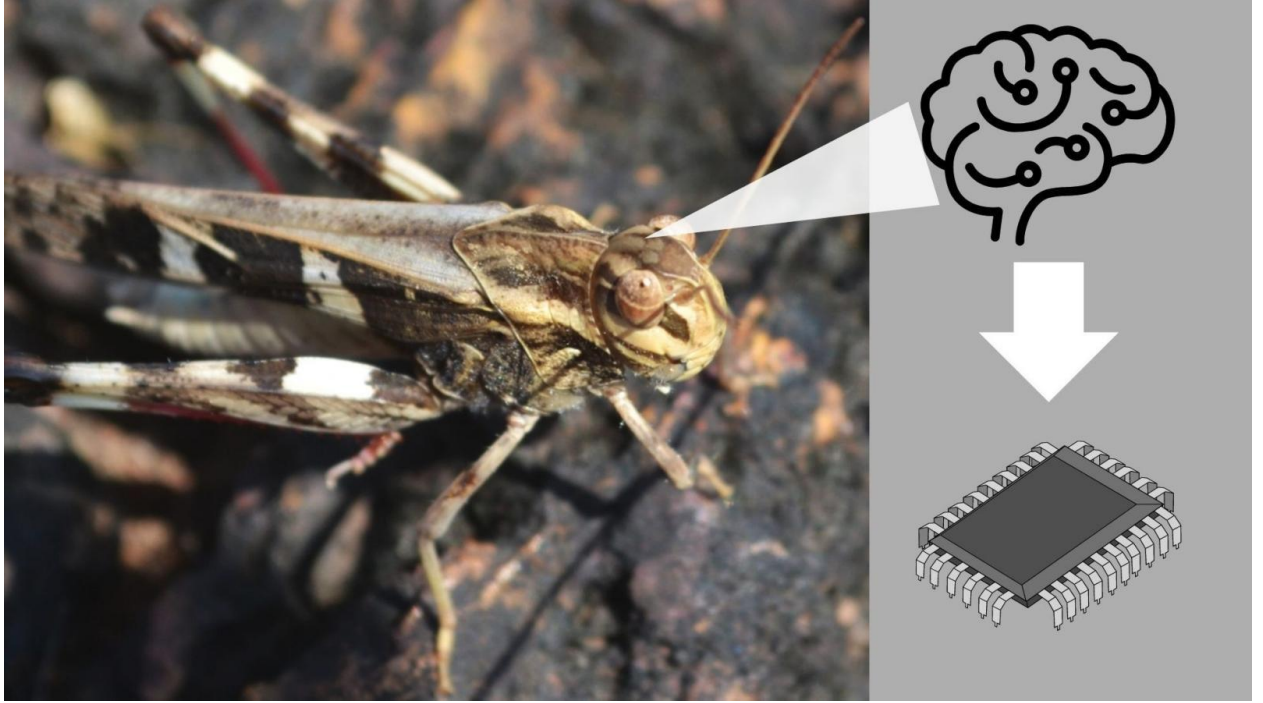


टोळाच्या मेंदूचे अनुकरण: कमी उर्जेत अडथळा ओळखू शकणाऱ्या कृत्रिम चेतापेशी संशोधकांनी विकसित केल्या

संशोधकांनी द्विमितीय पदार्थाचा वापर करून ट्रान्झिस्टर तयार केला आणि स्वायत्त यंत्रमानवांसाठी त्यावर आधारित अतिनिम्न ऊर्जाचालित कृत्रिम चेतापेशी सर्किट निर्माण केले.



प्रतिमा श्रेय : डेनिस सी. जॉय

कृत्रिम बुद्धिमत्ता क्षेत्रामध्ये वेगाने प्रगती होते आहे आणि त्यातून निर्माण होणाऱ्या अभिनव नवनिर्मितींचा मानवी आयुष्यावर पडणारा प्रभाव थक्क करणारा आहे. महाभाषा समीकरण संचावर (लार्ज लॅंग्वेज मॉडेल) आधारित चॅटबॉटपासून ते चालकविरहित स्वयंचलित वाहनांपर्यंत अनेक रोमांचक आविष्कार जगभरात घडत आहेत. काही देशांमध्ये टेस्लाची चालकविरहित गाडी बाजारात आली आहे तर इस्रोने विकसित केलेल्या भारताच्या प्रज्ञान रोव्हरने मानव-चालकाशिवाय चंद्रावरील अज्ञात भूमी पादाक्रांत केली आहे.

चालकविरहित स्वयंचलित वाहनांसाठी एक महत्वाचे आव्हान ठरते ते म्हणजे समोर येणारा हलता अडथळा त्वरित आणि अचूकपणे हेरणे. यासाठी अडथळा शोधक यंत्रणा वापरल्या जातात. परंतु, सध्या वापरल्या जाणाऱ्या यंत्रणा क्लिष्ट अल्गोरिदम आणि दृष्टी प्रणालींवर आधारित असून, त्यांचा ऊर्जा वापर आणि आकार जास्त आहे. भारतीय तंत्रज्ञान संस्था (आयआयटी मुंबई) आणि किंगज कॉलेज, लंडन, युनायटेड

किंगडम यांच्या संयुक्त विद्यमाने झालेल्या एका नव्या [अभ्यासा](#)अंतर्गत संशोधकांनी अतिनिम्न ऊर्जाचलित ट्रान्झिस्टरची रचना व निर्मिती केली. हा ट्रान्झिस्टर त्यांच्या कृत्रिम न्यूरॉन सर्किट रचनेमध्ये बसवला असता अडथळा ओळखण्याचे कार्य करू शकतो. हे कृत्रिम चेतापेशी सर्किट जैविक चेतापेशींच्या स्पायकिंग न्यूरॉन मॉडेलचे अनुकरण करणारे आहे.

मेंदूच्या माहिती हाताळण्याच्या अद्वितीय पद्धतीवरून संशोधकांना या अभ्यासासाठी प्रेरणा मिळाली. विशेषतः टोळ या किटकाच्या मेंदूमधील धडक ओळखण्याचे कार्य करणाऱ्या चेतापेशी त्यांनी विचारात घेतल्या. लोब्यूला जायंट मूव्हमेंट डिटेक्टर (एलजीएमडी - हालचाल ओळखणारी एक चेतापेशी) नावाच्या या चेतापेशीमुळे टोळ वाटेतील अडथळ्यांवर धडकण्यापासून स्वतःचा बचाव करू शकतो. संगणकीय यंत्रणा मेंदूच्या या यंत्रणेच्या बरीच जवळ जाणारी असली तरी, हेच कार्य करायला संगणकाच्या तुलनेत मेंदूला बरीच कमी ऊर्जा लागते. सद्य अभ्यासामध्ये संशोधकांनी एक नवीन प्रकारचे, कमी उर्जेवर चालणारे कृत्रिम चेतापेशी सर्किट तयार केले असून ते टोळामध्ये आढळणाऱ्या या धडक ओळखण्याचे कार्य करणाऱ्या चेतापेशींच्या कार्याचे अनुकरण करते.

या नवीन कृत्रिम चेतापेशी सर्किटच्या रचनेमध्ये द्विमितीय (2D) पदार्थ वापरून तयार केलेल्या सबथ्रेशोल्ड ट्रान्झिस्टरच्या मॉडेलचा समावेश आहे. यामध्ये अतिशय पातळ असे द्विमितीय (2D) पदार्थ वापरल्यामुळे ऊर्जा-कार्यक्षम वापरासाठी योग्य असे कमी ऊर्जा वापरणारे आणि पुनःसंरचनीय कार्य प्राप्त करता येते. ट्रान्झिस्टरची रचना काळजीपूर्वकरीत्या अशी केली गेली जेणेकरून जैविक चेतापेशींच्या सोडियम चॅनल वर्तनाचे अनुकरण करता येईल, तसेच तो कमी विजेवर काम करू शकेल व ऊर्जा-कार्यक्षमता वाढेल.

या शोधनिबंधाचे मुख्य लेखक असलेले, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई (आयआयटी मुंबई) येथील विद्युत अभियांत्रिकी विभागातील प्रा. सौरभ लोढा यांनी ट्रान्झिस्टरसाठी द्विमितीय (2D) पदार्थ वापरण्याची संयुक्तिकता स्पष्ट करताना सांगितले, “माहिती साठवणे व संगणन या कार्यासाठी आधुनिक संगणक खूप जास्त ऊर्जा वापरतात, परंतु, मानवी मेंदू हेच कार्य अत्यल्प उर्जेमध्ये करतो. त्यामुळे, न्यूरोमॉर्फिक इलेक्ट्रॉनिक्ससाठी (जैव-प्रेरित; मानवी मेंदूच्या कार्याचे अनुकरण करणारी संरचना असलेले) कमी ऊर्जावापर हा आता कळीचा मुद्दा आहे. द्विमितीय पदार्थांच्या पातळ आण्विक स्वरूपामुळे उत्तम इलेक्ट्रोस्टॅटिक नियंत्रण मिळते व कमी उर्जेत कार्य चालवता येते. सिलिकॉनसारखे प्रचलित सेमीकंडक्टर त्यांचे एकएक थर काढून देखील पातळ बनवता येतात, परंतु ते पदार्थ तेवढे पातळ बनवले असता त्यांची कार्यक्षमता खूपच ढासळते. द्विमितीय पदार्थांचे तसे होत नाही.”

कृत्रिम चेतापेशी सर्किटमध्ये नव्या ट्रान्झिस्टरचे मॉडेल बसवून त्याच्या सिम्यूलेशनद्वारे संशोधकांनी ऊर्जेची गरज अत्यल्प असल्याचे प्रात्यक्षिक दाखवले. हे कृत्रिम चेतापेशी सर्किट, लोब्यूला जायंट मूव्हमेंट डिटेक्टर चेतापेशीच्या महत्वाच्या संगणकीय गुणवैशिष्ट्यांशी बरेच साधर्म्य असलेले आहे असे दिसून आले. ते एलजीएमडीसारखे स्पाईक वर्तन करू शकते. म्हणजेच त्यामध्ये इनपुट करंट सिग्नलला प्रतिक्रिया म्हणून व्होल्टेज स्पाईक निर्माण केला जातो व अल्प ऊर्जा वापरात अडथळा ओळखला जातो. कृत्रिम चेतापेशीची प्रति स्पाईक ऊर्जा साधारणपणे ३.५ पिकोज्यूल (pJ) इतकी असते. सध्या वापरल्या जाणाऱ्या बायोमिमेटिक (जैव-अनुकरणीय) स्पायकिंग न्यूरॉनच्या तुलनेत ही ऊर्जा कार्यक्षमता उच्च आहे.

या अभ्यासामध्ये संशोधकांना आलेल्या आव्हानांविषयी सांगताना या शोधनिबंधाचे सहलेखक कर्तिकेय ठाकर यांनी सांगितले, “यातील मुख्य आव्हान होते ते म्हणजे जैविक लोब्यूला जायंट मूव्हमेंट डिटेक्टर चेतापेशीच्या नैसर्गिक प्रतिसादाशी जुळणारी महत्वाची गुणवैशिष्ट्ये आणि स्पाईकची वेळ साध्य करणे. दुसरे मोठे आव्हान म्हणजे द्विमितीय (2D) पदार्थावर आधारित इतर नॉर्दीच्या तुलनेत या संपूर्ण सर्किटचा एकूण ऊर्जा अपव्यय सर्वोत्तम पातळीपर्यंत कमी करणे. ही दोन्ही आव्हाने पेलण्यासाठी द्विमितीय सबथ्रेशोल्ड ट्रान्झिस्टरच्या वैशिष्ट्यांची काळजीपूर्वक केलेली संरचना अतिशय महत्वाची ठरली, आणि याचमुळे आमचे काम यासारख्या इतर कामांच्या तुलनेत विशेष ठरले.”

एलजीएमडीसारख्या या चेतापेशी सर्किटला धडकसदृश इनपुट दिले असता ते समोरील संभाव्य वस्तू ओळखू शकले व धडक होण्याची शक्यता वर्तवणारा संकेत देऊ शकले. हे काम त्याने १०० pJ इतक्या कमी ऊर्जेचा वापर करून केले. याशिवाय हे सर्किट समोरून जवळ येत्या आणि मागे सरत जाणाऱ्या वस्तूंमध्ये फरक करू शकले. यामुळे थेट वाटेत येण्याऱ्याच वस्तूंना निवडक प्रतिसाद देणे त्याला शक्य झाले. संभाव्य धोक्यांना प्रतिसाद देण्याचा प्राधान्यक्रम ठरवण्याच्या दृष्टीने ही निवड क्षमता फार महत्वाची ठरते. विद्युत् प्रवाह कमीजास्त झाला किंवा इनपुटमध्ये काही अनावश्यक बाबी (नॉइज) आल्या तरीही या कृत्रिम चेतापेशी विश्वसनीयरीत्या काम करू शकतात. यामुळे वास्तविक जगातील प्रत्यक्ष वापरासाठी ही यंत्रणा विश्वासाह आणि मजबूत ठरते.

स्वायत्त यंत्रमानव तंत्रज्ञान आणि वाहन दिकचालन या क्षेत्रांमध्ये या संशोधनाच्या निष्कर्षांचा विशेष लाभ होऊ शकतो. अतिनिम्न उर्जेवर चालणारे स्पायकिंग न्यूरॉन सर्किट सध्या वापरात असलेल्या यंत्रणांमध्ये एकसंधपणे सामावून घेता येऊ शकते. यामुळे कमी ऊर्जा वापरून अचूकपणे अडथळा ओळखणे शक्य होईल.

स्वायत्त यंत्रांना नव्या, अपरिचित किंवा वेगाने बदलत्या भवतलात सुरक्षित व विश्वासाह काम करण्यासाठी या यंत्रणेचा उपयोग होईल.

किंग्ज कॉलेज, लंडन येथील अभियांत्रिकी विभागातील प्राध्यापक आणि या शोधनिबंधाचे सहलेखक बिपिन राजेंद्रन म्हणाले, “हे स्पायकिंग न्यूरॉन सर्किट अडथळे ओळखण्यासाठी वापरले जाऊ शकते हे आम्ही दाखवले. याशिवाय, कमी उर्जेवरील स्पायकिंग न्यूरॉन तंत्र ज्या ज्या ठिकाणी आवश्यक आहे अशा अॅनालॉग किंवा मिश्र संकेत तंत्रज्ञानावर आधारित इतर न्यूरॉमॉर्फिक अनुप्रायोगांसाठी देखील याचा उपयोग होऊ शकतो.”

हे नवे तंत्रज्ञान बाजारात कसे आणता येईल याबाबत सांगताना प्रा. सौरभ लोढा म्हणाले, “ट्रान्झिस्टरच्या भविष्यातील प्रगतीच्या दृष्टीने सेमीकंडक्टर क्षेत्राचा द्विमितीय पदार्थांमधील रस वाढतो आहे. हा वापर प्रत्यक्षात किती प्रमाणात वाढतो हे द्विमितीय पदार्थांवर आधारित उपकरणांमधील काही तांत्रिक समस्यांवर काय प्रकारच्या उपाययोजना होतात त्यावर अवलंबून आहे. उदाहरणार्थ या उपाययोजना सध्या वापरात असलेल्या तंत्रज्ञानाशी, प्रक्रिया आणि त्यातील गुंतागुंतीच्या दृष्टीने संलग्न असणे आवश्यक आहे. मग त्यातील लॉजिक असो, मेमरी असो किंवा एमइएमएस असो, सेमीकंडक्टर तंत्रज्ञानाच्या इतर वैशिष्ट्यांमध्ये सहजपणे समाविष्ट होऊ शकतील अशा असल्या पाहिजेत. आणि क्वांटम संगणनासारख्या भविष्यातील तंत्रज्ञानाला मदत करणाऱ्या असल्या पाहिजेत.”

अतिनिम्न उर्जेवर चालणाऱ्या स्पायकिंग न्यूरॉन सर्किटच्या विकसनासाठी द्विमितीय पदार्थांचा वापर करून या संशोधनाने न्यूरॉमॉर्फिक अभियांत्रिकी व स्वायत्त यंत्रमानव तंत्रज्ञान क्षेत्रांमध्ये लक्षणीय प्रगती साधली आहे. या शोधांमुळे अडथळा-शोध आणि रोध या प्रक्रियेमध्ये क्रांतिकारी बदल घडू शकतात तसेच यामुळे अधिक प्रगत न्यूरॉमॉर्फिक यंत्रणा निर्मितीच्या आणि त्यांच्या प्रत्यक्ष वापराच्या भविष्यातील कामाचा मार्ग प्रशस्त झाला आहे.

VETTED / UNVETTED	Vetted
Title of Research Paper	Ultra-low power neuromorphic obstacle detection using a two-dimensional materials-based subthreshold transistor

VETTED / UNVETTED	Vetted
DOI of the Research Paper as a link	https://doi.org/10.1038/s41699-023-00422-z
List of all researchers with affiliations	<p>Kartikey Thakar, Department of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology Bombay</p> <p>कर्तिकेय ठाकर, विद्युत अभियांत्रिकी विभाग, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई</p> <p>Bipin Rajendran, Department of Engineering, King's College London</p> <p>बिपिन राजेंद्रन, अभियांत्रिकी विभाग, किंगज कॉलेज, लंडन</p> <p>Saurabh Lodha, Department of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology Bombay</p> <p>सौरभ लोढा, विद्युत अभियांत्रिकी विभाग, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई</p>
Email of researcher/s	<p>Kartikey Thakar <kartik.iitb.ue@gmail.com></p> <p>Saurabh Lodha <saurabh.lodha@gmail.com></p> <p>Bipin Rajendran <rajendran.bipin@gmail.com></p>
Writer name	Dennis C. Joy डेनिस सी. जॉय
Transcreator name	Shweta bhide श्वेता भिडे
Credits to Graphic:	Dennis C. Joy
Subject	Science/Technology/Engineering/Ecology/Health/Society
Article to be Sectioned Under [<p>Deep Dive/Friday Features/Fiction Friday/Joy of Science/News+Views/News/Scitoons/Catching up/OpEd/Featured/Sci-Qs/Infographics/Events</p>
Social Media TAGS separated by Comma	
Social Media Posts Suggestions/ Links to interesting relevant content [optional] [writer]	

VETTED / UNVETTED	Vetted
Social Media Handles to be added	@iitbombay,
Social Media handles of writer	@denniscj8
Social Media handles of researchers	@RajendranBipin (X)
Location:	Mumbai मुंबई