

**SUN'IIY INTELLEKTDI BIOMEDITSINA SIGNALLARINI
RAQAMLI ISHLASH ALGORITMLARINING SAMARADORLIGINI
OSHIRISH**

Norboyeva Mahliyo Rustamovna

Muhammad al – Xorazmiy nomidagi TATU,

Kompyuter tizimlari kafedrası assistenti

mahliyonorboyeva15@gmail.com

+998 99 155 74 95

Naimov Axadjon Tojimirza o'g'li

Muhammad al – Xorazmiy nomidagi TATU, Texnologiyalar transferi,

inkubatsiya va akseleratsiya bo'limi yetakchi mutaxassisi

naimovahadjon@gmail.com

+998 33 355 15 05

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot sun'iy intellekt (SI) tizimlarida biotibbiy signallarni tahlil qilish uchun mo'ljallangan raqamli ishlash algoritmlarini takomillashtirishni o'rganadi. Tadqiqotda elektrokardiogramma (EKG) va elektroensefalogramma (EEG) tahlili kabi signalni qayta ishlash vazifalarida hisoblash samaradorligini optimallashtirish va aniqlikni saqlashga alohida e'tibor qaratilgan. Taklif etilgan usullar zamonaviy mashinaviy o'rganish texnikalari, signalni ajratish va shovqinni kamaytirish strategiyalarini o'z ichiga oladi, bu esa sog'liqni saqlashning real vaqt rejimidagi ilovalarini yaxshilashga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Biotibbiy signallar, raqamli ishlash, sun'iy intellekt, signalni ajratish, mashinaviy o'rganish, hisoblash samaradorligi, sog'liqni saqlash ilovalari.

Biotibbiy signalni qayta ishlashda sun'iy intellektning integratsiyasi sog'liqni saqlashni tubdan o'zgartirdi va aniqlikni oshirish va real vaqt rejimidagi monitoringni amalga oshirish imkonini berdi. EKG, EEG va elektromiografiya

(EMG) kabi biotibbiy signallar fiziologik holatlarni tushunishda muhimdir. Biroq, ushbu signallarning murakkabligi va shovqinga boyligi real vaqt rejimidagi ishlov berish va aniq tahlil qilishni qiyinlashtiradi. Ushbu tadqiqot raqamli ishlash algoritmlarini takomillashtirishga, hisoblash samaradorligi va tahliliy aniqlikni oshirishga qaratilgan bo'lib, SI boshqariladigan sog'liqni saqlash ilovalarining o'sib borayotgan talablariga javob beradi.

Biotibbiy signallar uchun raqamli usullarning so'nggi yutuqlari mashinaviy o'rganishning aniqlikni oshirishdagi rolini ko'rsatadi. Xususiyatlarni ajratish uchun to'lqinli o'zgartirish va Fourier o'zgartirish kabi an'anaviy yondashuvlar keng qo'llanilgan. Biroq, ularning hisoblash yuki real vaqt rejimida qo'llanilishini cheklaydi. Zamonaviy alternativalar, jumladan konvolyutsion neyron tarmoqlar (KNT) va rekurrent neyron tarmoqlar (RNT), yaxshilangan xususiyatlarni aniqlashni ta'minlaydi, ammo ko'pincha yuqori resurs iste'moli evaziga. Bundan tashqari, statistik signalni qayta ishlashni SI texnikalari bilan birlashtirgan gibrid usullar samaradorlikni oshirishda va barqarorlikni ta'minlashda istiqbolli natijalarni ko'rsatmoqda.

Muammolarni hal qilish uchun uch bosqichli yondashuv taklif qilinadi:

Signalni Oldindan Qayta Ishlash: Biotibbiy signallardagi shovqin va asosiy o'zgarishlarni minimallashtirish uchun adaptiv filtrlash texnikalaridan foydalanish. Ushbu usul Savitskiy-Goley filtrlari va empirik rejimni ajratishni shovqinni kamaytirish uchun qo'llashni o'z ichiga oladi.

Xususiyatlarni Ajratish: O'lchamni kamaytirish va tasniflash vazifalari uchun muhim xususiyatlarni saqlab qolish uchun optimallashtirilgan to'lqinli paketni ajratish (TPA) va asosiy komponentlarni tahlil qilish (AKT)ni amalga oshirish.

Mashinaviy O'rganishni Integratsiya Qilish: Real vaqt rejimidagi ilovalar uchun past kechikishni ta'minlash maqsadida MobileNet va optimallashtirilgan KNT kabi yengil neyron tarmoq arxitekturalaridan foydalanish.

Tibbiy signalni sun'iy intellektda qayta ishlash algoritmlarini samaradorligini oshirish:

Tibbiy signalni qayta ishlash sogʻliqni saqlash sohasidagi turli vazifalar, jumladan, kasalliklarni aniqlash, bemorlarni kuzatish va davolash rejasini tuzishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu signallarni tahlil qilishda sunʼiy intellektdan foydalanishning samaradorligini oshirish uchun raqamli ishlov berish algoritmlarini optimallashtirish zarur. Quyida samaradorlikni oshirish boʻyicha asosiy yondashuvlar keltirilgan:

Ma'lumotlarni oldindan qayta ishlashni optimallashtirish

Ma'lumotlarni oldindan qayta ishlashni optimallashtirish signalni tahlil qilish samaradorligi va aniqligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Quyidagi har bir nuqtaga batafsil qaraymiz:

Signalni Shovqindan Tozalash

- Veyvlet Transformatsiyalari: Signallarni tarkibiy qismlarga ajratish uchun kuchli usul boʻlib, shovqinni tanlab olib tashlash bilan birga chekkalar va oʻtkinchi xususiyatlarni saqlash imkonini beradi.

- Veyvlet koeffitsiyentlari uchun moslashuvchan ostonali tozalash (soft/hard shrinkage) qoʻllang.

- Maxsus sohalar uchun mos keluvchi veyvlet oilalarini (masalan, Daubechies, Symlets) tanlang.

- Kalman Filtrlari: Dinamik va vaqt oʻtishi bilan oʻzgaruvchan tizimlar uchun ideal boʻlib, real vaqt rejimida shovqinni bostirish va holatni baholash imkonini beradi.

- Jarayon va oʻlchov shovqini kovariatsiya matritsalarini moslashtiring.

- Chiziqli boʻlmagan tizimlar uchun kengaytirilgan Kalman filtri (EKF) yoki unscented Kalman filtri (UKF) qoʻllang.

Oʻlchamlarni Qisqartirish

- Asosiy Komponentlar Tahlili (PCA):

- Past dispersiyaga ega va shovqinli boʻlgan oʻlchamlarni chiqarib tashlash uchun asosiy dispersiya yoʻnalishlarini aniqlang.

- PCA samaradorligini oshirish uchun signallarni oldindan tayyorlang (oʻrtacha qiymatdan chiqarish va masshtablash).

- Avtoenkoderlar:

- Yuqori o'lvchovli ma'lumotlarni ixcham tasvirlarga kodlash uchun neyron tarmoqlarni o'rgating.

- Ortishdan qochish va umumlashtirishni yaxshilash uchun regulatsiya usullarini (dropout, L1/L2 jarimalari) qo'llang.

- Muhim xususiyatlarni saqlab qolish uchun soha bo'yicha maxsus ma'lumotlar bilan nozik sozlang.

Samarali Namuna Olish

- Siqilgan Hisoblash:

- Signallarning ma'lum bir asos (Fourier, veyvlet) bo'yicha siyrakligini ishlatib, kamroq namunalar bilan ma'lumotni tiklang.

- Aniqlikni tiklash uchun asosiy izlash (Basis Pursuit, BP) yoki Ortogonal Mos Keluvchi Izlash (OMP) kabi optimallashtirish algoritmlaridan foydalaning.

- Siyrak signallarni samarali kodlash uchun tasodifiy proyeksiyalarni (Gaussian yoki Bernoulli matritsalarini) qo'llang.

Amaliyotda Qulaylikni Ta'minlash

- Real vaqt Talablari: Vaqtga sezgir ilovalar uchun hisoblash samaradorligini aniqlik bilan birlashtirib, apparat tezlatgichlaridan (masalan, GPU, FPGA) foydalaning.

- Parametrlarni Sozlash: Kross-validatsiya natijalari asosida giperparametrlarni (masalan, filtr hajmi, veyvlet darajalari, PCA komponentlari) iterativ sozlang.

- Avtomatlashtirilgan Jarayon: Eksperiment qilish va kengaytirishni osonlashtirish uchun modulli qayta ishlash platformalarini yarating.

Algoritmik takomillashtirish

Bu tavsiyalaringsiz zamonaviy signalni qayta ishlash va tahlil qilish uchun samarali yondashuvlarni ta'kidlaydi. Quyida har bir fikrga izohlar bilan qo'shimcha takliflarni keltiraman:

Fast Fourier Transform (FFT):

- Optimization:

- Intel MKL yoki CUDA yordamida optimizatsiya qilishda, platformaga xos qismlarni sinab ko'rish muhim. Masalan, NVIDIA GPU'larida cuFFT kutubxonasidan foydalanib, katta hajmdagi ma'lumotlarni tezda qayta ishlashni amalga oshirish mumkin.

- SIMD (Single Instruction Multiple Data) va AVX (Advanced Vector Extensions) kabi texnologiyalardan foydalanish orqali CPU optimizatsiyasiga erishish.

- Multi-threading:

- FFTni ko'p ipli (multi-threaded) parallel dasturlash bilan moslashtirib, katta ma'lumotlar to'plamlarini qayta ishlash jarayonini tezlashtirish.

Sparse Representations:

- Samaradorlik:

- LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) va Elastic Net kabi texnikalardan foydalanib, o'rganilgan modellarni optimallashtirish.

- K-SVD algoritmini ishlatib, tibbiy signallar uchun mos keladigan lug'atlarni qurish.

- Qo'shimcha usullar:

- Signal denoising va siqish (compression) uchun Wavelet transform va Sparse Codingni birlashtirish.

- Autoencoderlarni ishlatib, siqilgan (compressed) va siqilmagan versiyalar orasida optimal vakillikni ta'minlash.

Model-based Signal Reconstruction:

- Iterativ usullar:

- Matching Pursuit va Basis Pursuitda gradientga asoslangan yondashuvlarni GPUda parallellashtirish.

- Alternating Direction Method of Multipliers (ADMM) algoritmini tatbiq etish, ayniqsa katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta tiklashda.

- Qo'llaniladigan sohalar:

- Tibbiy tasvirlarni qayta tiklash (MRI, CT skanerlash).

- Elektrokardiografiya (EKG) va boshqa biosignallarni qayta tiklash va qayta ishlashda real vaqtda ishlashni yaxshilash.

Agar siz ushbu yondashuvlarni amaliyotga tatbiq etishni o'ylayotgan bo'lsangiz, har bir algoritmnini maxsus foydalanish holatlariga moslashtirish uchun dastlabki prototiplarni ishlab chiqishni tavsiya etaman. Shuningdek, yuqori samarali hisoblash (HPC) tizimlarida ushbu texnologiyalarni sinab ko'rishingiz foydali bo'ladi.

Sun'iy intellekt modellarini optimallashtirish

AI modelini optimallashtirish bo'yicha yuqoridagi strategiyalarni o'zbek tilida quyidagicha tushuntirish mumkin:

Kvantizatsiya va Azizlash (Pruning)

Kvantizatsiya

- Maqsad: Modelning vaznlarini va faolliklarini pastroq aniqlikdagi ma'lumot turlarida (masalan, INT8 o'rniga FP32) ifodalash orqali xotira va hisoblash xarajatlarini kamaytirish.

- Qo'llanilishi: Mobil yoki chekka qurilmalarda, saqlash va ishlov berish quvvatlari cheklangan bo'lgan joylarda.

- Usullari:

- Treningdan keyingi kvantizatsiya: To'liq aniqlikdagi modelni o'qitishdan so'ng kvantizatsiya qilish.

- Kvantizatsiyaga xabardor trening: Modelni kvantizatsiya ta'sirini simulyatsiya qilgan holda o'qitish, bu aniqlikni saqlab qoladi.

Azizlash (Pruning)

- Maqsad: Modelda kamroq ahamiyatga ega bo'lgan vazn yoki neyronlarni olib tashlash.

- Turlari:

- Strukturaviy azizlash: To'liq neyronlar, kanallar yoki qatlamlarni olib tashlash.

- Strukturasiz azizlash: Ahamiyatsiz bo'lgan individual vaznlarni olib tashlash.

- Qo'llanilishi: Model hajmini kichraytiradi va aniqlikka katta zarar bermasdan ishlash tezligini oshiradi.

Bilimlarni Distillatsiya qilish

- Maqsad: Katta "o'qituvchi" modeldan kichikroq "talaba" modelga bilimlarni uzatish, bu esa kamroq hisoblash resurslari bilan o'xshash natijalarni olish imkonini beradi.

- Usullari:

- Talaba modelning bashoratlarini o'qituvchi model chiqishlariga (soft logitlarga) moslashtirish.

- O'qituvchi modelning oraliq qatlamlari ko'rinishlarini taqlid qilish uchun qo'shimcha yo'qotish (loss) funksiyalarini kiritish.

- Qo'llanilishi: Sog'liqni saqlash tizimlari, mobil ilovalar va IoT qurilmalaridagi real vaqt rejimida ishlaydigan AI tizimlari.

Moslashtirilgan Arxitekturalar

1D Konvolyutsion Neyron Tarmoqlari (CNN):

- EKG, EEG, EMG kabi tibbiy signallarni tahlil qilish uchun moslashtirilgan, bu signallar asosan 1D shaklda bo'ladi.

- Afzalliklari:

- Vaqt qatorlarida mahalliy bog'liqliklarni samarali aniqlaydi.

- 2D yoki 3D CNN ga nisbatan kamroq parametrlar talab qiladi, bu esa o'qitish va ishlashni tezlashtiradi.

Boshqa Moslashtirilgan Arxitekturalar:

- Takrorlovchi Neyron Tarmoqlar (RNN) / LSTM: Vaqt bo'yicha bog'liqlik mavjud signallar uchun.

- Transformer Modellar: Ayniqsa, EKG kabi uzun ketma-ketlikdagi ma'lumotlarni talqin qilishda kuchli vosita sifatida paydo bo'lmoqda.

- Gibril Modellar: CNN'larni xususiyatlarni ajratish uchun RNN yoki transformatorlar bilan birlashtirish.

Yakuniy E'tiborlar

- Baholash: Soha uchun xos bo'lgan mezonlardan foydalanish (masalan, aniqlik, kechikish, energiya sarfi).
- Joriy qilish: Maqsadli apparatlar uchun optimallashtirish (masalan, NVIDIA GPU uchun TensorRT yoki Apple qurilmalari uchun CoreML).
- Qonunchilik: Ayniqsa, biometrik signallar bilan ishlashda sog'liqni saqlash standartlariga rioya qilishni ta'minlash.

Apparat tezlashtirish

- GPU va TPULardan foydalanish: Parallel vazifalar uchun yuqori tezlikdagi hisoblash imkoniyatlarini yaratish.
- FPGA: Real vaqt rejimida ishlash uchun signallarni qayta ishlashni FPGAda maxsus dasturlash.
- Edge computing: Signallarni lokal qurilmalarda qayta ishlash orqali kechikish va tarmoqqa yukni kamaytirish.

Kengaytirilgan signalni qayta ishlash texnikalari

Kengaytirilgan Signalni Qayta Ishlash Usullari

Murakkab signalni samarali tahlil qilish va qayta ishlash uchun ilg'or usullar juda muhim, ayniqsa, noaniq yoki shovqinli muhitlarda. Quyida ushbu usullarning batafsil sharhi keltirilgan:

Veyvlet Transformatsiyalari

- Asosiy G'oya: Veyvletlar signalni ko'p darajali tahlil qilishga imkon beradi, ya'ni signalni turli chastota komponentlariga ajratadi va vaqt-chastota o'lchovida aniq lokalizatsiyani ta'minlaydi.
- Qo'llanilishi:
 - Tibbiy signallarda (masalan, EKG, EEG) xususiyatlarni ajratish.
 - Rasm va audio siqishni.
 - Sanoat tizimlarida nosozliklarni aniqlash.
- Afzalliklari:
 - Noaniq signallarni samarali qayta ishlash imkonini beradi.
 - An'anaviy Furiye transformatsiyalariga qaraganda yaxshi lokalizatsiyani ta'minlaydi.

Empirik Rejimni Deformatsiya Qilish (EMD)

- Asosiy G'oya: EMD signalni ichki rejim funksiyalari (IMF) to'plamiga ajratadigan ma'lumotga asoslangan usul bo'lib, bu oddiy tebranish rejimlarini aks ettiradi.

- Qo'llanilishi:

- Moliyaviy ma'lumotlar va ekologik signallarni tahlil qilish.

- Tibbiy signallardan shovqin va aralashmalarni tozalash.

- Aloqa tizimlarida signalni aniqligini oshirish.

- Afzalliklari:

- Noaniq va nostatsionar signallar uchun mos.

- Furiye yoki veyvlet usullaridan farqli o'laroq, oldindan belgilangan asos funksiyalarga tayanmaydi.

Chuqur Xususiyatlarni Muhandislik Asosida Aniqlash

- Asosiy G'oya: Signalning maxsus xususiyatlarini chuqur o'rganish algoritmlari yordamida avtomatlashtirilgan xususiyatlarni ajratish bilan birlashtiradi, masalan, konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) yoki rekurrent neyron tarmoqlar (RNN).

- Qo'llanilishi:

- Murakkab signallarni avtomatlashtirilgan tasnifi (radar, sonar, tibbiy signallar).

- Sanoat tizimlarida profilaktika texnik xizmat ko'rsatish.

- Real vaqtli nutq va rasmni qayta ishlash.

- Afzalliklari:

- Hierarxik xususiyatlarni avtomatik o'rganadi, qo'lda xususiyatlarni ajratish zaruratini kamaytiradi.

- Yuqori samaradorlikka erishish uchun mashinani o'rganishning qudratini soha bo'yicha ekspertlik bilan birlashtiradi.

Ushbu usullar matematik aniqlik va hisoblash texnologiyalarining sintezidir va sog'liqni saqlash, muhandislik, moliya kabi turli sohalarda innovatsiyalarni ilgari surmoqda.

Parallel va taqsimlangan qayta ishlash

- Parallel algoritmlar: Real vaqt rejimida ishlash uchun algoritmlarning parallel versiyalarini joriy qilish.
- Taqsimlangan tizimlar: Katta hajmdagi tibbiy signal ma'lumotlarini qayta ishlash uchun Apache Spark yoki TensorFlow Distributed kabi tizimlardan foydalanish.

Xatoliklarni aniqlash va barqarorlik

- Chiqaruvlarni aniqlash: Tibbiy signallardagi anomaliyalarni aniqlash va ularga mos ravishda ishlash uchun algoritmlarni qo'shish.
- Barqaror optimallashtirish: Shovqin yoki biologik farqlar sababli yuzaga keladigan signallarni boshqarish uchun ishonchli statistik usullarni qo'llash.

Tekshiruv va taqqoslash

- Sintetik ma'lumotlar yaratish: Algoritmlarni sinovdan o'tkazish uchun xilma-xil ma'lumotlar to'plamini yaratish.
- Haqiqiy dunyo sinovlari: Algoritmlarni PhysioNet yoki MIT-BIH kabi standartlashtirilgan ma'lumotlar to'plamlarida baholash.

Amaliy misollar

- Elektrokardiogramma (EKG) tahlili: Real vaqt rejimida aritmiya aniqlash uchun moslashuvchan filtrlı yengil neyron tarmoqlarni qo'llash.
- Elektroensefalogramma (EEG) tahlili: Miya holatlarini tasniflash uchun siqilgan kodlash va chuqur o'rganish texnikalarini qo'llash.
- Tibbiy tasvir signallari: Yuqori aniqlikdagi tasvirlarni qayta tiklash va tahlil qilish uchun optimallashtirilgan 2D/3D CNNlardan foydalanish.

Natijalar shuni ko'rsatadiki, taklif etilgan metodologiyalar SI boshqariladigan biotibbiy signalni qayta ishlash samaradorligini oshirishda katta salohiyatga ega. Adaptiv filtrlash va optimallashtirilgan mashinaviy o'rganish modellarining integratsiyasi shovqin va hisoblash cheklovlarini hal qiladi. Ushbu yutuqlarga qaramay, biotibbiy signallarning haddan tashqari o'zgarishlari va turli ma'lumotlar to'plamlari bo'yicha umumlashuvni ta'minlash borasida muammolar

mavjud. Modelning murakkabligi va samaradorligi o'rtasidagi muvozanatni yanada takomillashtirish uchun qo'shimcha tadqiqotlar zarur.

Xulosa

Ushbu tadqiqot biotibbiy signallar uchun raqamli ishlash algoritmlarini takomillashtirish SI ilovalarida samaradorlik va aniqlikni sezilarli darajada oshirishi mumkinligini ko'rsatadi. Kelgusidagi ishlar turli ma'lumotlar to'plamlaridan o'rganishga qodir adaptiv algoritmlarni ishlab chiqishga va real vaqt rejimidagi foydalanish uchun chekka hisoblash texnologiyasidan foydalanishga qaratilishi kerak. Ushbu yutuqlarni amaliy sog'liqni saqlash yechimlariga aylantirishda SI ishlab chiquvchilari va biotibbiyot tadqiqotchilari o'rtasidagi hamkorlik muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

Tibbiy signallarni sun'iy intellektda samarali qayta ishlash uchun signalni qayta ishlash, mashinaviy o'qitish va apparatni optimallashtirishni o'z ichiga olgan ko'p tarmoqli yondashuv talab etiladi. Ushbu strategiyalarni qo'llash orqali zamonaviy sog'liqni saqlashning real vaqt talablarini qondira oladigan tizimlarni ishlab chiqish mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Shulyak A. and Shachykov A. (2015) Development of principles for analyzing the structure of cyclic biomedical signals for their detection, recognition and classification. Visnik NTUU "KPI". Seriya Priladobuduvannya, No 49, pp. 169-179.
2. Pechenizkiy M., Tsymbal A., Puuronen S. and Pechenizkiy O. (2006) Class Noise and Supervised Learning in Medical Domains: The Effect of Feature Extraction. 19th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS'06), pp. 708-713. DOI: 10.1109/cbms.2006.65
3. Goldberger AL, Amaral LAN, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng C-K, Stanley HE (2000) PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. Circulation, No. 101(23), e215-e220. Available at: <http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/101/23/e215>

4. Soni J., Ansari U., Sharma D. and S. Soni (2011) Predictive Data Mining for Medical Diagnosis: An Overview of Heart Disease Prediction. International Journal of Computer Applications, Vol. 17, No. 8, pp. 43-48. DOI: 10.5120/2237-2860
5. Qeethara Kadhim Al-Shayea (2011) Artificial neural network in medical diagnosis. IJCSI International Journal of Computer Science, Vol. 8, Iss. 2, pp. 150-154.
6. Genkin A. A. (1999) New information technology of the analysis of medical data. OMIS program complex. St. Petersburg, Politekhnik Publ., 191 p. (in Russian)
7. Antomonov M. U. (2006) Mathematical processing and analysis of biomedical data, 558 p. (in Ukrainian).
8. Vasil'ev V. I. (1983) Recognition systems. Kiev, Naukova dumka (in Russian).
9. Li M. and Zhou Z. H. (2007) Improve Computer-Aided Diagnosis With Machine Learning Techniques Using Undiagnosed Samples. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, Vol. 37, No. 6, pp. 1088-1098. DOI : 10.1109/tsmca.2007.904745