SCIENCE HUB REVIEW
2026
Volume 1
Issue 5
www.sciencehubreview.uz
ILMIY ELEKTRON JURNAL

GIDROELEKTR STANSIYALARDA DATA MINING ASOSIDAGI BILIMLARNI ANIQLASH MODULLARINI INTEGRATSIYALASH ORQALI SMART SCADA TIZIMLARIGA O‘TISH

Hamadulloyev Diyorbek Hasanboy o‘g‘li

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, 89M-25 guruh talabasi

khamadulloyevdiyor007@gmail.com

Annotatsiya

Maqolada gidroelektr stansiyalarida an’anaviy SCADA tizimlarini intellektual Smart SCADA tizimlariga bosqichma-bosqich o‘tkazish masalasi ko‘rib chiqilgan. Buning uchun SCADA ma’lumotlar bazasiga Data Mining (ma’lumotlarni intellektual tahlil qilish) va Knowledge Discovery (ma’lumotlardan bilimlarni aniqlash) modullarini integratsiyalashga asoslangan ko‘p vazifali yondashuv taklif etilgan. Yondashuv texnologik parametrlarning statistik tahlili va chetga chiquvchi qiymatlarni aniqlash, gidroagregatlarning tipik ish rejimlarini klasterlash orqali tasniflash hamda elektr energiyasiga bo‘lgan talabni qondirishda suv sarfini kamaytirish va agregatlarning ishlash soatlarini hisobga olgan holda yuklamani taqsimlash vazifalarini qamrab oladi. Taklif etilgan usul Ruminiyadagi gidroelektr stansiyaning SCADA ma’lumotlari asosida sinovdan o‘tkazilgan. Natijalar bilimlarni aniqlash modulidan foydalanish gidroagregatlarni yuklash bo‘yicha qarorlar sifatini oshirish va Smart SCADA tizimiga o‘tishni qo‘llab-quvvatlashini ko‘rsatgan.

Kalit so‘zlar

Smart SCADA, gidroelektr stansiya, ma’lumotlarni intellektual tahlil qilish, bilimlarni aniqlash, klasterlash, gidroagregat, ish rejimi, ekspert tizimi.

1. Kirish

Gidroenergetika dunyo miqyosida elektr energiyasining eng muhim manbalaridan biri hisoblanadi. 2023yilda gidroenergetika qurilmalarining umumiy o‘rnatilgan quvvati 1412 GW ga yetgan bo‘lib, gidroenergetika global elektr energiyasining 15 foizdan ortig‘ini ta’minlagan [1]. U shamol va quyosh energetikasi bilan bir qatorda issiqxona gazlari chiqindilarini, ya’ni global isishning asosiy sabablaridan birini kamaytirishga yordam beradi. Elektr energetikasi sohasi toza va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan

foydalanish orqali atrofmuhitga salbiy ta’sirini kamaytirishga hissa qo‘shmoqda [2]. Hozirgi vaqtda GESlar dunyodagi qayta tiklanuvchi energiya manbalarining 75 foizdan ortig‘ini hamda elektr ta’minotining moslashuvchan quvvat salohiyatining qariyb 30 foizini tashkil etadi [3,4].

Energetika tizimlarining ishonchliligi va moslashuvchanligini ta’minlaydigan muhim omillardan biri — GESlarning ko‘mir, tabiiy gaz va atom elektr stansiyalari kabi boshqa stansiyalarga nisbatan elektr energiyasini tez ishlab chiqara olishidir. GESlarni nisbatan qisqa vaqt ichida ishga tushirish va to‘xtatish mumkin. Yuqori darajadagi moslashuvchanlik tufayli ular energiyaga bo‘lgan talab o‘zgarishlariga tez moslashadi hamda boshqa energiya manbalarida ishlab chiqarish hajmining o‘zgarishini qoplashga yordam beradi. Shu sababli GESlar shamol va quyosh elektr manbalarini energetika tizimiga integratsiyalashni qo‘llab-quvvatlash uchun qulay hisoblanadi. Keng qo‘llanilishiga qaramay, gidroenergetikani global miqyosda yanada rivojlantirish uchun katta salohiyat mavjud [3].

Boshqa tomondan, samarali rejalashtirish va hisoblash vositalarini takomillashtirish mavjud suv miqdoridan foydalangan holda elektr energiyasi ishlab chiqarishni oshirishi mumkin [2]. GESning optimal ishlashini ta’minlash katta hajmdagi kirish ma’lumotlarini yig‘ish va qayta ishlashni talab qiladi. Biroq stansiya ishini loyihalash va amalga oshirishda qo‘llaniladigan usullar har doim ham mavjud ma’lumotlardan maksimal foyda olish imkonini bermaydi. Ushbu maqolada qaror qabul qiluvchilarga (DEMA) generatorlarning optimal soatlik yuklama profillarini aniqlashda yordam beradigan klasterlashga asoslangan usul taklif etiladi. Sutkalik elektr energiyasi ishlab chiqarish jadvalini tuzish elektr stansiyasida qaror qabul qilish jarayonining ajralmas qismidir. U samarali texnik xizmat ko‘rsatish rejalari va energiya ishlab chiqarish usullarini joriy etish orqali muhim qarorlarni qabul qilishga ketadigan vaqtni qisqartirishga yordam beradi [5].

Gidroenergetika ishlab chiqarishining ahamiyati ortib borishi yangi texnologiyalarni ishlab chiqish va ishonchli, samarali uskunalarga ehtiyojni kuchaytirdi. Bu holat gidroagregatlarning ekspluatatsiyasi va texnik xizmat ko‘rsatishida muhim omilga aylandi. GESlarni qurish, odatda, boshqa energiya manbalariga qaraganda qimmatroq,

biroq ularning xizmat muddati boshqa elektr stansiyalarinikidan uzoqroq. GESning xizmat muddati 50 yil yoki undan ortiq bo‘lishi mumkin; bu issiqlik elektr stansiyalarinikidan uzoqdir. Iqtisodiy va moliyaviy tahlillarda odatda 30–40 yillik xizmat muddati **Masofadan monitoring va boshqarish.** SCADA tizimlari masofaviy terminal qurilmalari (RTU) yordamida GESdagi elektr va mexanik agregatlarning joylashgan nuqtalariga borish zaruratini kamaytiradi. Natijada transport bilan bog‘liq uglerod chiqindilari qisqaradi. Tizimlar boshqaruv xonasidan RTU orqali agregatlar va uskunalarni masofadan kuzatish hamda boshqarish imkonini beradi. Dispetcher tizimlarni masofadan nazorat qila olgani sababli xizmat ko‘rsatish brigadasini barcha muhim nuqtalarga yuborish ehtiyoji kamayadi va bu ekologik barqarorlikka xizmat qiladi.

– **Energiya samaradorligi.** Aqlli SCADA tizimi real vaqt rejimida tarixiy ma’lumotlarni kuzatish va saqlash orqali to‘g‘ondan olinadigan suv miqdorini kamaytirishga yordam berishi mumkin. Bu agregatlar va inshootlardagi noto‘g‘ri ishlash holatlari hamda sizib chiqishlarni aniqlash imkonini beradi. Natijada ta’mirlash ishlarini o‘z vaqtida bajarish va energiya sarfini kamaytirish mumkin.

– **Atrof-muhitni muhofaza qilish talablariga rioya etish.** Aqlli SCADA tizimi hisobotlarni shakllantirishi va asosiy ekologik ko‘rsatkichlarni kuzatishi mumkin. Generatorlar va turbinalarning ishlagan soatlarini nazorat qilish orqali GES korxonalari ekologik ta’sirini kamaytiradi. Bu texnik xizmat ko‘rsatish ishlarini aniqroq rejalashtirish, resurslarni tejash va ishlamay turish vaqtini qisqartirishga yordam beradi.

– **Prognozli texnik xizmat ko‘rsatish.** Aqlli SCADA tizimi gidroagregatlarning ishlash ko‘rsatkichlari va ish soatlarini kuzatib boradi. Bu ehtimoliy nosozliklarni aniqlash va profilaktik texnik xizmat ko‘rsatishni rejalashtirish imkonini beradi. Natijada uskunalarning xizmat muddati uzayadi, chiqindilar hamda yangi mashina va ehtiyot qismlar ishlab chiqarish bilan bog‘liq ekologik ta’sir kamayadi. Nosozlik yuz berganda tizim real vaqt rejimida xabarnomalar ham yuborishi mumkin.

– **Muammolarga tezkor javob berish.** SCADA tizimini narsalar interneti (IoT) bilan integratsiyalash atrofmuhit hodisalari va ekspluatatsion muammolarni real vaqt rejimida kuzatish hamda ularga javob berish imkonini oshiradi. Bu jiddiyroq muammolar,

masalan, uskunaning ishdan chiqishi yoki suv sizib chiqishining oldini olishga yordam beradi.

Aqlli SCADA tizimi bilan bog‘liq asosiy muammo quyidagi ikki savolga javob berishi kerak:

– GES tarkibidagi turli texnologik jarayonlar va uskunalardan olinadigan ma’lumotlarni yanada chuqurroq qanday tahlil qilish mumkin?

– Bunday tahlilni amalga oshirish uchun qaysi yondashuv eng maqbul hisoblanadi?

SCADA ma’lumotlar bazasidan maksimal axborot olish uchun ushbu jarayon samarali bajarilishi kerak. Ilmiy adabiyotlarda gidroenergetika sanoatida Bilimlarni aniqlashning turli qo‘llanilish holatlari keltirilgan. Parvez va hammualliflar [2] yuqori va quyi oqimdagi GESlar o‘rtasidagi elektr energiyasi ishlab chiqarish bog‘liqligini aniqlash uchun chiziqli regressiya usulini taklif qilgan. Odatdagi ishlab chiqarish egri chiziqlarini aniqlash maqsadida klaster tahlili bajarilgan. Ushbu ishning maqsadi gidroenergetik suv ombori uchun optimal ekspluatatsiya qoidasini aniqlay oladigan sinflarga asoslangan ekstremal o‘qitish mashinasini ishlab chiqishdan iborat. K-means klasterlash algoritmi orqali ta’sir etuvchi omillar bir nechta kichik hududlarga ajratiladi. So‘ngra ekstremal o‘qitish mashinasi zarrachalar to‘dasi optimallashtirish usuli yordamida optimallashtirilib, klaster kirish va chiqish ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi murakkab bog‘liqlik aniqlanadi.

Feng va hammualliflar [15] gidroenergetik suv ombori uchun optimal ekspluatatsiya qoidasini aniqlashga mo‘ljallangan sinflarga asoslangan ekstremal o‘qitish mashinasini ishlab chiqqan. K-means algoritmi yordamida ta’sir omillari bir nechta kichik hududlarga ajratilgan, ekstremal o‘qitish mashinasi esa zarrachalar to‘dasi optimallashtirish usuli orqali sozlangan. Zhang va hammualliflar [16] klasterlash algoritmini qo‘llash orqali gidroagregatlardan yig‘iladigan monitoring ma’lumotlari sifatini yaxshilash yondashuvini taklif qilgan. Bu usul texnik holat monitoringi bilan bog‘liq turli muammolarni hal qilishda qo‘llanishi mumkin. [17] tadqiqotida yig‘iladigan va saqlanadigan katta hajmdagi axborotni tasniflash uchun standart tizim taklif qilingan. Ushbu tizim qaror qabul qiluvchilarning ehtiyojlarini qondirish va ularga zarur xizmatlarni taqdim etishga mo‘ljallangan.

Ahmed va hammualliflar [18] GESdan yig‘ilgan anomal ma’lumotlarni tahlil qilish va usullarning samaradorligini taqqoslash uchun uchta yondashuvdan foydalangan: zichlikka asoslangan usul sifatida Local Outlier Factor, ansambl usuli sifatida Feature Bagging for Outlier Detection hamda Subspace Outlier Degree. Keyinchalik chetga chiquvchi qiymatlar ekspert tomonidan belgilarni tanlash jarayoni va qarorlar daraxti yordamida tekshirilgan. Bu anomal holatlar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin bo‘lgan muhim o‘zgaruvchilarni aniqlash imkonini bergan. Valencia va hammualliflar [19] gidroelektr stansiyasiga oid ma’lumotlar to‘plamini tahlil qilish va tuzilmaviy axborot ajratib olish uchun Bilimlarni aniqlashdan foydalanadigan jarayonni taqdim etgan. Ushbu usul nosozliklarni aniqlashga yo‘naltirilgan tizimlarni o‘qitishda qo‘llanishi mumkin. Zhang va hammualliflar [20] GESlarning turli ish rejimlarini aniqlash uchun qarorlar daraxtiga asoslangan klasterlash sxemasini taklif qilgan. Usul ma’lumotlarni tasniflashda k-means++ algoritmidan foydalanadi. Keyin guruh yorliqlari va boshqa belgilar asosida qarorlar daraxti quriladi. Tasniflash aniqligi va murakkablik talablariga muvofiq daraxt tahlil qilinadi va ixchamlashtiriladi.

Manba [21] da GES operatorlariga asoslangan qarorlar qabul qilishda yordam berish uchun Data Mining konsepsiyasini SCADA tizimiga integratsiyalash taklif etilgan. Data Mining jarayonida yig‘ilgan ma’lumotlar har bir generator agregatining odatiy yuklama profillarini aniqlash imkonini beradi. Sahin va Karakus [22] mashinaviy o‘qitish hamda Genetic Grey Wolf Optimizer asosidagi gibrid Convolutional Neural

Network/Recurrent Neural Network–Long Short-Term Memory regressiya yondashuvi yordamida GES elektr energiyasi ishlab chiqarishini prognozlash bo‘yicha tadqiqot taqdim etgan. Olingan natijalar resurslarni boshqarish va energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga yordam berishi mumkin.

GESlarda Bilimlarni aniqlashning amaldagi qo‘llanilishiga doir ikki jihat e’tiborni tortadi:

1. Qo‘llanilayotgan ishlarning aksariyati ma’lumotlarni tahlil qilishning faqat bitta vazifasiga qaratilgan. Bular yuqori va quyi oqimdagi GESlar o‘rtasidagi elektr energiyasi ishlab chiqarish bog‘liqligini o‘rganish, energiya ishlab chiqarishni prognozlash, ish

rejimlarini aniqlash, ma’lumotlar sifatini yaxshilash, chetga chiquvchi qiymatlarni aniqlash, nosozliklarni aniqlash yoki odatiy ish profillarini belgilashdan iborat.

2. Tahlil uchun tanlanadigan vaqt oralig‘i odatda bir kun, bir mavsum yoki bir yil bilan cheklanadi.

Ushbu ikki kuzatuvdan kelib chiqib, maqolaning asosiy hissasi GES SCADA dasturiy ta’minotiga integratsiyalangan Bilimlarni aniqlash modulida ishlaydigan, klasterlashga asoslangan original Data Mining kompleksini loyihalash, ishlab chiqish va sinovdan o‘tkazishdan iborat. Taklif etilayotgan kompleks quyidagi vazifalarni bajaradi:

Ilg‘or statistik tahlil va chetga chiquvchi qiymatlarni aniqlash.

Ish rejimlari va soatlik odatiy ish profillarini aniqlash.

– **Generator agregatlarini yuklash strategiyalarini ishlab chiqish.** Bunda agregatlarning ishlagan soatlari hisobga olinadi hamda tizim talab qilgan quvvatni ta’minlash uchun sarflanadigan suv miqdorini minimallashtirish ko‘zda tutiladi.

Taklif etilayotgan kompleks bir yildan ortiq vaqt oralig‘i uchun taqqoslama ma’lumotlarni taqdim eta oladi. Bu GES faoliyatini tavsiflovchi asosiy samaradorlik ko‘rsatkichlarini tez aniqlash imkonini beradi.

Maqolaning qolgan qismi to‘rt bo‘limdan iborat. 2-bo‘limda aqlli SCADA tizimiga Bilimlarni aniqlash va Data Mining integratsiyasining nazariy jihatlari bayon etiladi. 3-bo‘limda Data Mining asosidagi Bilimlarni aniqlashga integratsiyalangan ko‘p vazifali kompleks tafsilotlari keltiriladi. 4-bo‘limda taklif etilgan kompleks Ruminiya Gidroenergetika kompaniyasiga tegishli GES SCADA ma’lumotlar bazasi asosida sinovdan o‘tkazilgan amaliy tadqiqot yoritiladi. 5-bo‘limda xulosalar va kelgusidagi tadqiqot yo‘nalishlari bayon qilinadi.

2. Aqlli SCADA tizimida Bilimlarni aniqlash va Data Mining

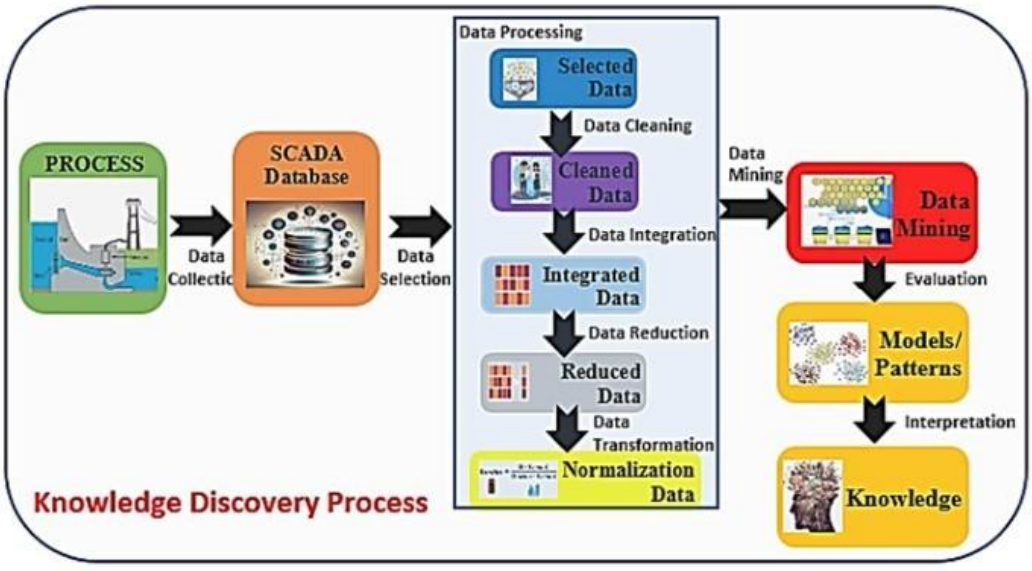
2.1. Bilimlarni aniqlash va Data Mining o‘rtasidagi farq

Bilimlarni aniqlash (Knowledge Discovery — KD) va ma’lumotlarni intellektual tahlil qilish (Data Mining — DM) energetika muhandisligi sohasidagi tadqiqotlarni o‘zgartirdi. Samarali va mazmunli tadqiqot olib borish uchun Data Mining hamda Bilimlarni aniqlashning turli jihatlarini chuqur tushunish zarur [23]. Bu elektr energetika tizimining

energiya ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash zanjiriga kiruvchi barcha tarkibiy qismlarida faoliyat yuritadigan mutaxassislarning bilim va tajribasini ham qamrab oladi.

Ma’lumotlar bazalarida Data Mining va Bilimlarni aniqlash atamalarining mazmuni bo‘yicha ayrim tushunmovchiliklar mavjud. Ko‘plab mutaxassis va tadqiqotchilar DM atamasini Bilimlarni aniqlashning sinonimi sifatida ishlatsalar-da, Data Mining butun Bilimlarni aniqlash jarayonini anglatmaydi. U “axborotni aniqlash” yoki “bilimlarni ajratib olish” kabi nomlar bilan ham yuritiladi. Bilimlarni aniqlash katta hajmdagi ma’lumotlar to‘plamida mavjud bog‘liqliklar va qonuniyatlarni topishga qaratilgan jarayondir. Odatda u yangi, foydali va tushunarli qonuniyatlarni aniqlashni o‘z ichiga oladigan murakkab jarayon sifatida ta’riflanadi. Tor ma’noda KD ma’lumotlar manbasidan axborot ajratib olishni anglatadi. Bu turli usullar orqali bajarilishi mumkin, biroq atama asosan matnli ma’lumotlar yoki ma’lumotlar bazalaridan bilim olish jarayonini ifodalaydi. Ushbu bosqichlarning birgalikdagi majmuasi Bilimlarni aniqlash jarayoni deb ataladi.

2.5-sahifadagi 1-rasmda Data Mining jarayonini o‘z ichiga olgan Bilimlarni aniqlash bosqichlari ko‘rsatilgan [21,23,24].



1-rasm. Bilimlarni aniqlash (KD) jarayonining bosqichlari.

Ma’lumotlarni tanlash. Bilimlarni aniqlashning dastlabki bosqichi ma’lumotlarni tanlashdan iborat. Bu bosqich SCADA ma’lumotlar bazasidan axborotni yig‘ishni o‘z ichiga oladi. Jarayon natijasida dastlabki ma’lumotlar to‘plami shakllantiriladi.

Ma’lumotlarni tozalash (dastlabki qayta ishlash). Yig‘ilgan ma’lumotlarning sifatli bo‘lishi dastlabki qayta ishlash orqali ta’minlanadi. Ushbu jarayon shovqinli ma’lumotlar, yetishmayotgan qiymatlar va nomuvofiqliklarni bartaraf etishni o‘z ichiga oladi.

Ma’lumotlarni o‘zgartirish. Ma’lumotlar tozalangandan so‘ng, ularni Data Mining uchun mos shaklga keltirish talab etiladi. Buni belgilarni shakllantirish (feature engineering) va masshtablash kabi turli usullar orqali amalga oshirish mumkin. Mashinaviy o‘qitish vositalarida ishlashni yengillashtirish uchun kategoriyali ma’lumotlarni tushunarliroq formatga o‘tkazishda label encoding usulidan foydalanilgan.

Data Mining. DM bosqichi ma’lumotlar orasidagi qonuniyatlar, anomal holatlar yoki o‘zaro bog‘liqliklarni aniqlashni o‘z ichiga oladi. Data Mining jarayoni har biri muayyan bilimni aniqlash vazifasiga tegishli bo‘lgan ko‘plab bosqichlardan tashkil topadi. Bilimlarni ajratib olish axborotni yig‘ish va saqlash jarayonini ham qamrab oladi. Shuningdek, ma’lumotlarni tahlil qilish va vizuallashtirish, mashina hamda inson o‘zaro ishlashi uchun modellarni ishlab chiqish va samarali usullardan foydalanishni o‘rganish ham shu jarayonga kiradi. Eng ko‘p qo‘llaniladigan usullardan biri klasterlash bo‘lib, u o‘xshashlik asosida ma’lumotlarni alohida guruhlarga ajratish imkonini beradi.

Natijalarni talqin qilish. Data Miningdan keyingi bosqich natijalarni talqin qilishdan iborat. Bu klasterlar (qonuniyatlar) va ularning xususiyatlarini tushunishni nazarda tutadi.

2.2. Data Mining usullari

Data Mining usullari ikkita asosiy toifaga bo‘linadi: tavsiflovchi va bashorat qiluvchi usullar (2-rasmga qarang) [25–27].

Tavsiflovchi Data Mining natijalarini shakllantirishda o‘zaro kesishma jadvallari, korrelyatsiya va takrorlanish chastotasi kabi xususiyatlardan foydalaniladi. Ushbu jarayon ma’lumotlar hamda mavjud qonuniyatlar o‘rtasidagi o‘xshashliklarni aniqlash uchun qo‘llanadi. Tahlilning yana bir xususiyati ma’lumotlarni tahlil qilish va ularni mazmunli axborotga aylantirish orqali muhim kichik guruhlarni shakllantirishdan iborat. Tavsiflovchi Data Mining klasterlash, assotsiativ qoidalarni aniqlash va ketmaketliklarni topish tahlili kabi usullarni o‘z ichiga oladi.

Klasterlash. Data Miningda klasterlash o‘zaro bog‘liq ma’lumot nuqtalarini guruhlash orqali axborotni tartibga solishda keng qo‘llaniladi. U qaror qabul qiluvchilarga turli axborot to‘plamlari o‘rtasidagi qonuniyat va o‘xshashliklarni aniqlashga yordam beradi. Ushbu usul ma’lumotlardagi qonuniyatlarni tasniflash va ajratib olish, anomal holatlarni aniqlash yoki fazoviy ma’lumotlarni tahlil qilish uchun ishlatilishi mumkin.

Assotsiativ qoidalar. Ushbu usulning maqsadi ma’lumotlar bazasidagi to‘plamlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqliklarni aniqlashdan iborat. Ma’lumotlar turli manbalardan olingan bo‘lishi mumkin. Aniqlangan bog‘liqliklar jarayon tendensiyalarini ochib beradigan yoki uskuna va qurilmalarning ishlash xususiyatlarini tushuntirishga yordam beradigan qonuniyatlarni aniqlashi mumkin.

Ketma-ketliklarni aniqlash tahlili. Uning maqsadi ketma-ketlik ko‘rinishidagi qonuniyatlarni o‘z ichiga olgan qiziqarli ma’lumotlar to‘plamlarini topishdir. Odatda bu jarayon ma’lum chastota va qo‘llab-quvvatlash mezoniga ko‘ra tez-tez uchraydigan ketma-ket naqshlarni aniqlashni o‘z ichiga oladi.

Ma’lumotlarni intellektual tahlil qilishning ikkinchi toifasi berilgan o‘zgaruvchining kelajakdagi qiymatlarini yuqori aniqlikda bashorat qilishga qaratilgan. Bunda nazorat ostida o‘qitish usullaridan foydalaniladi. Ushbu turdagi tahlilda regressiya, tasniflash va vaqt qatorlarini tahlil qilish usullari qo‘llanadi.

– Regressiya. Klasterlashga o‘xshash ravishda, maqsadli o‘zgaruvchi bilan mustaqil o‘zgaruvchi o‘rtasidagi munosabatni o‘rganadi. Maqsadli o‘zgaruvchiga turli bashorat qiluvchi yoki mustaqil omillar ta’sir qilishi mumkin. Regressiya tahlili tegishli kirish ma’lumotlari asosida natijani bashorat qiladi.

– Tasniflash. Ma’lumotlarning turli xususiyatlarini aniqlash orqali amalga oshiriladi. Bu jarayon qonuniyatlarni topish, mazmunli xulosalar chiqarish va ma’lumotlar sifatini yaxshilashga yordam beradi. Ma’lumotlar yig‘ilib tahlil qilingach, ularni tasniflash uchun mos xususiyatlar tanlanadi va tegishli algoritm belgilanadi.

– Tayanch vektorlar mashinasi (SVM). Turli sinflar yoki naqshlar o‘rtasida chegara hosil qiladi hamda tasniflash uchun eng muhim xususiyatlarni aniqlaydi.

– Qarorlar daraxti. Tasniflash daraxtsimon tuzilma asosida bajariladi. Algoritm ma’lumotlarni toifalarga ajratish uchun shartlar to‘plamidan foydalanadi. Ildiz tugunlarida tekshiruv shartlari, barg tugunlarida esa natijalar joylashadi.

– Neyron tarmoq. Turli ma’lumotlar to‘plamlari o‘rtasidagi bog‘lanishlarni aniqlay oladigan hisoblash modelidir. Neyron vazifasini bajaruvchi birliklar kirish va chiqish signallarini bog‘lash orqali shakllanadi. Model bog‘lanishlar kuchini hisobga olib, ma’lumotlarni yashirin qatlamda qayta ishlaydi. Inson miyasiga o‘xshash ravishda samarali ishlashi uchun o‘qitilishi zarur. Bunday modellarni izohlash qiyin bo‘lishi mumkin, biroq ular ishonchli natija beradi va ilgari o‘qitilmagan jarayonlarni ham tasniflay oladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. European Commission. 2050 Long-Term Strategy. Striving to Become the World’s First Climate-Neutral Continent by 2050. Available online: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en (accessed on 5 September 2024).

2. Ovarro. Five Ways SCADA Systems Can Benefit Sustainability: Although Hidden in the Background, SCADA Systems Are Crucial to Energy Savings. 2024. Available online: https://www.linkedin.com/pulse/five-ways-scada-systems-can-benefit-sustainability-although-hidden-sbdae/ (accessed on 31 July 2024).

3. Yang, S.; Stempfle, T.; Thiede, S.; Lanza, G. Approach for the Development of a Sustainability-oriented Implementation Strategy of Smart Automation Technologies. Procedia CIRP 2024, 122, 849–854.

4. Vagnoni, E.; Gezer, D.; Anagnostopoulos, I.; Cavazzini, G.; Doujak, E.; Hočevar, M.; Rudolf, P. The New Role of Sustainable Hydropower in Flexible Energy Systems and its Technical Evolution Through Innovation And Digitalization. Renew. Energy 2024, 230, 120832.

5. Feng, Z.K.; Niu, W.J.; Zhang, R.; Wang, S.; Cheng, C.T. Operation Rule Derivation of Hydropower Reservoir by K-Means Clustering Method and Extreme Learning Machine Based on Particle Swarm Optimization. J. Hydrol. 2019, 576, 229–238.

6. Zhang, F.; Guo, J.; Yuan, F.; Qiu, Y.; Wang, P.; Cheng, F.; Gu, Y. Enhancement Methods of Hydropower Unit Monitoring Data Quality Based on the Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with a Noise–Wasserstein Slim Generative Adversarial Imputation Network with a Gradient Penalty. Sensors 2024, 24, 118.

7. Luo, W.; Xu, J.; Zhou, Z. Mobile Information Systems, Retracted: Design of Data Classification and Classification Management System for Big Data of Hydropower Enterprises Based on Data Standards, Mobile Information Systems. 2022. Available online: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2022/8103897 (accessed on 31 July 2024).

8. Ahmed, I.; Dagnino, A.; Bongiovi, A.; Ding, Y. Outlier Detection for Hydropower Generation Plant. In Proceedings of the IEEE 14th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), Munich, Germany, 20–24 August 2018.

9. Valencia, A.M.; Caratar, J.; Caicedo, G.; Chamorro, C. Proposal for a KDD-Based Procedure to Obtain a Set of Intelligent Systems Training Applied to the Identification of Failures in Hydroelectric Power Plants. J. Appl. Res. Technol. 2021, 18, 376–389.

10. Zhang, W.; Ge, Y.; Liu, G.; Qi, W.; Xu, S.; Peng, Z.; Li, Y. Clustering and Decision Tree Based Analysis of Typical Operation Modes of Power Systems. Energy Rep. 2023, 9, 60–69.

11. Garbea, R.; Scarlatache, F.; Grigoras, G.; Neagu, B.C. Integration of Data Mining Techniques in SCADA System for Optimal Operation of Hydropower Plants. In Proceedings of the IEEE 13th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Pitesti, Romania, 1–3 July 2021.

12. Sahin, M.E.; Ozbay Karakus, M. Smart Hydropower Management: Utilizing Machine Learning and Deep Learning Method to Enhance Dam’s Energy Generation Efficiency. Neural Comput. Appl. 2024, 36, 11195–11211.

13. Shu, X.; Ye, Y. Knowledge Discovery: Methods from Data Mining and Machine Learning. Soc. Sci. Res. 2023, 110, 102817.

14. Monika; Shauib, M. Implementation Platforms and Strategy for the Knowledge Discovery from the Data. In Proceedings of the International Conference on

Computational Modelling, Simulation and Optimization (ICCMSO), Pathum Thani, Thailand, 23–25 December 2022.

15. Ghongade, T.G.; Khobragade, R.N. Evaluation on Utilization and Emaciation of Data Mining Techniques in Information System. In Proceedings of the OPJU International Technology Conference on Emerging Technologies for Sustainable Development (OTCON), Raigarh, Chhattisgarh, India, 8–10 February 2023.

16. Järvinen, P.; Siltanen, P.; Kirschenbaum, A. Data Analytics and Machine Learning. In Big Data in Bioeconomy; Södergård, C., Mildorf, T., Habyarimana, E., Berre, A.J., Fernandes, J.A., Zinke-Wehlmann, C., Eds.; Springer Nature: Cham, Switzerland, 2021; pp. 129–146.

17. Garbea, R.; Grigoras, G. Clustering-Using Data Mining-based Application to Identify the Hourly Loading Patterns of the Generation Units from the Hydropower Plants. In Proceedings of the IEEE International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE), Iasi, Romania, 20–22 October 2022.

18. Odrynska, A. What is Data Mining: Definition, Process, Techniques and Role in Business Intelligence. 2023. Available online: https://www.alphaservesp.com/blog/what-is-data-mining-definition-process-techniques-and-business-intelligence (accessed on 31 July 2024).

19. Onlogic. Setting Up Smart SCADA for Digital Transformation. 2024. Available online: https://www.onlogic.com/blog/smart-scada-digital-transformation (accessed on 5 September 2024).

20. Kaur, S.; Kathpal, N.; Munjal, N. Role of SCADA in Hydro Power Plant Automation. Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng. 2015, 4, 8085–8090.

21. Mirzargar, M.; Whitaker, R.T.; Kirby, R.M. Curve Boxplot: Generalization of Boxplot for Ensembles of Curves. IEEE Trans. Vis. Comput. Gr. 2023, 20, 2654–2663.

22. Chelaru, E.; Grigoras, G. Decision Support System to Determine the Replacement Ranking of the Aged Transformers in Electric Distribution Networks. In Proceedings of the IEEE 12th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI) Proceedings, Bucharest, Romania, 25–27 June 2020.