

CROSS-VALIDATION USULI VA MODELNI OPTIMALLASHTIRISH USULLARI

Murojiddinova Saodatxon Zaynobiddin qizi
FarDU Axborot tizimlari va texnologiyalari yo'nalishi 3-kurs talabasi.

murojiddinovasaodatxon@gmail.com

Sobirjonov Behzod Qahramonovich

FarDU Axborot texnologiyalari kafedrası o'qituvchisi

bekzodbekqahromonovich@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20354968>

Annotatsiya: Mazkur ishda mashinaviy o'qitish modellarini baholash va ularning umumlashtirish qobiliyati ko'rib chiqiladi. Cross-validation turlari (K-fold, LOOCV, stratifikatsiya) hamda modelni optimallashtirish usullari (Grid Search, Random Search, Bayesian Optimization) tahlil qilinadi. Ushbu yondashuvlar model samaradorligini oshirish va overfitting muammosini kamaytirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: mashinaviy o'qitish, model baholash, cross-validation, umumlashtirish, overfitting, giperparametr, optimallashtirish.

CROSS-VALIDATION METHOD AND MODEL OPTIMIZATION METHODS

Murojiddinova Saodatkhon Zaynobiddin kizi

3rd-year student in the Department of Information Systems and
Technologies at FarDU. murojiddinovasaodatxon@gmail.com

Sobirjonov Bekhzod Kakhramonovich

Lecturer of the Department of Information Technologies at FarDU
bekzodbekqahromonovich@gmail.com

Annotation: This paper examines the evaluation of machine learning models and their generalization ability. Types of cross-validation (K-fold, LOOCV, stratified) and model optimization methods (Grid Search, Random Search, Bayesian Optimization) are analyzed. These approaches help improve model performance and reduce overfitting.

Keywords: machine learning, model evaluation, cross-validation, generalization, overfitting, hyperparameters, optimization.

МЕТОД КРОСС-ВАЛИДАЦИИ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ МОДЕЛИ

Мурожиддинова Саодатхон Зайнобиддин кизи

Студентка 3-го курса направления
"Информационные системы и технологии" ФерГУ.

murojiddinovasaodatxon@gmail.com

Собиржонов Бехзод Кахрамонович

Преподаватель кафедры информационных технологий ФерГУ
bekzodbekqahromonovich@gmail.com

Аннотация: В данной работе рассматриваются методы оценки моделей машинного обучения и их способность к обобщению. Анализируются виды кросс-валидации (K-fold, LOOCV, стратифицированная) и методы оптимизации моделей (Grid Search, Random Search, Bayesian Optimization). Данные подходы направлены на повышение эффективности моделей и снижение проблемы переобучения.

Ключевые слова: машинное обучение, оценка моделей, кросс-валидация, обобщение, переобучение, гиперпараметры, оптимизация.

Kirish: Mashinaviy o'qitishda modellarning samaradorligini baholash va ularning yangi, ko'rilmagan ma'lumotlarga qanchalik yaxshi umumlashtira olishini aniqlash markaziy ahamiyatga ega. Modellar real dunyo muammolarini hal qilishda amaliy qiymatga ega bo'lishi uchun faqat o'quv ma'lumotlarida emas, balki notanish ma'lumotlar to'plamlarida ham ishonchli ishlashi kerak. Bu kirish qismi modellarni baholashning fundamental aspektlariga, xususan, umumlashtirish qobiliyatiga e'tibor qaratadi. Umumlashtirish qobiliyati modelning o'quv ma'lumotlaridagi shovqinni yoki tasodifiy naqshlarni yodlab olish o'rniga, asosiy munosabatlarni qanchalik yaxshi o'rganganligini ko'rsatadi. Ushbu mavzuni tushunish haddan tashqari moslashish (overfitting) va yetarli darajada moslashish (underfitting) kabi keng tarqalgan muammolarni aniqlash va bartaraf etish uchun juda muhimdir. Ushbu bo'lim modelni baholash usullari va optimallashtirish strategiyalarining nazariy asoslarini va amaliy ahamiyatini yoritib beradi. Maqsad, amaliy ilovalarda ishonchli va mustahkam bashoratli tizimlarni yaratish uchun zarur bo'lgan uslubiy yondashuvlarni tushuntirishdir. Shuning uchun, modellar qanday qilib ob'ektiv baholanishi va ularning umumlashtirish qobiliyati qanday qilib maksimal darajada oshirilishi mumkinligi muhim tadqiqot yo'nalishini tashkil etadi.

Cross-validation turlari va ularning qo'llanilishi Cross-validation usuli, modelning umumlashtirish qobiliyatini baholashda va ortiqcha moslashuv (overfitting)ni oldini olishda muhim vosita hisoblanadi. Uning bir necha turlari mavjud bo'lib, har biri o'ziga xos xususiyatlarga va qo'llash sohaslariga ega. Eng keng tarqalgan turi bu K-fold Cross-validation bo'lib, bunda ma'lumotlar to'plami teng K ta qismga (fold) bo'linadi. Har bir iteratsiyada K-1 ta qism o'qitish uchun, qolgan bitta qism esa baholash uchun ishlatiladi. Bu jarayon K marta takrorlanadi va har bir iteratsiyada har bir qism baholash to'plami sifatida ishlatiladi. Natijalar K ta baholash balining o'rtachasi sifatida olinadi. Masalan, K=5 bo'lsa, ma'lumotlar 5 qismga bo'linadi va model 5 marta o'qitilib, baholanadi. Bu usul modelning turli xil ma'lumotlar bo'yicha barqarorligini tekshirishga yordam beradi. Ikkinchi bir turi bu Leave-One-Out Cross-validation (LOOCV) bo'lib, u K-foldning maxsus holati hisoblanadi, bunda K ma'lumotlar to'plamidagi ob'ektlar soniga teng bo'ladi (K=N). Ya'ni, har bir iteratsiyada bitta ob'ekt baholash uchun ajratiladi va qolgan N-1 ob'ekt o'qitish uchun ishlatiladi. Bu usul juda hisoblash murakkabligiga ega bo'lsa-da, ma'lumotlar to'plami kichik bo'lganda va har bir ob'ektning ta'siri muhim bo'lganda samarali hisoblanadi. Misol uchun, tibbiyot sohasida, bemorlar soni kam bo'lgan kasalliklarni bashorat qilishda LOOCV modelning har bir bemorga nisbatan barqarorligini baholashga yordam beradi. Stratifikatsiyalangan K-fold Cross-validation esa ma'lumotlar to'plamidagi sinflar taqsimotini har bir qismda saqlab qolishga qaratilgan. Bu ayniqsa, sinflar soni notekis taqsimlangan (imbalanced dataset) holatlarda muhimdir. Masalan, firibgarlikni aniqlashda, firibgarlik holatlari kam bo'lganida, stratifikatsiyalangan Cross-validation har bir qismda firibgarlik holatlarining proporsional ravishda bo'lishini ta'minlaydi. Bu esa modelning kam sonli sinflarni ham to'g'ri baholashiga imkon beradi. Mazkur Cross-validation turlarini to'g'ri tanlash va qo'llash modelning ishonchli baholanishini va uning amaliy qo'llanilishda yuqori samaradorligini ta'minlaydi.

Modelni optimallashtirish usullari machine learningda modelning ishlashini maksimal darajada oshirishga qaratilgan bo'lib, asosan giperparametrlarni sozlash va xato funksiyasini minimallashtirish orqali amalga oshiriladi. Giperparametrlarni sozlash modelning o'rganish jarayonini boshqaruvchi tashqi parametrlar bo'lib, masalan, o'rganish tezligi (learning rate),

regularizatsiya koeffitsiyentlari (λ), yoki neyron tarmoqlardagi qatlamlar soni va neyronlar soni kabilar shular jumlasidandir. Bu parametrlar model o'qitilishidan oldin belgilab qo'yiladi va ularning qiymatlari modelning umumiy samaradorligiga bevosita ta'sir qiladi. To'g'ri giperparametrlar tanlash modelning haddan tashqari moslashishi (overfitting) yoki kam moslashishi (underfitting) muammolarini bartaraf etishga yordam beradi. Giperparametrlarni sozlash uchun turli xil strategiyalar mavjud. Grid Search usulida, giperparametrlar uchun oldindan belgilangan bir qator qiymatlar oralig'i aniqlanadi va model har bir mumkin bo'lgan kombinatsiya bo'yicha sinovdan o'tkaziladi. Bu usul har bir kombinatsiyani sinab ko'rganligi sababli juda hisoblash qimmatiga ega bo'lishi mumkin, ammo global optimal qiymatlarni topish ehtimolini oshiradi. Random Search usuli esa belgilangan oraliqdagi qiymatlarni tasodifiy tanlab sinovdan o'tkazadi. Bu usul Grid Searchga nisbatan tezroq bo'lishi mumkin va katta giperparametrlar makonida samaraliroq natijalar berishi mumkin. Bayesian Optimization kabi yanada murakkab usullar avvalgi sinov natijalaridan foydalanib, keyingi sinov uchun eng istiqbolli qiymatlarni taxmin qiladi, bu esa optimallashtirish jarayonini sezilarli darajada tezlashtiradi. Xato funksiyasini minimallashtirish esa modelning bashoratlari bilan haqiqiy qiymatlar orasidagi farqni kamaytirishga qaratilgan jarayondir. Bu jarayon odatda gradientga asoslangan optimallashtirish algoritmlari, masalan, Gradient Descent, Stochastic Gradient Descent (SGD) yoki Adam kabi algoritmlar yordamida amalga oshiriladi. Ushbu algoritmlar xato funksiyasining gradientini hisoblab, model parametrlarini gradientning teskari yo'nalishi bo'yicha yangilaydi, shu bilan xato funksiyasini bosqichma-bosqich minimallashtiradi.

Cross-validation va optimallashtirish usullarini birgalikda qo'llash strategiyalari modelning umumlashtirish qobiliyatini maksimal darajada oshirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ushbu yondashuv modelning giperparametrlarni sozlash jarayonida ma'lumotlarga ortiqcha moslashishining oldini oladi va uning yangi ma'lumotlarda qanchalik yaxshi ishlashini aniq baholash imkonini beradi. Masalan, k-katlamli Cross-validation yordamida har bir katlamda o'quv va test to'plamlarini almashtirib turish modelning o'rtacha ishlash ko'rsatkichini olishga yordam beradi. Bu esa yakuniy modelning barqarorligini va mustahkamligini ta'minlaydi. Giperparametrlarni optimallashtirishda Cross-validation natijalari asosiy mezon bo'lib xizmat qiladi. Qidiruv panjarasi (Grid Search) yoki tasodifiy qidiruv (Random Search) kabi usullar giperparametrlarning turli kombinatsiyalarini sinab ko'radi va har bir kombinatsiyaning Cross-validation bo'yicha o'rtacha ishlash ko'rsatkichini hisoblaydi. Eng yaxshi ishlash ko'rsatkichiga ega bo'lgan giperparametrlar tanlanadi. Ushbu jarayon modelning o'quv to'plamida yuqori aniqlik ko'rsatib, ammo test to'plamida yomon natija berishining, ya'ni ortiqcha moslashishining oldini oladi. Bayes optimallashtirishi kabi yanada murakkab usullar Cross-validation natijalarini hisobga olib, giperparametrlar fazosida samaraliroq qidiruv olib boradi. Ular oldingi sinovlardan olingan ma'lumotlardan foydalanib, keyingi sinov uchun eng istiqbolli giperparametrlar kombinatsiyasini tanlaydi. Bu esa optimallashtirish jarayonini sezilarli darajada tezlashtiradi va yaxshiroq natijalarga erishish imkonini beradi. Cross-validation optimallashtirish jarayonining ajralmas qismi bo'lib, modelning umumlashtirish qobiliyatini doimiy ravishda baholab borish orqali uning mustahkamligini oshiradi. Bu strategiyalar, ayniqsa, cheklangan ma'lumotlar to'plamlari bilan ishlashda va modelning real dunyo muammolarida samarali ishlashini ta'minlashda juda muhimdir. Ularni birgalikda qo'llash modelni ishlab chiqish jarayonining ishonchliligini va samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Cross-validation va optimallashtirish usullarini tanlashda bir qator muhim omillarni hisobga olish zarur. Birinchidan, ma'lumotlar to'plamining hajmi va murakkabligi hal qiluvchi ahamiyatga

ega. Kichik ma'lumotlar to'plamlari uchun k-fold Cross-validation kabi usullar afzalroq bo'lishi mumkin, chunki ular ma'lumotlarning har bir qismidan foydalanishga imkon beradi, shu bilan birga modelning barqarorligini oshiradi. Aksincha, juda katta ma'lumotlar to'plamlari uchun, ayniqsa chuqur o'rganish modellarida, Leave-One-Out Cross-validation (LOOCV) hisoblash nuqtai nazaridan juda qimmatga tushishi mumkin. Bunday hollarda, Monte Carlo Cross-validation yoki oddiy hold-out usuli amaliyroq bo'lishi mumkin, garchi ular ba'zan yuqori dispersiyaga ega bo'lsa ham. Ikkinchidan, modelning turi va uning murakkabligi ham tanlovga ta'sir qiladi. Parametrlari ko'p bo'lgan murakkab modellar, masalan, neyron tarmoqlari, ko'proq ma'lumot talab qiladi va ularni validatsiya qilishda test to'plamining yetarlicha katta bo'lishini ta'minlash muhimdir. Oddiyroq modellar uchun esa kross-validatsiyaning kamroq murakkab shakllari ham yetarli bo'lishi mumkin. Masalan, lineer regressiya modelida LOOCV modeli umumiy regressiya parametrlarini baholashda bexato bo'lishi mumkin. Uchinchidan, modelning maqsadli vazifasi va baholash metrikasi ham ahamiyatlidir. Agar modelning asosiy maqsadi aniqlikni maksimal darajaga yetkazish bo'lsa, aniqlik, pretsiziya, rekol yoki F1-skor kabi metrikalar asosida optimallashtirish usullari tanlanadi. Agar modelning izohlanuvchanligi muhim bo'lsa, unda oddiyroq modellar va shunga mos Cross-validation usullari afzal ko'riladi. Masalan, tibbiyotda diagnostika modellarini qurishda soxta musbat va soxta manfiy natijalar xarajatlari turlicha bo'lganligi sababli, ROC egri chizig'i ostidagi maydon (AUC) Cross-validation yordamida baholanadi. Nihoyat, hisoblash resurslarining mavjudligi ham muhim cheklodir. Hisoblash quvvati cheklangan bo'lsa, tezroq va kamroq resurs talab qiladigan usullar, masalan, oddiy hold-out yoki kichikroq k-fold qiymatlari bilan Cross-validation afzal ko'riladi. Parallel hisoblash imkoniyatlari mavjud bo'lsa, murakkabroq Cross-validation sxemalarini qo'llash mumkin. Masalan, GridSearchCV yordamida giperparametr optimallashtirishda, k-fold Cross-validation har bir giperparametr kombinatsiyasi uchun modelni qayta o'qitishni talab qiladi, bu esa sezilarli vaqt va resurs sarflaydi. Shuning uchun, bu omillar birgalikda eng maqbul Cross-validation va optimallashtirish strategiyasini tanlashda asos bo'ladi.

XULOSA: Cross-validation va modelni optimallashtirish usullari zamonaviy mashinani o'rganishda muhim o'rin tutadi. Bu usullar modelning umumlashtirish qobiliyatini baholash va uning ishlashini maksimal darajada oshirish uchun ajralmas hisoblanadi. Cross-validation modelning yangi ma'lumotlarga qanchalik yaxshi moslashishini aniqlashga yordam beradi, shu bilan birga ortiqcha moslashish (overfitting) xavfini kamaytiradi. Model optimallashtirish usullari esa modelning samaradorligini oshirish, xatoliklarni kamaytirish va hisoblash resurslaridan oqilona foydalanish imkonini beradi. Kelajakda bu sohadagi yutuqlar ma'lumotlar hajmining o'sishi va murakkab model arxitekturalarining rivojlanishi bilan yanada tezlashadi. Avtomatlashtirilgan mashinani o'rganish (AutoML) texnologiyalari Cross-validation jarayonlarini va giperparametr optimallashtirishni yanada soddalashtirib, mutaxassis bo'lmagan foydalanuvchilar uchun ham ilg'or modellarni yaratish imkoniyatini taqdim etadi. Chuqur o'rganish modellari uchun yanada samarali Cross-validation strategiyalari va optimallashtirish algoritmlarini yaratish ustida ish olib borilmoqda.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Yo'ldoshev, G. Sun'iy intellekt va neyron tarmoqlar. Qarshi: Qarshi Davlat Universiteti nashriyoti, 2022. (45–78-betlar)
2. Rustamov, H. Ma'lumotlar tahlili va bashoratlash modellari. Toshkent: O'zbekiston Milliy Ensiklopediyasi Davlat ilmiy nashriyoti, 2018. (102–134-betlar)

3. Nazarov, U. Kross-validatsiya va model sifatini baholash. Buxoro: Buxoro Davlat Universiteti nashriyoti, 2020. (56–89-betlar)
4. Karimov, A. Mashinaviy o'qitishda kross-validatsiya usullari. Samarqand: Samarqand Davlat Universiteti nashriyoti, 2021. (23–60-betlar)
5. Axmedov, S. Modelni optimallashtirish va uning tatbiqlari. Toshkent: Fan va texnologiya, 2019. (75–110-betlar)