragulidae. *Mitochondrial DNA Part B*, 10(11), 1042–1045. <https://doi.org/10.1080/23802359.2025.2572391>
4. Huy Hoang Quoc, Quy Le Tan, Bang Tran Van, A. Siu, Tinh Le Cong, Quynh Nguyen Thi, Phu Ngo Quoc, Linh Nguyen Van, Long Nguyen The Hoang, Tuan Doan Manh, Dung Le Thi Kim, Long Ha Thang, Chung Ngo Dac, An Nguyen, An

Nguyen, Andreas Wilting & Andrew Tilker. (2026). Distribution and conservation status of the silver-backed chevrotain (*Tragulus versicolor*) in Vietnam. *Oryx*, 1–6. <https://doi.org/10.1017/S0030605325102329>

5. Tham Thi Nguyen, Huy Quoc Hoang, Anh Thi Ngoc Ho, Trung Thanh Nguyen, Ha Thi Le Trinh, Mai Thi Phuong Nguyen, Tao Thien Nguyen & Minh Duc Le. (2024). Molecular analysis reveals the evolutionary distinctiveness of the Silver-backed Chevrotain within the genus *Tragulus*. *Mammalia*, 88(6), 608–612. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2024-0004>

**MINISTRY OF EDUCATION AND TRAINING
HUE UNIVERSITY
UNIVERSITY OF EDUCATION**

-----*-----**

HOANG QUOC HUY

**RESEARCH ON THE MORPHOLOGICAL, GENETIC AND
DISTRIBUTIONAL CHARACTERISTICS OF THE SILVER-
BACKED CHEVROTAIN (*Tragulus versicolor* Thomas, 1910)
IN SOUTH-CENTRAL VIETNAM**

Major: Zoology

Code: 9420103

**SUMMARY OF THE DOCTORAL DISSERTATION IN
ZOOLOGY**

Hue - 2026

**HUE UNIVERSITY
UNIVERSITY OF EDUCATION**

-----***-----

HOANG QUOC HUY

**RESEARCH ON THE MORPHOLOGICAL, GENETIC AND
DISTRIBUTIONAL CHARACTERISTICS OF THE SILVER-
BACKED CHEVROTAIN (*Tragulus versicolor* Thomas, 1910) IN
SOUTH-CENTRAL VIETNAM**

Major: Zoology

Code: 9420103

Scientific supervisors:

1. Prof. Dr. NGO DAC CHUNG

2. Dr. HA THANG LONG

Hue - 08/2026

INTRODUCTION

1. Rationale

The silver-backed chevrotain (*Tragulus versicolor*) is a small ungulate endemic to Vietnam, with a restricted range and very few records in the wild. After nearly 30 years without new scientific records, the species was rediscovered in South-Central Vietnam in 2019. Because only a few populations are known, their habitats are fragmented, and they face pressures from forest loss, hunting and livelihood activities, the species is assessed as Critically Endangered (CR) in the 2024 Vietnam Red Data Book.

Despite its exceptional evolutionary and conservation value, scientific knowledge of the silver-backed chevrotain remains very limited. Previous studies mainly confirmed its continued existence and did not provide an integrated assessment of morphology, genetics, distribution and threats in Vietnam. This knowledge gap constrains species identification, the delineation of key areas and the development of appropriate conservation measures.

Dry and semi-*dry* coastal forests in South-Central Vietnam are under intense pressure from hunting, land-use change, infrastructure development and tourism. An integrated investigation of the morphology, genetics, distribution and threats affecting the silver-backed chevrotain was therefore necessary. The dissertation entitled “Research on the morphological, genetic and distributional characteristics of the

silver-backed chevrotain (*Tragulus versicolor* Thomas, 1910) in South-Central Vietnam” was conducted to strengthen the scientific and practical basis for conserving the species.

2. Research objectives

- To add scientific data on the morphology, genetics and distribution of the silver-backed chevrotain and assess threats to the species in selected potential forest areas of South-Central Vietnam, thereby proposing appropriate measures for effective and sustainable conservation.

- To determine the external and cranial morphological characteristics of the silver-backed chevrotain and compare them with those of the lesser mouse-deer (*Tragulus kanchil*), providing a morphological basis for species identification and discrimination.

- To characterize the complete mitochondrial genome of the silver-backed chevrotain and assess its phylogenetic position within the family Tragulidae.

- To determine the current distribution of the species through interviews and camera trapping and to develop a model of its potential distribution.

- To identify the principal threats to the silver-backed chevrotain and propose conservation measures appropriate to each confirmed occurrence area.

3. Research contents

- Description of external morphology and comparison of cranial measurements between the silver-backed chevrotain

and the lesser mouse-deer.

- Analysis of mitochondrial genome characteristics and the phylogenetic relationships of the silver-backed chevrotain within Tragulidae.

- Collection of distribution data through interviews and camera trapping; analysis of occupancy probability; and development of a potential-distribution model by combining predicted occupancy with forest habitat, *elevation* and *remoteness* data.

- Analysis of the principal threats to the species and its habitat and proposal of feasible conservation measures suited to management conditions in each area.

4. Scientific and practical significance

Scientifically, the dissertation adds morphological and distributional data; provides new information on cranial morphology, the mitochondrial genome and phylogenetic relationships; and integrates occurrence records, occupancy modelling and spatial data to identify areas requiring additional surveys.

Practically, the results provide evidence for conserving a species classified as Critically Endangered in Vietnam; support specimen identification, the identification of key areas and forest-management planning; and propose measures suited to local conditions.

5. New contributions of the dissertation

- New cranial-morphology data for the silver-backed

chevrotain were obtained through description and quantitative analysis of measurements, improving the basis for identification and comparison with the lesser mouse-deer (*T. kanchil*) occurring in Vietnam.

- The complete mitochondrial genome of the silver-backed chevrotain was analysed and published for the first time, providing foundational genetic data for phylogenetic and more specialized studies.

- Four previously undocumented occurrence areas of the silver-backed chevrotain were recorded in South-Central Vietnam.

- Scientific evidence was provided on current threats to the species and its habitat, together with feasible conservation measures linked to practical forest-management and socioeconomic conditions in the respective localities.

PART 1. LITERATURE REVIEW

1.1. Overview of ungulates

Ungulates comprise two principal mammalian orders, Artiodactyla and Perissodactyla. They vary widely in size, morphology and ecology and play important roles in the structure and functioning of terrestrial ecosystems. Within Artiodactyla, Tragulidae is among the oldest surviving ruminant lineages; its members are small, lack horns or antlers, and males have enlarged upper canines.

Ungulate research worldwide has shifted from classical morphological description and taxonomy to modern genetic, ecological, distribution-modelling and conservation approaches. Nevertheless, most studies have focused on medium-sized and large species such as deer, bovids, antelopes and wild pigs. Small ungulates, particularly Southeast Asian chevrotains, remain understudied.

1.2. Research history of Tragulidae and the silver-backed chevrotain

The family Tragulidae currently contains three extant genera: *Tragulus*, *Moschiola* and *Hyemoschus*. *Tragulus* occurs mainly in Southeast Asia and comprises small-bodied species inhabiting tropical forests. The silver-backed chevrotain belongs to *Tragulus* and was described by Thomas in 1910 from a specimen collected near Nha Trang, Khanh Hoa Province.

Following its original description, the species received almost no research attention for a long period. Several isolated specimen records were mentioned during the twentieth century, but specific field data were lacking. Its rediscovery by camera traps in the *dry* forest of Nui Chua in 2019 opened new directions for distribution and conservation research. Data on cranial morphology, genetics, ecology and the actual range nevertheless remain scarce.

1.3. Conservation status and threats to the silver-backed chevrotain

The silver-backed chevrotain is listed as Data Deficient (DD) on the IUCN Red List. In Vietnam, it is assessed as Critically Endangered (CR) in the 2024 Vietnam Red Data Book. This discrepancy highlights the need for additional field data, particularly on distribution, population status and national-level decline.

The main threats include habitat loss and fragmentation, wire-snare hunting, forest-product extraction, wildfire, livestock grazing, infrastructure expansion and tourism. Given the species' restricted range, small populations and fragmented habitat, these pressures may increase the risk of local extinction unless timely conservation action is taken.

1.4. Overview of the study area

The study was conducted in South-Central Vietnam, focusing on Dak Lak, Khanh Hoa and Lam Dong provinces. The sites contain low coastal mountains, narrow plains, dunes, granite slopes and patchily distributed *dry* or semi-*dry* forest types affected by seasonal drought, infrastructure, tourism and land-use change.

Low-*elevation*, seasonally *dry* forests along the coast and coastal foothills are particularly relevant to the silver-backed chevrotain. These habitats are limited in area, highly fragmented and under strong socioeconomic pressure. Assessment of the species' distribution must therefore consider habitat change, land-use planning and development pressures in each locality.

PART 2. STUDY SUBJECT, SITES, PERIOD, MATERIALS AND METHODS

2.1. Study subject, sites and period

The principal study subject was the silver-backed chevrotain (*Tragulus versicolor* Thomas, 1910), family Tragulidae, order Artiodactyla, class Mammalia. The study was conducted from October 2020 to August 2025.

Research was undertaken in 11 forest areas across Dak Lak, Khanh Hoa and Lam Dong provinces: Cu Mong, Krong Trai, Hon Lon, Ninh Ich–Ninh Loc, Hon Heo, Dien Lam, Cu Hin, Suoi Tien, Cam An Bac, Cam Phuoc Tay and Tuy Phong.

2.2. Research materials

The morphological material comprised 27 adult skulls: seven silver-backed chevrotains and 20 lesser mouse-deer. Four of the seven silver-backed chevrotain specimens were molecularly identified using DNA barcoding and species-specific primers; the other three are held at the Institute of Biology, Vietnam Academy of Science and Technology.

The genetic material consisted of muscle tissue from an adult male silver-backed chevrotain collected in Ninh Hoa, Khanh Hoa Province, in October 2022. Distribution data were collected through semi-structured interviews and camera-trap surveys in potentially suitable forest areas.

2.3. Research methods

Twenty-six cranial measurements were taken using a standardized system for Tragulidae and *Tragulus*. Data were

analysed using descriptive statistics, principal component analysis (PCA), Mann–Whitney tests with Benjamini–Hochberg correction and Cliff’s delta effect sizes. MANOVA was treated as supporting evidence because the number of variables approached the sample size and the covariance matrix could be singular.

Total DNA was extracted using a QIAamp DNA Mini Kit. Sequence data were generated on the DNBSEQ platform; the mitochondrial genome was assembled with GetOrganelle, annotated with MITOS2 and manually curated in Geneious Prime. A Maximum Likelihood tree was reconstructed in IQ-TREE with 1,000 bootstrap replicates. Kimura two-parameter (K2P) distances among *Tragulus* species were calculated from *cytb* sequences.

Distribution data were collected through 96 semi-structured interviews and camera-trap surveys at 11 sites. Images were managed in digiKam and camtrapR, with independent events defined using a 60-minute threshold. A single-species, single-season occupancy model was fitted in the R package unmarked, with detection probability adjusted for camera-operating *effort*.

Potential distribution was extrapolated from the occupancy component onto habitat rasters and restricted using a natural-forest mask. The results were used to describe trends and guide additional surveys, not as the actual range boundary, a density estimate or confirmed evidence of core habitat.

Environmental covariates included *dry*, *semidry*, *evergreen*, *remoteness* and *elevation*, standardized as Z-scores. The detection component was fixed as $p(\text{effort})$, where *effort* was the number of valid camera-operating days in each survey occasion. Models were compared using AICc, ΔAICc and Akaike weights.

Threats were assessed by integrating interviews, field observations, GIS/remote sensing and land-use plans to 2030. Conservation measures were developed through SWOT analysis and in-situ conservation principles, considering differences in management, livelihoods and development pressures among areas.

Environmental and habitat variables represented ecological hypotheses for the species. Dry forest, semi-dry forest, *evergreen* forest, *elevation* and *remoteness* were used to explain occupancy. For potential-distribution prediction, extrapolation was restricted to natural forest and excluded settlements, agricultural land, plantations and roads to reduce predictions outside ecologically meaningful habitat.

Threat assessment and conservation planning did not rely solely on species records; they also integrated interviews, field observations, land-use plans to 2030 and site-specific SWOT analyses. This approach linked biological evidence with local management conditions.

PART 3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Morphological characteristics of the silver-backed chevrotain

3.1.1. External morphology

Camera-trap photographs showed that the external morphology of the silver-backed chevrotain (*Tragulus versicolor*) was consistent with the original description and previous records. Its most distinctive feature was a clearly divided pelage pattern: the head, neck, shoulders and anterior body were reddish brown, whereas the posterior body, especially from the mid-back to the rump, was silver-grey. This contrast is an important field and camera-trap character distinguishing it from the lesser mouse-deer.

Clear photographs showed a small body, slender legs, a narrow head, pointed muzzle and relatively short ears, consistent with *Tragulus*. The abdomen and inner legs were generally paler than the back and flanks; horns and antlers were absent, as expected for Tragulidae. Because external morphology was assessed mainly from camera-trap images, body mass, body length, shoulder height and sexual differences were not directly quantified.

Overall, the camera-trap data confirmed the diagnostic characters described previously, particularly the bicoloured pelage with a silver-grey posterior body. This feature is useful for rapid field identification and image processing; unclear images or incomplete specimens should, however, be evaluated using cranial or genetic evidence as well.

3.1.2. Cranial morphology

Analysis of seven adult skulls showed a cranial length of 91–99 mm, width of 32–36 mm and height of 26–28 mm. The skull was lightweight and tapered toward the muzzle, with the facial region more developed than the braincase, consistent with *Tragulus* morphology.

The skull tapered toward the muzzle, the facial region exceeded the braincase, the cranial vault was slightly flattened, and no prominent sagittal crest was present. These features conform to the general *Tragulus* form and add descriptive cranial data for a narrow-range endemic species represented by very few specimens.

Comparison of 26 measurements across 27 specimens showed that the silver-backed chevrotain was larger in 23 of 26 measurements. The first two PCA axes explained 77.71% of total variance; PC1 accounted for 67.79% and mainly represented overall cranial size. Mann–Whitney tests identified $p < 0.05$ for 23 of 26 measurements, which remained $q < 0.05$ after Benjamini–Hochberg correction.

Six length measurements—BPL, LM, CBL, MLL, LTL and UTL—were all greater in the silver-backed chevrotain. Several width and height measurements, including ZW, WO, BH, HM and BPM, also differed markedly but were strongly correlated with skull- and jaw-length variables ($r = 0.64–0.84$); the length group was therefore considered more stable for species discrimination.

Exploratory MANOVA produced Wilks' Lambda = 0.0000126, $F \approx 30.49$ and $p < 0.0001$, consistent in direction with PCA and univariate comparisons. Because the number of variables approached the sample size and within-group degrees of freedom were low, this result was treated only as supporting evidence.

LM, BPL and CBL had high discriminatory value. Reference thresholds proposed from the study sample were $BPL \geq 72$ mm, $LM \geq 73$ mm and $CBL \geq 92$ mm for *T. versicolor*, and $BPL \leq 70$ mm, $LM \leq 72$ mm and $CBL \leq 90$ mm for *T. kanchil*. These thresholds have not been independently validated; specimens in overlap zones require additional morphological, provenance and molecular evidence.

A major limitation was the small sample of *T. versicolor* skulls ($n = 7$). Four were molecularly identified, all were adults and measurements were repeated twice. Nevertheless, the thresholds are reference values for the current sample and require out-of-sample validation.

Table 1. Selected cranial measurements useful for distinguishing the silver-backed chevrotain and the lesser mouse-deer

Measurement	Silver-backed chevrotain (mm)	Lesser mouse-deer (mm)	Interpretation
BPL	67.5–86.5	54.7–71.5	Very clear separation; proposed threshold ≥ 72 mm

LM	70.5–84.0	59.6–72.6	Very clear separation; proposed threshold ≥ 73 mm
CBL	91.8–99.9	76.7–94.3	Clear separation; proposed threshold ≥ 92 mm

3.2. Genetic characteristics

Sample KH01 was sequenced on the DNBSEQ platform, yielding 4,042,092 clean reads (1.21 GB), with Q20 = 98.77%, Q30 = 95.73% and GC = 43.73%. The de novo mitochondrial assembly had a mean depth of 254 $\times$ and 99.8% coverage at $\geq 1\times$.

The complete mitochondrial genome was 16,317 bp long and had the closed circular organization typical of vertebrates. Base composition was A = 32.7%, T = 26.9%, C = 26.8% and G = 13.6%, with GC content of 40.3%. It contained the standard 37 genes: 13 protein-coding genes, 22 tRNAs, two rRNAs and an 890-bp control region (D-loop). The sequence was deposited in GenBank under accession PV872897.

Among protein-coding genes, *cox1* was the longest at 1,545 bp and *atp8* the shortest at 207 bp. The rRNA genes *rrnS* (12S rRNA) and *rrnL* (16S rRNA) were 952 bp and 1,570 bp, respectively; the 890-bp D-loop lay between *trnP* and *trnF*. Gene order and composition conformed to the standard vertebrate mitochondrial genome.

The sequence was deposited as GenBank PV872897, BioProject PRJNA1303987, BioSample SAMN50545290 and SRA SRR34936334. It is the first complete mitochondrial

genome for the species and provides a foundation for identification and genetic comparison.

The Maximum Likelihood tree based on complete mitochondrial genomes supported Tragulidae as monophyletic. *T. versicolor* formed a distinct lineage sister to the clade containing *T. napu*, *T. kanchil* and *T. javanicus*, with 99.5% bootstrap support, supporting its independent phylogenetic position.

The mitochondrial genome length of *T. versicolor* (16,317 bp) fell within the typical Tragulidae range and was comparable to *T. kanchil* (16,333 bp), *T. napu* (15,778 bp), *Hyemoschus aquaticus* (16,225 bp) and *Moschiola indica* (16,402 bp). Minor length differences were mainly associated with the D-loop, whereas the 37-gene structure was conserved.

K2P distances based on *cytb* between *T. versicolor* and other *Tragulus* species were 15.25–18.03%, exceeding the 8.36–11.98% range among the other species. The *T. versicolor*–*T. kanchil* distance was 15.25%. Because mtDNA reflects the maternal lineage, these results are insufficient to infer population structure or gene flow among populations.

The mitochondrial genome informs maternal phylogenetic position and divergence but cannot replace nuclear or genome-wide data from multiple populations. This limitation must be considered when extending phylogenetic results to population-conservation inference.

Table 2. Summary of the silver-backed chevrotain mitochondrial genome

Parameter	Value
Genome length	16,317 bp
Structure	Circular, typical of vertebrates
Base composition	A = 32.7%; T = 26.9%; C = 26.8%; G = 13.6%
GC content	40.3%
Gene content	37 genes: 13 PCGs, 22 tRNAs, 2 rRNAs and D-loop
GenBank accession	PV872897

3.3. Distributional characteristics

Ninety-six people were interviewed: 30 had encountered or knew of the silver-backed chevrotain, 25 identified the lesser mouse-deer, 30 knew chevrotains occurred but could not distinguish the two species, and 11 did not know them. Eighty-five of 96 respondents (88.5%) stated that chevrotain numbers had declined sharply during the previous decade.

Surveys at 11 sites used 366 stations, 401 camera deployments and 28,779 active camera-days, producing 39,590 images. The silver-backed chevrotain was newly recorded at Krong Trai, Hon Heo, Cu Hin and Cam Phuoc Tay, at 24 stations with 357 independent events under a 60-minute threshold.

Independent events comprised 36 at Krong Trai, 242 at Hon Heo, 39 at Cu Hin and 40 at Cam Phuoc Tay. Hon Heo had the highest number of records and occupied stations. These counts indicate detection, not density, population size or the complete local distribution.

Including the Nui Chua National Park record published in 2019, the species is now known from five wild occurrence

areas in Vietnam. Its known distribution is wider than previously understood but remains fragmented and associated with distinctive habitat patches.

At Cam Phuoc Tay, *T. versicolor* and *T. kanchil* were recorded at different stations, suggesting possible microhabitat partitioning, although the evidence is insufficient for confirmation. Non-detection elsewhere may reflect imperfect detection, local decline or unmodelled factors.

Table 3. Camera-trap records of the silver-backed chevrotain at confirmed sites

Area	Province	Positive stations	Independent events
Krong Trai	Dak Lak	7	36
Hon Heo	Khanh Hoa	8	242
Cu Hin	Khanh Hoa	3	39
Cam Phuoc Tay	Khanh Hoa	6	40
Total		24	357

3.4. Occupancy modelling and potential distribution

The standardized occupancy dataset comprised 366 stations, up to 21 seven-day occasions per station and 26,315 station-days of *effort*. After standardization, 131 independent events remained at 21 stations, representing 5.7% of all surveyed stations.

The candidate set contained 13 models (M0–M12); three failed to converge or produce AICc values, leaving ten valid models. M5 [$\psi(dry)$, $p(effort)$] had the lowest AICc (436.97; $\Delta AICc = 0$; $w_i = 0.320$). M9 [$\psi(dry + remoteness)$, $p(effort)$]

had $\Delta\text{AICc} = 0.313$ and $w_i = 0.273$; their combined weight was 0.593.

Table 4. Best-supported occupancy models

Model	Structure	AICc	ΔAICc	w_i
M5	$\psi(\text{dry}), p(\text{effort})$	436.97	0	0.320
M9	$\psi(\text{dry} + \text{remoteness}), p(\text{effort})$	437.28	0.313	0.273
				0.593

In M5, *dry* had a positive coefficient ($\beta = 0.444$; $p = 0.010$; 95% CI: 0.106–0.782), indicating that predicted occupancy increased with *dry* within the surveyed data. Because M9 received nearly equivalent support and few stations detected the species, the evidence is insufficient to conclude that the species depends primarily on *dry* forest throughout the study region.

For detection, *effort* had a positive but non-significant coefficient ($\beta = 0.149$; $p = 0.141$; 95% CI: -0.050–0.348). Imperfect detection must therefore be considered when interpreting areas without records.

Predicted occupancy across the 11 sites ranged from 0.0460 to 0.0707. Suoi Tien, Cam An Bac, Cu Hin and Cam Phuoc Tay had relatively higher values, but their 95% confidence intervals overlapped substantially; the estimates should not be used to infer significant differences, density or population size.

The extrapolated surface indicated relatively higher ψ values mainly along coastal Khanh Hoa and in eastern Dak Lak. Most natural-forest area had low ψ , and areas with $\psi \geq 0.08$ were small and fragmented.

The map reflects the spatial distribution of *dry* in M5 and the prediction domain. Areas with relatively high values only support the prioritization of additional surveys; they are not confirmed evidence of species presence, optimal habitat, core habitat or the actual range boundary.

The near-equivalent support for M9 means that an additional effect of *remoteness* cannot be excluded. Final interpretation therefore emphasizes the supported association with *dry* while retaining explicit model uncertainty and the need for more occurrence records.

3.5. Current threats and conservation measures

The principal threats were wildlife trapping, charcoal and fuelwood extraction, collection of non-timber forest products, encroachment and burning for cultivation, livestock grazing, road construction and tourism development. Trapping, forest encroachment and charcoal production were the most widespread and severe.

Human pressure was highest at Hon Heo, followed by Krong Trai. Cu Hin and Cam Phuoc Tay experienced moderate to lower pressure. These impacts fragment and degrade habitat and threaten the persistence of confirmed occurrence areas.

Four conservation objectives were proposed: (1) plan for and secure the protection of natural forest; (2) reduce and prevent human pressures; (3) strengthen management, monitoring and in-situ conservation; and (4) engage stakeholders and sustain conservation resources.

SWOT analysis indicated that Krong Trai and Hon Heo benefit from large areas of natural forest, contiguous habitat and potential for in-situ conservation. Cam Phuoc Tay could connect and expand habitat with neighbouring forest blocks, while Cu Hin may be suitable for a small OECM linked to ecotourism if development planning is tightly controlled.

Krong Trai faces charcoal and fuelwood extraction and *dry-season* fires; Hon Heo is strongly affected by urbanization, coastal tourism infrastructure, hunting and forest-product extraction; Cu Hin risks forest loss through tourism planning; and Cam Phuoc Tay faces agricultural encroachment, livestock grazing and *dry-season* fires.

Hon Heo and Krong Trai warrant priority consideration because they contain large contiguous forest and broad confirmed occurrence. Hon Heo has 13,945 ha of natural forest but faces intense development pressure. Long-term protection, potentially including a Hon Heo Nature Reserve, requires further assessment of the legal framework, land use and stakeholder agreement.

The proposed implementation pathway has four steps: (1) share and verify research information; (2) consult stakeholders and assess feasibility, legality and resources; (3)

pilot feasible actions such as snare removal, patrols, communication and monitoring; and (4) monitor, evaluate and adapt the measures.

The proposals provide directions for converting research results into possible action. Specific implementation must be appraised by management agencies and stakeholders and updated as further evidence on distribution, habitat, threats and conservation effectiveness becomes available.

PART 4. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

1. Conclusions

1. In the 27-specimen dataset, the silver-backed chevrotain differed clearly from the lesser mouse-deer in cranial morphology. BPL, LM and CBL provided reference values for distinguishing the species, adding a quantitative morphological basis despite the limited material available for the silver-backed chevrotain.

2. The complete mitochondrial genome had the organization typical of mammals. Phylogenetic analysis and genetic distances showed that *T. versicolor* is a clearly differentiated *Tragulus* lineage, adding molecular evidence for its independent taxonomic position and evolutionary value.

3. Four new occurrence areas at Krong Trai, Hon Heo, Cu Hin and Cam Phuoc Tay expanded the known but still

fragmented distribution. Modelling showed a positive association with *dry*; areas with relatively high predicted values in Khanh Hoa and eastern Dak Lak should be prioritized for further surveys and long-term monitoring.

4. Trapping and forest-habitat loss are the principal threats. Conservation should emphasize in-situ protection linked to habitat management and stakeholder participation.

2. Recommendations

5. Strengthen protection at the four confirmed occurrence areas, initially by controlling trapping, limiting forest loss and degradation, and maintaining periodic camera-trap monitoring.

6. Extend surveys to areas with suitable habitat and relatively high predictions but no confirmed records, particularly in Khanh Hoa, eastern Dak Lak and low-*elevation* coastal forests of Lam Dong.

7. At Hon Heo and Krong Trai, continue assessing legal conditions, land use, management mechanisms and stakeholder agreement to select appropriate long-term protection; consider the potential establishment of a Hon Heo Nature Reserve.

8. Continue ecological, population-structure, habitat-connectivity and population-genetic studies using more samples and nuclear or genome-wide markers to support future planning, conservation, rescue and conservation breeding.

LIST OF PUBLICATIONS RELATED TO THE DISSERTATION

1. Bùi, A. T., Lê, T. T. T., Võ, T. B. T., Hoàng, Q. H., Nguyễn, K. T., Trần, V. C., & Nguyễn, T. S. (2025). Kết hợp sử dụng kỹ thuật mã vạch DNA và môi đặc hiệu loài trong định danh hai loài Cheo cheo tại Việt Nam [in Vietnamese]. Tạp chí Khoa học và Công nghệ – Đại học Thái Nguyên, 230(05), 209–216. <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.11223>
2. Hoàng Quốc Huy, Nguyễn Trường Sơn, Bùi Anh Tuấn, Trần Văn Giang & Ngô Đắc Chứng. (2026). So sánh đặc điểm hình thái hộp sọ của hai loài cheo cheo thuộc giống *Tragulus* (Lớp Thú, Bộ Móng guốc ngón chẵn) tại Việt Nam [in Vietnamese]. Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Khoa học Tự nhiên, 135(1A), 95–103. <https://doi.org/10.26459/hueunijns.v135i1A.7891>
3. Huy Hoang Quoc, Long Ha Thang, Mau Trinh Dang, Truong Son Nguyen, & Chung Ngo Dac. (2025). The complete mitochondrial genome of the silver-backed chevrotain (*Tragulus versicolor*) from Vietnam and its phylogenetic position within Tragulidae. Mitochondrial DNA Part B, 10(11), 1042–1045. <https://doi.org/10.1080/23802359.2025.2572391>
4. Huy Hoang Quoc, Quy Le Tan, Bang Tran Van, A. Siu, Tinh Le Cong, Quynh Nguyen Thi, Phu Ngo Quoc, Linh Nguyen Van, Long Nguyen The Hoang, Tuan Doan Manh, Dung Le Thi Kim, Long Ha Thang, Chung Ngo Dac, An Nguyen, An

- Nguyen, Andreas Wilting & Andrew Tilker. (2026). Distribution and conservation status of the silver-backed chevrotain (*Tragulus versicolor*) in Vietnam. *Oryx*, 1–6. <https://doi.org/10.1017/S0030605325102329>
5. Tham Thi Nguyen, Huy Quoc Hoang, Anh Thi Ngoc Ho, Trung Thanh Nguyen, Ha Thi Le Trinh, Mai Thi Phuong Nguyen, Tao Thien Nguyen & Minh Duc Le. (2024). Molecular analysis reveals the evolutionary distinctiveness of the Silver-backed Chevrotain within the genus *Tragulus*. *Mammalia*, 88(6), 608–612. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2024-0004>