



AQLLI ENERGIYA TIZIMLARIDA SVM VA KO'P AGENTLI OPTIMALLASHTIRISH ASOSIDA EMS-SCADA INTEGRATSIYASI

Abraev Tursunpulat Azamat o'g'li

Toshkent davlat texnika universiteti doktoranti Samad Nimatov, t.f.d., dotsent

Toshkent davlat texnika universiteti, Elektr texnikasi kafedrası

e-mail: abraevtursunpulat@gmail.com

Annotatsiya: *Ushbu maqolada aqlli elektr energiya tizimlarida SVM (Support Vector Machine), ko'p agentli ko'p maqsadli optimallashtirish (Multi-Agent Multi-Objective Optimization) va EMS-SCADA tizimlarining integratsiyasi orqali samarali boshqaruv yondashuvi taklif etiladi. SVM yordamida nosozliklar va xavfli holatlar aniqlanadi, agentlar esa ushbu holatlarga asoslanib o'z maqsadlariga erishishga harakat qiladi: energiya tejamkorligi, tarmoq barqarorligi va xavfsizlik. Ushbu agentlar SCADA orqali real vaqt rejimida harakatlarni amalga oshiradi. Mazkur yondashuv aqlli tarmoqlarda moslashuvchan, xavfsiz va energiya samarador boshqaruvni ta'minlaydi.*

Kalit so'zlar: *Aqlli energiya tarmog'i, Support Vector Machines(SVM), ko'p agentli boshqaruv, ko'p maqsadli optimallashtirish, Energy Management System(EMS), SCADA(Supervisory Control And Data Ackquisition), real vaqtli monitoring.*

Аннотация: *В данной статье рассматривается интеграция алгоритма опорных векторов (SVM), многоагентной многокритериальной оптимизации и систем EMS-SCADA для эффективного управления интеллектуальными энергетическими системами. SVM используется для классификации состояния сети и выявления аномалий и сбоев, а агенты на основе полученных данных принимают оптимальные решения, направленные на энергосбережение, стабильность сети и повышение безопасности.*



Принятые агентами решения исполняются системой SCADA в реальном времени, что обеспечивает гибкое, адаптивное и энергосберегающее управление.

Ключевые слова: интеллектуальная энергосистема, SVM, многоагентное управление, многокритериальная оптимизация, EMS, SCADA, мониторинг в реальном времени, обнаружение сбоев, устойчивость сети.

Annotation: *This article presents an integrated approach for managing smart energy systems using Support Vector Machine (SVM), Multi-Agent Multi-Objective Optimization, and EMS-SCADA systems. SVM is employed for classifying grid conditions and detecting anomalies and faults, while agents make optimal decisions based on these conditions to achieve objectives such as energy efficiency, grid stability, and safety. The decisions of the agents are executed in real time through the SCADA system, enabling flexible, adaptive, and energy-aware control.*

Keywords: *smart energy system, SVM, multi-agent control, multi-objective optimization, EMS, SCADA, real-time monitoring, fault detection, grid stability.*

Kirish

Zamonaviy elektr energetika tizimlari, xususan qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan ishlaydigan aqlli tarmoqlar, yuqori darajadagi avtomatlashtirish va barqaror boshqaruv mexanizmlarini talab etadi. Tizim holatini baholashda SVM algoritmi, optimal qarorlarni qabul qilishda esa ko'p agentli optimallashtirish yondashuvi muhim rol o'ynaydi. SCADA va EMS tizimlari bu qarorlarni real vaqt rejimida amalga oshirish imkonini beradi.

Asosiy Qism



Zamonaviy elektr energetika tizimlarining murakkablashib borishi, ayniqsa qayta tiklanuvchi energiya manbalarining keng joriy etilishi, real vaqt rejimida avtomatik va moslashuvchan boshqaruv tizimlariga bo'lgan ehtiyojni keskin oshirdi. Ushbu maqolada taklif etilgan integratsiyalashgan yondashuv — ya'ni SVM, ko'p agentli ko'p maqsadli optimallashtirish (Multi-Agent MOO) va EMS-SCADA tizimlarining uyg'unligi, aynan shu ehtiyojga javoban samarali yechim sifatida ko'rib chiqiladi.

EMS-SCADA Tizimi: Tuzilishi va Funksiyasi

EMS (Energy Management System): elektr ishlab chiqarish va uzatish jarayonlarini optimallashtirish uchun mas'ul tizim.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): sensorlar orqali real vaqtli monitoring va masofaviy boshqaruvni ta'minlaydi.

Bu ikki tizim sun'iy intellekt algoritmlari bilan birgalikda ishlaganda kuchli va avtomatlashtirilgan boshqaruv arxitekturasini yaratadi.

SVM: Holatlarni Tasniflash.

Tarixiy ma'lumotlarga asoslangan o'rganilgan model.

Asosiy vazifalari: 1.Kuchlanish/yuklamadagi anomaliyalarni aniqlash. 2.Holatlarni klassifikatsiya qilish. 3.Agentlarga xavf holatlari haqida tezkor signal berish.

SVM modeli real vaqt rejimida yuqori aniqlikda tahlil qilish imkonini beradi.SVM — nazoratli o'rganishga asoslangan algoritm bo'lib, u SCADA orqali yig'ilgan tarixiy ma'lumotlar asosida tizim holatini tasniflaydi. SVM algoritmi SCADA tizimi orqali yig'ilgan tarixiy va real vaqt ma'lumotlar asosida tizim holatini quyidagicha baholaydi: 1.Normal 2. Xavfli 3.Nosoz. Bu klassifikatsiyalar agentlar uchun signal vazifasini bajaradi va ularning harakatlarini yo'naltiradi [1].



SVM (Support Vector Machine) algoritmini qo'llash elektr tarmog'ining real yoki tarixiy ma'lumotlari asosida holatlarni (normal, xavfli, nosoz) aniqlash va tasniflash imkonini beradi [2]. Bu esa tarmoqda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan avariya holatlarni erta aniqlashga va tezkor javob choralarini ko'rishga zamin yaratadi. Ayniqsa, kuchlanish tebranishlari, ortiqcha yuklama yoki qisqa tutashuvlar kabi noan'anaviy holatlarni avtomatik tarzda baholashda SVM juda muhim rol o'ynaydi.

SVM tomonidan aniqlangan holatlar asosida harakat qiluvchi ko'p agentli tizimlar esa energiya tarmog'ini mustaqil, tarqoq, lekin koordinatsiyalangan tarzda boshqarishni ta'minlaydi.

Ko'p Agentli Ko'p Maqsadli Optimallashtirish (Multi-Agent MO).

Tizimda bir nechta agentlar (masalan, har bir stansiya, transformator, yoki energiya manbai uchun bitta agent) mavjud bo'ladi. Tarmoqda turli manbalar (generatsiya qurilmalari, transformatorlar, akkumulyatorlar) agentlar sifatida modellashtiriladi. Har bir agent quyidagi maqsadlar bilan boshqaruvni amalga oshiradi: 1. Energiyani tejash 2. Tarmoq barqarorligi 3. Xavfsizlikni oshirish 4. Reaktiv quvvatni muvozanatlash. Agentlar o'zaro hamkorlikda yoki raqobat asosida ishlaydi, va harakatlarini SVM tomonidan aniqlangan holatga moslashtiradi [3].

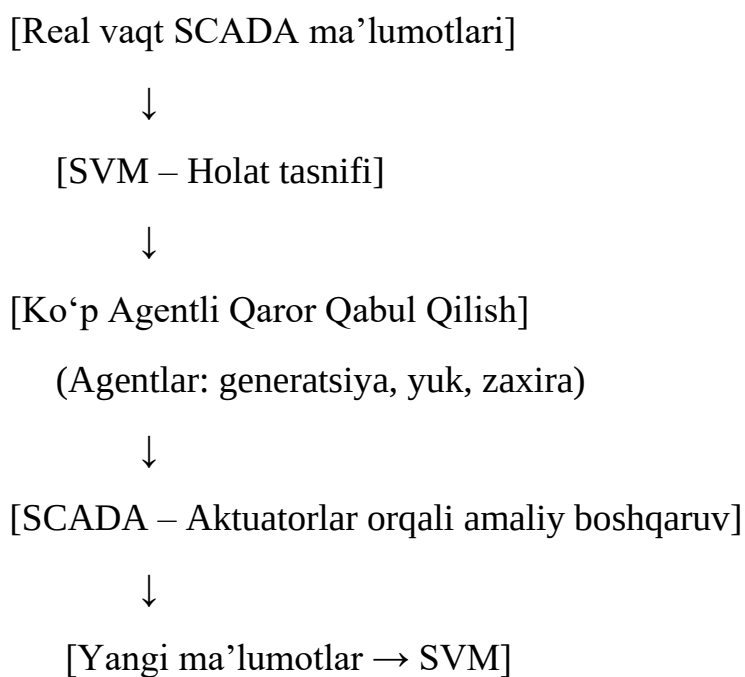
Har bir agent (masalan, generator, zaxira manbasi, akkumulyator yoki yuk markazi) o'zining lokal holatiga asoslangan holda energiya samaradorligi, tarmoq barqarorligi, reaktiv quvvatni balanslash, xavfsizlik kabi maqsadlarni ko'zlab harakat qiladi. Bunday yondashuv nafaqat umumiy tizim samaradorligini oshiradi, balki nosozliklarga nisbatan bardoshlilik (fault-tolerance) darajasini ham yuqori qiladi.



EMS-SCADA tizimi esa agentlar tomonidan ishlab chiqilgan strategiyalarni real vaqt rejimida amaliyotga joriy etadi: sensorlar orqali monitoring olib boradi, aktuatorlar yordamida buyruqlarni bajaradi, yangi holatlar yuzaga kelgach ularni SVM tizimiga qayta uzatadi. Ushbu yopiq aylana (loop) energiya tizimining dinamik moslashuvchanlik xususiyatini shakllantiradi.

SCADA: Qarorlarni Bajarish va Monitoring.

SCADA tizimi agentlar tomonidan yuborilgan qarorlarni amalda bajaradi:
1.Yukni qayta taqsimlash 2.Generatorni ishga tushirish 3.Reaktiv quvvat manbalarini sozlash. So'ngra yangi ma'lumotlarni yig'ib, tizimni yangilaydi. 1-Funksional oqim diagrammasida tizimning ishlash oqimi tasvirlangan:



1-Funksional Oqim Diagramma

Amaliy Misol: Aqlli Tarmoqda Stress Holati

Vaziyat: Elektr yuklamasi ortib, kuchlanish pasaygan.

SVM: Holatni “xavfli” deb tasniflaydi.



Agentlar harakati:

1-agent: Zaxira generatorni ishga tushiradi.

2-agent: Ba'zi yuklarni vaqtincha cheklaydi.

3-agent: Akkumulyator tizimini ishga tushiradi.

SCADA: Agentlarning buyrug'ini bajaradi va tizimni barqarorlashtiradi. Natijada kuchlanish barqarorlashadi → agent “mukofot” oladi va siyosatini takomillashtiradi.

Afzalliklar:

1.Moslashuvchanlik: Har bir agent real sharoitga qarab harakat qiladi.

2.Xavfsizlik: SVM orqali nosozliklar oldindan aniqlanadi.

3.Samaradorlik: Tarmoq yuklamasi balanslanadi, energiya yo'qotishlari kamayadi.

Natijada, bu yondashuv nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham kuchli bo'lib, aqlli energiya tarmoqlarini barqaror, xavfsiz, va iqtisodiy jihatdan samarali boshqarish imkonini beradi. Bunday tizimlar kelajakdagi raqamli energetika infrastrukturasi uchun zaruriy bosqich bo'lib, “aqlli tarmoq” (smart grid) kontsepsiyasining amaliy yechimidir.

Xulosa

Aqlli energetika tizimlarining samarali ishlashi bugungi kunda nafaqat an'anaviy boshqaruv mexanizmlariga, balki sun'iy intellekt algoritmlarining chuqur integratsiyasiga ham bog'liq. SVM va ko'p agentli optimallashtirish asosida EMS-SCADA tizimlarini integratsiyalash zamonaviy energetika tarmoqlarini moslashuvchan, xavfsiz va iqtisodiy jihatdan samarali tarzda boshqarish imkonini beradi. SVM tizim holatini aniq tasniflagani tufayli agentlar optimal qarorlar qabul



qilishi mumkin, bu esa SCADA orqali tezkor amalga oshiriladi. Yagona va markazlashtirilgan boshqaruv oʻrniga agentlarga asoslangan taqsimlangan boshqaruv modeli tarmoqdagi ishonchlilikni oshirishga va vaqtinchalik nosozliklarga bardosh berishga xizmat qiladi. Ayniqsa, qayta tiklanuvchi manbalar ishlatiladigan muhitlarda bu yondashuv tarmoq barqarorligini saqlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Vapnik, V. N. The Nature of Statistical Learning Theory. — New York: Springer, 1995. — 314 b.
2. Bishop, C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. — New York: Springer, 2006. — 738 b.
3. Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., Meyarivan, T. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. // IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2002, 6(2): 182–197.