

**SIMSIZ SENSORLAR TARMOQLARIDA TAKOMILLASHTIRILGAN SPARROW  
QIDIRISH ALGORITMINING ISHINI TAHLILI**

**Eshmuradov A.M., Xaytbayev A.F.**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7858230>

**Annotatsiya.** *Simsiz sensorlar tarmoq (SST) lari ma'lumotlarni to'plash va bazaviy stansiyaga uzatish uchun ishlatiladigan cheklangan batareya energiyasiga ega bo'lgan sezilarli tugunlar sonini o'z ichiga oladi. Bu yerda energiyaning katta qismi ma'lumotlarni uzatishga sarflanadi. Shuning uchun birinchi navbatda, tugunlarda energiya sarfini minimallashtirish hisobiga tarmoqning yashash muddatini maksimal darajada oshirish kerak.*

*Bu muammoni yechish uchun ma'lumotlarni energetik samarador uzatishga erishish uchun klasterlashtirish usuli qo'llaniladi. Klasterning bosh tuguni (BT) tanlanadi, u qolgan energiyani tejash uchun energiyani taqsimlash mexanizmidan foydalanadi va bu bilan tarmoqning yashash muddatini uzaytiradi. Turli xil mavjud usullar qo'llaniladi, ammo har bir algoritmi individual sezilarli cheklovlariga ega. Bu maqolada taklif etilgan differensial evolyusiyalar algoritmi Sparrowni qidirish gibridd algoritmi simsiz sensorlar tarmoqlarida klaster boshini tanlash yo'li bilan energetik samaradorlik muammosini yechish uchun mo'ljallangan.*

**Kalit so'zlar:** *Klaster, bazaviy stansiya, Sparrow algoritmi, bosh tugun, simsiz sensor tarmoq.*

**Kirish**

Elektr va kommunikatsion texnika sohasida simsiz aloqa simsiz sensorlar tarmog'iga (SST) texnologik o'sishni davom ettirmoqda. Bunday tarmoq fazoda taqsimlangan mayda tugunlar to'plamidan iborat bo'lib, bu tugunlar simli yoki simsiz muhitda har bir boshqa tugun bilan bog'lanish orqali avtonom aloqani tashkil qiladi.

Har bir tugun past chastotalarda ishlaydigan cheklangan energiyaga ega va tarmoq funksiyalarining tashqi vositalariga ega bo'lmagan ijrochi mexanizmlar (aktuatorlar) va sensorlardan tashkil topgan. Tarmoqni normal ishlash holatda saqlash uchun turli xil ilovalarda mavjud energiya samaradorligidan foydalanish zarur bo'ladi.

Shuning uchun asosiy muammo tugunlarda energiyaning cheklanishi bo'lib qoladi. Shunday ekan, bu muammoni yechish va tarmoqdagi xizmat ko'rsatish sifatini (QoS) yaxshilash uchun (Elshrkawey et al., 2018) adabiyotlarda turli funksiyalarga ega bo'lgan ko'plab klasterlashtirish protokollari taklif qilingan.

**Sparrowni qidirish algoritmi (SSA)**

Sparrowning "P" pozitsiyasi (1) tenglamada berilgan bu yerda n - sparrowlar soni, d esa optimallashtirilishi zarur bo'ladigan o'zgaruvchilar yo'nalishi hisoblanadi.

$$P = \begin{bmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & \dots & P_{1,d} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ P_{n,1} & P_{n,2} & \dots & P_{n,d} \end{bmatrix} \quad (1)$$

(2) tenglamadan foydalanish bilan sparrowlar populyatsiyasi d-o'lchovdagi yuqori va pastki chegaraviy cheklovlari doirasida tasodifiy tanlanadi:

$$P_{i,j} = LB_j + (UB_j - LB_j) * random(1, d) \quad (2)$$

(3) tenglamada bo'lganidek yaratuvchining yangi pozitsiyasi  $P_{i,j}^t$  chiqish pozitsiyasining dan foydalanadi. Bu yerda  $j = 1, 2, \dots$  - ixtiyoriy  $\alpha \in [0,1]$  qiymatdan foydalanish bilan  $I_{max}$

maksimal iteratsiya uchun  $i$ -chi sparrowning  $d$ -chi o‘lchovi.  $Q$  - oddiy taqsimotning tasodifiy qiymati va  $L$  esa 1 chegaralaridagi barcha elementlar uchun  $1 \times d$  matritsa. Agar  $AV < ST$  bo‘lsa yaratuvchi kengroq qidiruvni amalga oshiradi.

$$P_{i,j}^{(t+1)} = \begin{cases} P_{i,j}^t \cdot \exp\left(\frac{-i}{\alpha \cdot L_{max}}\right) & \text{agar } AV < ST \\ P_{i,j}^t + Q \cdot L & \text{agar } AV \geq ST \end{cases} \quad (3)$$

(4) tenglamada bo‘lganidek yaratuvchi pozitsiyasi yangilanadi Agar yaratuvchilar eng yaxshi yechimni topsa, u yechim uchun raqobat qilish uchun joyni tark etadi. Agar poyga muvaffaqiyatli bo‘lsa, u holda yaratuvchidan yechimi olinadi. Bu yerda  $P_{Best}$  va  $P_{Worst}$  yaratuvchining eng yaxshi va global eng yomon pozitsiyasi,  $A \in [-1,1]$  -  $1 \times d$  matritsa va  $A^+ = A^T(AA^T)^{-1}$  bo‘ladi. Natijada, xavf-xatardan uzoqda bo‘lgan sparrowlar qo‘shimcha yechimga ega bo‘lishadi.

$$P_{i,j}^{(t+1)} = \begin{cases} Q \cdot \exp\left(P_{Worst}^t - P_{ij}^t\right) & \text{agar } i > \frac{n}{2} \\ P_{Best}^{t+1} + \left|P_{j,j}^t - P_{Best}^{(t+1)}\right| \cdot A^+ \cdot L & \end{cases} \quad (4)$$

Sparrowning birlamchi pozitsiyasi (5) tenglamada berilgan, bu yerda  $P_{GBest}$  - joriy global optimal joylashuv,  $K \in [-1,1]$   $\beta$  tasodifiy o‘lchov - o‘rtacha 0 qiymatli va 1 dispersiyali tasodifiy normal taqsimot bilan qadam o‘lchamini boshqarish parametri,  $f_i$  – sparrowning yaroqlili qiymati.  $f_{gb}$  va  $f_w$  so‘nggi global eng yaxshi va eng yomon moslashish ko‘rsatkichlari,  $\varepsilon$  - nolga bo‘lish xatoligini oldini oladigan minimal doimiy. Agar  $f_i > f_{gb}$  bo‘lsa, u holda sparrow guruh chegarasida bo‘ladi. Endi  $P_{GBest}$  – bu sparrowning to‘da markazidagi xavfsiz pozitsiyasi hisoblanadi. Agar  $f_j = f_{gb}$  bo‘lsa, u holda sparrow guruhning o‘rtasida bo‘lib, xavfni sezadi va boshqa yo‘l tutadi.

$$P_{i,j}^{(t+1)} = \begin{cases} P_{GBest}^t + \beta \cdot \left|P_{j,j}^t - P_{GBest}^t\right| & \text{if } f_i > f_{gb} \\ P_{i,j}^t + K \cdot \left(\frac{\left|P_{i,j}^t - P_{Worst}^t\right|}{(f_j - f_w) + \varepsilon}\right) & \text{if } f_i = f_{gb} \end{cases} \quad (5)$$

### **ISSADE algoritmining blok-sxemasini ishlab chiqish**

Dastlab, differensial evolyusiya yordamida Sparrowni qidirish gibrid algoritmi SSA qidiruv potensialining xilma-xilligini oshirish uchun talab qilinadi. Gibrid optimallashtirish algoritmi dastlabki algoritmnig to‘g‘ri keladigan funksiyalaridan to‘liq foydalanish uchun bittadan ortiq algoritmlarni birlashtiradi. Bundan tashqari, SSA uzoq va ko‘p vaqt talab qiladigan jarayon hisoblanadi va u ishonchli global qidiruv imkoniyatiga ega emas, ammo DE algoritmi global qidiruv jarayonini soddalashtirish uchun noaktiv qidiruv qobiliyatiga ega va uning sekinroq yaqinlashishi tufayli qidiruv makonida foydalanish uchun mos keladi.

SSA va DE algoritmlarining dinamik o‘ziga xususiyatlari BT tanlashda qidiruv va ekspluatatsiya darajasini qo‘llab-quvvatlaydi. Shunday qilib, DE va SSA algoritmlari bir-birlarining natijalarini to‘ldiradi, bu albatta eng yaxshi unumdorlikni ta’minlaydi va shuning uchun differensial evolyusiya (ISSADE) modelidan foydalanish bilan yangi takomillashtirilgan Sparrowni qidirish algoritmi SSAdagi yuqorida ko‘rsatilgan cheklovlarni bartaraf etadi, SSTda BT lar tanlovi masalasini yechishga yordam beradi va differensial evolyusiya (EECHS-ISSADE) yordamida takomillashtirilgan sparrowni qidirish algoritmi yordamida saralanadigan energetik samarador klasster boshi deyiladi. ISSADE blok-sxemasi 1-rasmda keltirilgan.

Populyatsiyani tugunlar soniga teng deb olamiz. Demak, istalgan tugunlarni qo‘shish yoki olib tashlash vektorning o‘lchamliligini o‘zgartiradi va qayta klasterlashtirishni talab qiladi.

Yaroqlilik funksiyasining asosiy maqsadi eng yaxshi yechimni kamroq vaqt ichida topish va foydali ma'lumotlarni saqlash hisoblanadi. Energiya darajasi SSAdagi har bir sparrowning yaroqlilik qiymatiga teng. SST ko'rinishlarida global eng yaxshi pozitsiyalar bilan koordinallashtiriladigan tugunlar va bu koordinatalarga eng yaqin tugunlar olinadi.

Populyatsiyadan eng yaxshi TaV vektor mutatsiya tezligi (MR) yordamida mutatsiya operatori orqali tanlanadi. Yangi  $SP(g+1)$  (3.11) tenglamada ko'rsatilgan. Ikkita turli vektorlarni yaratish ehtimoli tasodifiy va bundan tashqari, uchta  $r_1, r_2, r_3$  tasodifiy sonlarga muvofiq o'zgaradi. Mutatsiya operatsiyasidagi  $\epsilon \in [0,1]$  vektorlari orasidagi farq va salbiy natijaning qabul qilingan sababi bo'lishi mumkin. Demak, algoritm diapazonni qanoatlantira oladigan tarzda vektorlarning farq komponentlarini generatsiyalashi kerak. Har bir sparrow eng yaxshi yechimga erishishgacha populyatsiyadagi barcha operatsiyalarning evolyusiyasidan o'tadi.

$$SP_{g+1} = SP_{r_1} + MR * (SP_{r_2} - SP_{r_3}) \quad (6)$$

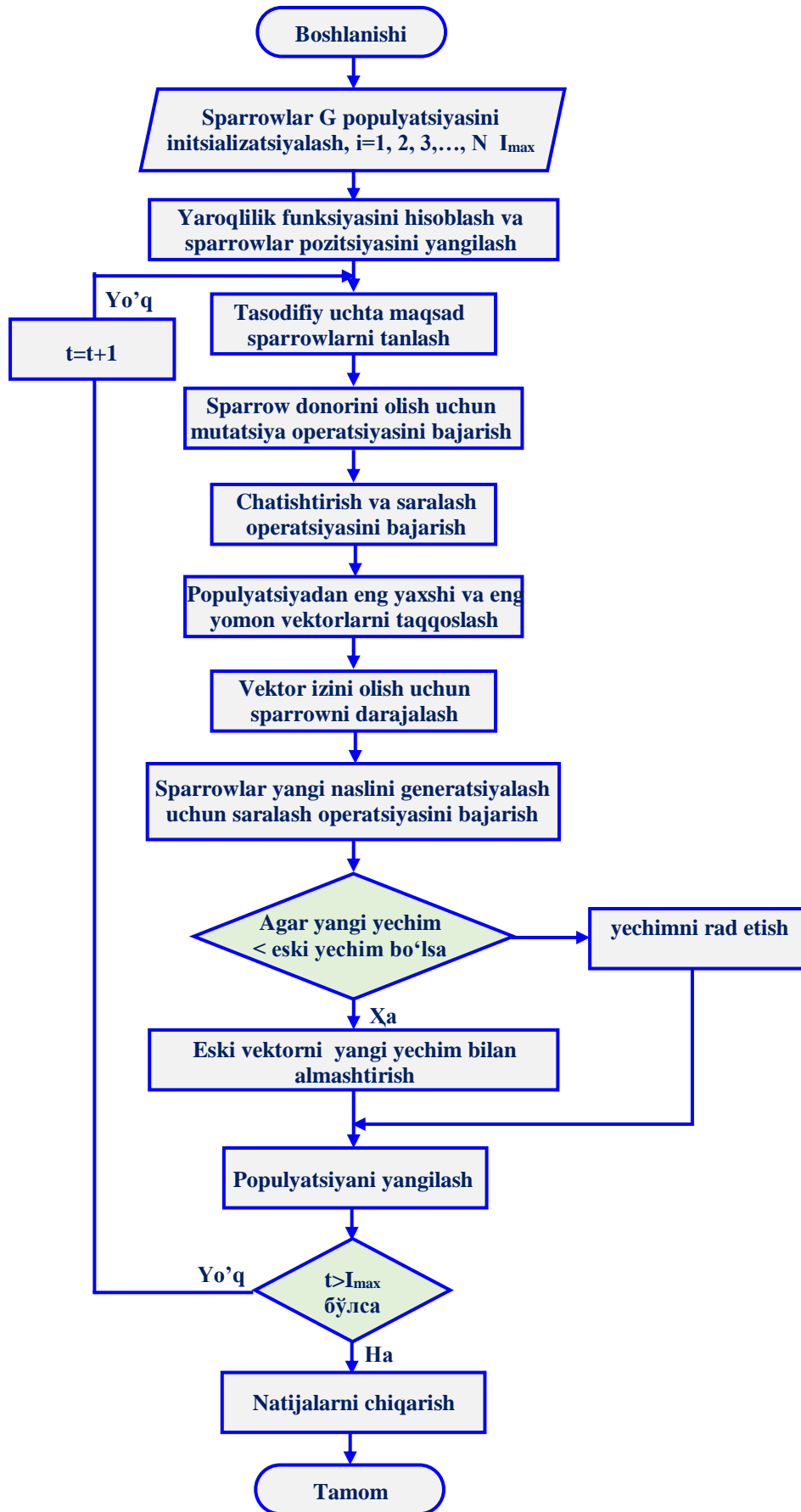
Tanlangan sparrow va eng yaxshi sparrow orasidagi  $SP_{best_{ij}}$  evklid masofasi (7) tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$dist = \sqrt{\sum_{i=1}^N (SP_{i,j} - SP_{best_{i,j}})^2} \quad (7)$$

(13) tenglamada bo'lganidek, sinov vektori deyiladigan yangi nasl avlodini shakllantirish uchun DV va TaV o'rtasidagi rekombinatsiyalash operatsiyasi bajariladi. Bu yerda oldindan belgilangan kesishish ehtimolligi (CPR) bilan binomial kesishuvdan foydalaniladi. Agar  $r \leq CPR$  bo'lsa, u holda donorlik vektori (BestDV) tanlanadi, aks holda BestTaV maqsadli vektor tanlanadi. DE algoritmiga kelsak, SF va CPR deyarli barcha yechimlar uchun qayd etilgan qiymatlarga o'rnatiladi.

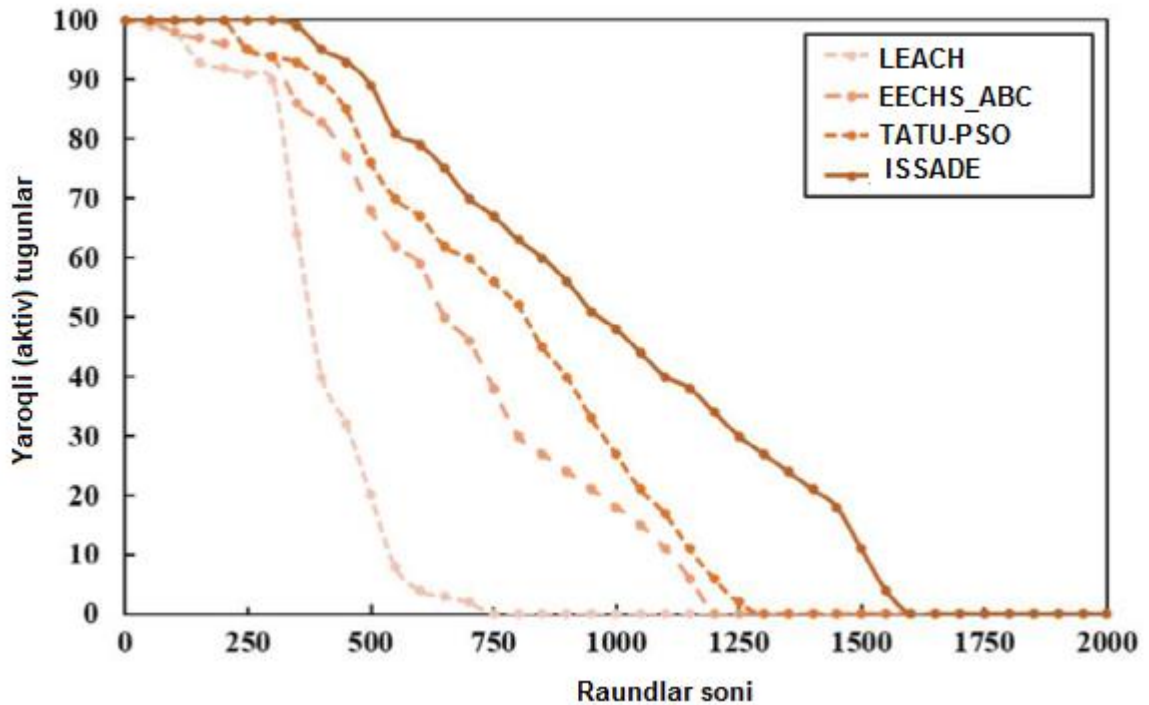
$$SP_{ij,g+1} = \begin{cases} BestDV_j \text{ agar } (r \leq CPR) \\ BestTaV_j \text{ agar } (r > CPR) \end{cases} \quad (8)$$

Saralash operatsiyasi keyingi qoladigan TaV yoki yangi generatsiyalanadigan TVdan tanlash imkonini beradi. Har ikkala vektor ham yaroqlilik funksiyasining hosilasi bilan baholanadi. Agar TV yaxshiroq yaroqlilik qiymatiga ega bo'lsa, TV TaV o'rnini egallaydi; aks holda, maqsadli vektor populyatsiyada saqlanadi. Yaratuvchilarning yangi joylashuvi (8) tenglamadagidek beriladi, bu yerda  $j = 1, 2, \dots, d$ ,  $\alpha \in [0, 1]$ ,  $SP_{ij}^t$  – t-iteratsiyadagi i-chi sparrowlarni j-o'lchodagi tezligi



1-rasm. ISSADE algoritmining blok-sxemasi

2-rasmda eksperimental modellashtirish yordamida aniqlangan va 0 dan 2000 gacha bo‘lgan turli raundlar soni bilan baholanadigan aktiv tugunlar soni tasvirlangan. Aktiv tugunlar yaqinlashishdan keyin oxiridan juda doimiy hisoblanadi (2-rasm). Tarmoq gibrid sxemasidagi yaroqli tugunlar optimal yechimni tezroq topadi.



2 - rasm. Tarmoqdagi yaroqli (aktiv) tugunlar

Bundan tashqari, bu past energiya iste'molli tugunlarning BT sifatida tayinlanishini oldini oladi, bu bilan tarmoqning yashash muddatini maksimal oshiradi. LEACH protokolidagi (Heinzelman et al., 2002) raundlar soni 50 ga yetganida aktiv tugunlar soni kamaya boshlaydi va raundlar soni 770 ga yetganda nolga teng bo'ladi. Aksincha, EECHS-ABC protokolidagi raundlar soni 50 ga yetganida aktiv tugunlar soni orta boshlaydi va 1210 ga yetganda nolga teng bo'ladi.

## REFERENCES

1. M. Mozaffari, W. Saad, M. Bennis, and M. Debbagh, "Mobile unmanned aerial vehicles (UAVs) for energy-efficient internet of things communications," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 16, no. 11, 2017, pp. 7574–7589,
2. Vladislav Gubenko, Alisher Shakhobiddinov, Arthur Khatamov, Yelena Borisova. Investigation of spurious electromagnetic radiation in residential premises. International Conference on Information Science and Communications Technologies: applications, trends and opportunities. ICISCT 2021.
3. Zhang, T.; Mao, S. Energy-Efficient Federated Learning with Intelligent Reflecting Surface. *IEEE Trans. Green Commun. Netw.* 2021, 6, 845–858.
4. A. Al-Hourani, S. Kandeepan, and S. Lardner "Optimal lap altitude for maximum coverage," *Wireless Communications Letters, IEEE*, vol. 3, no. 6, pp. 569–572, 2014.

5. D. Moltchanov, “Distance distributions in random networks,” Ad Hoc Networks, vol. 10, no. 6, pp. 1146–1166, 2012. (Cited on page 40.)
6. Campion M., Ranganathan P., Faruque S. UAV swarm communication and control architectures: A review // Journal Unmanned Vehicle System. 2018. Vol. 7. P. 93-106.