

ELEKTR ENERGIYASI STOASTIK MODELLARINING OPTIMALLASHTIRISH USULLARI BILAN INTEGRATSIYASI

Gulayim Baymuratova Tajimurat qizi

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
tayanch doktoranti.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15732730>

Annotatsiya. Stoxastik modellashtirish elektr energiyasini samarali boshqarish va prognozlashda muhim rol o'ynaydi. Ushbu maqolada elektr energiyasi iste'molidagi noaniqlik va o'zgaruvchanlikni hisobga oluvchi stoxastik modellar va ularning optimallashtirish usullari bilan integratsiyasi yoritiladi. Jumladan, raqamli egri chiziqli rejalashtirish, real-vaqtli stoxastik monitoring tizimlari va bu algoritmlarning energiya xavfsizligiga ta'siri muhokama qilinadi. Maqola so'nggi ilmiy manbalar asosida ilmiy-amaliy yondashuvlarni qamrab oladi.

Kalit so'zlar: Stoxastik optimallashtirish, Elektr energiyasi, Real-vaqtli monitoring, Egri chiziqli modellar, Energiya xavfsizligi.

Annotation. Stochastic modeling plays a critical role in the efficient management and forecasting of electric power systems. This article discusses the integration of stochastic models, which account for uncertainty and variability in electricity consumption, with optimization techniques. Specifically, it covers convex optimization, real-time stochastic monitoring systems, and the impact of these algorithms on energy security. The paper draws on the latest scientific sources and explores practical approaches.

Keywords: Stochastic optimization, Electric power, Real-time monitoring, Convex models, Energy security.

Kirish

Zamonaviy elektr energiyasi infratuzilmasi ortib borayotgan iste'mol, qayta tiklanuvchi manbalar va sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv texnologiyalari bilan tobora murakkablashmoqda. Bunday tizimlarda aniq deterministik yondashuvlar yetarli emas, chunki ular o'zgaruvchan va ehtimollik xususiyatlarini inobatga olmaydi. Shu sababli, stoxastik modellar energetik tizimlarda noaniqlikni hisobga olish va qaror qabul qilishda dolzarb ahamiyatga ega.

Maqolaning asosiy yondashuvi elektr energiyasi tizimlaridagi noaniqlikni stoxastik modellashtirish orqali aniqlab, bu noaniqlikni egri chiziqli optimallashtirish usullari orqali samarali boshqarishdir. Ushbu yondashuvda real vaqtli monitoring tizimlari yordamida mavjud energiya ma'lumotlari yig'ilib, sun'iy intellekt algoritmlari bilan tahlil qilinadi va energiya xavfsizligini oshirishga xizmat qiluvchi tavsiyalar ishlab chiqiladi. Bu yondashuv energiya infratuzilmasining barqarorligi va uzluksiz ishlashini ta'minlashga qaratilgan.

Stoxastik optimallashtirish usullari bilan ishlovchi monitoring tizimlari elektr energiyasi tarmog'ining barqarorligini oshirish, uzilishlarni oldindan aniqlash va ularni minimallashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday tizimlar energiyani samarali taqsimlash va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishda keng qo'llaniladi.

Stoxastik optimallashtirish va monitoring tizimlarining integratsiyalashuvi.

Stoxastik optimallashtirish - bu ehtimollik tabiatiga ega muammolarni yechishda maqsad funksiyasini maksimal yoki minimal qilishga xizmat qiluvchi usuldur. Egri chiziqli yondashuv (convex optimization) esa bu muammolarni soddalashtirib, global minimum/maksimumni aniqlash imkonini beradi.

Ushbu modelning umumiy ko‘rinishi: $\min_{x \in X} E_{\xi} [f(x, \xi)]$

Bu yerda:

x — qaror o‘zgaruvchisi,

ξ — stoxastik parametr (masalan, talab, shamol tezligi, quyosh intensivligi),

$f(x, \xi)$ — xarajat funksiyasi,

E_{ξ} — kutilgan qiymat operatori.

Maqsad – kutilgan xarajatni minimallashtirish. Egri chiziqli (konveks) modellar bu muammolarni yechishda aniq va samarali natijalar beradi.

Energiya tizimida, masalan, yuklama balansini ta’minlashda bu modellardan foydalanish imkonini beradi. Bu orqali ortiqcha energiya ishlab chiqarish yoki taqchillik holatlarini kamaytirish mumkin bo‘ladi.

Real-vaqtli monitoring va prognozlash tizimlari. Real-vaqtli monitoring tizimlari esa ushbu optimallashtirish modellariga real vaqtli ma’lumotlar bazasini taqdim etadi. Real-vaqtli monitoring tizimlari sensorlar va IoT qurilmalaridan kelayotgan ma’lumotlar asosida monitoring tizimi tizim holatini baholaydi, to‘plangan ma’lumotlarni onlayn tarzda qayta ishlash, tahlil qilish va stoxastik algoritmlar yordamida qaror qabul qilish imkonini beradi. Monitoring tizimlarida filtratsiya algoritmlari (Kalman filtri, Particle filter) qo‘llaniladi:

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k(y_k - H\hat{x}_{k|k-1})$$

Stoxastik optimallashtirish modellarining monitoring tizimlari bilan integratsiyasi, tizimga nafaqat nazariy, balki amaliy yondashuvni taqdim etadi. Real vaqtli o‘lchovlar asosida optimallashtirish yechimlari doimiy ravishda moslashtiriladi va yangilanadi. Prognozlash modellarining aniqligi tizimni barqarorlashtirishga yordam beradi. Energiyani ishlab chiqarish va iste’mol qilishdagi real vaqtli moslashuvchanlikni ta’minlash uchun AI algoritmlari bilan birga ishlovchi stoxastik modellar yanada dolzarb bo‘lmoqda. Ular uzluksiz ravishda muhit o‘zgarishlariga moslasha oladi, bu esa energiya samaradorligi va ishonchligini ta’minlaydi.

Energiya xavfsizligi, barqarorlik va strategik yondashuvlar

Energiya xavfsizligi — bu uzluksiz, barqaror va ishonchli elektr ta’minotini kafolatlash bo‘yicha chora-tadbirlar tizimidir. Stoxastik yondashuvlar, ayniqsa xavfga yo‘naltirilgan optimallashtirish orqali tizimda yuz beradigan noaniqliklarga qarshi barqaror strategiyalarni ishlab chiqishda qo‘llaniladi:

$$\min_x E[f(x, \xi)] + \lambda Var[f(x, \xi)]$$

Bu yerda λ – xavf sezgirlik koeffitsienti. Bunday yondashuvlar energiya ishlab chiqarish, uzatish va iste’mol qilish jarayonlarida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan xavflarni minimallashtirishga xizmat qiladi. Elektr ta’minotining uzilishi ehtimoli yuqori bo‘lgan hududlarda alternativ energiya manbalariga avtomatik o‘tish mexanizmlarini ishlab chiqish bu yondashuvning amaliy natijasi hisoblanadi.

Monitoring tizimlaridan kelayotgan real vaqtli tahlillar yordamida ishlab chiqilgan optimallashtirish algoritmlari, zaxira quvvatlarni boshqarish, tariflarni muvofiqlashtirish, energiya omborlarini to'g'ri rejalashtirish kabi jarayonlarga ham yordam beradi. Shu bilan birga, sun'iy intellekt texnologiyalari bilan integratsiyalashgan tizimlar yordamida tizim doimiy ravishda o'zini optimallashtiradi.

Xulosa

Stoxastik modellarni optimallashtirish usullari bilan integratsiya qilish elektr energiyasi tizimlarining samaradorligini va barqarorligini sezilarli darajada oshiradi. Egri chiziqli yondashuvlar yordamida ishlab chiqilgan algoritmlar real vaqtli monitoring orqali yangilanib, muqobil energiya manbalari va yuklamalarni balanslashda ishonchli asos yaratadi.

Ushbu yondashuvlar elektr xavfsizligini ta'minlashda, resurslarni tejimli boshqarishda va ekologik barqarorlikda hal qiluvchi omil hisoblanadi. Kelajakdagi energiya tizimlari uchun sun'iy intellekt bilan integratsiyalashgan stoxastik algoritmlar yanada keng qo'llanilishi kutilmoqda.

Energiya ta'minotidagi xavflarni kamaytirish, aniq prognozlar qilish va rejalashtirishni moslashtirish uchun bu yondashuvlar muhim hisoblanadi. Bu esa nafaqat texnik jihatdan, balki iqtisodiy va ijtimoiy barqarorlikka ham xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Zhou, J., & He, Y. (2025). Recognition of household electricity consumption pattern in smart grid. *Journal of Building Engineering*, 112467. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2025.112467>
2. Langer, L. et al. (2025). Ensuring low-emission electricity purchasing requires a broader systems perspective. *iScience*, 112349. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.112349>
3. Wu, G. et al. (2025). A novel model averaging forecasting method for electricity consumption. *Energy Reports*, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.03.024>
4. Yu, X., Song, Y., & Sun, R. (2025). Distributed cooperative electricity-carbon trading. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 101683. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2025.101683>
5. Hussain, F. et al. (2025). Multivariate machine learning algorithms for energy demand forecasting. *Energy Conversion and Management: X*, 100903. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.100903>
6. Yoon, P. R. et al. (2025). Evaluation of electricity use and carbon emissions for agricultural water supply. *Agricultural Water Management*, 109446. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109446>