डीप-पोज-ट्रैकर: कृमि की चाल से व्यवहार का मापन

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी (मुख्य परीक्षा: सामान्य अध्ययन-III) | मूल शोध का प्रकाशन: 6 अगस्त 2026 | विषय: कृमि व्यवहार और कृत्रिम बुद्धिमत्ता | प्रकाशित: 24 अक्टूबर 2026

खबरों में क्यों

सूक्ष्म कृमि के वीडियो में उसका आगे बढ़ना, पीछे हटना या शरीर मोड़ना देखना आसान लग सकता है। लेकिन कई कृमियों की चाल को लगातार मापना और हर जीव की पहचान बनाए रखना कठिन है। भारतीय विज्ञान शिक्षा एवं अनुसंधान संस्थान, भोपाल और राष्ट्रीय मस्तिष्क अनुसंधान केंद्र, मानेसर के शोधकर्ताओं ने इसके लिए डीप-पोज-ट्रैकर नामक ढाँचा विकसित किया है। 6 अगस्त 2026 को प्रकाशित अध्ययन इसे कैनोरहैब्डाइटिस एलिगेंस के शरीर की मुद्रा पहचानने और व्यवहार संबंधी माप निकालने का साधन बताता है। यह वीडियो से व्यवहार के संकेत मापता है; सीधे विचार पढ़ने, चेतना पहचानने या मानव रोग का निदान करने वाली तकनीक नहीं है। अध्ययन का महत्त्व जीवविज्ञान की प्रयोगशाला में चित्रों को तुलनीय आँकड़ों में बदलने में है।

यह कृमि शोध में उपयोगी क्यों है?

कैनोरहैब्डाइटिस एलिगेंस एक स्थापित मॉडल जीव है। मॉडल जीव का अर्थ है ऐसा जीव जिसका अध्ययन नियंत्रित परिस्थितियों में करके जैविक प्रक्रियाओं के बारे में प्रश्न पूछे जाते हैं। उसके परिणाम बिना अतिरिक्त प्रमाण दूसरे जीवों पर लागू नहीं हो जाते। इस कृमि की चाल और शरीर के मोड़ तंत्रिका-संकेतों, आनुवंशिकी तथा बाहरी परिस्थितियों की प्रतिक्रिया समझने में उपयोगी हैं। वयस्क उभयलिंगी जीव, यानी नर और मादा दोनों प्रजनन अंगों वाले कृमि, में 302 तंत्रिका कोशिकाएँ होती हैं; यह संख्या हर लिंग और विकास-अवस्था का सार्वभौमिक विवरण नहीं है। उसकी अपेक्षाकृत सरल और अच्छी तरह अध्ययन की गई तंत्रिका व्यवस्था व्यवहार और जैविक प्रक्रिया के संबंध जाँचने का अवसर देती है। कैमरे की स्थिति, प्रयोग की दशा और शरीर की अवस्था को साथ देखना पड़ता है। स्वचालित मापन वैज्ञानिक प्रश्न पूछने में मदद करता है, प्रश्न का उत्तर अपने आप तय नहीं करता।

PCSMANTRA.COM

चित्र से मुद्रा तक कैसे पहुँचे?

यह ढाँचा योलो नामक चित्र-पहचान मॉडल पर आधारित गहन अधिगम का उपयोग करता है। सरल शब्दों में कंप्यूटर को चिह्नित चित्रों से पैटर्न सीखने दिए जाते हैं। शोधकर्ताओं ने कृमि के शरीर पर सिर से पूँछ तक 11 क्रमबद्ध प्रमुख बिंदु बनाए। मॉडल नए चित्र में इनके स्थान का अनुमान लगाकर शरीर का आकार दर्शाता है। कृमि के चारों ओर सीमा-चौखटा बनाना और उसके शरीर पर बिंदुओं की सही जगह बताना अलग कठिनाइयाँ हैं। पहले से प्रशिक्षित चित्र-पहचान मॉडल को कृमि के चित्रों के लिए ढालना स्थानांतरण अधिगम का उदाहरण है। इससे हर क्षमता शून्य से सीखने की आवश्यकता घट सकती है। लेकिन प्रशिक्षण के लिए मनुष्यों द्वारा चित्र चिह्नित करने का श्रम समाप्त नहीं होता। गलत शुरुआती पहचान आगे के व्यवहार-माप को भी प्रभावित कर सकती है।

प्रशिक्षण और जाँच में क्या अंतर रखा गया?

अध्ययन की सारणी में कुल 3,018 मूल चित्र हैं। इनमें 2,461 प्रशिक्षण, 400 सत्यापन और 157 अंतिम परीक्षण के लिए रखे गए। इनमें वीडियो से निकाले गए फ्रेम और अलग से लिए गए चित्र शामिल थे। प्रशिक्षण चित्रों में विविधता बढ़ाने के लिए परिवर्तन भी किए गए। इसलिए मूल चित्रों और परिवर्तन के बाद की प्रशिक्षण प्रतियों की संख्या मिलाकर नहीं लिखनी चाहिए। वीडियो के स्तर पर विभाजन किया गया, ताकि एक ही वीडियो के बहुत मिलते-जुलते फ्रेम सीखने और जाँचने वाले समूहों में न बँट जाएँ। ऐसा रिसाव मॉडल को वास्तविक क्षमता से बेहतर दिखा सकता है। सत्यापन से मॉडल चुनना और अलग परीक्षण से उसके प्रदर्शन को परखना अलग चरण हैं। फिर भी प्रयोगशाला के भीतर अलग वीडियो रखना हर दूसरी प्रयोगशाला, कैमरे और कृमि-अवस्था में सफलता का प्रमाण नहीं है। नए उपयोग की परिस्थितियों पर स्वतंत्र जाँच की आवश्यकता बनी रहती है।

अच्छा प्रदर्शन किस अर्थ में है?

शोध में कृमि खोजने और मुद्रा पहचानने के लिए अलग प्रदर्शन-माप दिए गए हैं। इन मापों में अनुमान की सही पहचान, छूटे जीव और अनुमानित स्थान का संदर्भ चिह्नांकन से मेल शामिल है। किसी एक शिथिल मिलान-सीमा पर अच्छा अंक अधिक कठोर स्थानिक जाँच में उसी अंक की गारंटी नहीं देता। इसलिए इस तकनीक को एक सार्वभौमिक शुद्धता-प्रतिशत से बताना भ्रामक होगा। इसी तरह एक फ्रेम में जीव सही मिलना यह नहीं बताता कि अगले सभी फ्रेम में उसकी पहचान सही बनी रही। अध्ययन ने कई मॉडल आकारों और चित्रों तथा वीडियो पर अलग गति-माप प्रस्तुत किए हैं। इस परिणाम को हर साधारण कंप्यूटर पर समान गति या बिना गलती काम करने का वादा नहीं बनाना चाहिए। वैज्ञानिक उपयोग में गति के साथ त्रुटि का प्रकार जानना भी जरूरी है।

दो जीव भी कठिन चुनौती क्यों बन सकते हैं?

एक कृमि दूसरे के ऊपर आ जाए तो उसके शरीर के हिस्से और पहचान अस्पष्ट हो सकते हैं। अध्ययन ने सात परीक्षण वीडियो में पहचान बनाए रखने के प्रदर्शन को जाँचा। दो जीवों वाले एक वीडियो में शरीरों के एक-दूसरे पर अधिक चढ़ जाने के कारण पहचान-संगति का माप 62.7 प्रतिशत रहा, जबकि अलग दो जीवों वाले वीडियो में यही माप 100 प्रतिशत था। ये विशिष्ट परीक्षणों के नतीजे हैं, सार्वभौमिक सफलता-दर नहीं। इससे स्पष्ट होता है कि केवल जीवों की संख्या देखकर कठिनाई तय नहीं की जा सकती। वे कितनी बार मिलते हैं, कितने स्पष्ट दिखते हैं और कैमरा क्या पकड़ता है, यह भी महत्त्वपूर्ण है। घनी भीड़ में पहचान बदलना और क्रम टूटना संभव है। केवल पहचाने गए जीवों की कुल संख्या दिखाने वाला प्रदर्शन इस कमी को छिपा सकता है। लंबे व्यवहार-अध्ययन में किसी एक जीव का इतिहास चाहिए तो पहचान की निरंतरता को अलग से परखना होगा।

PCSMANTRA.COM

व्यवहार के कौन से माप निकलते हैं?

ढाँचा चाल की गति, दिशा, घूमे गए क्षेत्र, आगे-पीछे गति और ओमेगा जैसे तीखे मोड़ों के माप निकाल सकता है। इसमें शरीर की जटिल आकृतियों को कुछ प्रमुख परिवर्तन-रूपों में दर्शाने की आइगेनवर्म पद्धति भी शामिल है। यह विचार इस अध्ययन में पहली बार पैदा नहीं हुआ; पहले के शोध में भी इसका उपयोग हुआ है। यहाँ योगदान विभिन्न कार्यों को एक विश्लेषण क्रम में जोड़ना है। आगे और पीछे की चाल अलग करने में शरीर की दिशा और वास्तविक विस्थापन की दिशा की तुलना की जाती है। केवल शरीर मुड़ने को स्थान बदलना नहीं माना जाना चाहिए। कुछ व्यवहार-पहचान

नियमों के मान स्थानीय संदर्भ आँकड़ों के अनुसार समायोजित करने पड़ते हैं। समय के साथ उतार-चढ़ाव घटाने की प्रक्रिया बदलाव के ठीक क्षण को पकड़ने में कठिनाई भी ला सकती है। इसलिए हर माप को प्रत्यक्ष जैविक सत्य मानने के बजाय उसकी गणना और त्रुटि समझनी चाहिए।

भारत की शोध क्षमता के लिए अर्थ

यह काम दिखाता है कि कृत्रिम बुद्धिमत्ता की उपयोगिता केवल बातचीत या प्रशासनिक सेवा तक सीमित नहीं है। प्रयोगशाला में व्यवहार के दोहराए जा सकने वाले माप तैयार करना भी एक उपयोग है। सार्वजनिक कोड, प्रशिक्षित मॉडल और आँकड़ों के लिंक दूसरे शोधकर्ताओं को विधि समझने तथा अपने प्रयोगों पर जाँचने का अवसर देते हैं। लेकिन सार्वजनिक उपलब्धता अपने आप स्वतंत्र पुनरुत्पादन का प्रमाण नहीं है। प्रशिक्षण, सही चिह्नांकन, उपयुक्त कैमरा व्यवस्था और संगणन संसाधनों की जरूरत बनी रहती है। भारतीय संस्थानों के बीच जीवविज्ञान और संगणन का सहयोग ऐसी क्षमता बनाने का रास्ता है। इसका मूल्य किसी तैयार मानव चिकित्सा उत्पाद के रूप में नहीं, शोध अवसंरचना के रूप में समझना उचित होगा। दवा-अनुसंधान जैसे क्षेत्रों में व्यवहार-मापन सहायक हो सकता है, पर इस अध्ययन ने किसी दवा की मानव प्रभावशीलता या किसी रोग की नैदानिक जाँच स्थापित नहीं की है।

सीमाएँ और जिम्मेदार उपयोग

मॉडल प्रशिक्षण से बहुत अलग पृष्ठभूमि, रोशनी या विभेदन, यानी चित्र में सूक्ष्म विवरण की स्पष्टता, वाले चित्रों पर कमजोर पड़ सकता है। सिर और पूँछ का स्पष्ट अंतर न हो या शरीर बहुत अधिक कुंडली बनाए तो गलत पहचान संभव है। हर फ्रेम में मुद्रा का अलग अनुमान होने से पिछले फ्रेम की जानकारी का लाभ सीमित रहता है। नए जीव पर उपयोग के लिए उपयुक्त प्रशिक्षण जरूरी होगा; केवल सॉफ्टवेयर उपलब्ध होने से वह तैयार नहीं हो जाता। शोधकर्ता अधिक विविध चिह्नित आँकड़ों और फ्रेमों के बीच संगति से सुधार की संभावना बताते हैं। जिम्मेदार उपयोग में मूल वीडियो सुरक्षित रखना, संदर्भ चिह्नांकन से तुलना करना और असफल उदाहरण प्रकाशित करना उपयोगी होगा। ऐसा करने से उपयोगकर्ता जान सकता है कि कहाँ स्वचालन भरोसेमंद है और कहाँ मानवीय समीक्षा चाहिए।

आगे की राह

अगला प्रश्न अधिक भीड़, कठिन शारीरिक मोड़ों और अलग प्रयोगशालाओं में प्रदर्शन का है। क्या सिर-पूँछ की पहचान समय के साथ अधिक स्थिर रखी जा सकती है? क्या नए चित्रों पर पुनः प्रशिक्षण की जरूरत और लागत स्पष्ट बताई जाएगी? दूसरे समूहों द्वारा जाँच और अलग परिस्थितियों के त्रुटि-माप इसके वास्तविक उपयोग को बेहतर स्पष्ट करेंगे। मुख्य परीक्षा में इसे वैज्ञानिक शोध में कृत्रिम बुद्धिमत्ता, खुली शोध सामग्री और प्रमाण की सीमाओं से जोड़ना उपयोगी है। निष्कर्ष यह नहीं कि मशीन ने जीव का व्यवहार पूरी तरह समझ लिया। उसने व्यवहार के कुछ दृश्य पहलुओं को व्यवस्थित ढंग से मापने का साधन दिया है। मापन से कारण की व्याख्या और फिर व्यावहारिक अनुप्रयोग तक जाने के लिए स्वतंत्र प्रमाण के अगले चरण जरूरी हैं।

PCSMANTRA.COM

अभ्यास प्रश्न: जैवविज्ञान में स्वचालित दृश्य विश्लेषण शोध की पुनरुत्पादकता कैसे बढ़ा सकता है? कृमि-व्यवहार मापन के उदाहरण से प्रशिक्षण आँकड़ों, सत्यापन और सामान्यीकरण की सीमाओं की चर्चा कीजिए। (250 शब्द)

स्रोत: मूल शोध; संस्थागत विवरण; शोधकर्ताओं का सार्वजनिक कोड; कृमि की तंत्रिका व्यवस्था; आइगेनवर्म का पूर्व शोध।