KUTUBXONA UCHUN RFID JIHOZLARI TARKIBINI TANLASHNING AXBOROT MODELLARI VA KO‘P MEZONLI ALGORITMLARI

Muxammadjonov Sherzod Muhammadjon o‘g‘li
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
sh.muxammadjonov@tuit.uz

Annotatsiya. *Maqolada kutubxona xizmatlari, mavjud infratuzilma va resurs cheklovlari asosida RFID jihozlarining turi hamda sonini tanlash masalasi ko‘rib chiqiladi. Kutubxona jarayonining axborot modeli, miqdoriy tarkibni aniqlash va majburiy talablarni tekshirish modellari o‘zaro bog‘lanadi. Mezonlar vaznini aniqlash uchun AHP, joriy etishga tayyorgarlikni baholash uchun nol tartibli Sugeno modeli, ruxsat etilgan komplektlarni tartiblash uchun TOPSIS qo‘llanilgan.*

Kalit so‘zlar. *kutubxonalarni avtomatlashtirish, RFID, jihozlar tarkibi, majburiy cheklovlar, AHP, Sugeno modeli.*

Аннотация. *Рассматривается выбор типов и количества RFID-оборудования на основе библиотечных услуг, действующей инфраструктуры и ресурсных ограничений. Связаны информационная модель библиотечного задания, модель количественного состава и проверка обязательных требований. Для определения весов критериев используется AHP, для оценки готовности к внедрению – модель Сугено нулевого порядка, для ранжирования допустимых комплектов – TOPSIS.*

Ключевые слова. *автоматизация библиотек, RFID, состав оборудования, обязательные ограничения, AHP, модель Сугено, TOPSIS.*

Abstract. *This paper addresses the selection of RFID equipment types and quantities based on library services, existing infrastructure and resource constraints. It connects a library requirements information model, an equipment quantity model and mandatory constraint checks. AHP is used to determine criterion weights, a zero-order Sugeno model assesses implementation readiness, and TOPSIS ranks feasible equipment configurations.*

Keywords. *library automation, RFID, equipment configuration, mandatory constraints, AHP, Sugeno model, TOPSIS.*

Kirish

Radiochastotali identifikatsiya kutubxonalarda kitob berish va qaytarish, inventarizatsiya hamda ruxsatsiz olib chiqishni nazorat qilish jarayonlarida qo‘llanadi. RFID tizimlarini joriy etish tajribasi texnik vositalarni kutubxona ish

jarayonlari bilan birgalikda ko‘rib chiqish zarurligini ko‘rsatadi [1]. ISO 28560-1:2023 standarti kutubxona RFID tizimlarida ma’lumot elementlari va joriy etish bo‘yicha umumiy yo‘riqlarni belgilaydi [2].

Jihoz tanlashda fond hajmi, xizmat nuqtalari, kitob berish va qaytarish oqimi, mavjud qurilmalar hamda budjet birgalikda hisobga olinishi kerak. Faqat alohida mahsulotning reytingiga tayanish zarur xizmatni ta’minlamaydigan yoki o‘zaro ishlamaydigan komplektning tanlanishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli tanlov obyekti qurilmaning o‘zi bilan cheklanmaydi: muayyan bosqich va joylashtirish nuqtalari uchun jihozlarning funksional hamda miqdoriy tarkibi aniqlanadi.

Tadqiqotning maqsadi kutubxona topshirig‘ini tekshiriladigan talablarga aylantirish, shu talablarga mos RFID komplektlarini shakllantirish va ularni asoslangan mezonlar bo‘yicha taqqoslash tartibini ishlab chiqishdir. Maqolada axborot va matematik modellar, algoritmlarning o‘zaro aloqasi hamda hisoblash tekshiruvlari yoritiladi. Tadqiqot natijalari xizmatlar samaradorligining tajribaviy foizlari bilan emas, tanlov protsedurasining aniqligi va tekshiriladigan xususiyatlari bilan ifodalanadi.

Kutubxona topshirig‘i va jihozlar tarkibining modeli

Boshlang‘ich ma’lumotlar L = (F, U, P, D, T, O, B, S) to‘plamida ifodalanadi. Bunda F – fond va belgilanishi kerak bo‘lgan nusxalar; U – xizmat ko‘rsatish oqimlari; P – operatsiyalar xususiyatlari; D – nusxa hisobidagi ma’lumotlar holati; T – axborot tizimlari va mavjud jihozlar; O – xodimlar hamda ishlarni tashkil etish; B – moliyaviy shartlar; S – joylashtirish va muhandislik sharoitlari. Har bir qiymatga o‘lchov birligi, kuzatuv davri, manba va olish usuli biriktiriladi. O‘lchangan qiymat, hujjat bilan tasdiqlangan ma’lumot, ekspert bahosi va hisoblash farazi alohida saqlanadi.

Fondning umumiy hajmi bilan joriy bosqichda RFID belgisi o‘rnatiladigan nusxalar soni farqlanadi. Xarid qilinadigan belgilar miqdori ushbu bosqichga kiritilgan, hali belgilanmagan nusxalar va kelishilgan zaxira orqali aniqlanadi. Kunlik operatsiyalar soni eng yuqori soatlik yuklamaning o‘rnini bosmaydi. Bir necha xizmat nuqtasining umumiy oqimini bitta terminalning unumdorligi bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri taqqoslash ham noto‘g‘ri miqdoriy xulosaga olib keladi.

Jihozlar hisobi j tur va c joylashtirish nuqtasi bo‘yicha yuritiladi. Yakuniy miqdor saqlab qolinadigan yaroqli jihozlar bilan yangi xaridlar yig‘indisiga teng. Mavjud qurilmalar faqat mosligi va foydalanishga yaroqliligi tasdiqlanganda saqlanadigan tarkibga kiritiladi.

Ko‘p funksiyali terminal uchun berish va qaytarish yuklamalari birgalikda tekshiriladi. Aks holda bitta qurilmaning quvvati ikki marta hisobga olinishi mumkin. Buyurtmalar shkafining sig‘imi bir vaqtda saqlanadigan buyurtmalar bilan,

himoya qurilmalari soni esa nazorat qilinadigan alohida yo‘laklar bilan bog‘lanadi. Muqobil xizmat usullari saqlanadi: bir funksiyani kombinatsiyalangan terminal ham, alohida qurilma ham bajara olsa, ikkisini bir vaqtda sotib olish majburiy talab deb qabul qilinmaydi.

Kognitiv model fond ma’lumotlarining to‘g‘riligi, avtomatlashtirilgan axborot-kutubxona tizimi bilan integratsiya, xodimlar tayyorgarligi va xizmat natijalari o‘rtasidagi taxminiy aloqalarni tartibga soladi. U omillarni tanlash va natijalarni izohlashda ishlatiladi. Aloqalarning sonli kuchi aniqlanmagan holatda mazkur xaritadan kutish vaqti yoki mehnat sarfining aniq prognozini olishga yo‘l qo‘yilmaydi.

Majburiy cheklovlar va ko‘p mezonli baholash

Talablarga muvofiqlik modeli budjet, xizmatlar qamrovi, qurilmalar soni, joylashtirish va texnik moslikni tekshiradi. Ko‘rib chiqilayotgan RFID komponentlari uchun HF diapazoni qabul qilinadi. Har bir talab bo‘yicha «bajarilgan», «bajarilmagan» yoki «tasdiqlanmagan» holati qayd etiladi.

Ruxsat etilgan komplektlar to‘plami quyidagicha belgilanadi:

$$A = \{q \in Q : C_0(q) \leq B_0, K(q) = 1, \\ g_r(q, L) \geq b_r \ \forall r\}. \quad (1)$$

Bu yerda Q – jihozlar miqdorining chekli butun sonli variantlari; $C_0(q)$ – boshlang‘ich xarajat; B_0 – budjet chegarasi; K(q) – majburiy moslik tekshiruvlari natijasi; $g_r(q, L)$ va b_r – r-talabning ta’minlangan darajasi va zarur minimumi. Barcha shartlar tasdiqlanishi talab qilinadi.

Afzallik mezonlari cheklovlardan keyin qo‘llanadi. Ular orasida besh yillik xarajat, berish va qaytarishdagi xodimlar mehnati, inventarizatsiya mehnati, operatsiyalar aniqligi, tizimning ishga yaroqli holatda bo‘lish vaqti ulushi, mustaqil xizmatlardan foydalanish mumkin bo‘lgan vaqt hamda joriy etish muddati bor. Muayyan topshiriq uchun barcha variantlarga bir xil qo‘llanadigan mezonlar tanlanadi. Bir operatsiyaning vaqti va undan hisoblangan unumdorlikni mustaqil mezonlar sifatida takroran kiritishdan saqlanish kerak.

Mezonlar ahamiyati ierarxiyalarni tahlil qilish usuli – AHP orqali aniqlanadi [3]. Juft taqqoslash matritsasi musbat, o‘zaro teskari va diagonali birliklardan iborat bo‘lishi shart. Vaznlar asosiy xos vektorni normallashtirish orqali olinadi; tartibi ikkitadan katta matritsalar uchun CR ≤ 0,10 kelishuv sharti tekshiriladi. Nomuvofiq javoblar ekspertga qayta ko‘rib chiqish uchun qaytariladi.

O‘n ikkita mezonni to‘rtta, har biri uch mezonli guruhga ajratishda guruhlar uchun 6 ta va guruhlar ichida 12 ta, jami 18 ta mustaqil taqqoslash kerak bo‘ladi. To‘liq 12 × 12 matritsa esa 66 ta taqqoslashni talab qiladi. Bu natija so‘rov

tuzilmasining hisobiy xususiyatidir. Global vazn guruh vazni bilan mezonning guruh ichidagi vazni ko‘paytmasidan hosil qilinadi.

RFID joriy etishga tayyorgarlikning noaniq modeli

Tayyorgarlikni baholashda x = (I, D, O, S) ∈ [0; 1]⁴ kirish vektori ishlatiladi. I integratsiya, D nusxa ma’lumotlari, O ishlarni tashkil etish, S esa o‘rnatish joylari tayyorgarligini bildiradi. Baholar tegishli komplekt uchun tekshiriladigan talablar asosida belgilanadi. Kirish qiymati noma’lum bo‘lsa, uning o‘rniga taxminiy o‘rta qiymat qo‘yilmaydi. Model nol tartibli Sugeno xulosasiga asoslanadi; bu sinfning matematik asosi Takagi va Sugeno ishida berilgan [4].

Har bir kirish uchun past, o‘rta va yuqori darajalarni ifodalovchi uchta tegishlilik funksiyasi belgilanadi:

$$\mu_0(x) = max(0, 1 - 2x),$$
$$\mu_1(x) = max(0, 1 - |2x - 1|), \quad (2)$$
$$\mu_2(x) = max(0, 2x - 1).$$

Ularning yig‘indisi [0; 1] oraliqda birga teng. To‘rtta kirish $3^4 = 81$ ta qoidani hosil qiladi. Qoida faolligi tegishlilik darajalarining ko‘paytmasi orqali hisoblanadi. Kamida bitta past darajali term mavjud bo‘lsa, xulosa 1/6; past daraja bo‘lmay, kamida bitta o‘rta daraja bo‘lsa, 1/2; barcha termlar yuqori bo‘lsa, 5/6 qiymatini oladi. Mos ravishda bu guruhlarda 65, 15 va 1 ta qoida mavjud. Yakuniy baho doimiy xulosalarning faolliklar bilan vaznlangan o‘rtachasidir.

Qoidalar yig‘indisini soddalashtirish quyidagi yopiq ifodani beradi:

$$U(x) = \prod_{j=1}^{4} min(2x_j, 1),$$
$$V(x) = \prod_{j=1}^{4} max(2x_j - 1, 0), \quad (3)$$
$$Y(x) = \frac{1}{6} + \frac{U(x) + V(x)}{3}.$$

U past termi bo‘lmagan qoidalarning jami faolligini, V esa barcha termlari yuqori bo‘lgan qoidaning faolligini bildiradi. Past, o‘rta va yuqori xulosalarning jami vaznlari mos ravishda 1 − U, U − V va V ga teng. Shu sababli 81 ta qoidani to‘g‘ridan-to‘g‘ri hisoblash bilan yopiq formula bir xil natija beradi.

Har bir ko‘paytuvchi uzluksiz, manfiy bo‘lmagan va o‘z kirishi bo‘yicha kamaymaydigan funksiyadir. Qolgan kirishlar o‘zgarmaganda ularning ko‘paytmasi ham kamaymaydi. Musbat koeffitsiyentli yig‘indi bu xususiyatlarni saqlaydi. Demak, Y uzluksiz,va [1/6; 5/6] oraliqda yotadi. Bu xususiyat tayyorgarlikning yaxshilanishi hisobiy bahoni pasaytirmasligini ta’minlaydi.

Tayyorgarlik bahosi muvaffaqiyatli joriy etish ehtimoli emas. Reytingga kiritish chegarasi θ qo‘llashdan oldin alohida asoslanadi.

Algoritmlar va hisoblash natijalari

Taklif etilgan tartib uchta algoritmdan iborat. A1 boshlang‘ich ma’lumotlarni tekshiradi, xizmatlar bog‘liqligini ochadi va miqdoriy talablarni shakllantiradi. A2 shu talablar, mavjud jihozlar va katalog bo‘yicha komplektlarni hosil qiladi; tasdiqlangan, tasdiqlanmagan va rad etilgan variantlarni ajratadi. A3 ruxsat etilgan variantlar uchun tayyorgarlik, mezonlar va vaznlarni tekshiradi, reytingni hisoblaydi hamda tavsiya o‘zgaradigan shartlarni qayd etadi.

A2 algoritmida qidiruv sohasi chekli bo‘lgani uchun to‘liq ko‘rib chiqish tugaydi. Tarmoq faqat davom ettirish orqali bartaraf etib bo‘lmaydigan buzilish aniqlanganda kesiladi. Hali tugallanmagan komplektda bir xizmatning mavjud emasligi uni darhol rad etish uchun yetarli emas: keyingi qurilma ushbu funksiyani ta’minlashi mumkin.

A3 da TOPSIS usuli qo‘llanadi [5; 6]. $X = (x_{ij})$ matritsasi bir xil mezonlar bo‘yicha komplektlar baholarini saqlaydi. Ustunlar vektor usulida normallashtiriladi va AHP vaznlariga ko‘paytiriladi. Maksimallashtiriladigan hamda minimallashtiriladigan mezonlar uchun musbat va manfiy ideal nuqtalar tegishli yo‘nalishda tanlanadi. Variantning yaqinlik koeffitsiyenti $C_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-)$ bo‘lib, katta qiymat yuqoriroq o‘rinni bildiradi. Bu yerda D_i^+ va D_i^- mos ideal nuqtalargacha Evklid masofalaridir.

TOPSIS natijasi ko‘rib chiqilgan variantlar, mezonlar, vaznlar va normallashtirishga bog‘liq; yagona ruxsat etilgan komplekt mavjud bo‘lsa, ko‘p variantli reyting talab qilinmaydi. Vaznlar yoki xarajatlar o‘zgarganda majburiy cheklov buzilishi bilan reyting o‘zgarishi alohida qayd etiladi. Qo‘shimcha tekshiruvda o‘sha variantlar va ma’lumotlar asosida vaznli yig‘indi hamda ketma-ket yon berish usullari bilan taqqoslash mumkin.

Noaniq tayyorgarlik modelining nazorat hisoblari 1-jadvalda berilgan. Barcha kirishlar sun’iy nazorat qiymatlaridir; ular muayyan kutubxonada o‘tkazilgan so‘rov yoki o‘lchov natijasi emas.

1-jadval. Sugeno modelining nazorat hisoblari

I	D	O	S	Y
0	0	0	0	0,166667
0,50	0,50	0,50	0,50	0,500000
1	1	0,70	0,75	0,566667
1	1	0,70	0,90	0,606667
1	1	1	1	0,833333

I = D = 1 va O = 0,70 o‘zgarmaganda S ning 0,75 dan 0,90 gacha oshishi Y ni 0,566667 dan 0,606667 gacha ko‘taradi. Shunday qilib, mazkur tekshiruvda baho 0,04 ga oshadi. Bu qiymat xizmat tezligi yoki iqtisodiy samaraning o‘sishi emas, tayyorgarlik funksiyasining kirishga javobidir.

Har bir kirish uchun {0; 0,25; 0,50; 0,75; 1} to‘plami olinganda to‘rt o‘lchovli to‘r 625 ta tugunni qamraydi. Bir koordinatani qo‘shni katta qiymatga almashtirishning 2000 ta holatida Y ning kamayishi kuzatilmaydi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri 81 qoida bo‘yicha hisob bilan yopiq formula natijalari ham mos keladi. Ushbu tekshiruvlar analitik isbotni hisoblash orqali nazorat qiladi.

Tadqiqotning amaliy chegarasi boshlang‘ich ma’lumotlar sifati bilan belgilanadi. Xarajatlarni baholash uchun bir xil davr narxlari va to‘liq xarajat tarkibi, xizmat ko‘rsatishni taqqoslash uchun esa bir xil operatsiya chegaralari talab qilinadi. Kutish vaqti, xodimlar mehnati va foydalanish qulayligiga ta’sirni aniqlash keyingi sinovlarda kuzatuvlar hamda bir xil topshiriq bo‘yicha muqobil tanlash tartibi bilan solishtirishni talab etadi.

Xulosa

Kutubxona xizmatlarini RFID jihozlari tarkibiga bog‘lovchi axborot modeli va uch bosqichli tanlov tartibi shakllantirildi. Model boshlang‘ich ma’lumotlarning kelib chiqishini saqlaydi, ehtiyojni mavjud jihozlar va yangi xaridlardan ajratadi hamda majburiy cheklovlarni afzallik mezonlaridan oldin tekshiradi. AHP mezonlar ahamiyatini, Sugeno modeli tayyorgarlikni, TOPSIS esa ruxsat etilgan variantlarning o‘zaro o‘rnini belgilaydi.

Nol tartibli Sugeno modelining yopiq ifodasi chiqarilib, uning uzluksizligi va har bir kirish bo‘yicha kamaymasligi asoslandi. Nazorat hisoblari ushbu xususiyatlarni tasdiqladi. Ishning natijasi ma’lum usullarni kutubxona topshirig‘i, miqdoriy tarkib, moslik tekshiruvlari va qaror sabablarini qayd etish bilan bog‘lashdan iborat. Amaliy samaradorlik haqidagi xulosa esa haqiqiy ma’lumotlar asosidagi alohida sinovlardan keyin chiqarilishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kern C., Nauer M. Implementing RFID in Libraries for Process Automation – Experiences from over Twenty Current Installations // LIBER Quarterly. – 2004. – Vol. 14, No. 2. – DOI: 10.18352/lq.7772.

2. ISO 28560-1:2023. Information and documentation – RFID in libraries – Part 1: Data elements and general guidelines for implementation. – 3rd ed. – Geneva: ISO, 2023. – 27 p.

3. Saaty T. L. Decision making with the analytic hierarchy process // International Journal of Services Sciences. – 2008. – Vol. 1, No. 1. – P. 83–98. – DOI: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.

4. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1985. – Vol. SMC-15, No. 1. – P. 116–132. – DOI: 10.1109/TSMC.1985.6313399.

5. Hwang C.-L., Yoon K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. A State-of-the-Art Survey. – Berlin; Heidelberg: Springer, 1981. – XI, 269 p. – (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems; vol. 186). – DOI: 10.1007/978-3-642-48318-9.

6. Behzadian M., Khanmohammadi Otaghsara S., Yazdani M., Ignatius J. A state-of the-art survey of TOPSIS applications // Expert Systems with Applications. – 2012. – Vol. 39, No. 17. – P. 13051–13069. – DOI: 10.1016/j.eswa.2012.05.056.