

ASSOSIATIV XOTIRA VA UNING TURLARI

Tojimamatov Israil Nurmatovich

Farg'ona davlat universiteti Amaliy matematika va informatika kafedrasi katta o'qituvchisi

Surayyo Turg'unova Ulug'bek qizi

surayyoturgunova16@gmail.com

Annotatsiya.

Ushbu tezisda sun'iy intellekt sohasida qo'llaniladigan assosiativ xotira modellarining nazariy asoslari va amaliy jixatlari yoritildi. Assosiativ xotira inson miyasidagi assosiativ fikrlash jarayonlariga o'xshash ravishda ma'lumotlarni bog'lanishlar orqali saqlash va to'liq bo'lmagan, shovqinli kirishlardan tiklash imkonini beruvchi mexanizm sifatida ko'rib chiqiladi. Hopfield tarmoqlari, Boltzmann mashinalari, Hamming tarmoqlari va Bidirectional Associative Memory (BAM) modellarining ishlash prinsiplari va Python kutubxonalari yordamida ularni modellashtirish imkoniyatlari tahlil etildi.

Kalit so'zlar: *assosiativ xotira, Hopfield tarmog'i, Boltzmann mashinasi, Hamming tarmog'i, BAM, Python, sun'iy neyron tarmoqlar, naqshlarni tiklash, energiya minimizatsiyasi.*

Abstract. *This thesis highlights the theoretical foundations and practical aspects of associative memory models used in the field of artificial intelligence. Associative memory, similar to the processes of associative thinking in the human brain, is considered a mechanism that allows storing information through connections and recovering from incomplete, noisy inputs. The principles of operation of Hopfield networks, Boltzmann machines, Hamming networks, and Bidirectional Associative Memory (BAM) models, as well as the possibilities of their modeling using Python libraries, were analyzed.*

Keywords: *associative memory, Hopfield network, Boltzmann machine, Hamming network, BAM, Python, artificial neural networks, pattern restoration, energy minimization.*

Аннотация. *В данном тезисе освещены теоретические основы и практические аспекты моделей ассоциативной памяти, применяемых в области искусственного интеллекта. Ассоциативная память рассматривается как механизм, который позволяет хранить информацию посредством связей и восстанавливать ее от неполных, шумных входов, подобно процессам ассоциативного мышления в человеческом мозге. Проанализированы принципы работы сетей Хопфилда, машин Больцмана, сетей Хамминга и моделей*

Bidirectional Associative Memory (BAM) и возможности их моделирования с использованием библиотек Python.

Ключевые слова: ассоциативная память, сеть Hopfield, машина Больцмана, сеть Hamming, BAM, Python, искусственные нейронные сети, восстановление узоров, минимизация энергии.

Kirish

Hozirgi kunda sun'iy intellekt texnologiyalari rivojlanishining muhim yo'nalishlaridan biri – bu inson miyasining xotira va fikrlash mexanizmlarini modellashtirishdir. Assosiativ xotira – ma'lumotlarni an'anaviy indekslangan tarzda emas, balki assotsiatsiyalar orqali saqlovchi tizim bo'lib, unda kirish signallarining to'liq bo'lmagan yoki shovqinli bo'lishiga qaramay, xotirada saqlangan namunalarni qayta tiklash mumkin. Ushbu yondashuv tafakkur jarayonlaridagi tabiiy assotsiatsiyalarni imitatsiya qilgani sababli ko'plab intellektual tizimlarning asosini tashkil etadi. Neyron tarmoqlar asosidagi assosiativ xotira modellaridan Hopfield tarmoqlari, Boltzmann mashinalari, Hamming tarmoqlari va Bidirectional Associative Memory (BAM) eng ko'p uchraydigan modellar bo'lib, ular turlicha matematik prinsiplar asosida ma'lumotlar o'rtasidagi bog'lanishlarni hosil qiladi. Python dasturlash tili va uning NumPy, TensorFlow kabi kutubxonalari ushbu modellarni yaratish va o'rganishda qulay muhit yaratadi. Mazkur tezisda ushbu modellarining mohiyati, ishlash algoritmlari va amaliy misollarini ko'rib chiqish orqali assosiativ xotiraning sun'iy intellektidagi roli yoritiladi.

Assosiativ xotira — bu ma'lumotlarni ular orasida mavjud bo'lgan assotsiatsiyalar yordamida saqlaydigan va qayta tiklaydigan tizim bo'lib, u sun'iy intellektning muhim yo'nalishlaridan biridir. Bu modelda keraksiz tafsilotlardan ko'ra naqshlar (patterns) o'rtasidagi aloqalar (weights) asosiy rol o'ynaydi. Assosiativ xotira modellarida axborot vektorlar shaklida kodlanadi va neyronlar o'rtasidagi vazn matritsalarini orqali qayta ishlanadi.

Assosiativ xotiraning asosiy funksiyalari quyidagilardan iborat:

- To'liq bo'lmagan ma'lumotni tiklash;
- Shovqinli kirishlardan toza naqshni ajratib olish;
- Eng mos keluvchi xotira elementini topish (closest match);
- Neyronlar o'rtasidagi bog'lanishlar orqali eslab qolish.

Assosiativ xotiraning turlari

Assosiativ xotiraning bir nechta ilmiy asoslangan modellaridan quyidagilar eng keng tarqalgan.

Hopfield tarmoqlari

Hopfield tarmoqlari — assosiativ xotiraning klassik modeli bo'lib, 1982-yilda Jon Hopfield tomonidan taklif qilingan. Bu model to'liq ulanadigan, qaytar aloqaga

ega bo'lgan neyronlardan iborat bo'lib, undagi barcha neyronlar o'zaro bog'langan. Tarmoq xotirasi maxsus vazn matritsasi orqali tashkil qilinadi va har bir saqlangan naqsh energiya funksiyasining minimumi sifatida ifodalanadi. Shovqinli yoki to'liq bo'lmagan kirishlar energiya funksiyasining minimallashtirilishi orqali toza naqshga olib keladi. Hopfield tarmog'ining energiya funksiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} s_i s_j$$

Ushbu funksiya minimallashtirishda xotiradagi haqiqiy naqsh tiklanadi. Hopfield tarmog'i izotrop va simmetrik vaznlar strukturasiga ega bo'lgani bilan ajralib turadi.

Boltzmann mashinasi

Boltzmann mashinasi — ehtimollik asosida ishlaydigan assosiativ xotira modeli bo'lib, Hopfield tarmog'i bilan o'xshashlikka ega. Biroq bu modelda neyronlarning holati tasodifiy (stoxastik) tarzda yangilanadi. Boltzmann mashinasining asosiy afzalligi murakkab naqshlar o'rtasidagi bog'lanishlarni o'rganish imkoniyati hisoblanadi. Amaliyotda uning soddalashtirilgan turi — Restricted Boltzmann Machine (RBM) ko'proq qo'llanadi.

Boltzmann mashinalarining qo'llanilishiga quyidagilar kiradi:

- tasvirlarni qayta tiklash;
 - tavsiya tizimlari;
 - masofaviy assotsiatsiyalarni o'rganish;
 - chuqur o'rganish tizimlaridagi Deep Belief Network (DBN) modellarini yaratish.
- Garchi algoritmik jihatdan murakkab bo'lsa-da, Boltzmann mashinalari kuchli assosiativ xotira imkoniyatiga ega.

Hamming tarmoqlari

Hamming tarmoqlari naqshlarni qiyoslashda Hamming masofasidan foydalanadigan assosiativ xotira modelidir. Hamming masofasi — ikki vektor orasidagi farqlanuvchi bitlar soni bilan aniqlanadi. Ushbu model asosida kirish vektori saqlangan vektorlar bilan solishtiriladi va eng kichik masofaga ega bo'lgan vektor natija sifatida tanlanadi.

Hamming tarmoqlarining xususiyatlari:

- hisoblash tezligi yuqori;
- mantiqiy vektorlar bilan ishlash uchun qulay;
- deterministik (aniq) ishlash mexanizmi mavjud.

Ikki yo'nalishli assosiativ xotira (BAM)

Bidirectional Associative Memory (BAM) modeli Simpson tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, unda X va Y vektorlar o'rtasida ikki yo'nalishli assotsiatsiya mavjud. Ya'ni, X vektori orqali Y tiklanadi va aksincha — Y orqali X tiklanadi. BAM tarmog'ining vazn matritsasi quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$W = \sum_{k=1}^p X_k Y_k^T$$

BAM quyidagi sohalarda qo'llanadi:

- simvol juftlarini eslab qolish;
- kodlash–dekodlash jarayonlari;
- ma'lumotlar juftligi bo'yicha assotsiatsiyalarni shakllantirish. Mazkur model ko'p yo'nalishli inson xotirasiga yaqin mexanizmga ega.

Python yordamida assosiativ xotira modellarini yaratish

Python dasturlash tili assosiativ xotira modellarini yaratish va ularning ishlash mexanizmini tadqiq qilishda juda qulay vosita sanaladi. U quyidagi kutubxonalar orqali katta imkoniyatlar yaratadi:

- NumPy — matritsalar va vektorlar bilan ishlash;
- Scikit-learn — mashinaviy o'qitish modellarini yaratish;
- TensorFlow va PyTorch — neyron tarmoqlarni o'qitish;
- Matplotlib — vizualizatsiya vositasi.

Hopfield tarmog'i kabi modellarni bir nechta qator Python kodi orqali yaratish mumkin. Pythonning moslashuvchanligi assosiativ xotira modellarini amaliyotda qo'llashni va ularning samaradorligini tajribada tekshirishni osonlashtiradi.

Xulosa

Assosiativ xotira sun'iy intellektda ma'lumotlarni inson xotirasiga o'xshash tarzda saqlash va tiklashga xizmat qiluvchi muhim konsepsiyadir. Hopfield tarmoqlari, Boltzmann mashinalari, Hamming tarmoqlari va BAM kabi modellar shovqinli yoki to'liq bo'lmagan kirishlardan to'g'ri ma'lumotni qayta tiklash imkonini beradi. Har bir modelning o'ziga xos matematik asoslari va qo'llanilish sohasi mavjud bo'lib, ular naqshlarni tanish, optimallashtirish va signal qayta ishlashda samarali ishlatiladi. Assosiativ xotira modellarining rivoji neuromorf hisoblash va chuqurlashgan o'rganish bilan integratsiya orqali yanada takomillashishi kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Bekmuratov Q.A. , Sun'iy intellekt va neyron tarmoqlar. O'quv qo'llanma, Samarqand – 2021.
2. Sadullayeva SH.A, Yusupov D.F., Yusupov F., Sun'iy intellect va neyronto'ri texnologiyalar. O'quv qo'llanma, Urganch – 2021.
3. H.N.Zayniddinov, T.A.Xo'jaqulov, M.P.Atadjanov, "Sun'iy intellekt" fanidan o'quv qo'llanma, Toshkent – 2018.
4. <http://www.raii.org/library> - Российская ассоциация искусственного интеллекта
5. <https://arxiv.org> Ilmiy maqolalar arxivi.
6. <https://www.sciencedirect.com> Elsevier ilmiy maqolalar bazasi.
7. <https://www.mdpi.com> Entropy, Mathematics, Computers