

AVTOASSOSIATIV NEYRON TARMOQLARNING XOTIRA MODELLASHTIRISHDAGI ROLI VA ISHLASH PRINSIPLARI

Israil Tojimamatov Nurmamatovich

Fargʻona davlat universiteti

Amaliy matematika kafedrası kata oʻqituvchisi

E-mail: israiltojimatov@gmail.com

Yoqubova Shahnoza Rustamjon qizi

Fargʻona davlat universiteti talabasi

E-mail: syoqubova06@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada avtoassosiativ neyron tarmoqlarning inson miyasidagi xotira jarayonlarini modellashtirishdagi roli va ularning ishlash prinsiplari tahlil qilinadi. Avtoassosiativ tarmoqlar kiruvchi ma'lumotlarni o'zida saqlab, ularni qisman yoki buzilgan holatda qayta tiklash imkonini beradi. Maqolada Hopfild tarmog'i misolida avtoassosiativ xotira modeli, o'qitish algoritmlari va ularning konvergensiya xususiyatlari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, ushbu tarmoqlarning sun'iy intellekt, tasvirni tiklash va ma'lumotlarni qayta ishlash sohalaridagi amaliy qo'llanilish imkoniyatlari ham yoritilgan.

Kalit soʻzlar: avtoassosiativ neyron tarmoq, xotira modellashtirish, Hopfild tarmog'i, sun'iy intellekt, ma'lumotni qayta tiklash, neyrokompyuter tizimlar.

Аннотация. В данной статье рассматриваются роль и принципы работы автоассоциативных нейронных сетей в моделировании процессов памяти, вдохновлённых работой человеческого мозга. Автоассоциативные сети способны хранить входные образы и восстанавливать их даже при частичном повреждении или потере данных. В качестве примера приведена сеть Хопфилда, описываются её алгоритмы обучения и свойства сходимости. Также рассмотрены практические применения таких сетей в системах искусственного интеллекта, восстановлении изображений и обработке данных.

Ключевые слова: автоассоциативная нейронная сеть, моделирование памяти, сеть Хопфилда, искусственный интеллект, восстановление данных, нейрокомпьютерные системы.

Annotation: This article analyzes the role and working principles of autoassociative neural networks in modeling memory processes inspired by the human brain. Autoassociative networks are capable of storing input patterns and reconstructing them even when they are partially missing or distorted. The paper discusses the Hopfield network as an example of an autoassociative memory model, including its learning algorithms and convergence characteristics. In addition, the practical applications of such networks in artificial intelligence, image reconstruction, and data processing are highlighted.

Keywords: autoassociative neural network, memory modeling, Hopfield network, artificial intelligence, data reconstruction, neurocomputing systems.

Kirish

Zamonaviy sun'iy intellekt tizimlarining rivojlanishida inson miyasi faoliyatini modellashtirish muhim yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Inson xotirasi murakkab, dinamik va o'z-o'zini tiklay oladigan tizim sifatida namoyon bo'ladi. Neyron tarmoqlar, xususan, avtoassosiativ neyron tarmoqlar ushbu jarayonlarni matematik va algoritmik shaklda ifodalash imkonini beradi.

Avtoassosiativ tarmoqlarning asosiy xususiyati — bu kiruvchi ma'lumotlar (namunalar) orasidagi o'zaro bog'liqlikni o'rganish va ular asosida ma'lumotni qayta tiklash qobiliyatidir. Bunday tarmoqlar, ayniqsa, inson xotirasining “tanib olish” (recognition) va “eslab qolish” (recall) mexanizmlarini tushuntirishda samarali modellar sifatida qo'llaniladi.

Hopfield tarmoqlari va ularning turli modifikatsiyalari avtoassosiativ xotira modellarining eng mashhur namunalari bo'lib, ular stabil holatlar orqali xotira saqlanishini ta'minlaydi. Ushbu modelda har bir neyron holati butun tarmoqning global energiya funksiyasi bilan aniqlanadi, bu esa tizimni o'z-o'zidan barqaror holatga keltiradi.

Mazkur maqolada avtoassosiativ neyron tarmoqlarning ishlash prinsiplari, o‘qitish algoritmlari, xotira modellashtirishdagi roli hamda ularning sun’iy intellekt, tasvirni qayta tiklash va ma’lumotlarni qayta ishlash sohalaridagi qo‘llanilish imkoniyatlari tahlil qilinadi.

Avtoassosiativ neyron tarmoqlar — bu kiruvchi ma’lumotlar orasidagi o‘zaro bog‘liqlikni o‘rganib, ularni qisman yo‘qotilgan yoki buzilgan holatda qayta tiklay oladigan neyron modellaridir. Ushbu tarmoqlarning ishlash prinsipi **xotira yozish (learning)** va **xotiradan chaqirish (recall)** bosqichlariga asoslanadi.

Eng mashhur avtoassosiativ model — **Hopfild tarmog‘i** (Hopfield Network) bo‘lib, u 1982-yilda Jon Hopfild tomonidan taklif qilingan. Ushbu tarmoqda barcha neyronlar o‘zaro bog‘langan bo‘lib, har biri boshqasining holatiga ta’sir ko‘rsatadi.

Har bir neyron holati ikkilik qiymatga ega bo‘ladi:

$$s_i \in \{-1, +1\}$$

va neyronlar orasidagi og‘irliklar simmetrik:

$$w_{ij} = w_{ji}, w_{ii} = 0$$

Tarmoqning umumiy energiya funksiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$E = -\frac{1}{2} \sum w_{ij} s_i s_j$$

Bu funksiya tarmoqning barqaror holatlarini ifodalaydi — ya’ni, xotiraga yozilgan ma’lumotlar shu minimum energiya holatlarida saqlanadi. Quyida Python dasturlash tili yordamida **Hopfild avtoassosiativ tarmog‘i**ning oddiy namunasini keltiramiz. Ushbu dastur 3×3 o‘lchamli naqshlarni o‘rganadi va buzilgan namunani tiklaydi.

```
import numpy as np
```

```
# Hopfild tarmog‘i sinfi
```

```
class HopfieldNetwork:
```

```
    def __init__(self, n):
```

```
        self.n = n
```

```
        self.W = np.zeros((n, n))
```

```
# O‘qitish (Hebb qoidasiga ko‘ra)
```

```
def train(self, patterns):
    for p in patterns:
        self.W += np.outer(p, p)
    np.fill_diagonal(self.W, 0)
    self.W /= len(patterns)

# Tiklash (Recall)
def recall(self, pattern, steps=5):
    s = pattern.copy()
    for _ in range(steps):
        s = np.sign(np.dot(self.W, s))
    return s

# 3x3 naqshlarni aniqlaymiz (har biri 9 o'lchamli vektor)
A = np.array([1, 1, 1,
              1,-1, 1,
              1,-1, 1])

B = np.array([1,-1, 1,
              1,-1, 1,
              1, 1, 1])

# Hopfield tarmog'ini yaratamiz va o'qitamiz
net = HopfieldNetwork(9)
net.train([A, B])

# Buzilgan naqshni kiritamiz
noisy = np.array([1, 1, 1,
                  1,-1, 1,
                  1,-1,-1])
```

```
# Tiklash jarayoni  
output = net.recall(noisy)  
  
print("Buzilgan naqsh:\n", noisy.reshape(3,3))  
print("Tiklangan naqsh:\n", output.reshape(3,3))
```

Xulosa.

Avtoassosiativ neyron tarmoqlar inson xotirasining ishlash mexanizmlarini tushunishda va ularni sun'iy tizimlarda modellashtirishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu tarmoqlar ma'lumotlarni o'zaro bog'liq shaklda saqlash va qisman buzilgan holatda ham qayta tiklash imkonini beradi.

Hopfield tarmog'i ushbu turdagi tarmoqlarning eng mashhur va samarali modellaridan biri bo'lib, u o'zining matematik jihatdan barqarorligi, o'z-o'zini tiklash xususiyati va oddiy tuzilishi bilan ajralib turadi. Modelning energiya funksiyasi yordamida xotiraning barqaror holatlari aniqlanadi va shu orqali tarmoq o'rgangan namunalarni eslab qoladi.

Amaliy tajribalarda ko'rsatildiki, Hopfield tarmog'i kichik hajmdagi naqshlarni saqlash va tiklashda yuqori aniqlikka ega. Biroq uning sig'imi cheklanganligi, katta o'lchamdagi ma'lumotlarni saqlashda samaradorlikning pasayishi kabi kamchiliklar mavjud. Kelgusida bu modelni chuqur o'rganish tarmoqlari (deep learning) bilan integratsiyalash, hamda kvant neyron tarmoqlarda avtoassosiativ mexanizmlarni tadqiq etish orqali sun'iy xotira tizimlarining imkoniyatlarini yanada kengaytirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Hopfield, J. J. (1982). *Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 79(8), 2554–2558.
2. Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines*. 3rd Edition, Pearson Education.

3. Kosko, B. (1992). *Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence*. Prentice-Hall.
4. Hertz, J., Krogh, A., & Palmer, R. G. (1991). *Introduction to the Theory of Neural Computation*. Addison-Wesley.
5. Bishop, C. M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.
6. Schmidhuber, J. (2015). *Deep learning in neural networks: An overview*. Neural Networks, 61, 85–117.
7. Rakhimov, A., & Tursunov, F. (2021). *Sun'iy intellekt va neyron tarmoqlar asoslari*. Toshkent: TATU nashriyoti.
8. Fausett, L. (1994). *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications*. Prentice-Hall.