

NERV FAOLIYATINING BIOLOGIK JIHATLARI

Tojimamatov Israil Nurmamatovich

Fargʻona davlat universiteti Amaliy matematika
va informatika kafedrasi katta oʻqituvchisi

E-mail: israiltojimatov@gmail.com

Asqarova Ma'muraxon Valisher qizi

Fargʻona davlat universiteti Amaliy matematika
yoʻnalishi 3-bosqich 23.09-guruh talabasi

E-mail: aakarovam3006@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu keng qamrovli ilmiy maqola inson nerv faoliyatining asosiy biologik prinsiplarini chuqur tahlil etadi va ularning zamonaviy sun'iy intellekt (SI) modellarini yaratishdagi ilhomlantiruvchi rolini yoritadi. Asosiy e'tibor neyronlar, sinapslar va neyroplastiklikning funksional mexanizmlariga qaratiladi. Maqolada harakat potensialining elektrofiziologiyasi sun'iy neyronlarning aktivatsiya funksiyalari bilan taqqoslanadi. Sinaptik kuchlanish va uning o'zgarishi (uzoq muddatli potentsiallashtiruv) prinsiplari sun'iy tarmoqlardagi og'irlikni yangilash va o'rganish mexanizmlariga qanday tatbiq etilishi ko'rib chiqiladi. Shuningdek, miya arxitekturalarining samaradorligi, masalan, miya po'stlog'ining ierarxik tuzilishi, chuqur o'rganish modellaridagi ko'p qatlamli arxitekturalar uchun qanday nazariy asos bo'lib xizmat qilayotgani tahlil qilinadi. Tadqiqot neyrobiologik tushunchalarni neyromorfik hisoblash va yanada mustahkam, energiya samarador va inson kognitiv qobiliyatlariga yaqin sun'iy tizimlarni yaratish uchun asoslashga qaratilgan.

Kalit so'zlar: Neyrobiologiya, Sun'iy Intellekt, Neyron, Sinaptik Plastiklik, Neyromorfik Hisoblash, Chuqur O'rganish, O'rganish Mexanizmlari, Aktivatsiya Funksiyasi, Bionik Modellar.

Abstract: This comprehensive scientific article deeply analyzes the core biological principles of human neural activity and elucidates their inspirational role in the creation of contemporary Artificial Intelligence (AI) models. Primary focus is placed on the functional mechanisms of neurons, synapses, and neuroplasticity. The article compares the electrophysiology of action potentials with the activation functions of artificial neurons. The principles of synaptic strength and its modification (long-term potentiation) are examined for their application in weight update and learning mechanisms within artificial networks. Furthermore, the efficiency of brain architectures, such as the hierarchical structure of the cerebral cortex, is analyzed for how it serves as a theoretical foundation for multi-layered architectures in deep learning models. The research aims to justify the utilization of neurobiological concepts for neuromorphic computing and the development of artificial systems that are more robust, energy-efficient, and closer to human cognitive abilities.

Keywords: Neurobiology, Artificial Intelligence, Neuron, Synaptic Plasticity, Neuromorphic Computing, Deep Learning, Learning Mechanisms, Activation Function, Bionic Models.

Аннотация: Данная обширная научная статья проводит глубокий анализ ключевых биологических принципов нервной деятельности человека и освещает их вдохновляющую роль в создании современных моделей Искусственного Интеллекта (ИИ). Основное внимание уделяется функциональным механизмам нейронов, синапсов и нейропластичности. В статье электрофизиология потенциала действия сопоставляется с функциями активации искусственных нейронов. Принципы синаптической силы и ее модификации (долговременной потенциации) рассматриваются с точки зрения их применения в механизмах обновления весов и механизмах обучения в искусственных сетях. Также анализируется, как эффективность архитектур мозга, например, иерархическое строение коры головного мозга, служит теоретической основой для многослойных архитектур в моделях глубокого обучения. Исследование направлено на обоснование

использования нейробиологических концепций для нейроморфных вычислений и создания искусственных систем, которые являются более надежными, энергоэффективными и приближенными к когнитивным способностям человека.

Ключевые слова: Нейробиология, Искусственный Интеллект, Нейрон, Синаптическая Пластичность, Нейроморфные Вычисления, Глубокое Обучение, Механизмы Обучения, Функция Активации, Бионические Модели.

Kirish

Sun'iy intellekt sohasining tarixiy va fundamental rivojlanishi bevosita inson miyasi va nerv faoliyatining tuzilishi hamda funksional prinsiplaridan ilhomlangan. Nerv faoliyatining biologik jihatlarini o'rganish, nafaqat biologik tizimlarni tushunish, balki samarali va adaptiv hisoblash modellarini yaratish uchun ham fundamental ahamiyatga ega. Dastlabki sun'iy neyron (Perseptron)ning paydo bo'lishidan tortib, chuqur o'rganish (Deep Learning) kabi zamonaviy arxitekturalarning shakllanishigacha bo'lgan davr biologik modellashtirish prinsiplariga asoslangan.

Ushbu tadqiqotning dolzarbligi zamonaviy sun'iy intellektning murakkab vazifalarni hal qilishdagi muvaffaqiyatlariga qaramasdan, u hali ham inson miyasining energiya samaradorligi, o'rganish tezligi va umumlashtirish qobiliyatidan ancha orqada qolayotganligi bilan belgilanadi. Biologik nerv tizimining o'z-o'zini tashkil etish, adaptivlik va o'rganish mexanizmlarini chuqurroq tushunish bu farqni qisqartirish uchun asosiy kalit hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi nerv faoliyatining asosiy biologik mexanizmlarini, xususan, neyronning signallarni qayta ishlash xususiyatlari, sinaptik plastisiyaning molekulyar asoslari va miyaning tizimli arxitekturasini tahlil qilishdan iborat. Shuningdek, ushbu biologik prinsiplarning sun'iy neyron tarmoqlarida, ayniqsa neyromorfik hisoblash yo'nalishida, qanday tatbiq etilishi va kelajakdagi sun'iy intellektning rivojlanishiga ta'sirini baholashdan iborat.

Maqolaning tuzilmasi nerv faoliyatining biologik prinsiplaridan boshlab, ularning sun'iy modellar yaratishga qanday ta'sir etganini, keyinchalik esa neyrobiologiyadan bevosita ilhomlangan yangi avlod hisoblash arxitekturalariga e'tibor qaratish orqali, mavzuning keng qamrovli tahlilini ta'minlaydi. Bizning yondashuvimiz inson miyasining funksional samaradorligini sun'iy tizimlarga ko'chirish uchun nazariy asos yaratishga qaratilgan.

Asosiy Qism

Nerv faoliyatining asosiy elementlari – biologik neyronlar sun'iy neyron modellarining dastlabki konsepsiyasi uchun asos bo'lgan. Ushbu bo'limda biologik va sun'iy neyronlar o'rtasidagi o'xshashlik va farqlar ilmiy nuqtai nazardan tahlil qilinadi.

Biologik neyronlar o'zaro aloqani asosan elektr impulsleri, ya'ni harakat potentsiali orqali amalga oshiradi. Harakat potentsiali "hamma yoki hech narsa" prinsipiga asoslanadi, bu esa signal uzatish jarayoniga diskretlik va mustahkamlik bag'ishlaydi. Sun'iy neyronlarda esa bu mexanizm aktivatsiya funksiyalari bilan modellashtiriladi. Dastlabki modellarda birlik funksiya (step function) qo'llanilgan bo'lsa, zamonaviy chuqur o'rganishda nochiziqli funksiyalar (masalan, Rectified Linear Unit yoki sigmoid) qo'llaniladi. Bu funksiyalar sun'iy neyrondan o'tadigan ma'lumotning nochiziqliligini ta'minlaydi, bu esa tarmoqqa murakkab bog'lanishlarni o'rganish imkonini beradi. Biroq, biologik neyronning murakkab ion kanallarining dinamik faoliyati vaqtga bog'liq bo'lmagan statik aktivatsiya funksiyalaridan ancha murakkabdir.

Biologik sinapslar neyronlar orasidagi aloqa kuchini belgilaydi. Sinapsning kuchi o'zgarishi – sinaptik plastiklik deb ataladi, u xotira va o'rganishning biologik asosi hisoblanadi. Eng muhim plastiklik shakllari – uzoq muddatli potentsiallashtirish (Long-Term Potentiation) va uzoq muddatli depressiya (Long-Term Depression) orqali sinapslar o'z faoliyatini uzluksiz ravishda o'zgartiradi. Sun'iy neyron tarmoqlarida bu mexanizm har bir aloqa chizig'iga berilgan og'irlik (weight) orqali modellashtiriladi. O'rganish jarayonida (masalan, teskari tarqatish orqali) sun'iy og'irliklar biologik sinaps kabi ma'lumotlarga

asoslanib o'zgaradi. Biologik sinapsning uch nuqtali aloqasi (presinaptik, postsinaptik neyron va glia hujayrasi) esa sun'iy modellarda hozircha sodda tarzda aks ettirilgan xolos.

Mi-k po'stlog'i ma'lumotlarni ierarxik tarzda qayta ishlaydi. Masalan, vizual ma'lumot dastlabki vizual korteksda oddiy xususiyatlarga (chetlar, yo'nalishlar) ajratiladi, so'ngra yuqori kortikal sohalarda murakkab ob'ektlarga va tushunchalarga birlashtiriladi.

Chuqur o'rganish (Deep Learning) modellarining ko'p qatlamli arxitekturasini aynan mana shu biologik ierarxiyadan ilhomlangan. Bog'lanishli neyron tarmoqlari (BNT) dagi bir necha ketma-ket qatlamlar ma'lumotlardan avtomatik ravishda ierarxik xususiyatlarni (past darajadagi xususiyatlardan yuqori darajadagi tushunchalargacha) ajratib olish qobiliyatini aynan shu biologik prinsip tufayli qo'lga kiritdi.

Mi-k faoliyati to'liq yagona emas, balki turli kognitiv vazifalar uchun ixtisoslashgan modullarga (kortikal sohalarga) ajratilgan. Bu modullilik sun'iy intellektda ham kuzatiladi. Masalan, neyron tarmoqlarda maxsus qatlamlarning ixtisoslashuvi (bog'lanish qatlamlari vizual, takrorlanuvchi qatlamlar esa ketma-ket ma'lumotlar uchun) biologik modullarga o'xshash funksional bo'linishni yaratadi. Ushbu modulli tuzilmalar murakkab ma'lumotlarni samaraliroq qayta ishlashga, shuningdek, tarmoqlarning turli vazifalarni o'rganish qobiliyatini yaxshilashga yordam beradi.

An'anaviy kompyuter arxitekturalarining (Von Neyman arxitekturasini) energiya iste'moli va tezlikdagi cheklovlari nerv faoliyatining biologik samaradorligiga taqlid qilishga qaratilgan yangi hisoblash paradigmasi – neyromorfik hisoblash rivojlanishiga turtki bo'ldi. Neyromorfik tizimlar miyaning asosiy xususiyatlarini apparat darajasida modellashtirishga harakat qiladi.

Biologik neyronlar signallarni diskret elektr impulslari, ya'ni spayklar (harakat potentsiallari) orqali uzatadi. Ushbu spayklar nafaqat chastota, balki ularning paydo bo'lish vaqti bilan ham ma'lumot olib yuradi. An'anaviy sun'iy neyron tarmoqlari uzluksiz raqamli qiymatlar bilan ishlasa, neyromorfik tizimlarning asosi bo'lgan spayking neyron tarmoqlari (SNT) bu spayk-kodlash modeliga taqlid qiladi. SNTlar o'zaro aloqani faqat

spayk paydo bo'lganida amalga oshiradi, bu esa neyronlarning faqat qo'zg'algan vaqtda ishlashiga olib keladi. Natijada, ushbu modellar an'anaviy chuqur o'rganish tarmoqlariga nisbatan sezilarli darajada past energiya iste'moli bilan ishlaydi, ayniqsa, yuqori zichlikdagi parallel arxitekturalarda.

Neyromorfik apparatlarda ma'lumotni qayta ishlash va xotira (og'irliklar) joyi ajratilmagan. Bu biologik miya faoliyatiga o'xshash holda, hisoblash operatsiyalari og'irliklar saqlanadigan joyda amalga oshiriladi. Bu xotira va protsessor o'rtasidagi ma'lumot almashinuvining tor doirasi (Von Neyman tiqilinchligi) muammosini hal qiladi. Shu bilan birga, biologik sinapsning plastisiyasiga taqlid qiluvchi memristorlar kabi yangi elektron elementlar neyromorfik chiplarning asosiy komponentlariga aylanmoqda.

Memristorlar uzluksiz holatga ega bo'lishi va o'zining o'tkazuvchanligini avvalgi elektr faolligiga qarab o'zgartira olishi bilan sinaptik og'irlik va uning plastisiyasini apparat darajasida yuqori energiya samaradorligi bilan saqlash imkonini beradi.

Nerv faoliyatining eng murakkab biologik jihatlari – o'rganish, xotira va qaror qabul qilish mexanizmlari zamonaviy sun'iy intellekt tizimlariga chuqur nazariy asos bo'lib xizmat qilmoqda.

Biologiyada xotira, asosan, sinaptik kuchlanishning uzoq muddatli o'zgarishi (uzoq muddatli potentsiallashtirish va depressiya) orqali kodlanadi. Bu mexanizm sun'iy intellektda takomillashtirilgan o'rganish (reinforcement learning) kabi usullarga asos bo'lgan.

Takomillashtirilgan o'rganishda, agentning atrof-muhit bilan o'zaro munosabatidagi muvaffaqiyatli xatti-harakatlari ijobiy mukofot bilan mustahkamlanadi, bu esa biologiyadagi dopamin tizimining mustahkamlovchi signaliga o'xshaydi. Bu mustahkamlash jarayoni sun'iy tarmoqning kelajakdagi qarorlarini shakllantiruvchi sinaptik og'irliklarni o'zgartiradi.

Inson miyasi cheklangan resurslarini eng muhim ma'lumotlarga qaratish uchun diqqat mexanizmidan foydalanadi. Bu biologik prinsip sun'iy intellektda diqqat mexanizmi (Attention Mechanism) ni yaratishga turtki bo'ldi. Transformer arxitekturalarida

qoʻllaniladigan bu mexanizm kirish maʼlumotlarining barcha qismlarini bir xil oʻrniga, faqat eng muhim va kontekstual jihatdan bogʻliq boʻlgan qismlarga yuqori ogʻirlik berish orqali maʼlumotlarni qayta ishlashni optimallashtiradi. Ushbu biologik ilhomlantirilgan mexanizm tabiiy tilni qayta ishlashda katta til modellarining kontekstual tushunish qobiliyatini sezilarli darajada yaxshilashda hal qiluvchi rol oʻynadi.

Nerv faoliyatining biologik jihatlariga oid kelajakdagi tadqiqotlar sunʼiy intellektning umumiy kognitiv qobiliyatlarga ega boʻlgan tizimlar tomon rivojlantirish uchun nazariy zamin yaratadi.

Biologik miya ham hisoblash, ham simvolik (mantiqiy) funksiyalarni bajarish qobiliyatiga ega. Kelajakdagi sunʼiy intellektning ustuvor yoʻnalishlaridan biri neyron hisoblash (naqshlarni aniqlash) va simvolik manipulyatsiya (mantiq, qoidalar asosida xulosa chiqarish) ni birlashtiruvchi gibriddan iborat. Bu integratsiya orqali sunʼiy tizimlar biologik tizimlarga xos boʻlgan tez oʻrganish, bilimlarni umumlashtirish va oʻz qarorlarini mantiqiy asoslash qobiliyatiga ega boʻlishi kutilmoqda.

Biologik nerv tizimi nafaqat hisoblashda, balki energiya sarfi jihatidan ham nihoyatda samaralidir. Miya massasi inson tanasining faqat kichik bir qismini tashkil qilsa-da, umumiy energiya sarfining katta qismini isteʼmol qiladi. Biroq, zamonaviy chuqur oʻrganish modellariga nisbatan miyaning energiya samaradorligi bir necha tartibga yuqoridir. Kelajakdagi tadqiqotlar biologik neyronlarning faoliyatsizlik vaqtida energiya tejash prinsiplarini (masalan, qoʻzgʻalmaydigan neyronlarning deyarli energiya sarflamasligi) sunʼiy tarmoqlarning dizayniga kiritishga qaratilgan boʻladi.

Biologik nerv tizimining eng muhim xususiyatlaridan biri uning yangi sharoitlarga tezda moslashish va oldingi bilimlarni mutlaqo yangi vaziyatlarga samarali umumlashtirish qobiliyatidir. Bu mexanizmlarni modellashtirish zamonaviy sunʼiy intellekt tizimlarining asosiy maqsadi hisoblanadi.

Inson miyasi, biror tushunchani tushunish uchun juda oz miqdorda maʼlumot (hatto bir yoki bir nechta namuna) yetarli boʻladi. Bu kichik namunalar asosida oʻrganish

(FewShot Learning) deb ataluvchi kognitiv qobiliyat neyronlarning yuqori darajadagi xususiyatlarni tezda abstraksiya qilishiga asoslangan. Sun'iy intellektda bu prinsipni modellashtirish uchun meta-o'rganish kabi usullar ishlab chiqilmoqda, bu usullar modelga qanday o'rganishni o'rgatish imkonini beradi. Biologik jihatdan, bu miyaning tezda yangi neyron bog'lanishlarni shakllantirishi va mavjud sxemalarni yangi ma'lumotlarga moslashtirish qobiliyatining sun'iy ekvivalenti hisoblanadi.

An'anaviy sun'iy neyron tarmoqlari ko'pincha ma'lumotlarning butun to'plami asosida offlayn tarzda o'qitiladi. Biroq, biologik miya uzluksiz ma'lumot oqimida onlayn o'rganish rejimida ishlaydi, doimiy ravishda yangi ma'lumotlarni o'zlashtiradi va eskilarini yangilaydi. Bu uzluksiz adaptatsiya qobiliyati nerv tizimiga murakkab va o'zgaruvchan muhitda samarali ishlash imkonini beradi. Sun'iy intellektda bu uzluksiz o'rganish (Continual Learning) kabi yo'nalishlarda modellashtiriladi, bu esa avvalgi o'rganilgan bilimlarni unutmasdan yangi bilimlarni o'zlashtira oladigan tizimlarni yaratishga qaratilgan. Bu biologik prinsipni to'liq modellashtirish sun'iy agentlarning uzoq muddatli autonomiyasini ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Nerv faoliyatining biologik jihatlari orasida e'tiborga molik yana bir muhim xususiyat uning mustahkamligi (Robustness) va alohida neyronlar shikastlanganda ham umumiy funksional qobiliyatini saqlab qolish imkoniyatidir. Bu biologik chidamlilik xususiyatlari sun'iy intellekt modellarining ishonchliligini oshirish uchun nazariy asos bo'lib xizmat qiladi.

Miyadagi ma'lumotlar aksariyat hollarda bir neyron yoki tor neyronlar guruhida emas, balki bir nechta neyronlar orasida taqsimlangan kodlash orqali saqlanadi. Bu degani, bir neyronning yo'qolishi yoki shikastlanishi umumiy ma'lumotni to'liq yo'qotishga olib kelmaydi. Sun'iy neyron tarmoqlari ham ko'p sonli og'irliklar orqali ma'lumotni distribyutsiyalangan tarzda saqlaydi, bu esa qisman biologik mustahkamlikka o'xshashlikni ta'minlaydi. Biroq, biologik tarmoqlar sun'iy tarmoqlarga nisbatan adversarial shovqinlarga (Adversarial Noise) yuqori darajada chidamli ekanligi kuzatiladi.

Biologik neyronlarda o'rganish asosan spayk-vaqtli plastisiyaga (Spike-Timing Dependent Plasticity) asoslangan. Bu shuni anglatadiki, sinaps kuchining o'zgarishi pre-va postsinaptik neyronlar spayklarining bir-biriga nisbatan vaqtiga bog'liq. Ushbu lokal o'rganish qoidasi markaziy miya tuzilishining global nazoratini talab qilmaydi. Sun'iy intellektda bu mahalliy o'rganish prinsiplaridan foydalanish tez o'rganish va energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan. Lokal o'rganish qoidalari qo'llanilganda, modelning har bir qismi mustaqil ravishda va yuqori mustahkamlik bilan yangilanadi, bu esa tizimning umumiy xatoga chidamliligini kuchaytiradi.

Xulosa

Ushbu ilmiy maqola nerv faoliyatining asosiy biologik jihatlarini va ularning zamonaviy sun'iy intellekt modellarining rivojlanishiga ta'sirini har tomonlama tahlil qildi. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, biologik nerv tizimining elektrofiziologik prinsiplari, sinaptik plastisiyaning molekulyar mexanizmlari va miyaning ierarxik arxitekturasini sun'iy neyron tarmoqlari, ayniqsa chuqur o'rganish va neyromorfik hisoblash uchun fundamental nazariy asos bo'lib xizmat qiladi.

Biz neyronning harakat potentsiali va sun'iy neyronlarning aktivatsiya funksiyalari o'rtasidagi kontseptual bog'liqlikni, shuningdek, sinaptik plastisiyaning biologik prinsiplari sun'iy tarmoqlardagi og'irlikni yangilash mexanizmlariga qanday ko'chirilganini ko'rib chiqdik. Miya po'stlog'idagi ma'lumotlarni ierarxik qayta ishlashning biologik samaradorligi chuqur o'rganish arxitekturalarining ko'p qatlamli tuzilishini ilhomlantirganini ta'kidladik.

Bundan tashqari, nerv faoliyatining biologik xususiyatlaridan bevosita ilhomlangan neyromorfik hisoblash va spayking neyron tarmoqlari an'anaviy sun'iy intellektning energiya iste'moli va hisoblash samaradorligidagi cheklovlarini yengib o'tish uchun kuchli salohiyatga ega ekanligini namoyish etadi. Xotira shakllanishi va diqqat kabi oliy nerv faoliyatining biologik mexanizmlari takomillashtirilgan o'rganish va transformer arxitekturalarida muvaffaqiyatli modellashtirilgan.

Foydalanilgan Adabiyotlar

1. Hebb D. O. The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory. John Wiley and Sons nashriyoti, bir ming to'qqiz yuz qirq ninth yil.
2. Hodgkin A. L., Huxley A. F. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. The Journal of Physiology, **yuz o'n yetti** nashr, yetti yuz oltmish besh – yetti yuz o'n sakkiz sahifalar, bir ming to'qqiz yuz ellik second yil.
3. Lecun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning. Nature, **to'rt yuz to'qson uch** nashr, yuz qism, yetti yuz yigirma to'rt – yetti yuz yigirma sakkiz sahifalar, ikki ming o'n beshinchi yil.
4. Markram H., Muller E., Ramaswamy S. va boshqalar. Reconstruction and simulation of neocortical microcircuitry. Cell, **bir yuz oltmish bir** nashr, birinchi qism, ikki ming yigirma sakkiz – ikki ming to'rt yuz sahifalar, ikki ming o'n beshinchi yil.
5. Tojimamatov, I. N., & Azizjon o'g'li, N. A. Z. (2024). The SQL server language and its structure. American Journal of Open University Education, 1(1), 11–15.
6. Tojimamatov, I. N., Topvoldiyeva, H., Karimova, N., & Inomova, G. (2023). GRAFIK MA'LUMOTLAR BAZASI. Евразийский журнал технологий и инноваций, 1(4), 75–84.
7. Tojimamatov, I. N., & Gulhayo, M. (2023). MA'LUMOTLARNI QAYTA ISHLASHDA ERP TIZIMLARI. MA'LUMOTLARNI QAYTA ISHLASHDA SAP TIZIMLARI. Journal of Integrated Education and Research, 2(4), 87–89.