

XATOLARNI TESKARI TARQATISH USULI (BACK PROPAGATION)

Tojimamatov Israil Nurmatovich

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

E-mail: israiltojimatov@gmail.com

Alijonova Ruxshona Baxtiyorjon qizi

Farg'ona davlat universiteti 3-kurs talabasi

Email: r66045003@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17938419>

Annotatsiya: Ushbu tezisdá sun'iy neyron tarmoqlarni o'qitishning eng muhim usullaridan biri bo'lgan xatolarni teskari tarqalish (backpropagation) algoritmi batafsil tahlil qilinadi. Algoritmning tarixiy rivojlanishi, matematik asoslari, ishlash printsipi va zamonaviy qo'llanilishi yoritilgan. Shuningdek, Bartsev va Oxonin tomonidan ishlab chiqilgan umumlashtirilgan "ikkilik printsipi" ham ko'rib chiqiladi. Maqolada backpropagationning afzalliklari va cheklovlari, shuningdek, zamonaviy optimizatsiya metodlari haqida ham so'z boradi. Ushbu ish sun'iy intellekt va chuqur o'rganish sohasida neyron tarmoqlarni samarali o'qitish uchun muhim nazariy va amaliy ma'lumotlar to'plamidir.

Kalit so'zlar: xatolarni teskari tarqalish, neyron tarmoqlar, sun'iy intellekt, ko'p qatlamli perceptron, gradient tushish algoritmi, ikkilik printsip, chuqur o'rganish, aktivatsiya funksiyasi, optimizatsiya.

Abstract. In this thesis, the backpropagation algorithm, one of the most important methods for training artificial neural networks, is analyzed in detail. The historical development, mathematical foundations, operating principle, and modern application of the algorithm are highlighted. The generalized "binary principle," developed by Bartsev and Okhonin, is also considered. The article also discusses the advantages and limitations of backpropagation, as well as modern optimization methods. This work presents an important set of theoretical and practical data for the effective training of neural networks in the fields of artificial intelligence and deep learning.

Keywords: backpropagation of errors, neural networks, artificial intelligence, multilayer perceptron, gradient drop algorithm, binary principle, in-depth learning, activation function, optimization.

Аннотация. В данном тезисе подробно анализируется алгоритм обратного распространения ошибок (backpropagation), который является одним из важнейших методов обучения искусственных нейронных сетей. Освещены историческое развитие, математические основы, принцип работы и современное применение алгоритма. Также рассматривается обобщенный "двойственный принцип," разработанный Барцевым и Охониным. В статье также обсуждаются преимущества и ограничения backpropagation, а также современные методы оптимизации. Данная работа представляет собой важный набор теоретических и практических данных для эффективного обучения нейронных сетей в области искусственного интеллекта и глубокого обучения.

Ключевые слова: обратное распространение ошибок, нейронные сети, искусственный интеллект, многослойный перцептрон, алгоритм спуска градиента, двоичный принцип, глубокое обучение, функция активации, оптимизация.

Kirish

Neyron tarmoqlari zamonaviy sun'iy intellektning eng asosiy va kuchli modellari bo'lib, murakkab nolinear jarayonlarni modellashtirish, tasniflash, prognozlash va ko'p o'lchamli ma'lumotlardan yangi qonuniyatlarni aniqlash imkonini beradi. Ko'p qatlamli neyron tarmoqlarning samarali ishlashi, asosan, ularni qanday o'qitish usuliga bog'liq. Tarmoq o'qitilishining eng keng qo'llaniladigan va fundamental usullaridan biri — *xatolarni teskari tarqalish (Backpropagation)* usulidir.

Backpropagation ko'p qatlamli perceptronlar, konvolyutsion neyron tarmoqlar, rekurrent neyron tarmoqlar va chuqur o'rganish modellari uchun asosiy optimallashtirish mexanizmini ta'minlaydi. Ushbu usulning mohiyati shundan iboratki, tarmoqning chiqishida yuzaga kelgan xatolik qiymati gradient usuli asosida qatlamlar bo'ylab orqaga tarqatiladi va har bir sinaps (vazn) ushbu xatolikning tarmoqqa qo'shgan ulushiga mutanosib ravishda yangilanadi. Mazkur ilmiy ishda backpropagationning kelib chiqish tarixi, matematik asosi, ishlash algoritmi, qo'llanish sohalari va rivojlanish yo'nalishlari batafsil ko'rib chiqildi.

Neyron tarmoqlarni o'qitishda ma'lumotlar turi va vazifasiga qarab turli usullar qo'llaniladi. Asosiy o'qitish mexanizmlari quyidagilardan iborat: biologik neyronlarda vaqtga bog'liq sinaptik plastiklikni ifodalovchi STDP (Spike Timing Dependent Plasticity); ko'p qatlamli sun'iy neyron tarmoqlarni o'qitishda asosiy rol o'ynaydigan xatolarni teskari tarqalish (Backpropagation) usuli; "birga faollashgan neyronlar birga mustahkamlanadi" tamoyiliga asoslangan Hebb qoidasiga asoslangan o'qitish; ilgari o'qitilgan vaznli model asosida tarmoqni davom ettirib o'qitishni ta'minlovchi Resume usuli; impulsli neyron tarmoqlarni cho'zish uchun mo'ljallangan spike-neyming modellari; shuningdek, katta hajmdagi ma'lumotlarni optimallashtirishga qaratilgan chuqur o'qitish (Deep Learning) usullari. Ushbu usullar orasida eng keng tarqalgan va samarali hisoblangan mexanizm — Backpropagation algoritmidir.

Backpropagation algoritmining shakllanish tarixi bir necha muhim bosqichlarni o'z ichiga oladi. Dastlabki g'oyalar 1960–1970 yillarda paydo bo'lib, 1974 yilda A. I. Galushkin ko'p qatlamli neyron tarmoqlarni o'qitishda zarur bo'lgan gradientni qatlamlar bo'ylab orqaga uzatish tamoyilini birinchi marta tasvirlagan. Shu davrda amerikalik tadqiqotchi Paul J. Werbos ham mustaqil ravishda ushbu g'oyani ilgari surgan. Keyingi yirik burilish 1986 yilda yuz berdi, unda D. E. Rumelhart, G. E. Hinton va R. J. Williams backpropagation algoritmini mukammal ifodalab, ko'p qatlamli perceptronni samarali o'qitish usuli sifatida jahon ilmiy hamjamiyatiga taqdim etdilar. Shu bilan birga, Rossiya ilmiy maktabidan S.I. Bartsev va V.A. Oxonin "ikkilik prinsipi" modeli yordamida algoritmi yanada umumlashtirib, murakkab va vaqt bo'yicha kechikishga ega tizimlarga tatbiq qilish imkonini yaratdilar. 1990–2000 yillarda esa kompyuter resurslarining oshishi bilan backpropagation algoritmi konvolyutsion neyron tarmoqlar, rekurrent tarmoqlar, autoencoderlar va chuqur o'rganish arxitekturalarining asosiy o'qitish mexanizmi sifatida keng qo'llanila boshlandi. Shu tariqa, bugungi kunda backpropagation sun'iy intellekt va chuqur o'rganish texnologiyalarining ajralmas qismiga aylangan.

Backpropagation algoritmi sun'iy neyron tarmoqlarni o'qitishda keng qo'llaniladigan va samarali usul hisoblanadi. Uning asosiy afzalliklari qatoriga katta o'lchamli va murakkab tarmoqlarni samarali o'qitish imkoniyati, yuqori aniqlik darajasi, matematik jihatdan aniq va tushunarli bo'lishi hamda chuqur o'rganish modellari uchun asosiy mexanizm sifatida xizmat qilishi kiradi. Shu bilan birga, ushbu usulning ba'zi cheklovlari ham mavjud: gradient yo'qolishi (vanishing gradient) muammosi tufayli chuqur qatlamlarda o'qitish samarasi pasayishi, algoritmnining lokal minimumlarda qolib ketish xavfi hamda hisoblash resurslarini yuqori

darajada talab qilishi. Backpropagation algoritmi amalda ko'plab sohalarda muvaffaqiyatli qo'llaniladi. Xususan, konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) yordamida tasvirlarni aniqlash va tanib olish, rekurrent neyron tarmoqlar (RNN) hamda uzun muddatli xotiraga ega modellar (LSTM) orqali matnni qayta ishlash, ovozli signalni tahlil qilish, prognozlash modellari yaratish, robototexnika tizimlarini boshqarish, biometrik ma'lumotlarni aniqlash va sanoat jarayonlarini optimallashtirishda keng qo'llaniladi. Rossiya ilmiy maktabidan S.I. Bartsev va V.A. Oxonin tomonidan taklif qilingan "ikkilik printsiplari" orqali backpropagation usuli yanada umumlashtirilib, faqat standart ko'p qatlamli perceptron emas, balki kechikishli tizimlar, fazoviy-taqsimlangan tizimlar va dinamik neyron modellar kabi murakkab arxitekturalarga ham tatbiq qilinishi ta'minlandi. Bu yondashuv algoritmnining qo'llanish doirasini sezilarli darajada kengaytirdi. Bugungi kunda backpropagation algoritmi turli modifikatsiyalar yordamida yanada takomillashtirilmoqda. Jumladan, momentum bilan gradient tushish, *Adagrad*, *RMSProp*, *Adam optimizatori* hamda *Nesterov momentum* kabi optimizatsiya metodlari algoritmni tezroq va barqarorroq o'qitishni kafolatlaydi. Ushbu zamonaviy yondashuvlar yordamida backpropagationning afzalliklari saqlanib qolgan holda, uning kamchiliklari, xususan, o'qitish jarayonidagi sekinlik va lokal minimumlarda qolib ketish muammolari sezilarli darajada kamaytirilmoqda. Natijada backpropagation sun'iy intellektning turli sohalarida muhim o'rin tutadigan kuchli o'qitish mexanizmiga aylangan.

Xulosa

Xatolarni teskari tarqatish usuli sun'iy neyron tarmoqlarni o'qitishning eng samarali va keng qo'llaniladigan algoritmlaridan biri hisoblanadi. Ushbu usulning nazariy asoslari zanjir qoidasiga tayangan bo'lib, tarmoqdagi har bir vaznning chiqishdagi xatoga ta'sirini aniq hisoblash imkonini beradi. Backpropagation yordamida ko'p qatlamli neyron tarmoqlarni chuqur va samarali o'qitish mumkin, bu esa murakkab tasvir, matn, ovoz kabi ma'lumotlarni qayta ishlashda yuqori aniqlikka erishishni ta'minlaydi. Tarixiy rivojlanish jarayonida ushbu algoritmi bir necha olimlar tomonidan mustaqil ravishda taklif qilinib, keyinchalik zamonaviy sun'iy intellekt sohasining poydevoriga aylangan. Shuningdek, Bartsev va Oxonin tomonidan ishlab chiqilgan umumlashtirilgan yondashuvlar backpropagation usulini yanada kengroq tizimlarga tatbiq etishga imkon yaratdi. Zamonaviy optimizatsiya usullari bilan birgalikda backpropagation algoritmi o'zining samaradorligi va barqarorligini oshirgan, shuning uchun hozirgi kunda sun'iy neyron tarmoqlarni o'qitishda ajralmas vosita hisoblanadi. Kelajakda ushbu usulni yanada takomillashtirish va yangi model arxitekturalariga moslashtirish orqali sun'iy intellekt sohasida yanada yuksak natijalarga erishish istiqbollari mavjud.

Adabiyotlar, References, Литературы:

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'rli 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://www.cs.toronto.edu/~hinton/absps/naturebp.pdf> — Rumelhart va boshqalar tomonidan Backpropagation haqida maqola.

6. <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/> — Michael Nielsenning Backpropagation tushuntirishlari.
7. <https://en.wikipedia.org/wiki/Backpropagation> — Wikipedia sahifasi, nazariyasi va tarixi.