The Clean Paper

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

Zebra finches hutendea milio kama categories zenye maana — lakini hilo si sawa na lugha

Utafiti wa Science uliuliza kama zebra finches husikia tu milio tofauti au kama wanapanga vocal repertoire yao katika categories zenye maana ya kitabia. Katika majaribio ya discrimination maabara, ndege walijifunza call-types zote 11, waka-generalize categories kwa vocalizers wapya, na wakafanya makosa systematic kati ya milio inayotumika katika contexts zinazofanana mara nyingi zaidi kuliko acoustic similarity pekee ingeweza kutabiri. Huo ni ushahidi wenye nguvu wa categorical perception na aina ya kiutendaji ya meaning. Si ushahidi kwamba finches wana human-like language, syntax, open-ended words au channel ya mazungumzo na binadamu.

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

Neno “maana” linafanya kazi kwa tahadhari hapa

Zebra finches hazihitaji ruhusa yetu kuwa na maisha ya kijamii. Hutoa milio wakiwa na njaa, wametengana, wanachumbia, wameingiwa na hofu, wanawasiliana na mwenzi, au wako kwenye mgogoro. Wataalamu wa tabia za wanyama wanaweza kupanga sauti hizo katika **aina za milio (call-types)**: makundi ya vitendo kama milio ya tahadhari, milio ya mawasiliano au ya kuomba chakula, yanayobainishwa na umbo la sauti na kile ndege anachofanya anapoitumia. Swali gumu zaidi ni kama ndege wenyewe wanapanga milio kwa namna hiyo.

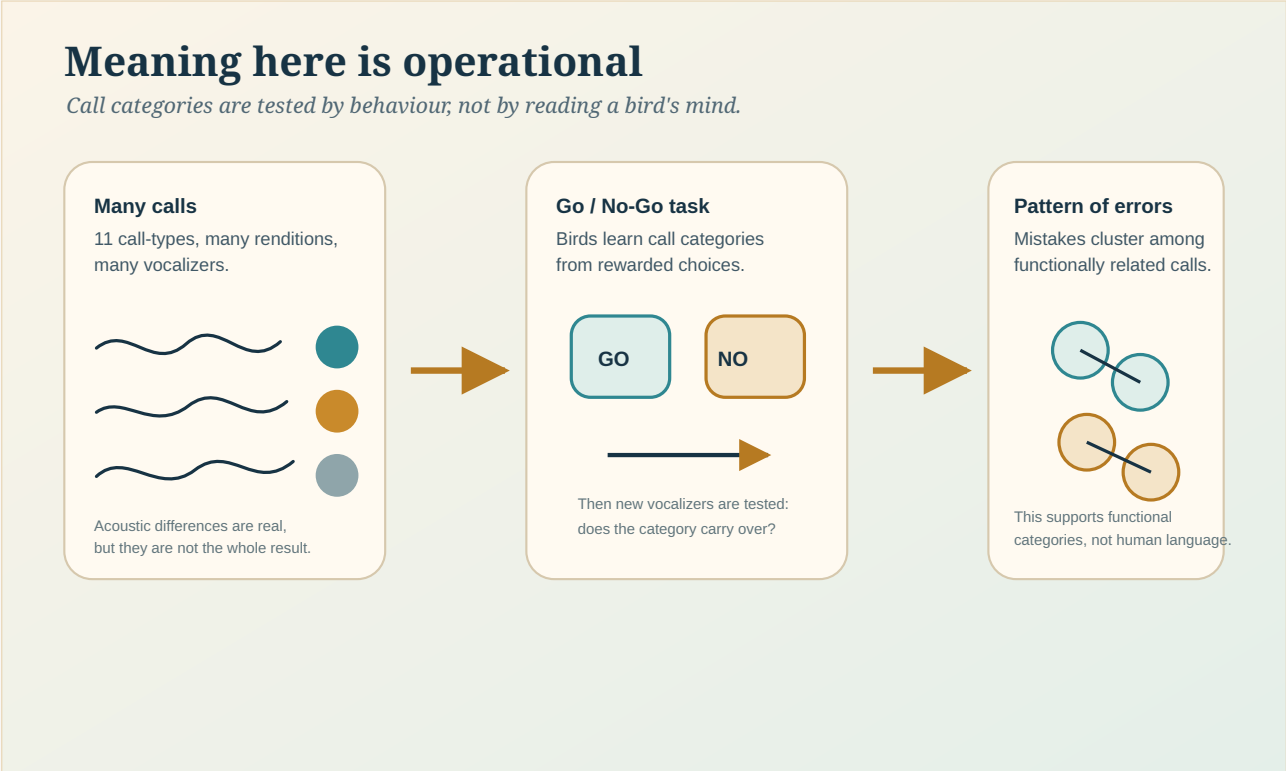
Makala ya Science inatoa dai jembamba lakini muhimu: zebra finches waliokomaa wanaweza kupanga call-types katika repertoire yao wenyewe, na makosa yao yanaonyesha kwamba milio inayohusiana kitabia iko karibu zaidi katika “nafasi ya utambuzi” ya ndege kuliko acoustics pekee ingetarajia.

Hapo ndipo neno **semantic** linaingia. Haimaanishi ndege wana maneno kwa maana ya kibinadamu. Haimaanishi syntax, mazungumzo au kamusi iliyofichwa katika ubongo wa finch. Hapa “maana” ni ya kiutendaji: kama milio miwili hutumika katika mazingira ya kijamii yanayofanana, na ndege wanazichanganya mara nyingi kuliko sauti peke yake inavyoweza kueleza, basi kundi ya kitabia inaonekana kuathiri perception.

Toleo safi si “ndege wana lugha.” Ni: zebra finches wanaonekana kushughulikia milio yao wenyewe kama makundi ya kazi, na baadhi ya makundi hayo yanafanya kana kwamba yanabeba maana kwa maana ndogo, inayoweza kupimwa, ya jaribio.

Zebra finches (*Taeniopygia guttata*) ni songbirds wa kijamii sana wenye repertoire tajiri ya milio, jambo linalowafanya modeli nzuri kwa kusoma jinsi wanyama wanavyopanga ishara za sauti.

Christoph Moning / iNaturalist CC BY 4.0



Mchoro wa mlolongo wa ushahidi: matoleo mengi ya aina 11 za milio yanaingizwa katika kazi ya Go/No-Go; jambo muhimu ni kwamba ndege hutumia makundi waliyojifunza pia kwa sauti za ndege wapya, na makosa yao hufuata zaidi kazi ya kijamii ya mwito kuliko kufanana kwa sauti pekee.

The Clean Paper CC BY 4.0

Walichojaribu waandishi

Waandishi walianza na ramani ya ethology iliyokuwepo ya repertoire ya zebra finch. Spishi hii ina karibu **call-types 11 zinazotokana na ethogram**: milio inayohusishwa na mawasiliano, pair bonding na tabia ya kiota, tahadhari, aggression au tabia zisizo affiliative, begging, na wimbo wa dume.

Uainishaji huo uliundwa na binadamu. Unaunganisha acoustic features, mazingira ambayo sauti hutolewa, na kile sauti kawaida hufanya katika maisha ya kijamii. Lakini ethogram ya binadamu si moja kwa moja ramani ya akili ya mnyama. Utafiti unauliza maswali matatu yanayoungana.

Kwanza, zebra finches wanaweza kutofautisha call-types zote hizo?

Pili, je, wanaweza kutumia kundi la aina fulani ya mwito kwa sauti za ndege ambao hawajawahi kuwasikia, badala ya kukariri mifano binafsi?

Tatu, wanapokosea, je makosa hayo yanafuata acoustic similarity pekee, au pia maana ya kitabia ya milio?

Jambo muhimu ni kwamba jaribio halimuombi ndege kueleza maana ya mwito. Linauliza kama tabia yake katika kazi iliyodhibitiwa inaonyesha, kwa takwimu, kuwepo kwa makundi yenye uhusiano na

matumizi ya milio hiyo.

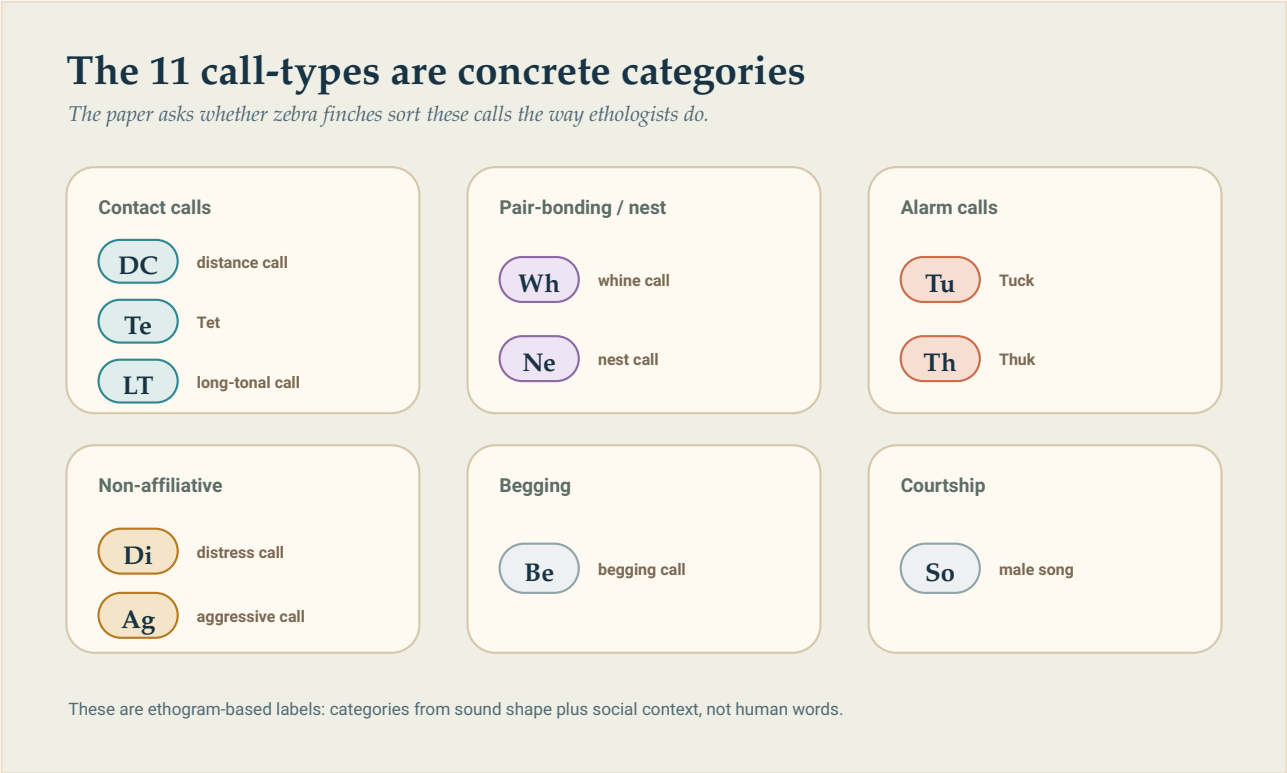
Jaribio lilifanyaje kazi

Maneno matatu yana uzito mkubwa katika makala hii.

Aina ya mwito (call-type) ni kundi la sauti za zebra finch. Makala hutumia aina za milio zinazotokana na ethogram, yaani makundi yaliyorithiwa kutoka katalogi ya tabia: sauti ina sifa gani, ndege huitoa lini, na katika mazingira gani ya kijamii. **Vocalizer** ni ndege binafsi aliyetoa sauti iliyorekodiwa. **Umbo la sauti** ni muundo wa sauti unaoweza kupimwa; **kazi ya kitabia** ni matumizi ya kawaida ya mwito huo.

Aina 11 za milio zilizojaribiwa si majina ya kinadharia tu. Hizi ndizo aina halisi za sauti ambazo waandishi waliwaomba ndege watofautishe:

- **Milio ya mawasiliano:** distance call (DC), Tet (Te), long-tonal call (LT).
- **Pair bonding na tabia ya kiota:** whine call (Wh), nest call (Ne).
- **Milio ya tahadhari:** Tuck (Tu), Thuk (Th).
- **Milio isiyo affiliative:** distress call (Di), aggressive call (Ag).
- **Begging:** begging call (Be).
- **Courtship:** male song (So).



Aina 11 za milio zilizojaribiwa katika makala, zikiwa zimepangwa kwa kazi pana ya kijamii. Makundi hayo yanatokana na ethogram ya makala chanzo: si “maneno,” bali yanampa msomaji mkusanyiko halisi wa milio

ambayo ndege walipaswa kutofautisha.

The Clean Paper CC BY 4.0

Kazi kuu ilikuwa **jaribio la kusikia la Go/No-Go**. Ndege aligonga kitufe kilichowashwa ili kuanzisha sauti ya sekunde sita. Kwa mwito wenye zawadi, hatua sahihi ilikuwa kusubiri: sauti ilipoisha, chombo cha chakula kilipanda na ndege alipata mbegu. Kwa mwito usio na zawadi, kusubiri hakukutoa chochote; hatua yenye faida ilikuwa kugonga tena wakati sauti ikiendelea, kuikatiza na kuanzisha jaribio jingine. Kwa hiyo kukatiza kwa ndege kunaonyesha ni sauti zipi anazozitambua kuwa "si kundi lenye zawadi."

Katika kila jaribio, aina moja ya mwito ilikuwa na zawadi na nyingine kumi hazikuwa nayo. Kisha waandishi walibadilisha aina yenye zawadi na kupitia mkusanyiko mzima wa milio. Walitumia pia matoleo mengi ya sauti kutoka ndege wengi, huku marudio halisi yakiwa machache. Hilo ni muhimu: ndege hakuweza kukariri rekodi moja tu. Ili afanye vizuri, alihitaji kujifunza sifa zinazofanya sauti zihesabike kuwa aina ileile ya mwito katika ndege na mifano tofauti.

"Nafasi ya utambuzi" iliyojengwa baadaye si picha ya ubongo wala ramani halisi ndani ya mnyama. Ni ramani inayokadiriwa kutokana na makosa. Ikiwa aina mbili za milio zinachanganywa mara nyingi, huwekwa karibu zaidi katika ramani hiyo ya kitabia. Waandishi wanailinganisha na ramani ya sauti iliyojengwa kutoka sifa za sauti pekee. Dai linakuwa la kuvutia ikiwa ramani ya makosa ya ndege inavutwa kuelekea kazi ya mwito, si kufanana kwa sauti pekee.

Walichogundua

Ndege waliweza kutofautisha mkusanyiko mzima wa milio. Zebra finches 12 waliokomaa, dume sita na jike sita, walijaribiwa kwa aina 11 za milio. Karibu majaribio yote yalifaulu: **127 kati ya 131** ya majaribio ya kutofautisha aina za milio yalikuwa muhimu kitakwimu. Kushindwa kwa majaribio machache kulihusisha ndege na aina maalum za milio; kwa ujumla, kila aina ilitofautishwa kwa kiwango kilichozidi bahati nasibu.

Hilo ni muhimu kwa sababu mkusanyiko huu wa milio si seti ya sauti zilizotenganishwa kabisa. Baadhi ya aina zinafanana sana kwa sauti, na nyingine hubadilika kwa mwendelezo kuelekea aina nyingine. Hata hivyo ndege waliweza kujifunza makundi hayo.

Walitumia makundi waliyojifunza kwa ndege wapya. Katika jaribio la pili, ndege walijifunza kutofautisha aina mbili za milio kutoka kwa idadi ndogo ya ndege waliorekodiwa. Siku iliyofuata, sauti za ndege wapya ziliongezwa huku kanuni ileile ya zawadi ikitumika. Ndege waliainisha milio mipya kwa usahihi mapema katika jaribio, kabla hawajaweza kujifunza kila mfano mpya kutokana na mrejesho wa zawadi. Hilo linaunga mkono utambuzi wa kimakundi wa aina ya mwito, si kukariri sauti binafsi pekee.

Kundi lililojifunzwa linaweza hata kushindana na kanuni mpya ya zawadi. Jaribio gumu zaidi lilitokea waandishi walipobadilisha kanuni kwa sauti za ndege wapya: milio hiyo ilipewa zawadi kwa njia iliyo kinyume na kundi ambalo ndege walikuwa wamejifunza awali. Kama ndege wangefuata tu sifa za kila sauti mpya, wangezoea mara moja. Badala yake, mwanzoni waliendelea kuitikia kulingana

na kundi la awali na hivyo wakafanya makosa ya kimfumo. Kadiri siku ilivyoendelea, walijifunza polepole kanuni mpya isiyohusiana na kundi la asili. Hilo linaendana na wazo kwamba aina ya mwito iliyojifunzwa ilikuwa uwakilishi halisi wa kiutambuzi, wenye nguvu ya kuingilia kanuni mpya.

Makosa hayakuelezwa na sauti pekee. Waandishi walilinganisha ramani ya kufanana kwa sauti, iliyotokana na makosa ya kiainishaji cha kompyuta, na ramani ya utambuzi iliyotokana na makosa ya tabia ya ndege. Ramani hizo mbili zilihusiana, kwa hiyo sauti bado ilikuwa muhimu. Lakini aina za milio zilizokuwa katika kundi moja pana la kitabia au la "kimaana" zilionekana karibu zaidi katika ramani ya utambuzi ya ndege kuliko katika ramani ya sauti. Waandishi wanaita mwelekeo huu **athari ya mvuto wa kimaana (semantic magnet effect)**.

Kwa namba, kupanga milio katika makundi mapana ya kimaana kulikuwa na athari karibu **mara 2.43 kubwa zaidi** katika ramani ya utambuzi kuliko katika ramani ya sauti. Kwa lugha rahisi: makosa ya ndege yalivutwa na kazi ya mwito, si kufanana kwa sauti pekee.

"Semantic" inamaanisha nini hapa

Hii ndiyo sehemu inayohitaji tahadhari zaidi. Katika lugha ya kawaida, "semantic" hugeuka haraka kuwa "maneno." Hicho si kile makala inathibitisha.

Utafiti unatumia "semantic" kwa maana ya behavioral na comparative cognition. Call-type ina putative meaning kwa sababu inahusishwa na social function: alarm, contact, begging, aggression, pair bonding, courtship. Kama ndege wanachanganya call-types mbili za broad social kundi moja mara nyingi kuliko acoustics inavyotabiri, basi perceptual space yao inaumbwa na functional kundi hilo.

Hilo ni matokeo makubwa. Linaonyesha ndege hasikii spectrogram tu. Ndege anatendea species-specific calls kama makundi zilizopangwa kitabia.

Lakini bado ni indirect. Waandishi hawawezi kusoma akili ya mnyama, na wanasema hivyo. Wanahitimisha internal representation kutoka tabia: discrimination, generalization na makosa systematic.

Analogy nzuri si "maneno ya finch." Ni karibu na hivi: mfumo wa auditory wa ndege unaonekana kupinda "umbali" kati ya milio kulingana na kile milio hiyo inatumika kufanya.

Hili halithibitishi nini

- **Halionyeshi lugha kama ya binadamu.** Hakuna syntax, grammar, compositional meaning au open-ended vocabulary katika matokeo haya.
- **Halionyeshi kwamba zebra finches wana "maneno."** Call-types ni vocal makundi maalum za spishi zilizounganishwa na behavioral contexts, si symbolic labels zinazoweza kuunganishwa kwa uhuru.
- **Halionyeshi mazungumzo na binadamu**, wala channel iliyodecodewa ya kuzungumza na ndege.

- **Halifikii mental states moja kwa moja.** Meaning inahitimishwa kutoka task behavior na error structure, si kuonekana ndani ya akili ya ndege.
- **Halionyeshi kwamba ndege walielewa maana mpya.** Generalization kwa vocalizers wapya ni generalization ya call-type kundi katika sauti za individuals tofauti.
- **Halimalizi swali la jinsi makundi hizi hukua.** Utafiti uliwajaribu ndege waliokomaa; jinsi exposure na development vinavyounda semantic magnet athari bado ni kazi ya baadaye.

Ushahidi una nguvu kiasi gani?

Kwa dai la utambuzi wa kimakundi wa aina za milio, ushahidi ni wenye nguvu. Muundo wa jaribio unawaomba ndege kutofautisha mkusanyiko mzima wa milio, hutumia matoleo mengi kutoka ndege wengi, na una jaribio la kujumlisha ambapo sauti za ndege ambao hawakuwahi kusikika hapo awali zinaingizwa katika aina za milio. Jaribio lenye kanuni ya zawadi iliyogeuzwa ni muhimu hasa kwa sababu linaonyesha kwamba kundi lililojifunzwa linaweza kuingilia kanuni mpya.

Kwa aina ya kiutendaji ya semantic perception, ushahidi ni mzuri lakini wa inferential zaidi. Semantic magnet athari si metaphor tu: waandishi wanalinganisha acoustic na behavioral distance maps na kuona kwamba call-types zinazohusiana kitabia zinakusanyika kwa nguvu zaidi katika perception kuliko acoustics. Hilo linaunga mkono wazo kwamba call function huunda perception.

Kwa human-like meaning, ushahidi haupo, na hauhitaji kuwepo. Makala inavutia zaidi tukiiweka specific. Mawasiliano ya wanyama hayaanzi kuwa ya thamani tu yanapofanana na usemi wa binadamu.

Kwa nini ni muhimu

Mtego wa umma uko wazi. Kama ndege anasikia mwito kama wenye maana, kichwa cha habari inayofuata inataka kusema tunadecode lugha ya wanyama. Kuruka huko kunapita sehemu ngumu ya sayansi.

Matokeo ya makini ni bora. Yanaonyesha jinsi watafiti wanaweza kujaribu “maana” bila kujifanya wanatafsiri akili ya mnyama. Wanaweza kuuliza kama wanyama wanakubaliana na makundi za human ethologists. Wanaweza kuuliza kama mifano mipya inapangwa kwa kundi. Wanaweza kuuliza kama makosa yanafuata acoustic similarity au social function. Hiyo ni njia ya kufanya swali la zamani — je, milio ya wanyama ina maana kwa wanyama wenyewe? — kuwa kali zaidi kimajaribio.

Pia inasogeza mjadala kutoka kwenye ngazi bandia ambapo binadamu wana lugha na kila kitu kingine kina kelele. Zebra finches wana repertoire ndogo, species-specific ya sauti. Ndani ya repertoire hiyo, utafiti huu unaonyesha kwamba ndege wanaona makundi zilizo na muundo na zilizounganishwa na matumizi ya kijamii. Hiyo si lugha yetu. Ni mfumo wao wa mawasiliano, uliojaribiwa kwa masharti yake wenyewe.

Muhtasari safi

Utafiti wa *Science* uliwajaribu zebra finches waliokomaa kwa aina 11 za milio katika mkusanyiko wao wa sauti. Katika majaribio ya kusikia ya Go/No-Go, ndege walitofautisha aina zote za milio na wakaweza kutumia makundi waliyojifunza kwa milio ya ndege wengine. Katika hali ambapo sauti na muktadha havikulingana, mwanzoni walifuata kundi la mlio hata kama hilo liliwapelekea kuchagua jibu lisilotoa zawadi. Waandishi walipolinganisha kufanana kwa sauti na makosa ya tabia, waliona kwamba milio inayotumiwa katika miktadha ya kijamii inayofanana ilikusanyika kwa nguvu zaidi katika nafasi ya utambuzi wa ndege kuliko katika nafasi ya sifa za akustiki. Hilo linaunga mkono mtazamo kwamba ndege hutambua milio kwa makundi yenye kazi fulani, si kwa sauti pekee. Halionyeshi lugha kama ya binadamu, sintaksia, maneno, ufikiaji wa moja kwa moja wa hali za akili au mazungumzo na ndege.

Ukaguzi bila kupamba

Makala inaonyesha nini: Zebra finches waliokomaa wanaweza kutofautisha aina 11 za milio zinazotokana na ethogram katika mkusanyiko wao; wanaweza kutumia makundi hayo kwa sauti za ndege wapya; na makosa yao ya kimfumo yanaathiriwa na makundi ya kitabia au ya kimaana zaidi ya kufanana kwa sauti pekee.

Kinachowezekana lakini hakijathibitishwa: Kwamba zebra finches wana internal representations za call meaning; kwamba neural maps zinazofanana ziko nyuma ya behavioral "semantic magnet" athari; kwamba development na exposure huunda makundi hizi kwa njia inayofanana na learned perceptual makundi nyingine.

Isichoonyeshwa: Human-like lugha; grammar; open-ended words; symbolic reference kwa maana ya binadamu; moja kwa moja ushahidi wa subjective mental states; njia ya binadamu kuzungumza na zebra finches.

Vikwazo vikuu: Kazi inatumia laboratory operant tasks na **ndege waliokomaa 12**, si natural field interactions; "semantic" inahitimishwa kutoka tabia na error structure; development bado ni swali wazi; matokeo yanahusu fixed species-specific repertoire, si flexible compositional lugha.

Msomaji wa kawaida anapaswa kuwa na uhakika kiasi gani? Uhakika mkubwa kwamba zebra finches wanaweza kupanga na kutofautisha call-types katika task hii. Ushahidi mzuri kwamba makosa yao yanaonyesha functional makundi, si acoustic similarity pekee. Uhakika mdogo kwamba hii ni ushahidi wa bird lugha kwa maana ya kibinadamu. Msimamo unaofaa: matokeo yenye nguvu ya animal cognition kuhusu vocal makundi zenye maana, si "Dolittle moment."

Vyanzo

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