The Clean Paper

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Finch zebra memperlakukan panggilan sebagai kategori bermakna — tetapi itu tidak sama dengan bahasa

Satu kajian Science menguji sama ada finch zebra sekadar mendengar panggilan berbeza atau menyusun repertoir vokal sendiri kepada kategori yang membawa makna tingkah laku. Dalam tugas diskriminasi makmal, burung mempelajari kesemua 11 jenis panggilan, menggeneralisasikan kategori kepada pengvokal baharu, dan membuat kesilapan sistematik antara panggilan yang digunakan dalam konteks serupa lebih kerap daripada yang diramalkan persamaan akustik sahaja. Itu bukti kuat bagi persepsi kategori dan satu bentuk operasi makna. Ia bukan bukti bahawa finch mempunyai bahasa seperti manusia, sintaks, perkataan terbuka atau saluran untuk berbual dengan manusia.

Written by Laura Nesso · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Categorical and semantic perception of the meaning of call-types in zebra finches*, Julie E. Elie, Aude de Witasse-Thézy, Logan Thomas, Ben Malit, and Frédéric E. Theunissen, Science 389, 1210-1215 (2025) · DOI: 10.1126/science.ads8482

Perkataan “makna” sedang digunakan dengan sangat berhati-hati di sini

Burung finch zebra tidak memerlukan izin kita untuk mempunyai kehidupan sosial. Ia memanggil apabila lapar, terpisah, sedang mengawan, cemas, berhubung dengan pasangan atau berkonflik. Ahli etologi boleh menyusun bunyi itu kepada **jenis panggilan**: kategori praktikal seperti panggilan amaran, panggilan hubungan atau panggilan meminta makanan, ditentukan oleh bentuk bunyi dan apa yang dilakukan burung ketika menggunakannya. Soalan yang lebih sukar ialah sama ada burung itu sendiri menyusun panggilan dengan cara yang sama.

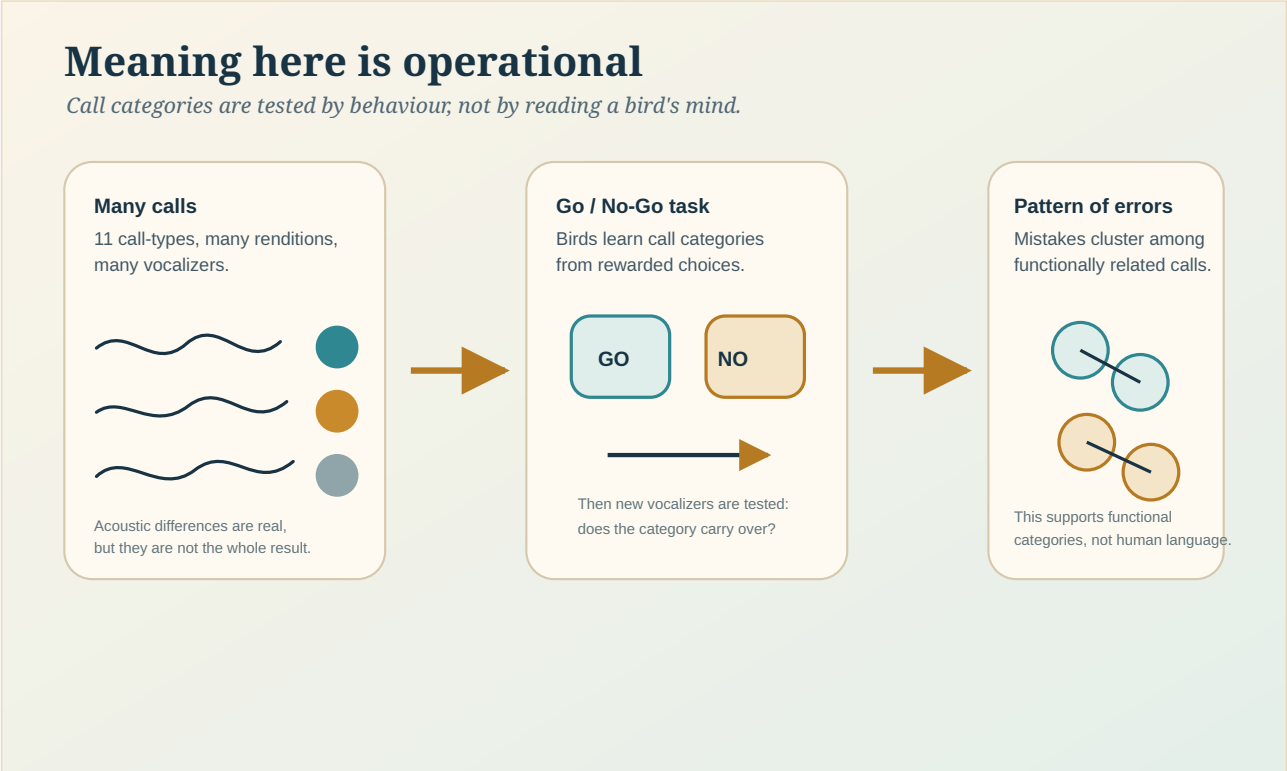
Satu kertas Science membuat dakwaan yang sempit tetapi penting: finch zebra dewasa boleh mengkategorikan jenis panggilan dalam repertoir vokal mereka sendiri, dan kesilapan mereka mencadangkan bahawa panggilan yang berkaitan secara tingkah laku lebih dekat dalam ruang persepsi burung daripada yang diramalkan oleh akustik sahaja.

Di sinilah perkataan **semantik** masuk ke dalam kertas. Ia tidak bermaksud burung mempunyai perkataan dalam erti manusia. Ia tidak bermaksud sintaks, perbualan atau kamus tersembunyi dalam otak finch. Di sini “makna” bersifat operasi: jika dua panggilan digunakan dalam konteks sosial serupa, dan burung lebih kerap mengelirukannya daripada yang dapat diterangkan oleh bunyi sahaja, maka kategori tingkah laku nampaknya membentuk persepsi.

Versi yang bersih bukan “burung mempunyai bahasa.” Ia ialah: finch zebra nampaknya menganggap panggilan mereka sendiri sebagai kategori berfungsi, dan sesetengah kategori itu bertindak seolah-olah membawa makna dalam erti terhad dan boleh diuji bagi eksperimen ini.

Finch zebra (*Taeniopygia guttata*) ialah burung penyanyi yang sangat sosial dengan repertoir panggilan yang kaya, menjadikannya model berguna untuk mengkaji bagaimana haiwan mengkategorikan isyarat vokal.

Christoph Moning / iNaturalist CC BY 4.0



Rajah rantaian bukti draf untuk semakan: banyak contoh daripada 11 jenis panggilan masuk ke tugas diskriminasi Go/No-Go; hasil utama ialah burung menggeneralisasikan kategori kepada pengvokal baharu dan membuat kesilapan yang berkumpul mengikut fungsi panggilan, bukan hanya persamaan akustik.

The Clean Paper CC BY 4.0

Apa yang diuji oleh para penulis

Para penulis bermula daripada peta etologi sedia ada bagi repertoir finch zebra. Spesies itu mempunyai kira-kira **11 jenis panggilan berasaskan etogram**: panggilan berkaitan hubungan, ikatan pasangan dan tingkah laku sarang, amaran, pencerobohan atau tingkah laku tidak afiliatif, meminta makanan, dan nyanyian jantan.

Pengelasan itu dibuat oleh manusia. Ia menggabungkan ciri akustik, konteks bunyi dihasilkan, dan fungsi bunyi dalam kehidupan sosial. Tetapi etogram manusia tidak secara automatik sama dengan peta mental haiwan. Kajian bertanya tiga soalan berkaitan.

Pertama, bolehkah finch zebra membezakan semua jenis panggilan tersebut?

Kedua, adakah mereka menggeneralisasikan kategori jenis panggilan kepada pengvokal yang belum pernah didengar, bukannya sekadar menghafal contoh individu?

Ketiga, apabila mereka membuat kesilapan, adakah kesilapan itu hanya mengikuti persamaan akustik, atau juga fungsi tingkah laku panggilan?

Intinya ialah eksperimen tidak meminta burung menerangkan apa maksud panggilan. Ia bertanya

sama ada tingkah laku burung dalam tugas terkawal membawa jejak statistik kategori dan makna.

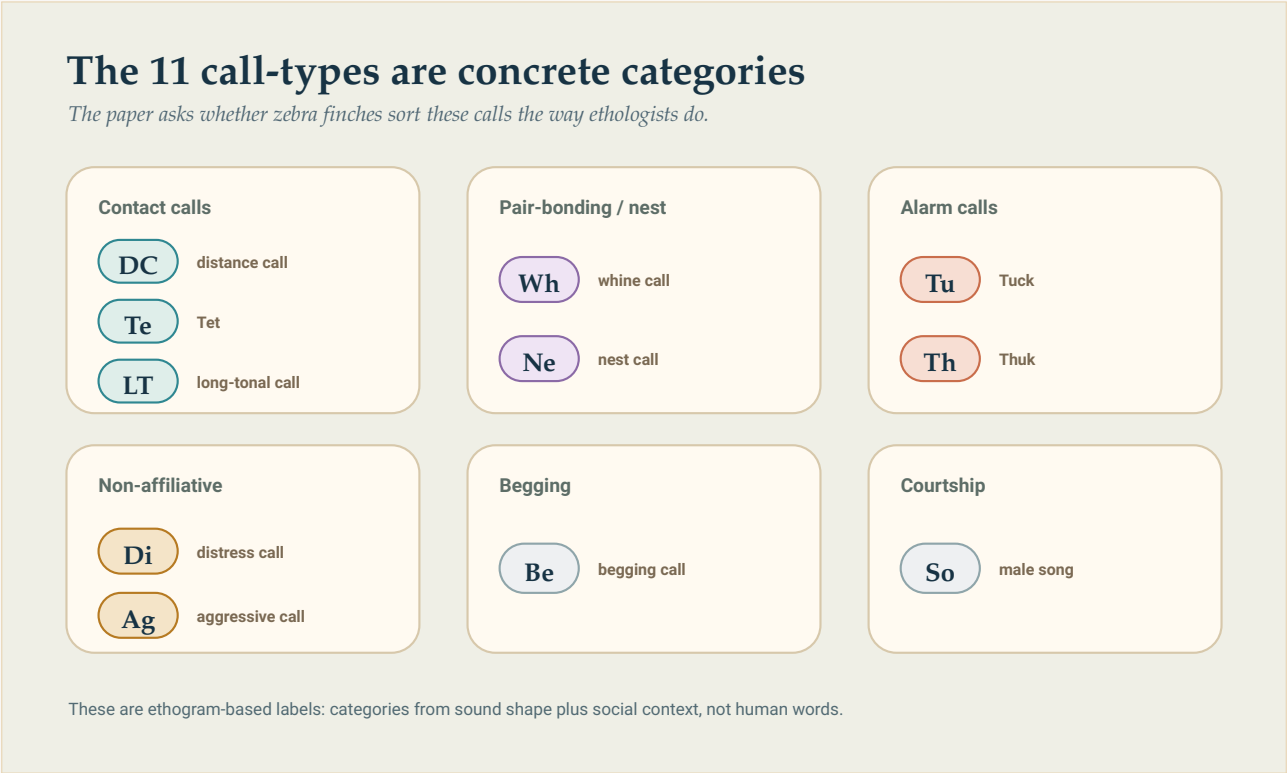
Bagaimana eksperimen berfungsi

Tiga istilah membawa banyak beban dalam kertas ini.

Jenis panggilan ialah kategori bunyi finch zebra. Kertas menggunakan jenis panggilan **berasaskan etogram**, bermakna kategori diwarisi daripada katalog tingkah laku: bagaimana bunyi itu kelihatan secara akustik, bila burung menghasilkannya, dan situasi sosial yang berkait dengannya. **Pengvokal** hanyalah burung individu yang menghasilkan panggilan rakaman. **Bentuk akustik** ialah corak bunyi yang boleh diukur; **fungsi tingkah laku** ialah kegunaan biasa panggilan tersebut.

Sebelas jenis panggilan yang diuji bukan label abstrak. Ia repertoir yang perlu dibezakan oleh burung:

- **Panggilan hubungan:** distance call (DC), Tet (Te), long-tonal call (LT).
- **Ikatan pasangan dan tingkah laku sarang:** whine call (Wh), nest call (Ne).
- **Panggilan amaran:** Tuck (Tu), Thuk (Th).
- **Panggilan tidak afiliatif:** distress call (Di), aggressive call (Ag).
- **Meminta makanan:** begging call (Be).
- **Mengawan:** male song (So).



Sebelas jenis panggilan yang diuji dalam kertas, dikelompokkan mengikut fungsi sosial luas. Label ialah kategori berasaskan etogram daripada kertas sumber: ia bukan “perkataan”, tetapi memberi pembaca repertoir

konkrit yang perlu dibezakan oleh burung.

The Clean Paper CC BY 4.0

Tugas utama ialah **diskriminasi auditori Go/No-Go**. Seekor burung mematuk kekunci bercahaya untuk memulakan rakaman enam saat. Bagi panggilan yang diberi ganjaran, tindakan betul ialah menunggu: selepas bunyi tamat, bekas makanan terangkat dan burung mendapat biji. Bagi panggilan tanpa ganjaran, menunggu tidak menghasilkan apa-apa; tindakan paling cekap ialah mematuk semula semasa rakaman, menghentikan bunyi dan memulakan percubaan lain. Jadi gangguan oleh burung mendedahkan bunyi mana yang dianggapnya "bukan kategori berhadiah."

Bagi setiap ujian, satu jenis panggilan diberi ganjaran dan sepuluh yang lain tidak. Para penulis kemudian menukar jenis panggilan berhadiah, bergerak melalui seluruh repertoir. Mereka juga menggunakan banyak contoh daripada banyak pengvokal, dengan sedikit pengulangan tepat. Itu penting: burung tidak boleh sekadar menghafal satu rakaman. Untuk berjaya, ia perlu belajar apa yang dikira sebagai jenis panggilan merentasi suara burung berbeza dan contoh berbeza.

"Ruang persepsi" kemudian bukan imbasan otak atau peta literal dalam haiwan. Ia peta yang diinferens daripada kesilapan. Jika dua jenis panggilan sering dikelirukan, ia ditempatkan lebih dekat dalam peta tingkah laku itu. Para penulis membandingkannya dengan peta akustik yang dibina daripada ciri bunyi sahaja. Dakwaan menjadi menarik hanya jika peta kesilapan burung ditarik ke arah fungsi panggilan, bukan sekadar bunyi yang serupa.

Apa yang mereka temui

Burung boleh membezakan keseluruhan repertoir. Dua belas finch zebra dewasa, enam jantan dan enam betina, diuji merentasi 11 jenis panggilan. Hampir semua ujian berjaya: **127 daripada 131** ujian diskriminasi jenis panggilan signifikan. Beberapa kegagalan melibatkan burung tertentu dan jenis panggilan tertentu; corak keseluruhan ialah setiap jenis panggilan dibezakan melebihi kebetulan.

Itu penting kerana repertoir bukan set bunyi bip yang terpisah kemas. Sesetengah jenis panggilan berkumpul secara akustik, yang lain beransur-ansur menjadi satu sama lain. Burung tetap mempelajari kategorinya.

Mereka menggeneralisasikan kategori kepada pengvokal baharu. Dalam eksperimen kedua, burung belajar membezakan dua jenis panggilan daripada set kecil pengvokal. Keesokan hari, pengvokal baharu ditambah dengan aturan ganjaran yang sama. Burung mengklasifikasikan panggilan baharu itu dengan betul pada awal ujian, sebelum mereka sempat mempelajari setiap contoh baharu melalui maklum balas ganjaran. Itu menyokong persepsi kategori jenis panggilan, bukan sekadar hafalan bunyi individu.

Kategori boleh mengatasi aturan ganjaran baharu. Helah tingkah laku paling kuat muncul apabila para penulis menjadikan tugas tidak kongruen. Panggilan daripada pengvokal baharu diberikan kontingensi ganjaran yang bertentangan daripada yang telah dipelajari burung bagi jenis panggilan tersebut. Jika burung sekadar mengikuti contoh akustik baharu, ia sepatutnya menyesuaikan diri segera. Sebaliknya, respons awal mengikuti kategori jenis panggilan yang telah dipelajari dan meng-

hasilkan keputusan ganjaran yang salah secara sistematik. Sepanjang hari, burung perlahan-lahan mempelajari aturan arbitrari baharu. Itulah yang dijangka jika kategori jenis panggilan semula jadi cukup nyata untuk mengganggu aturan baharu.

Kesilapan bukan sekadar akustik. Para penulis membandingkan ruang akustik, dibina daripada kekeliruan pengelas antara bunyi panggilan, dengan ruang persepsi, dibina daripada kesilapan tingkah laku burung. Kedua-dua ruang berkaitan: bunyi masih penting. Tetapi jenis panggilan yang tergolong dalam hiperkategori tingkah laku atau semantik yang sama berada lebih dekat dalam ruang persepsi burung daripada dalam ruang akustik. Kertas menyebutnya **kesan magnet semantik**.

Dalam nombor, pengelompokan mengikut hiperkategori semantik adalah kira-kira **2.43 kali lebih kuat** dalam peta persepsi berbanding peta akustik. Dalam bahasa mudah: kesilapan burung ditarik ke arah makna fungsional, bukan hanya bunyi yang serupa.

Apa maksud “semantik” di sini

Bahagian ini memerlukan paling banyak kehati-hatian. Dalam bahasa biasa, “semantik” cepat berubah menjadi “perkataan.” Itu bukan yang dibuktikan oleh kertas ini.

Kajian menggunakan “semantik” dalam erti tingkah laku dan kognisi perbandingan. Sesuatu jenis panggilan mempunyai makna yang dicadangkan kerana ia berkaitan dengan fungsi sosial: amaran, hubungan, meminta makanan, pencerobohan, ikatan pasangan, mengawan. Jika burung mengelirukan dua jenis panggilan daripada kategori sosial luas yang sama lebih kerap daripada ramalan akustik, maka ruang persepsi mereka sedang dibentuk oleh kategori fungsional itu.

Itu hasil yang serius. Ia mencadangkan burung bukan sekadar mendengar spektrogram. Burung menganggap panggilan khusus spesies sebagai kategori yang tersusun mengikut tingkah laku.

Tetapi ia masih tidak langsung. Para penulis tidak boleh membaca minda haiwan, dan mereka mengatakannya. Mereka membuat inferens tentang representasi dalaman daripada tingkah laku: diskriminasi, generalisasi dan kesilapan sistematik.

Analogi berguna bukan “perkataan finch.” Ia lebih dekat kepada ini: sistem auditori burung nampaknya mengubah jarak antara panggilan mengikut kegunaan panggilan tersebut.

Apa yang *tidak* dibuktikan oleh kajian ini

- Ia **tidak** menunjukkan bahasa seperti manusia. Tiada sintaks, tatabahasa, makna komposisional atau kosa kata terbuka dalam hasil ini.
- Ia **tidak** menunjukkan bahawa finch zebra mempunyai “perkataan.” Jenis panggilan ialah kategori vokal khusus spesies yang terikat kepada konteks tingkah laku, bukan label simbolik yang boleh digabungkan semula dengan bebas.
- Ia **tidak** menunjukkan perbualan dengan manusia atau saluran yang telah dinyahkod untuk

bercakap dengan burung.
- Ia **tidak** mengakses keadaan mental secara langsung. Makna diinferens daripada tingkah laku tugas dan struktur kesilapan, bukan diperhatikan dalam minda burung.
- Ia **tidak** menunjukkan burung memahami makna baharu. Generalisasi kepada pengvokal baharu ialah generalisasi kategori jenis panggilan merentasi bunyi daripada individu berbeza.
- Ia **tidak** menyelesaikan bagaimana kategori ini berkembang. Kajian menguji burung dewasa; bagaimana pendedahan dan perkembangan membentuk kesan magnet semantik masih kerja masa depan.

Sejauh mana kukuh buktinya?

Bagi persepsi kategori jenis panggilan, buktinya kuat. Reka bentuk meminta burung membezakan keseluruhan repertoir, menggunakan banyak contoh daripada banyak pengvokal, dan merangkumi ujian generalisasi tempat pengvokal yang baru didengar diklasifikasikan mengikut jenis panggilan. Keadaan ganjaran tidak kongruen sangat berguna kerana menunjukkan kategori boleh mengganggu aturan arbitrari baharu.

Bagi bentuk operasi persepsi semantik, buktinya baik tetapi lebih inferens. Kesan magnet semantik bukan sekadar metafora: para penulis membandingkan peta jarak akustik dan tingkah laku dan mendapati jenis panggilan berkaitan tingkah laku berkumpul lebih kuat dalam persepsi berbanding akustik. Itu menyokong idea bahawa fungsi panggilan membentuk persepsi.

Bagi makna seperti manusia, bukti itu tiada, dan memang tidak perlu ada. Kertas lebih menarik jika kita membiarkannya kekal khusus. Komunikasi haiwan tidak hanya menjadi bernilai apabila menyerupai pertuturan manusia.

Mengapa ia penting

Godaan awam jelas. Jika burung mendengar panggilan sebagai bermakna, tajuk seterusnya mahu mengatakan kita sedang menyahkod bahasa haiwan. Lompatan itu melangkau bahagian sukar sains.

Hasil berhati-hati lebih baik. Ia menunjukkan bagaimana penyelidik boleh menguji “makna” tanpa berpura-pura menterjemah minda haiwan. Mereka boleh bertanya sama ada haiwan bersetuju dengan kategori ahli etologi manusia. Mereka boleh bertanya sama ada contoh baharu disusun mengikut kategori. Mereka boleh bertanya sama ada kesilapan mengikuti persamaan akustik atau fungsi sosial. Itu cara menjadikan soalan lama — adakah panggilan haiwan bermakna kepada haiwan itu sendiri? — lebih tajam secara eksperimen.

Ia juga mengalihkan perbincangan daripada tangga palsu tempat manusia mempunyai bahasa dan segala-galanya lain hanya hingar. Finch zebra mempunyai repertoir vokal kecil khusus spesies. Dalam repertoir itu, kajian ini mencadangkan burung mempersepsi kategori berstruktur yang terikat kepada penggunaan sosial. Itu bukan bahasa kita. Itu sistem komunikasi mereka, diuji

menurut syaratnya sendiri.

Ringkasan utama

Satu kajian Science menguji finch zebra dewasa pada 11 jenis panggilan dalam repertoir vokal mereka. Dalam tugas auditori Go/No-Go, burung membezakan semua jenis panggilan, menggeneralisasikan kategori yang dipelajari kepada panggilan daripada pengvokal baharu, dan dalam keadaan tidak kongruen pada awalnya mengikuti kategori jenis panggilan walaupun itu menghasilkan keputusan ganjaran yang salah. Para penulis kemudian membandingkan persamaan akustik dengan kesilapan tingkah laku dan mendapati bahawa jenis panggilan yang digunakan dalam konteks sosial serupa berkumpul lebih kuat dalam ruang persepsi burung berbanding ruang akustik. Itu menyokong persepsi kategori dan satu bentuk operasi persepsi semantik: burung nampaknya menyusun panggilan sendiri mengikut kategori fungsional, bukan bunyi sahaja. Ia tidak menunjukkan bahasa seperti manusia, sintaks, perkataan, akses langsung kepada keadaan mental atau perbualan dengan burung.

Semakan tanpa gembar-gembur

Apa yang ditunjukkan oleh kertas ini: Finch zebra dewasa boleh membezakan 11 jenis panggilan berasaskan etogram dalam repertoir mereka; mereka menggeneralisasikan kategori jenis panggilan kepada pengvokal baharu; dan kesilapan sistematik mereka dibentuk oleh kategori tingkah laku atau semantik melebihi persamaan akustik sahaja.

Apa yang munasabah tetapi belum dibuktikan: Bahawa finch zebra mempunyai representasi dalaman bagi makna panggilan; bahawa peta neural serupa mendasari kesan "magnet semantik" tingkah laku; bahawa perkembangan dan pendedahan membentuk kategori ini dengan cara seumpama kategori persepsi dipelajari yang lain.

Apa yang tidak ditunjukkannya: Bahasa seperti manusia; tatabahasa; perkataan terbuka; rujukan simbolik dalam erti manusia; bukti langsung keadaan mental subjektif; cara untuk manusia bercakap dengan finch zebra.

Had utama: Kerja menggunakan tugas operan makmal dengan **12 burung dewasa**, bukan interaksi semula jadi di lapangan; "semantik" diinferens daripada tingkah laku dan struktur kesilapan; perkembangan masih terbuka; hasil menyangkut repertoir tetap khusus spesies, bukan bahasa komposisional fleksibel.

Sejauh mana pembaca umum patut yakin? Tinggi bahawa finch zebra boleh mengkategorikan dan membezakan jenis panggilan mereka dalam tugas ini. Baik bahawa kesilapan mereka mencerminkan kategori fungsional, bukan hanya persamaan akustik. Rendah bahawa ini bukti bahasa burung dalam erti manusia. Sikap sesuai: hasil kognisi haiwan yang kuat tentang kategori vokal bermakna, bukan momen Dr. Dolittle.

Sumber

Science 389, 1210-1215 (2025)
https://doi.org/10.1126/science.ads8482

Author manuscript in PMC — PMCID PMC12721838
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12721838/

Behavioral data and analysis code — Zenodo
https://zenodo.org/records/13623969

Zebra finch acoustical database — Figshare
https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11905533.v1