



The CLEAN PAPER

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

مکھی بو کھو دینے کے بعد بھی واپس مڑ سکتی ہے۔ ایک
virtual plume میں یاد رکھی ہوئی سمت نے مدد کی

flies fruit Tethered صاف ہوا میں نکلنے کے بعد بار بار *boundary odor* پر واپس آئیں۔ *neural modeling Behavior* اور *virtual- controlled* مکمل نقشے کے بجائے ایک مختصر *memory directional* کی حمایت کرتے ہیں۔ نتیجہ *virtual- controlled* سے ہے اور ابھی آزاد قدرتی پرواز میں اسی *strategy* کو نہیں دکھاتا۔ *assay reality*

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

Paper: *A vector-based strategy for olfactory navigation in Drosophila*, Andrew F. Siliciano, Sun Minni, Chad Morton, Charles K. Dowell, Noelle B. Eghbali, Silas E. Busch, Juliana Y. Rhee, L. F. Abbott and Vanessa Ruta, Nature (2026) · DOI: 7-10827-026-s41586/1038.10

مکھی بو کا سراغ کھو دینے کے بعد بھی اسی کی طرف واپس مڑ سکتی ہے

مکھی بو والے علاقے سے نکل چکی تھی۔

وہ صاف ہوا میں چلتی رہی۔ کبھی درجنوں سیکنڈ تک اور مجازی پیمانے پر سینکڑوں ملی میٹر۔ پھر اس نے اس حد کی سمت رخ بدلا جسے وہ پہلے پار کر چکی تھی اور دوبارہ بو تک پہنچ گئی۔ اس لمحے خود بو اسے واپسی کی سمت نہیں بتا سکتی تھی۔

پہل مکھیوں کی سمت یابی پر ایک نئے *Nature* مطالعے کا مرکزی مشاہدہ یہی ہے۔ محققین کے مطابق مکھیاں سمت کی ایک مختصر یادداشت استعمال کرتی تھیں: نہ پوری بو کے پھیلاؤ کا نقشہ، نہ طے کیے گئے فاصلے کی یاد، بلکہ اس حد کی طرف ایک یاد رکھی ہوئی سمت جو اب محسوس نہیں ہو رہی تھی۔

نتیجہ اس لیے دلچسپ ہے کہ یہ دکھاتا ہے کہ بہت تھوڑی محفوظ معلومات بھی کافی ہو سکتی ہے۔ لیکن اس کا مفہوم بڑھا چڑھا کر بیان کرنا بھی آسان ہے۔ یہ مکھیاں کسی قدرتی منظر میں آزادانہ نہیں اڑ رہی تھیں؛ وہ ہوا پر تیرتی ایک گیند پر بندھی ہوئی، سختی سے قابو کی گئی مجازی دنیا میں چل رہی تھیں۔ مطالعہ اس نظام میں سمتی مقدار پر مبنی حکمت عملی کی تائید کرتا ہے؛ یہ نہ ثابت کرتا ہے کہ مکھیاں ذہنی نقشے بناتی ہیں، نہ بو کا پیچھا کرنے کے ہر طریقے کی وضاحت کرتا ہے، اور نہ یہ بتاتا ہے کہ یادداشت جسمانی طور پر کن خلیوں میں محفوظ ہے۔

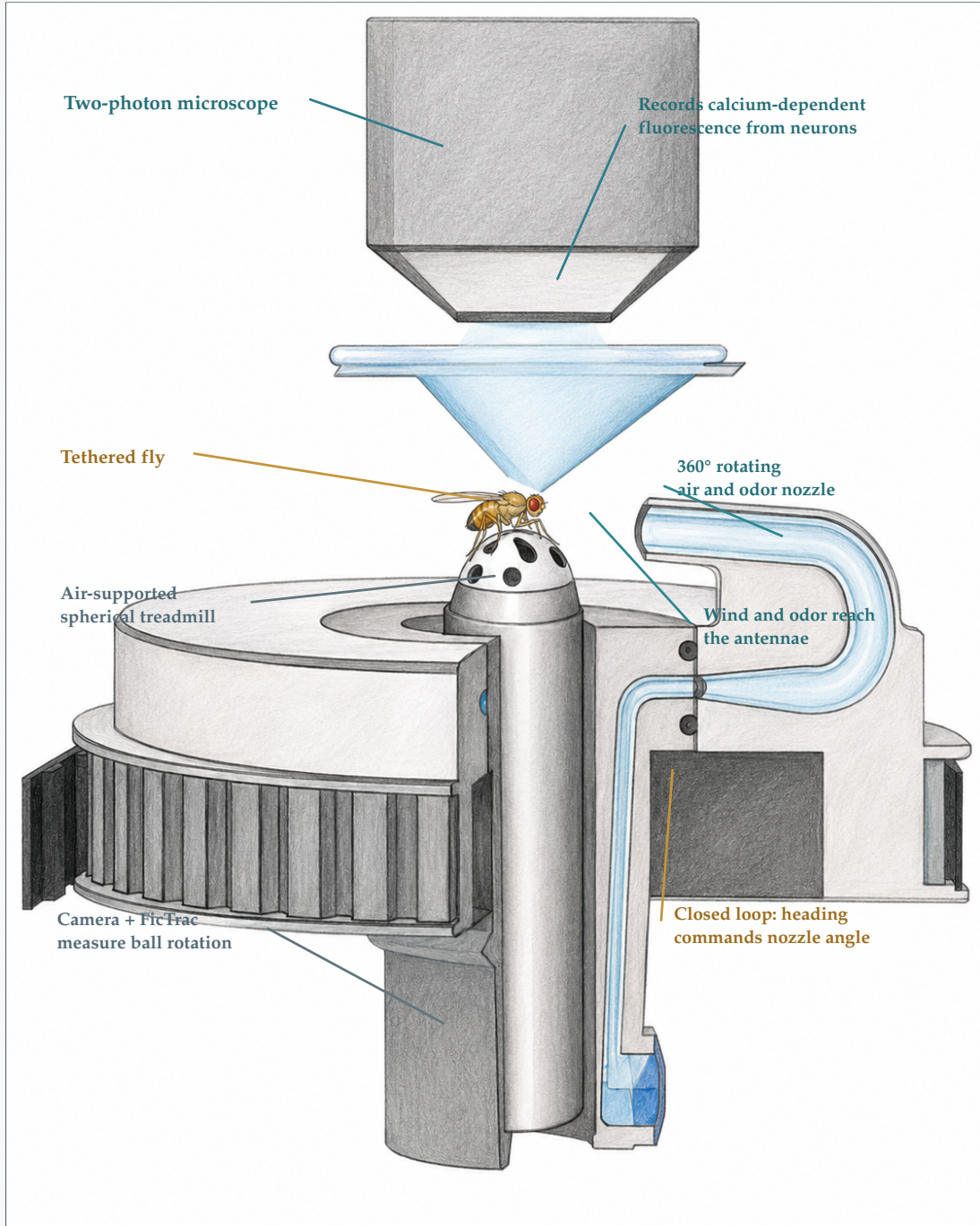
نظر نہ آنے والی راہداری سافٹ ویئر نے بنائی تھی

بو کا پھیلاؤ ہوا کے ساتھ حرکت کرنے والا وہ علاقہ ہے جس میں بو موجود ہو۔ کھلی فضا میں ہوا بدلنے سے یہ پھیلاؤ مڑتا، ٹوٹتا اور دوبارہ جڑتا رہتا ہے۔ اسی لیے یہ جاننا مشکل ہوتا ہے کہ جانور نے ہر لمحے عین کیا سونگھا۔

محققین نے مسئلے کو بند حلقے والی مجازی حقیقت کے ذریعے قابو میں کیا۔ مکھی کا جسم ہوا پر تیرتی ایک ہلکی گیند کے اوپر ایک جگہ بندھا رہتا تھا۔ مکھی چلتی تو کیمرا گیند کی گردش کو تقریباً 60 مرتبہ فی سیکنڈ ناپتا۔ سافٹ ویئر اس گردش کو مجازی دو بعدی مقام اور رخ میں بدل دیتا تھا۔

یہ رخ ایک موٹر سے چلنے والی نوزل کو کنٹرول کرتا تھا جو 360 درجے گھوم سکتی تھی۔ مکھی مجازی طور پر اپنا رخ بدلتی تو نوزل اس کے گرد حرکت کرتی، تاکہ اس کی مجازی دنیا میں ہوا کی سمت مستقل رہے۔ اسی وقت کمیٹی بہاؤ کے کنٹرولر مکھی کے مجازی مقام کے مطابق اینٹینا تک پہنچنے والی صاف ہوا یا سیب کے سرکے کی بو کی مقدار بدلتے تھے۔ یوں سافٹ ویئر میں متعین حد پار کرتے ہی بو شروع یا بند ہو جاتی، اور 50 ملی میٹر چوڑی اور ایک میٹر لمبی فرضی راہداری بنتی، حالانکہ مکھی گیند سے کبھی نہیں اترتی تھی۔

آلہ ہر لمحے مکھی کے مجازی مقام، رخ، بو کی حالت اور ہوا کے بہاؤ کے کنٹرول کا ہم وقت ریکارڈ بناتا تھا۔ محققین نے اسی ریکارڈ سے راستے دوبارہ بنائے، ہر داخلہ اور خروج نشان زد کیا اور ناپا کہ مکھی کتنی براہ راست واپس آئی۔ بیرونی سمت کا اشارہ ہوا دیتی تھی؛ مکھی کی اپنی حرکت طے کرتی تھی کہ وہ مجازی بو کی حد کے کس کنارے سے کب ملے گی۔



مکھی ہوا پر تیرتی گیند کے اوپر بندھی رہی۔ کیمرہ اور FicTrac نے گیند کی گردش کو مجازی حرکت اور رخ میں بدلا، پھر سافٹ ویئر نے ہوا اور بو والی نوزل گھمائی اور مجازی مقام کے مطابق بو کو شروع یا بند کیا۔ الگ عصبی امیجنگ آزمائشوں میں مکھی کے اوپر نصب دو فوٹون خریدین نے EPG یا FC2 نیورونز سے کیلشیم پر منحصر فلوریسینس ریکارڈ کی، تاکہ عصبی سرگرمی کو رویے کے ساتھ ملایا جاسکے۔ ہر رویاتی آزمائش میں خریدین استعمال نہیں ہوئی۔

One behavioral cycle at a virtual odor boundary

Wind remained the external direction cue; software switched odor with virtual position.



Original diagram - The Clean Paper - CC BY 4.0

قابو شدہ آزمائش میں مکھی مختصر طور پر مجازی بو کی راہداری میں داخل ہوئی، پھر باہر نکلی، بو سے پاک ہوا میں چلی اور ایک واضح سمت میں واپس حد تک پہنچی۔ یہ رویہ واپسی کی ایک یاد رکھی ہوئی سمت کی تائید کرتا ہے، یہ نہیں بتاتا کہ وہ معلومات کہاں محفوظ ہے۔

The Clean Paper CC BY 0.4

مرکزی عمودی راہداری کے تجربے میں 40 مکھیاں بار بار بو والے حصے میں داخل ہوئیں، مخالف سمت مڑ کر باہر نکلیں اور اسی کنارے پر واپس آئیں۔ ”عمودی“ مقالے میں صفر درجے کی جیومیٹری کا نام ہے: راہداری کا لمبا محور ہوا کے رخ کے خلاف سمت کے متوازی تھا۔ اس کا مطلب یہ نہیں کہ آلہ واقعی سیدھا کھڑا تھا۔

مصنفین اس نمونے کو نگارے کی پیروی کہتے ہیں۔ ایک bout دو بار حد پار کرنے کے درمیان ایک مسلسل مرحلہ ہے: اندر کا bout داخلے سے خروج تک، اور باہر کا bout خروج سے مکھی کی واپسی تک۔ 755 اندرونی bouts میں ایک قیام اوسطاً 9.4 سیکنڈ رہا۔ واپسی کے دوران حد سے اوسط فاصلہ 4.10 ملی میٹر تھا۔ 793 bouts میں سے 4 فیصد سے کم راہداری کے دوسرے کنارے تک پورا راستہ گئے۔

آخری دو اعداد bouts کی تعداد بیان کرتے ہیں، سینکڑوں الگ مکھیاں نہیں۔ یہ فرق اہم ہے، کیونکہ ایک ہی مکھی کئی bouts فراہم کر سکتی ہے۔

واپسی محض ہوا کے رخ کے خلاف ایک جامد اضطراری ردِ عمل نہیں تھی

کئی تجربات نے زیادہ سادہ وضاحتوں کو آزمایا۔

محققین نے پہلے یہ بدلا کہ مکھی کے ہوا کے رخ کے خلاف چلنے پر راہداری کی لمبائی کے ساتھ بو کیسے بدلتی ہے۔ مجازی ماخذ کی طرف بو بڑھ سکتی تھی، یکساں رہ سکتی تھی یا کم ہو سکتی تھی۔ تینوں صورتوں میں مکھیوں نے ملتے جلتے راستے اختیار کیے۔

اس لیے ”جہاں بو زیادہ ہو، اسی طرف چلتے رہو“ جیسا سادہ قاعدہ اس آلے میں کٹارے کی پیروی کی وضاحت نہیں کرتا۔

پھر انہوں نے راہداری کے کٹارے کی سمت موجود حد کو Gaussian پروفائل کی شکل میں نرم کر دیا، یعنی بو کی کثافت اچانک بدلنے کے بجائے بتدریج بدلتی تھی۔ مکھیاں اس حصے کے قریب جمع ہوئیں جہاں کثافت سب سے تیزی سے بدل رہی تھی، نہ کہ مرکز میں جہاں بو سب سے زیادہ تھی۔ اس سے معلوم ہوا کہ اہم اشارہ کٹارے کی طرف ہونے والی وہ تبدیلی تھی جو ایک مؤثر حد بناتی ہے، نہ کہ راہداری کی لمبائی کے ساتھ ماخذ کی سمت بڑھتی ہوئی ہو۔

اس کا مطلب یہ نہیں کہ قدرتی ماحول میں بو کی کثافت کے ڈھلوان کبھی اہم نہیں ہوتے۔ صرف اتنا کہ آزمائے گئے حالات میں اس رویے کے لیے ماخذ کی سمت بو کا بڑھنا ضروری نہیں تھا۔

محققین نے راہداری کی سمت بھی بدلی۔ الگ گروہوں نے عمودی، 45 درجے اور 90 درجے کی راہداریوں کی پیروی کی، جبکہ ایک دوسرے گروہ کو ایسی راہداری ملی جو باہر نکلنے کے بعد کٹارے کی طرف اچانک سرک جاتی تھی۔ گروہوں میں بالترتیب 40، 21، 20 اور 24 مکھیاں تھیں۔ راہداری کی جیومیٹری بدلنے سے باہر کے راستے بھی بدل گئے۔ ”ہمیشہ ہوا کے رخ کے خلاف مڑو“ جیسا عمومی قاعدہ اس لچک کی وضاحت نہیں کر سکا۔

اس نظام میں بو تقریباً دو ملی سیکنڈ کے اندر دونوں اینٹینا تک پہنچتی تھی۔ دونوں جانب optogenetic تحریک کو ہوا کے ساتھ ملا کر کٹارے کی پیروی جیسا نمونہ دوبارہ پیدا کیا جا سکا تھا۔ Optogenetics روشنی سے حساس پروٹینز کے ذریعے منتخب خلیوں کی سرگرمی بدلتی ہے۔ یہاں نتیجہ اشارہ کرتا ہے کہ بو کے بائیں اور دائیں اینٹینا تک پہنچنے کے وقت کا فرق اس رویے کے لیے ضروری نہیں تھا۔ اس سے آزادانہ حرکت کرنے والے جانوروں یا دوسرے بو کے پھیلاؤ میں دونوں جانب کے تقابل کی اہمیت ختم نہیں ہوتی۔

ایک سمتی مقدار پورے نقشے سے کہیں کم معلومات مانگتی ہے

ایک سمتی مقدار میں سمت کے ساتھ ایک مقدار بھی ہوتی ہے۔ یہاں مفید محفوظ معلومات بنیادی طور پر سمت سے متعلق تھیں: بو کی حد تک پہنچنے کے لیے مکھی کو کس طرف مڑنا چاہیے؟ مطالعے کو ایسا شواہد نہیں ملا کہ مکھی نے بو کے پورے پھیلاؤ کا نقشہ یا اس کے اندر اپنی جگہ محفوظ کر رکھی تھی۔

مصنفین نے پہلے حقیقی مکھیوں کی حرکت کے اجزا کو بے ترتیب ملا کر مصنوعی راستے بنائے۔ مشاہدہ شدہ چلنے کے فاصلے اور مڑنے کے زاویے بے ترتیب طور پر لے کر آپس میں جوڑے گئے۔ کچھ مصنوعی چلنے والے نمونے آخر کار دوبارہ بو کی حد تک پہنچ گئے، لیکن وہ حقیقی مکھیوں سے زیادہ بھٹکے اور کم براہ راست راستے اختیار کیے۔ مکھیاں عام طور پر ہوا کے رخ کے خلاف مڑتی ہیں؛ یہ رجحان شامل کرنے پر بھی مختصر اور واضح سمتی واپسی دوبارہ پیدا نہ ہوئی۔ یعنی حقیقی رویے میں انہی حرکات کی بے ترتیب آمیزش سے زیادہ سمتی معلومات موجود تھیں۔

اس کے بعد محققین نے دو طریقوں والا ماڈل بنایا: حد سے دور جانا اور حد کی طرف واپس آنا۔ یہ طریقے بو کے اندر یا باہر ہر لمحے کے لیبل نہیں تھے، بلکہ سمت بدلنے کے دو متبادل قواعد تھے جو مکھی کی حرکت کے دوران ایک دوسرے کی جگہ لے سکتے تھے۔

حد پار کرنے کا ہر واقعہ ماڈل کو یاد رکھنے کے لیے ایک سمت دیتا تھا۔ باہر نکلنے وقت ماڈل اس سمت کو تازہ کرتا جو دور جاتے ہوئے استعمال ہوتی تھی۔ داخل ہوتے وقت وہ واپسی کی الگ سمت تازہ کرتا: گویا ”جب مجھے حد ملی، میں اس طرف بڑھ رہی تھی۔“ بعد کی واپسی میں یہی یاد رکھی ہوئی سمت سیمولیشن شدہ مکھی کی حرکت کو دوبارہ کٹارے کی طرف جھکاتی تھی۔

محققین نے ماڈل کو صفر، 45 اور 90 درجے کی راہداریوں میں مشاہدہ شدہ راستوں کے مطابق کیا۔ خلاصہ موازنے میں 72 حقیقی مکھیاں اور 75 سیمولیشنز نے ملتے جلتے راستے جاتی شماریاتی خواص دکھائے۔ اگر داخلے پر سیکھی گئی واپسی کی سمت ہٹا دی جاتی تو ہر راہداری میں پیروی کم مؤثر ہو جاتی۔ یہ داخلے کے وقت سیکھی گئی سمت کی یادداشت کی افادیت کی تائید کرتا ہے؛ یہ ثابت نہیں کرتا کہ مکھی کا دماغ لفظی طور پر ماڈل کی مساوات چلاتا ہے۔

اس مقالے میں ”یادداشت“ سے کیا مراد ہے؟

سے پیمائشوں عصبی اور ماڈل رویے، یادداشت ”سمتی پڑھا۔ نہیں راست براہ تیر محفوظ کوئی سے دماغ کے مکھی نے محققین نہیں ثابت یہ ہیں۔ سکتی کر پیدا دوبارہ شماریات جاتی راستہ اہم سمتیں بدلتی چند کہ ہے دکھاتا ماڈل ہے۔ نتیجہ گیا کیا اخذ ہے۔ ذخیرہ کا یادداشت ہی گروہ نیورون زد نام ایک کوئی یا ہے کرتی عمل پر مساوات انہی عین مکھی کہ کرتا

مخالف سمت والے 45 درجے کے حصے کا اضافی تجربہ 10 مکھیوں کے بعد کے رویے کو بدلتا تھا؛ اس کے ساتھ 29 ماڈل سیمولیشنز بھی تھیں۔ اس سے سمتی تشریح محض بعد از وقوع بیان سے زیادہ مخصوص بنتی ہے، اگرچہ وہ پھر بھی ماڈل پر مبنی تشریح ہی رہتی ہے۔

رخ کا حوالہ اور موجودہ مقصد

اس کے بعد مطالعے نے مکھی کے **complex central** میں سرگرمی ناپی اور اس میں مداخلت کی۔ یہ دماغ کا ایک خطہ ہے جو سمت یابی میں شامل ہے۔

دو اشارے، دو مختلف کام

یہ ہے: کرتی کام جیسا قرأت کی نما قطب سرگرمی EPG ہیں۔ آبادیاں دو کی نیورونز میں کیپلیکس مرکزی FC2 اور EPG کی جانے مکھی جدھر ہے وابستہ سے سمت اس سرگرمی FC2 ہے۔ رکھتی سراغ کا رخ موجودہ کے مکھی مقابل کے ہوا دونوں مطالعہ ہے۔ سگنا کر موازنہ سے مقصد اس کو رخ موجودہ سرکٹ عصبی ایک کا بعد ہے۔ ہوتی رہی کر کوشش ہے۔ کرتا محفوظ یادداشت پوری اکیلا ایک کوئی سے میں ان کہ دکھاتا نہیں یہ مگر ہے، آزماتا کو آبادیوں

EPG نیورونز رخ کا اشارہ رکھتے ہیں: ان کی سرگرمی کا نمونہ کسی بیرونی اشارے کے مقابل مکھی کے موجودہ رخ کا سراغ رکھتا ہے۔ یکلشیم امیجنگ، جو عصبی سرگرمی کی بالواسطہ بصری پیمائش ہے، سے محققین نے پایا کہ کنارے کی پیروی کے دوران EPG سرگرمی کا مرحلہ ہوا کے مقابل رخ کے ساتھ بدلتا تھا۔ اس تجزیے میں 9 مکھیوں کی 16 آزمائشیں شامل تھیں۔

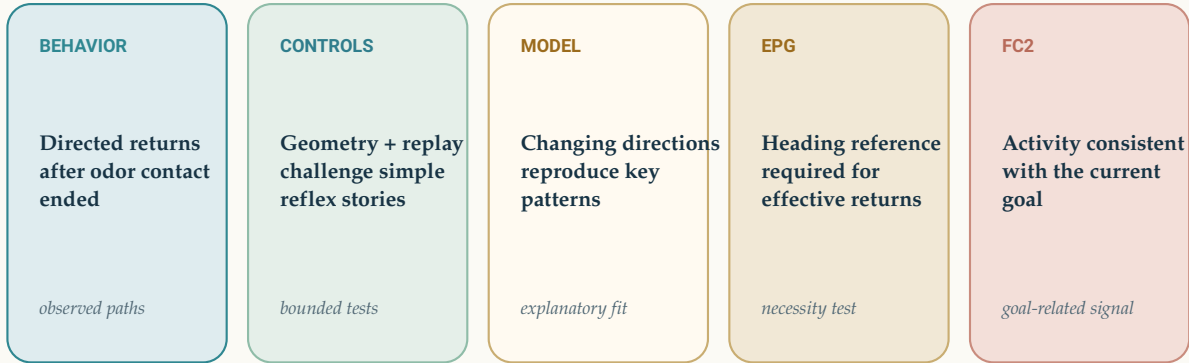
EPG نیورونز کو روکنے کے لیے محققین نے انہیں **GtACR1** ظاہر کرنے کے قابل بنایا، جو سبز روشنی سے فعال ہونے والا اینٹن چینل ہے۔ پوری آزمائش کے دوران LED روشن رہی، جس سے چینل فعال ہوا اور منتخب نیورونز کی سرگرمی دب گئی؛ یہی روشنی جینیاتی کنٹرول والی مکھیوں کی کارکردگی نہیں بگاڑتی تھی۔

اس طریقے سے EPG نیورونز روکنے پر 12 تجرباتی مکھیوں نے 6 جینیاتی کنٹرول مکھیوں کے مقابل کم مؤثر سمتی واپسیاں کیں۔ محدود نتیجہ یہ ہے کہ آزمائے گئے حالات میں مؤثر کنارے کی پیروی کے لیے EPG سرگرمی سے ملنے والا رخ کا حوالہ ضروری تھا۔ یہ اس بات کا شواہد نہیں کہ حد کی سمت EPG نیورونز ہی میں محفوظ تھی۔

FC2 نیورونز کا تعلق مختلف تھا۔ ان کی اجتماعی سرگرمی موجودہ سمتی مقصد سے وابستہ تھی اور آزمائش میں مڑنے سے پہلے بو کی حد کی طرف اشارہ کرتی تھی۔ امیجنگ میں 6 مکھیاں استعمال ہوئیں، جبکہ سرگرمی دبانے کے موازنے میں تجزیے کے لحاظ سے 9 سے 14 مکھیوں کے گروہ تھے۔ FC2 سرگرمی دبانے سے کنارے کی پیروی خراب ہوئی۔

Five evidence layers, five different claims

The cards converge; they are not a directly observed neural chain.



SUPPORTED: COMPACT DIRECTIONAL MEMORY IN THIS CONTROLLED ASSAY

- not shown: a full map, a universal strategy or the cellular storage site

Original diagram - The Clean Paper - CC BY 4.0

رویہ، بو کے پھیلاؤ کی بدلی ہوئی جیومیٹری، مشاہدات کے مطابق بنایا گیا ماڈل اور دو عصبی مداخلتیں سمتی یادداشت کی تشریح کے مختلف حصوں کی تائید کرتی ہیں۔ مجموعی طور پر یہ قابو شدہ آزمائش میں ایک مختصر مقصدی سمت کی حمایت کرتی ہیں، نہ مکمل نقشے کی اور نہ یادداشت کے کسی ثابت شدہ خلیاتی ذخیرے کی۔

The Clean Paper CC BY 0.4

یہ مختلف ذرائع سے ملنے والا ہم آہنگ شواہد ہے، سبب کی کوئی براہ راست تصویر نہیں۔ EPG سرگرمی نے ضروری رخ کا حوالہ فراہم کیا۔ FC2 سرگرمی مقصدی سمت کے مطابق تھی اور مؤثر رویے کے لیے ضروری نکلی۔ تجربات نے کوئی واحد یادداشتی "engram" نہیں ڈھونڈا اور نہ یہ ثابت کیا کہ FC2 کے synapses نے سمت کو جسمانی طور پر محفوظ کیا تھا۔

انسانی پیمانے کی ایک تقریبی تشبیہ یوں ہے: تصور کریں کہ آپ دھند کی ایک تنگ پٹی سے باہر نکلتے ہیں اور مستقل ہوا اب بھی شمال کی سمت بتا رہی ہے۔ قطب نما آپ کا موجودہ رخ بتا سکتا ہے، لیکن دھند میں واپس جانے کے لیے اس کے کنارے کی یاد رکھی ہوئی سمت بھی درکار ہے۔ موجودہ رخ کو مطلوب سمت سے موازنہ کرنے پر معلوم ہوتا ہے کہ کس طرف مڑنا ہے۔ یہاں EPG اور FC2 اشاروں کے لیے اسی طرح کی کام کی تقسیم تجویز کی گئی ہے۔ یہ صرف وضاحتی تشبیہ ہے، اس بات کا شواہد نہیں کہ انسان یہی خلیے یا الگورتھم استعمال کرتے ہیں۔

یادداشت صرف بو کے وقت پر نہیں، حرکت پر منحصر تھی

دوبارہ چلانے والے تجربے میں مکھیوں کو بو آنے کے اوقات کی وہی ترتیب دی گئی جو پہلے ملی تھی، مگر اب بو کا وقت ان کی موجودہ حرکت سے وابستہ نہیں تھا۔ ہر اگلے bout replay کے ساتھ سیکھی ہوئی سمتی ترجیح کمزور ہوتی گئی۔ یہ عاملانہ، یعنی حرکت سے جڑی تازہ کاری کی تائید کرتا ہے: اہم چیز صرف بو کی ترتیب کو غیر فعال طور پر محسوس کرنا نہیں، بلکہ بو اور مکھی کی اپنی حرکت کے درمیان تعلق تھا۔

ان تجزیوں میں نمونوں کی تعداد ایک جیسی نہیں تھی۔ Data Extended کے مختلف پینل موازنے کے لحاظ سے 8 یا 9 مکھیاں شامل

کرتے ہیں؛ مسلسل bouts کی سیریز میں 8 مکھیاں تھیں؛ راستوں والے پینل کے لیے کم از کم 10 مؤثر داخلے درکار تھے؛ اور جوڑی دار ماڈل پینل میں 21 سیمولیشن شدہ راستے شامل تھے جو اسی شرط پر پورے اترتے تھے۔ یہ سب اٹھ مکھیوں کا ایک ہی مشترک نمونہ نہیں۔

زیادہ بے قاعدہ بو کا پھیلاؤ مفید آزمائش تھا، مگر پھر بھی مجازی

محققین نے پہلے ریکارڈ کیا گیا، زیادہ بے قاعدہ بو کا پھیلاؤ بھی دوبارہ چلایا۔ اسے جگہ اور وقت دونوں میں پانچ گنا پھیلا یا گیا تاکہ بندھی ہوئی مکھیاں اسے کافی بار محسوس کر سکیں۔ 12 میں سے 10 مکھیاں اس کے ماخذ سے 50 مجازی ملی میٹر کے اندر پہنچ گئیں۔

یہ کھلی فضا میں دس مکھیوں کا کسی حقیقی ماخذ تک پہنچنا نہیں تھا۔ یہ قدرتی ماحول سے ملتے جلتے مگر قابو شدہ مجازی بو کے پھیلاؤ کی کارکردگی تھی۔

ہر متحرک بو کے پھیلاؤ کے لیے ماڈل نے 2,000 راستے بنائے۔ پھیلائے گئے plume کے موازنے میں ان 2,000 میں سے 1,850 راستے تجزیے میں شامل ہوئے، کیونکہ مؤثر داخلہ ضروری تھا اور ماخذ کے بہت قریب سے شروع ہونے والے راستے نکال دیے گئے تھے۔ یادداشت نے ماخذ کے قریب زیادہ مدد کی، جہاں مسلسل ملاقاتوں میں سمت کا ڈھانچا نسبتاً مربوط رہتا تھا، اور ہوا کے رخ کے ساتھ مزید دور کے زیادہ بے ترتیب حصے میں کم مدد کی۔

یہ قید خود نتیجے کا حصہ ہے۔ مختصر سمتی یادداشت اسی وقت مدد کر سکتی ہے جب دنیا اتنی مربوط رہے کہ پچھلی ملاقات اگلی ملاقات کے بارے میں مفید معلومات دے۔

مطالعہ کیا نہیں دکھاتا

- یہ نہیں دکھاتا کہ مکھی مکمل مکانی نقشہ بناتی ہے۔
- یہ نہیں دکھاتا کہ مکھی بغیر تبدیلی کے قدرتی بو کے پھیلاؤ میں آزادانہ اڑتے ہوئے یہی کرتی ہے۔
- یہ نہیں ثابت کرتا کہ بو کے ذریعے سمت یابی کی ہر صورت یہی حکمت عملی استعمال کرتی ہے۔
- یہ نہیں دکھاتا کہ EPG یا FC2 نیوروز ہی یادداشت کے واحد جسمانی ذخیرے ہیں۔
- یہ مشاہدات کے مطابق بنائے گئے ماڈل کو مکھی کا لفظی حیاتیاتی الگورتھم نہیں بناتا۔
- اسے انسانی سمت یابی پر براہ راست لاگو نہیں کیا جا سکتا۔

مطالعہ وہاں سب سے مضبوط ہے جہاں اس کا دعویٰ سب سے مخصوص ہے۔ بند حلقے والے کنٹرول نے محققین کو بو سے ہر ملاقات پر عین قابو دیا۔ پھر جیومیٹری میں تبدیلی، replay ماڈل سازی، یکلیم امیجنگ اور عصبی سرگرمی دبانے نے ایک ہی تشریح کے مختلف حصے آزمائے۔ لیکن روایتی، امیجنگ اور سرگرمی دبانے والے گروہ الگ تھے؛ نمونے کے حجم پہلے سے طے نہیں کیے گئے تھے؛ ڈیٹا جمع کرنے اور تجزیے میں بے ترتیبی یا بلائڈنگ نہیں تھی؛ اور بندھی ہوئی مکھیوں میں سے 10 فیصد سے کم کو ماحول سے مانوس ہونے، ردِ عمل یا پیروی کے مسائل کی وجہ سے خارج کیا گیا۔

یہ حدود مظہر کو ختم نہیں کرتیں۔ وہ صرف اس کی حد متعین کرتی ہیں۔

سادہ خلاصہ

مجازی بو کی راہداری میں چلتی بندھی ہوئی مکھیاں بو والے علاقے سے نکلنے کے بعد بھی بار بار اسی حد تک واپس پہنچیں۔ بو کی کثافت اور راہداری کی جیومیٹری میں تبدیلی، مشاہدات کے مطابق بنایا گیا سوئچنگ ماڈل، عصبی امیجنگ اور optogenetic طور پر نیوروز کی سرگرمی دبانے کے نتائج اس تشریح کی تائید کرتے ہیں کہ مکھی مکمل نقشے کے بجائے ایک مختصر یاد رکھی ہوئی سمت استعمال کرتی ہے۔ EPG نیوروز نے ضروری رخ کا حوالہ فراہم کیا، جبکہ FC2 سرگرمی موجودہ مقصدی سمت کے مطابق تھی۔ نتیجہ قابو شدہ چلنے کی آزمائش تک محدود ہے؛ یہ یادداشت کا خلیاتی ذخیرہ نہیں بتاتا اور نہ آزاد قدرتی پرواز میں اسی حسابی طریقے کو ثابت کرتا ہے۔

بلا مبالغہ جائزہ

مقالے کا دکھانا ہے: بند حلقے والی، بندھی مکھیوں کی آزمائش میں مکھیاں ایسی مجازی بو کی حدود کی طرف واضح سمت میں واپس آئیں جنہیں وہ اس وقت سونگھ نہیں سکتی تھیں۔ متعدد رویاتی کنٹرول، ماڈل سازی اور عصبی مداخلتیں سمتی مقدار پر مبنی حکمت عملی کی تائید کرتی ہیں۔

کیا اخذ کیا گیا ہے: رویہ ایک مختصر سمتی یادداشت استعمال کرتا ہے، اور FC2 کی اجتماعی سرگرمی موجودہ سمتی مقصد کی نمائندگی کرتی ہے۔ یادداشت کے مواد کو براہ راست نہیں پڑھا گیا۔

کیا نہیں دکھاتا: مکمل ذہنی نقشہ، بو سے سمت یابی کی عالمگیر حکمت عملی، قدرتی بو کے پھیلاؤ میں آزاد پرواز کی کارکردگی، یادداشت کا ایک واحد ذخیرہ یا انسانی مماثلت۔

اہم حدود: ایک ہی نوع اور قابو شدہ آلہ؛ مختلف تجربات میں الگ مکھی گروہ اور مختلف تجزیاتی اکائیاں؛ یکلیم کے بالواسطہ اشارے؛ ضرورت ثابت کرنے والی آزمائشیں جو کافی ہونا ثابت نہیں کرتیں؛ اور قدرتی ماحول سے ملتا جلتا بو کا پھیلاؤ بھی ریکارڈ شدہ اور پیمانے میں بدلا ہوا تھا۔

عام قاری کو کتنا اعتماد ہونا چاہیے؟ بلند اعتماد کہ اس آلے میں سمتی واپسی کا مظہر حقیقی ہے اور مرکزی کمپلیکس میں رخ اور مقصد سے متعلق سرگرمی اہم ہے۔ ماڈل کو مختصر وضاحت کے طور پر درمیانہ اعتماد۔ ایسے دعووں پر کم اعتماد جو اسے بغیر تبدیلی کھلی فضا تک پھیلا دیں یا اسے مکمل نقشہ قرار دیں۔

ماخذ

(2026) Nature Drosophila, in navigation oflactory for strategy vector-based A al., et Siliciano
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10827-7>

Drosophila in navigation oflactory for strategy vector-based A for archive data al., et Siliciano
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20751812>

Edge-Tracking-Model Laboratory, Ruta
<https://github.com/rutalaboratory/Edge-Tracking-Model>