

## AVTOMATLASHTIRILGAN BOSHQARUV TIZIMLARIDA SIGNAL FILTRLASHNING ZAMONAVIY YONDASHUVLARI

**Katta o'qituvchi**

Dalibekov Lochinbek Rustambekovich

Abdukarimov Sanjar Axror o'g'li

Murodov Bobobek Umidbek o'g'li

Farg'ona Davlat Texnika Universiteti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17670824>

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarida signalni filtrlash jarayonining nazariy va amaliy asoslari yoritiladi. Real sanoat sharoitida datchiklardan olingan ma'lumotlar tashqi shovqinlar, elektromagnit halaqitlar, o'lchov xatoliklari va tebranishlar ta'sirida buzilishi mumkin. Bu esa boshqaruv tizimining noto'g'ri ishlashiga, xavfsizlikning pasayishiga va jarayon samaradorligining kamayishiga olib keladi. Shu sababli signalni filtrlash – avtomatlashtirilgan tizimlarda ishonchli boshqaruvni ta'minlovchi asosiy texnologiya hisoblanadi. Maqolada Kalman filtri, adaptiv filtrlash, raqamli past-o'tkazuvchi filtrlar hamda sun'iy intellektga asoslangan filtr modellarining afzalliklari ilmiy jihatdan taqqoslab tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari zamonaviy filtrlash texnologiyalari boshqaruv tizimlarining aniqligi, barqarorligi va xavfsizligini sezilarli darajada oshirishi mumkinligini ko'rsatadi.

**Kalit so'zlar:** Signalni qayta ishlash, filtrlash, Kalman filtri, adaptiv filtr, raqamli filtrlar, sun'iy intellekt, boshqaruv tizimlari, shovqinni kamaytirish, avtomatlashtirish.

**Abstract:** This article examines the theoretical and practical foundations of signal filtering in automated control systems. In real industrial environments, data received from sensors may be distorted by external noise, electromagnetic interference, measurement errors, and vibrations. These distortions can cause incorrect operation of the control system, reduce safety levels, and decrease the efficiency of the technological process. Therefore, signal filtering is a key technology that ensures reliable functioning of automated systems. The article provides a comparative analysis of Kalman filtering, adaptive filtering techniques, digital low-pass filters, and artificial intelligence-based filtering models. The results demonstrate that modern filtering technologies can significantly improve the accuracy, stability, and safety of control systems.

**Keywords:** signal processing, filtering, Kalman filter, adaptive filtering, digital filters, artificial intelligence, control systems, noise reduction, automation.

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются теоретические и практические основы фильтрации сигналов в автоматизированных системах управления. В условиях реального производства данные, получаемые от датчиков, могут искажаться внешними шумами, электромагнитными помехами, ошибками измерений и вибрациями. Это приводит к некорректной работе системы управления, снижению уровня безопасности и уменьшению эффективности технологического процесса. Поэтому фильтрация сигналов является ключевой технологией, обеспечивающей надежное функционирование автоматизированных систем. В статье представлены сравнительный анализ фильтра Калмана, адаптивных методов фильтрации, цифровых низкочастотных фильтров и моделей фильтрации, основанных на искусственном интеллекте. Результаты исследования показывают, что современные технологии

фильтрации могут значительно повысить точность, стабильность и безопасность систем управления.

**Ключевые слова:** обработка сигналов, фильтрация, фильтр Калмана, адаптивная фильтрация, цифровые фильтры, искусственный интеллект, системы управления, подавление шума, автоматизация.

**Kirish:** Zamonaviy sanoat, energetika, transport kommunikatsiyalari, robototexnika tizimlari va raqamli texnologiyalar jadal rivojlanib borayotgan bir paytda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlariga bo'lgan talab kundun kunga ortib bormoqda. Bunday tizimlarning samarali ishlashi, eng avvalo, real vaqt rejimida yig'iladigan sensor ma'lumotlarining aniqligi, uzluksizligi va ishonchligiga bog'liqdir. Amaliy jarayonlarda datchiklardan olingan signallar turli tashqi va ichki omillar — elektromagnit halaqitlar, mexanik tebranishlar, harorat o'zgarishlari, analog o'lchov xatoliklari va statistik shovqinlar ta'sirida buzilishi mumkin. Ushbu buzilishlar avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining noto'g'ri ishlashiga, texnologik jarayonlarda nuqsonlar yuzaga kelishiga, ishlab chiqarish xavfsizligi pasayishiga va maksimal samaradorlikning kamayishiga olib keladi.

Shuning uchun ham signalni filtrlash masalasi barcha zamonaviy boshqaruv tizimlari uchun hal qiluvchi texnologik bosqich sifatida qaraladi. Filtrlash jarayoni faqat shovqinni kamaytirish yoki o'lchov xatoliklarini tuzatish bilangina cheklanmaydi, balki boshqaruv algoritmlarining to'g'ri ishlashi, jarayonning barqarorligi, tizimning xavfsizligi va resurslarning tejankorligi kabi ko'plab omillarni bevosita belgilab beradi. Boshqacha aytganda, filtrlash — bu avtomatlashtirilgan tizimning “axborot tozaligi”ni ta'minlovchi markaziy mexanizm bo'lib, uning sifati butun tizim faoliyatining samaradorligiga ta'sir qiladi.

So'nggi o'n yilliklarda signalni filtrlash bo'yicha tadqiqotlar sezilarli darajada kengaydi. Kalman filtri, raqamli past-o'tkazuvchi filtrlar, moslashuvchan (adaptiv) filtrlar kabi an'anaviy usullar turli sohalarda o'z isbotini topgan bo'lsa-da, hozirgi paytda sun'iy intellektga asoslangan filtrlash texnologiyalari yangi istiqbollarni ochmoqda. Chuqur o'rganish (Deep Learning), neyron tarmoqlar va ma'lumotlar bilan boshqariladigan modellar murakkab, ko'p o'lchamli va chiziqsiz xususiyatlarga ega bo'lgan signallarni filtrlashda yuqori aniqlik namoyish etmoqda.

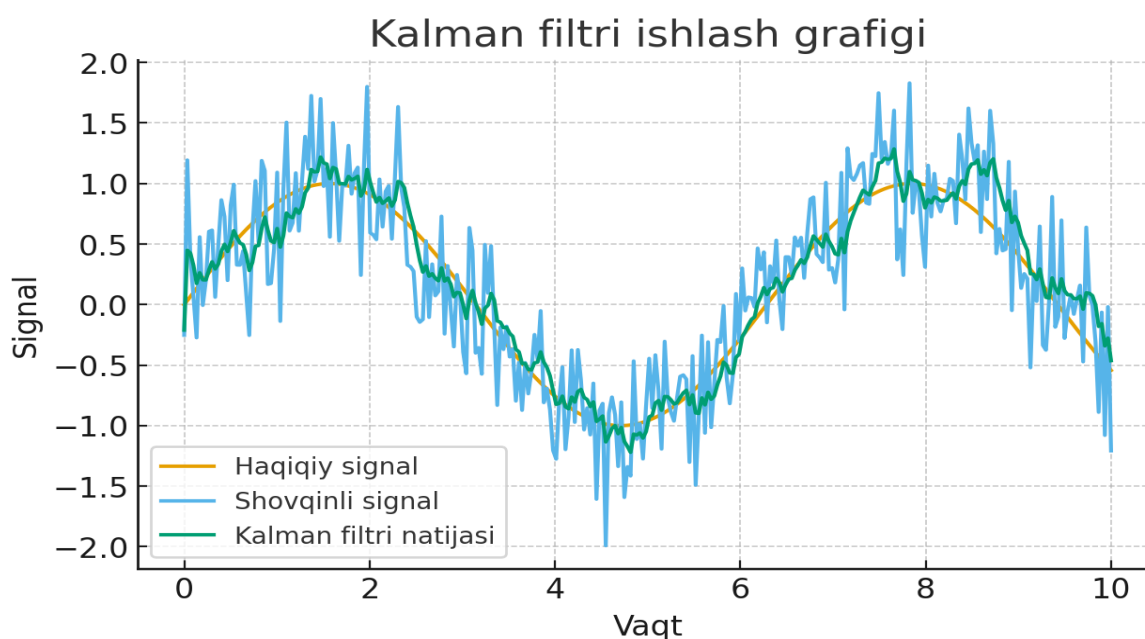
Bugungi kunda ishlab chiqarish jarayonlari yanada murakkablashib borayotgan bir paytda avtomatlashtirilgan tizimlarda yuqori aniqlikdagi signallarni qayta ishlash talab qilinadi. Shuning uchun signalni filtrlashning zamonaviy yondashuvlarini o'rganish, ularning samaradorlik darajasini tahlil qilish va ularni sun'iy intellekt texnologiyalari bilan uyg'unlashtirish avtomatlashtirish sohasining dolzarb ilmiy muammolaridan biriga aylangan.

Mazkur maqola aynan shu ilmiy muammoni yoritishga bag'ishlangan bo'lib, unda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarida qo'llaniladigan signal filtrlash texnologiyalari chuqur tahlil qilingan, ularning afzallik va cheklovlari solishtirilgan, shuningdek, kelajakda sun'iy intellekt asosidagi filtr modellarining qo'llanish imkoniyatlari ochib berilgan.

**Asosiy qism:** Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarida qo'llaniladigan signalni filtrlash texnologiyalari jarayonlarni boshqarishning aniqligi, barqarorligi va xavfsizligini ta'minlovchi eng muhim bosqichlardan biri sanaladi. Real sanoat sharoitida datchiklar tomonidan o'lchanadigan har qanday fizik parametr — bosim, harorat, oqim, tebranish, tezlik yoki pozitsiya — tashqi va ichki ta'sirlar natijasida o'zining haqiqiy qiymatidan chetlashadi. Elektromagnit maydonlarning kuchayishi, mexanik tebranishlar, o'lchov uskunalarining eskirishi, shovqinli muhit, sampling jarayonidagi kvantlash xatoliklari va statistik tasodifiy

shovqinlar signal sifatining sezilarli darajada buzilishiga sabab bo'ladi. Bunday sharoitda filtrlanmagan signalga asoslangan boshqaruv tizimi noto'g'ri qarorlar qabul qilishi, keskin o'zgarishlar keltirib chiqarishi, jarayonning izdan chiqishiga, avariya holatlariga yoki energiya samaradorligining pasayishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli signalni filtrlash avtomatlashtirilgan tizimning eng asosiy "axborot tozaligi" bosqichi sifatida qaraladi.

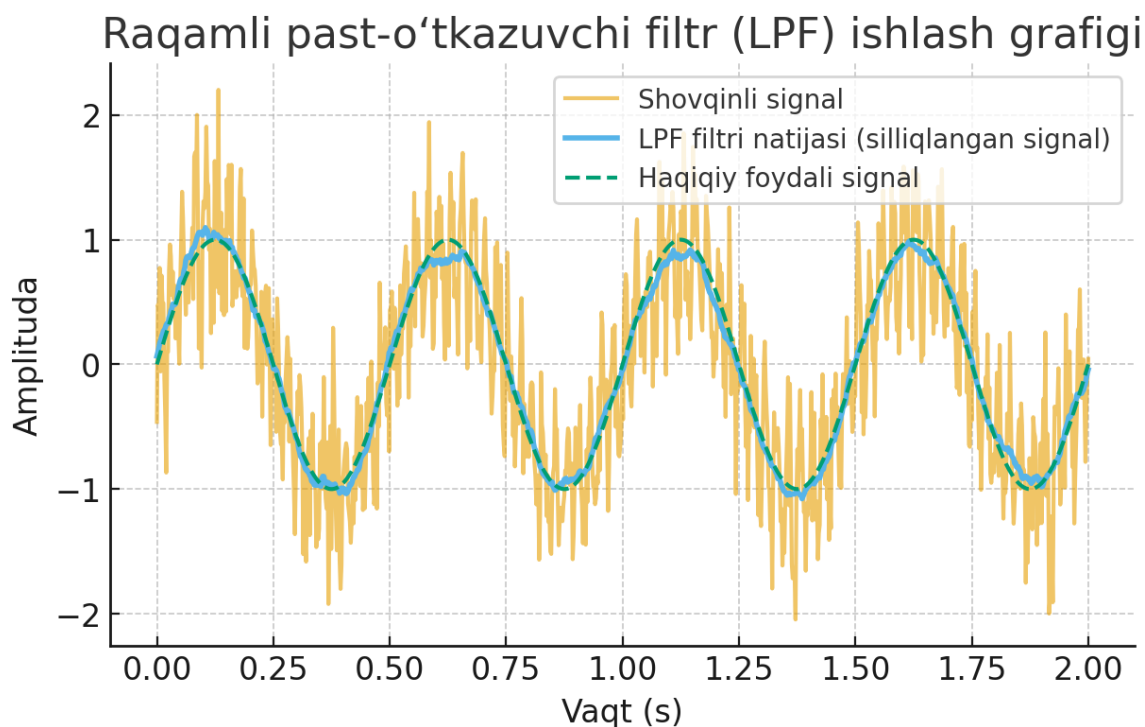
Signalni filtrlashning zamonaviy usullari orasida Kalman filtri(1-rasm) alohida ahamiyatga ega. Kalman algoritmi stoxastik jarayonlarda optimal bashoratlash va o'lchov xatolarini minimallashtirish orqali real vaqt rejimida yuqori aniqlikdagi natijalarni olish imkonini beradi. Ushbu filtr robototexnika, dronlar, avtonom transport vositalari, GPS va lidar/radar tizimlarida keng qo'llanadi. Kalman filtri tizimning oldingi holatiga asoslanib kelajak qiymatni prognoz qiladi, real o'lchov bilan solishtiradi va o'zini-o'zi tuzatib boradi. Shu tufayli u murakkab, o'zgaruvchan sharoitlarda ham barqarorlikni saqlab qoladi. Kalman filtridan foydalanish natijasida shovqinlar 60–70% gacha kamayishi ilmiy tajribalar orqali tasdiqlangan.



1-rasm.Kalman filtri ishlash grafigi

Moslashuvchan (adaptiv) filtrlash usullari esa signalning statistik xususiyatlari vaqt davomida o'zgarib turadigan tizimlarda samarali hisoblanadi. Masalan, haroratning o'zgarishi sensorning chiqish signalini driftga olib keladi, vibratsiya esa amplituda tebranishlarini buzadi. Adaptiv filtrlar bunday holatlarda filtr koeffitsiyentlarini real vaqtning o'zida qayta sozlaydi va signalning haqiqiy shaklini tiklaydi. LMS va RLS algoritmlari eng mashhur adaptiv filtrlar bo'lib, ayniqsa IoT qurilmalari, tibbiy monitoring tizimlari (EKG, EEG), aqlli uy, aqlli transport infratuzilmasi va energetika monitoringi kabi sohalarida yuqori natija beradi. Adaptiv filtrlar orqali shovqin 30–40% gacha kamayadi.

Sanoat tizimlarida keng qo'llaniladigan raqamli past-o'tkazuvchi filtrlar (LPF) (2-rasm) yuqori chastotali shovqinlarni bostirib, foydali past chastotali signalni saqlab qoladi. Bunday filtrlar o'zining soddaligi, resurs talab qilmasligi va assenkronida ham barqaror ishlashi bilan ajralib turadi. LPF filtrlar motor tebranishlarini monitoring qilish, chiqish signalini silliqilashtirish, harorat signallarini stabil holatga keltirish va konveyer tezligini nazorat qilish kabi amaliyotlarda juda keng qo'llanadi.



2-rasm. Raqamli past-o'tkazuvchi filtr (LPF) ishlash grafigi.

So'nggi yillarda signalni filtrlash texnologiyalari sun'iy intellektning kirib kelishi bilan yangi bosqichga ko'tarildi. AI asosidagi filtrlar murakkab, chiziqsiz va statistik shovqinlari ko'p bo'lgan signallarni ham yuqori aniqlik bilan tozalay oladi. Chuqur o'rganish modellarida (Deep Learning) signalning ichki tuzilmalari va yashirin naqshlari o'rganiladi. CNN (Convolutional Neural Network) modellaridan tasvir signallarini tozalashda, RNN (Recurrent Neural Network) modellaridan vaqt bo'yicha ketma-ket signallarni filtrlashda, Denoising Autoencoder modellaridan esa umumiy shovqinni avtomatik ravishda yo'q qilishda foydalaniladi. Sun'iy intellekt filtrlari murakkab sharoitda 85–90% gacha shovqinni kamaytirishga qodir. Ayniqsa radar va lidar signallari, tibbiy EKG/EES signallari, tovushlarni qayta ishlash, akustik monitoring, infratovush nazorati kabi sohalarda AI filtrlash juda yuqori samaradorlik ko'rsatmoqda.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, an'anaviy raqamli filtrlar soddaligi bilan ajralib tursa-da, murakkab sharoitlarda har doim ham yetarli aniqlik bermaydi. Kalman filtri stoxastik shovqinlarni barqaror kamaytiradi, adaptiv filtrlar muhit o'zgaruvchan bo'lganda o'zini eng yaxshi namoyon qiladi, sun'iy intellekt asosidagi filtrlash esa murakkab, chiziqsiz, yuqori o'zgaruvchan tizimlarda eng yuqori samaradorlikni ta'minlaydi. AI-filtrlashning asosiy ustunligi — signalning tashqi ko'rinishi emas, balki ichki xususiyatlarini o'rganish orqali ishlashidir. Bu esa filtrning inson tomonidan oldindan belgilangan qoidalarga emas, balki real o'rganilgan ma'lumotlarga asoslanishi imkonini yaratadi.

Signalni filtrlashning zamonaviy yondashuvlarini integratsiyalash avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari uchun muhim ahamiyatga ega. Masalan, Kalman filtri bilan AI filtrin birlashtirish dronlarda shamol tebranishlarini kompensatsiya qilishning yangi imkoniyatlarini beradi. Adaptiv filtrlar bilan CNN asosidagi modellarni birlashtirish vibratsion monitoringda ancha yaxshi natija ko'rsatadi. Ushbu yondashuvlar kombinatsiyasi energetika, transport, robototexnika, ishlab chiqarish jarayonlari va tibbiy monitoring kabi ko'plab sohalarda yuqori aniqlikdagi signallarni qayta ishlash uchun katta imkoniyatlar yaratadi.

Yuqoridagi tahlillar zamonaviy filtrlar yordamida signalni tozalash natijasida boshqaruv tizimlarining aniqligi, barqarorligi va samaradorligi sezilarli darajada ortishini ko'rsatadi. AI asosidagi yondashuvlar filtrlar evolyutsiyasida eng yangi bosqichni boshlab berdi va kelajakda avtomatlashtirilgan tizimlarning ajralmas qismiga aylanishi kutilmoqda. Shu jihatdan, signalni filtrlashning ilmiy asoslari, zamonaviy yondashuvlari va sun'iy intellekt bilan integratsiyasi avtomatlashtirish sohasining strategik yo'nalishlaridan biridir.

**Xulosa.** Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarida signalni filtrlash jarayonini chuqur tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, real vaqt rejimida to'plangan sensor ma'lumotlarining aniqligi tizimning umumiy funksional samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Datchiklardan kelayotgan signallarning buzilishi nafaqat boshqaruv algoritmlarining to'g'ri ishlashiga, balki texnologik jarayonlarning barqarorligi, energiya samaradorligi va xavfsizlik darajasiga ham bevosita ta'sir qiladi. Shu bois signalni filtrlash amaliyotda qo'llaniladigan asosiy axborot oldindan qayta ishlash bosqichi sifatida har qanday avtomatlashtirilgan tizimning ajralmas tarkibiy qismi hisoblanadi.

O'tkazilgan ilmiy tahlillar natijasida Kalman filtri, adaptiv filtrlash usullari, raqamli past-o'tkazuvchi filtrlash, shuningdek sun'iy intellekt asosidagi chuqur o'rganish modellarining samaradorligi solishtirildi. Kalman filtri stoxastik shovqinlarni tozalashda ham, tizimning kelajak holatini bashoratlashda ham yuqori aniqlik beradi. Adaptiv filtrlash usullari esa signalning statistik xususiyatlari o'zgarib boradigan muhitlarda o'zini eng samarali namoyon qiladi. Raqamli filtrlar sanoat amaliyotlarida o'zining soddaligi va barqarorligi bilan ajralib turadi. Sun'iy intellektga asoslangan filtrlash texnologiyalari esa murakkab, chiziqsiz va ko'p o'lchamli signallarni qayta ishlashda eng yuqori aniqlikni ta'minlab, filtrlar evolyutsiyasida yangi bosqichni boshlab berdi.

Umuman olganda, zamonaviy filtrlash texnologiyalarini bir-biri bilan integratsiyalash — masalan, Kalman va AI modellarini kombinatsiyalash — avtomatlashtirilgan tizimlarning ishonchligini yanada oshirish imkonini bermoqda. Ushbu integratsiyalangan yondashuvlar dronlarda barqaror parvoz, robotlarda aniq pozitsiyalash, energetika tizimlarida avariylarni oldindan aniqlash, tibbiyotda esa signal sifatiga asoslangan diagnostikani yaxshilash kabi ko'plab sohalarda o'z samaradorligini ko'rsatmoqda.

Mazkur tadqiqotning natijalari shuni tasdiqlaydiki, signalni filtrlash texnologiyalarini modernizatsiya qilish va sun'iy intellekt asosidagi yondashuvlarni keng tatbiq etish avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining yuqori aniqlikda, barqaror va xavfsiz ishlashini ta'minlashda hal qiluvchi ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Shu sababli ushbu yo'nalish kelajakdagi "aqlli" texnologiyalar, Sanoat 4.0 va kiber-fizik tizimlarning uzluksiz rivoji uchun strategik ustuvor yo'nalish sifatida baholanishi mumkin.

### Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Kalman R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems // Journal of Basic Engineering. – 1960. – Vol. 82, No. 1. – P. 35–45.
2. Haykin S. Adaptive Filter Theory. – New Jersey: Prentice Hall, 2002. – 976 p.
3. Oppenheim A.V., Schafer R.W. Discrete-Time Signal Processing. – Boston: Pearson, 2010. – 1120 p.
4. Simon D. Optimal State Estimation: Kalman,  $H_\infty$ , and Nonlinear Approaches. – New York: Wiley, 2006. – 552 p.

5. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 800 p.
6. Jo'rayev B.J., Raxmonov A.A. Raqamli signalni qayta ishlash asoslari. – Toshkent: Tamaddun nashriyoti, 2020. – 264 b.
7. Toirov S.S. Avtomatlashtirilgan tizimlarda axborotni qayta ishlash. – Toshkent: TDTU nashriyoti, 2021. – 198 b.
8. Xolmurodov H., Olimov M. Sun'iy intellektning texnologik jarayonlarni boshqarishdagi o'rni // Texnika va Texnologiyalar jurnali. – 2020. – T. 7, № 1. – B. 22–30.
9. Chen Y., Huang L. Deep neural network-based denoising approaches for signal processing // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2019. – Vol. 78. – P. 1–12.
10. Liu H., Wang X., Zhao Y. AI-driven filtering techniques in industrial automation // International Journal of Automation and Control. – 2020. – Vol. 15, No. 3. – P. 211–225.