

LOKAL MINIMUM MUAMMOSI

Tojimamatov Israil Nurmamatovich

Farg'ona davlat universiteti Amaliy matematika va informatika kafedrasi katta o'qituvchisi
israiltojiamamatov@gmail.com

Qosimjonova Ziyodaxon Zohidjon qizi

Farg'ona davlat universiteti 3-kurs talabasi
qosimjonovaziyodaxon@gmail.com

Tursunaliyeva Mohinur Zoirjon qizi

Farg'ona davlat universiteti 3-kurs talabasi
mohinurtursunaliyeva2907@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu tezisdagi lokal minimum muammosi va uning optimizatsiya jarayonlaridagi ahamiyati ko'rib chiqiladi. Lokal minimum tushunchasi matematik asoslar bilan birga, uning optimizatsiya algoritmlariga, xususan, sun'iy neyron tarmoqlarni o'qitishdagi ta'siri tahlil qilinadi. Tezisdagi lokal minimum muammosini yengib o'tish uchun qo'llaniladigan usullar — boshlang'ich qiymatlarni tanlash, ilg'or optimizatsiya algoritmlari, randomizatsiya, muqobil optimizatsiya usullari va modelni qayta tahlil qilish bayon etiladi. Shuningdek, mavzuga oid nazariy va amaliy jihatlar, ilg'or tadqiqotlar va algoritmlar sharhi keltirilgan.

Kalit so'zlar: lokal minimum, optimizatsiya, gradient tushish, sun'iy neyron tarmoqlar, backpropagation, momentum, learning rate annealing, randomizatsiya, genetic algoritmlar, konveks bo'lmagan funksiyalar

Abstract. This thesis examines the problem of the local minimum and its significance in optimization processes. Along with the mathematical foundations of the concept of the local minimum, its influence on optimization algorithms, in particular, in the training of artificial neural networks, is analyzed. The thesis describes the methods used to overcome the problem of the local minimum: selection of initial values, advanced optimization algorithms, randomization, alternative optimization methods, and model re-analysis. The theoretical and practical aspects of the topic, an overview of advanced research and algorithms, are also presented.

Keywords: local minimum, optimization, gradient drop, artificial neural networks, backpropagation, momentum, learning rate annealing, randomization, genetic algorithms, non-convex functions.

Аннотация. В данном тезисе рассматривается проблема локального минимума и ее значение в процессах оптимизации. Наряду с математическими основами понятия локального минимума анализируется его влияние на

алгоритмы оптимизации, в частности, обучение искусственных нейронных сетей. В тезисе описываются методы, используемые для преодоления проблемы локального минимума - выбор начальных значений, передовые алгоритмы оптимизации, рандомизация, альтернативные методы оптимизации и повторный анализ модели. Также представлен обзор теоретических и практических аспектов, передовых исследований и алгоритмов, связанных с темой.

Ключевые слова: локальный минимум, оптимизация, падение градиента, искусственные нейронные сети, backpropagation, momentum, annealing, learningrate, рандомизация, генетические алгоритмы, невыпуклые функции

Optimizatsiya masalalari turli sohalarda — mashina o'rganish, sun'iy intellekt, matematik modellash va boshqa ko'plab sohalarda keng qo'llaniladi. Ushbu jarayonda maqsad odatda berilgan funktsiyaning minimal yoki maksimal qiymatini topishdan iborat bo'ladi [1]. Biroq ko'p hollarda optimallashtirilayotgan funktsiya konveks bo'lmagan sirtga ega bo'lib, bu holatda funktsiyaning ko'plab local minimumlari va maksimumlari mavjud bo'ladi, bu esa optimizatsiya jarayonining murakkablashishiga olib keladi [2;3]. Lokal minimum muammosi — funktsiya qiymatlarining ma'lum bir kichik mahalliy sohada eng kichik qiymatga ega bo'lishi, lekin global minimumga teng bo'lmashligi — optimizatsiya algoritmlarining samaradorligini sezilarli darajada pasaytirishi mumkin.

Matematik nuqtai nazardan, $f: X \rightarrow R$ funktsiyasi $X \subseteq R^n$ ta'rif sohasida $x' \in X$ nuqtada local minimumga ega bo'lishi uchun, mavjud bo'lsa $\delta > 0$, barcha $x \in X$ uchun $\|x - x'\| < \delta$ shartida quyidagi tengsizlik bajarilishi lozim [3;4].

$$f(x') \leq f(x)$$

Ya'ni, x' nuqtaning atrofidagi kichik sohada $f(x')$ funktsiya qiymatlarining eng kichigi hisoblanadi. Shu bilan birga, global minimum uchun bu shart butun ta'rif sohasida bajarilishi kerak. Lokal minimum global minimumdan farqli ravishda faqat mahalliyeng past nuqtadir. Ko'pgina gradientga asoslangan optimizatsiya algoritmlari, jumladan klassik gradient tushish (gradient descent), funktsiya yuzasidagi eng qattiq qiyalik yo'nalishi bo'yicha harakat qiladi. Bunday jarayonda, agar funktsiya sirtida ko'p local minimumlar mavjud bo'lsa, algoritm global minimum o'rniga local minimumda to'xtab qolishi ehtimoli yuqori bo'ladi. Masalan, sun'iy neyron tarmoqlarni o'qitishda teskari tarqalish algoritmi (backpropagation) og'irliklarni optimallashtirish uchun gradient tushishdan foydalanadi va shu sababli lokal minimum muammosiga duch keladi. Agar tarmoq local minimumda qolsa, uning umumiyashtirish qobiliyati pasayadi va yangi ma'lumotlarga nisbatan xatolik darajasi ortadi.

Lokal minimum muammosini yengi shu chun bir nechta samarali usullar mavjud. Ulardan biri — boshlang'ich qiymatlarning to'g'ri tanlanishi. Algoritmning boshlang'ich shartlari optimizatsiya natijasiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Turli boshlang'ich nuqtalardan bir necha marotaba optimizatsiyani boshlash lokal minimumga tushish ehtimolini kamaytiradi va global minimumga yaqinroq yechim topishga yordam beradi. Bundan tashqari, optimizatsiya algoritmlarini takomillashtirish muhimdir. Momentum usuli gradientga qo'shimcha tezlanish komponentini qo'shib, lokal minimumlardan chiqishga yordam beradi. Learning rate annealing yoki adaptive o'rganish stavkalari esa gradient qadamining uzunligini optimallashtirib, jarayonni barqarorlashtiradi. Stoxastik gradient tushish (SGD) esa tasodifiy gradientlar yordamida harakat qilib, lokal minimumdan chiqish imkoniyatini oshiradi. Shuningdek, randomizatsiya va ko'p boshlang'ich nuqtalar yondashuvi ham samarali. Bir nechta boshlang'ich nuqtalardan jarayonni bir necha marotaba boshlash lokal minimumda qolib ketishni sezilarli darajada kamaytiradi. Muqobil optimizatsiya usullari sifatida evolyutsional goritmlar (genetic algoritmlar), shuningdek, tabiatdan ilhomlangan chumolilar koloniyasi, bo'rilarining optimizatsiyasi kabi algoritmlar ham lokal minimumlardan qochishda samarali vositalar hisoblanadi. Agar optimizatsiya natijalari qoniqarsiz bo'lsa, ma'lumotlarning sifati, model arxitekturasini va optimizatsiya parametrlarini qayta ko'rib chiqish muhimdir. Model va ma'lumotlarni doimiy tahlil qilish va takomillashtirish optimizatsiya jarayonini yanada samarali qiladi.

Xulosa

Lokal minimum muammosi optimizatsiya jarayonlarida keng tarqalgan va murakkablik keltirib chiqaruvchi holatdir. U ko'plab algoritmlarning global yechim topishini cheklaydi va natijalar sifatiga salbiy ta'sir qiladi. Ushbu muammoni kamaytirish uchun boshlang'ich shartlarni ehtiyotkorlik bilan tanlash, ilg'or optimizatsiya usullaridan foydalanish va modelni doimiy tahlil qilish zarur. Shunday yondashuvlar optimizatsiya samaradorligini oshirib, yanada aniq va barqaror natijalarga erishish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bekmurotov 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 intellekt va neyron to'g'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. Ruder, S. (2016). Gradient tushish optimizatsiyasi algoritmlari sharhi. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/1609.04747>

5. Kingma, D. P. va Ba, J. (2015). Adam: Stoxastik optimizatsiya usuli. *ICLR*. <https://arxiv.org/abs/1412.6980>
6. Glorot, X. va Bengio, Y. (2010). Chuquroq oldinga tarqaluvchi neyron tarmoqlarni o'rgatish qiyinchiliklarini tushunish. *Xalqaro sun'iy intellekt va statistik konferentsiya materiallari*. <http://proceedings.mlr.press/v9/glorot10a.html>
7. Dauphin, Y. N. va boshqalar. (2014). Yuqori o'lchamli no-konveks optimizatsiyadagi local o'rin va local minimumlarni aniqlash va yengish. *Advances in Neural Information Processing Systems*. <https://arxiv.org/abs/1406.2572>