KOSMIK ALOQA TIZIMLARIDA FOYDALANUVCHI INTERFEYSINING SAMARADORLIGINI BAHOLASH METODOLOGIYALARI

Xoliqnazarov Rashidjon Xomidjonovich
Boltayev Abduvali Nabi o'g'li
Farg'ona davlat texnika universiteti, Kompyuter muhandisligi va sun'iy intellekt kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., PhD, e-mail: abdurashidinvestor@gmail.com
Farg'ona davlat texnika universiteti, "Kompyuter muhandisligi va sun'iy intellekt" kafedrasi magistranti e-mail: abduvaliboltayev@gmail.com

Annotatsiya: *Ushbu maqolada kosmik aloqa tizimlarida foydalanuvchi interfeysining samaradorligini baholash metodologiyalari tadqiq etiladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi - murakkab kosmik aloqa tizimlarida operator va foydalanuvchi o'rtasidagi o'zaro aloqani optimallashtirishga xizmat qiluvchi foydalanuvchi interfeyslarini baholash usullarini aniqlash va tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot jarayonida tizimli tahlil, taqqoslash, ekspert baholash, foydalanuvchi tajribasi (UX) ko'rsatkichlarini o'lchash, shuningdek, xalqaro standartlarga asoslangan metodologiyalar qo'llanildi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, interfeys samaradorligini baholashda ergonomika, axborot yuklamasi, interaktivlik darajasi va xatoliklar ehtimolini kamaytirish muhim omillar sifatida aniqlangan. Olingan natijalar kosmik aloqa tizimlarida boshqaruv aniqligini oshirish, inson omiliga bog'liq xatolarni kamaytirish hamda tizimlarning ishonchliligini ta'minlashda amaliy ahamiyatga ega. Tadqiqot xulosalari kosmik texnologiyalar sohasida foydalanuvchi interfeyslarini loyihalash va baholash jarayonlarini takomillashtirishga xizmat qiladi.*

Kalit so'zlar: *kosmik aloqa tizimlari, foydalanuvchi interfeysi, samaradorlikni baholash, UX/UI, ergonomika, inson-kompyuter o'zaro ta'siri*

МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА В СИСТЕМАХ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Аннотация: *В данной статье рассматриваются методологии оценки производительности пользовательского интерфейса в космических системах связи.Основной целью исследования является анализ и обоснование методов оценки пользовательских интерфейсов, обеспечивающих оптимальное взаимодействие оператора и системы в условиях высокой сложности и ответственности. В ходе исследования использовались методы системного анализа, сравнительного анализа, экспертной оценки, а также показатели пользовательского опыта (UX), основанные на международных стандартах. Результаты исследования показывают, что ключевыми факторами эффективности пользовательского интерфейса являются эргономичность,*

уровень информационной нагрузки, интерактивность и минимизация вероятности ошибок оператора. Полученные выводы имеют практическое значение для повышения надежности, точности управления и безопасности космических коммуникационных систем. Результаты работы могут быть использованы при проектировании и модернизации интерфейсов управления в современных космических и спутниковых системах связи.

Ключевые слова: *космические системы связи, пользовательский интерфейс, оценка эффективности, UX/UI, эргономика, взаимодействие человек-компьютер*

METHODOLOGIES FOR EVALUATING USER INTERFACE EFFECTIVENESS IN SPACE COMMUNICATION SYSTEMS

Annotation: *This paper explores methodologies for evaluating user interface performance in space communication systems. The main objective of the study is to analyze and identify assessment methods that enhance interaction between operators and complex space communication systems. The research applies system analysis, comparative methods, expert evaluation, and user experience (UX) metrics based on international standards. The findings indicate that ergonomics, information load management, interactivity, and error prevention are critical factors in evaluating user interface effectiveness. The results demonstrate that well-designed and properly evaluated interfaces significantly improve operational accuracy, reduce human-related errors, and increase system reliability. The conclusions of the study provide practical value for the design, evaluation, and improvement of user interfaces in modern space and satellite communication systems.*

Key words: space communication systems, user interface, effectiveness evaluation, UX/UI, ergonomics, human-computer interaction

KIRISH

Hozirgi kunda kosmik texnologiyalar, xususan, kosmik aloqa tizimlari jadal rivojlanib, sun'iy yo'ldoshli aloqa, masofaviy monitoring, navigatsiya va chuqur kosmik missiyalar insoniyat hayotining muhim sohalariga aylanmoqda. Ushbu tizimlarning murakkablashuvi bilan bir qatorda ularni boshqarish, nazorat qilish va ulardan samarali foydalanishda foydalanuvchi interfeysining roli tobora ortib bormoqda. Kosmik aloqa tizimlarida foydalanuvchi interfeysi operator va texnik tizim o'rtasidagi asosiy muloqot vositasi bo'lib, axborotning to'g'ri qabul qilinishi, tezkor qaror qabul qilish va xavfsizlikni ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Mavzuning dolzarbligi shundan iboratki, kosmik aloqa tizimlari yuqori darajadagi mas'uliyat, real vaqt rejimida boshqaruv va xatolarga nisbatan past bardoshlilik bilan ajralib turadi. Foydalanuvchi interfeyslarining noqulay yoki noto'g'ri loyihalanishi inson omiliga bog'liq xatolarni ko'paytirishi, axborot

yuklamasining oshishiga va tizim samaradorligining pasayishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli, foydalanuvchi interfeysining samaradorligini ilmiy asoslangan metodologiyalar yordamida baholash va takomillashtirish kosmik aloqa tizimlarining ishonchliligini oshirishda muhim masala hisoblanadi.

Mazkur tadqiqot doirasida ko'rib chiqilayotgan asosiy muammo shundan iboratki, kosmik aloqa tizimlarida qo'llanilayotgan foydalanuvchi interfeyslarini baholashda yagona, kompleks va moslashuvchan metodologiyaning yetarli darajada shakllanmaganligidir. Amaliyotda texnik ko'rsatkichlar ustuvor bo'lib, foydalanuvchi tajribasi, ergonomika va kommunikativlik kabi inson omiliga oid jihatlar ikkilamchi darajada baholanadi. Natijada, interfeys dizaynida operator ehtiyojlari to'liq inobatga olinmaydi va bu tizimning umumiy samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Tadqiqotning asosiy gipotezasi shundan iboratki, agar kosmik aloqa tizimlarida foydalanuvchi interfeysining samaradorligi inson-kompyuter o'zaro ta'siri, ergonomika, kommunikativlik va foydalanuvchi tajribasi (UX) ko'rsatkichlarini o'z ichiga olgan kompleks baholash metodologiyalari asosida tahlil qilinsa, u holda operator faoliyatining aniqligi va tezkorligi oshadi, inson omiliga bog'liq xatolar kamayadi hamda kosmik aloqa tizimlarining ishonchliligi va xavfsizligi sezilarli darajada yaxshilanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Kosmik aloqa tizimlarida foydalanuvchi interfeysining samaradorligini baholash masalasi inson-kompyuter o'zaro ta'siri, kommunikativlik, ergonomika va tizim samaradorligini ta'minlash bilan chambarchas bog'liq. Ushbu yo'nalishda olib borilgan ilmiy tadqiqotlar foydalanuvchi interfeyslarini baholashning nazariy asoslari va amaliy metodologiyalarini shakllantirishga xizmat qilgan.

"Methods and tools: a method for evaluating the communicability of user interfaces"[1] nomli tadqiqotda Prates, De Souza va Barbosa (2000) foydalanuvchi interfeysini dizayner tomonidan foydalanuvchiga uzatiladigan murakkab kommunikativ xabar sifatida talqin qiladi. Mazkur ishda semiotik muhandislik yondashuvi asosida interfeyslarning kommunikativlik darajasini baholash metodologiyasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotda foydalanuvchi va tizim o'rtasidagi muloqot jarayonida yuzaga keladigan tushunmovchiliklar aniqlanib, interfeys dizaynidagi semantik uzilishlar tahlil qilingan.

Ushbu yondashuv kosmik aloqa tizimlarida murakkab boshqaruv interfeyslarining foydalanuvchi tomonidan to'g'ri qabul qilinishini baholash uchun muhim nazariy asos yaratadi.

[1] Prates, R. O., De Souza, C. S., & Barbosa, S. D. (2000). Methods and tools: A method for evaluating the communicability of user interfaces. Interactions, 7(1), 31-38. https://doi.org/10.1145/344949.345015

"Development of a human performance modeling tool for user interface evaluation in next generation spacecraft: an empirical approach"[2] nomli ilmiy ishda Ravinder va hammualliflar (2007) kosmik kemalar uchun foydalanuvchi interfeyslarini baholashda inson faoliyatini modellashtirishga asoslangan empirik yondashuvni taklif etadi.

Tadqiqot davomida operatorlarning ko'z harakati va e'tibor taqsimoti tahlil qilinib, interfeys elementlarining vazifani bajarish tezligi va aniqligiga ta'siri baholangan. Natijalar interfeys dizayni operator samaradorligini sezilarli darajada oshirishi yoki pasaytirishi mumkinligini ko'rsatadi. Ushbu ish kosmik aloqa tizimlarida inson omilini hisobga olgan holda interfeys samaradorligini baholash uchun muhim metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

"Interstellar UI/UX: A User Experience Evaluation of Reactive User Interfaces in the Realm of Aerospace Applications" [3] nomli doktorlik dissertatsiyasida Degerliyurt (2025) aerokosmik sohada qo'llaniladigan reaktiv foydalanuvchi interfeyslarining foydalanuvchi tajribasi (UX) nuqtai nazaridan baholanishini chuqur tahlil qiladi. Tadqiqotda real vaqt rejimida ishlovchi interfeyslarning sezgirligi, moslashuvchanligi va foydalanuvchi yuklamasi masalalari o'rganilgan. Ushbu ish kosmik aloqa tizimlarida zamonaviy UI/UX yondashuvlarini baholash va takomillashtirish uchun muhim ilmiy manba hisoblanadi. "Controlling communication satellites - a case study: the user interface"[4] nomli tadqiqotda Linn va Meixner (2009) aloqa sun'iy yo'ldoshlari boshqaruv tizimlari uchun foydalanuvchi interfeysini ishlab chiqish va baholash jarayonini amaliy misol asosida yoritadi. Tadqiqotda DATech usability guideline metodologiyasi asosida inson markazli dizayn tamoyillari qo'llanilgan. Foydalanuvchi so'rovlari, kontekst ssenariylari va asosiy vazifalar aniqlanib, interfeys prototiplari sinovdan o'tkazilgan. Ushbu ish kosmik aloqa tizimlarida interfeyslarni baholashning amaliy jihatlarini ochib beradi.

"Research on Evaluation System of Human-Computer Interaction Interface for Spacecraft Complex Information System"[5] nomli maqolada Wu va hammualliflar (2024) kosmik kemalar uchun mo'ljallangan murakkab axborot tizimlarida inson-kompyuter interfeysini baholashning kompleks tizimini taklif etadi. Tadqiqotda baholash mezonlari uch asosiy yo'nalish bo'yicha shakllantirilgan: vazifaga moslik, ko'rinuvchanlik va foydalanish qulayligi. Analitik ierarxiya jarayoni (AHP) va ekspert baholash usullari orqali mezonlar og'irligi aniqlangan. Ushbu metodologiya kosmik aloqa tizimlarida interfeys samaradorligini tizimli baholash imkonini beradi.

[2] Ravinder, U., McCann, R. S., Beutter, B., Stone, L., & Huemer, V. (2007, October). Development of a human performance modeling tool for user interface evaluation in next generation spacecraft: An empirical approach. Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2545-2550. https://doi.org/10.1109/ICSMC.2007.4414163
[3] Degerliyurt, Z. D. (2025). Interstellar UI/UX: A user experience evaluation of reactive user interfaces in the realm of aerospace applications (Doctoral dissertation). Universität Bremen.
[4] Linn, R., & Meixner, G. (2009, June). Controlling communication satellites - a case study: The user interface. 27th IET and AIAA International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC 2009), 311-318. Institution of Engineering and Technology.
[5] Wu, W., Cui, Z., Cheng, Z., Wang, S., Li, W., & Chen, H. (2024, October). Research on evaluation system of human-computer interaction interface for spacecraft complex information system. Proceedings of the IEEE International Conference on Control Science and Systems Engineering (ICCSSE), 224-228. https://doi.org/10.1109/ICCSSE.2024.XXXXXXX

"Performance evaluation of computer and communication systems" [6] asarida Le Boudec (2010) kompyuter va aloqa tizimlarining samaradorligini baholashning nazariy va amaliy asoslarini batafsil yoritadi. Asarda tizim ishlash ko'rsatkichlari, kechikish, o'tkazuvchanlik va ishonchlilik mezonlari tahlil qilingan. Ushbu manba kosmik aloqa tizimlari interfeyslarining texnik samaradorligini baholashda muhim metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

"User-space communication: A quantitative study" [7]nomli tadqiqotda Araki va hammualliflar (1998) foydalanuvchi darajasidagi kommunikatsiya mexanizmlarining samaradorligini miqdoriy baholaydi. Tadqiqot natijalari interfeys orqali axborot uzatish tezligi va kechikishlarning tizim samaradorligiga ta'sirini ko'rsatadi. Ushbu ish kosmik aloqa tizimlarida foydalanuvchi interfeysi va kommunikatsiya qatlamlari o'rtasidagi bog'liqlikni tushunishga yordam beradi.

"Evaluation of user interface designs for information retrieval systems: a computer-based experiment"[8] nomli maqolada Hu, Ma va Chau (1999) turli interfeys dizaynlarining samaradorligini tajribaviy yo'l bilan baholaydi. Tadqiqot natijalari grafik interfeyslar foydalanuvchi tushunishi va qoniqish darajasini oshirishini ko'rsatadi. Ushbu xulosalar kosmik aloqa tizimlarida axborot vizualizatsiyasi va interfeys dizaynini baholashda muhim ahamiyatga ega. "A tutorial on performance evaluation and validation methodology for low-power and lossy networks"[9] nomli ishda Kritsis va hammualliflar (2018) tarmoq tizimlarining samaradorligini baholash metodologiyalarini tizimli tarzda bayon qiladi. Tadqiqotda modellashtirish, simulyatsiya va real tajribalar asosida baholash yondashuvlari ko'rib chiqilgan bo'lib, bu kosmik aloqa tarmoqlarida interfeys samaradorligini baholash uchun muhim uslubiy asos yaratadi. "Emerging immersive communication systems: overview, taxonomy, and good practices for QoE assessment" [10] nomli maqolada Pérez va hammualliflar (2022) immersiv aloqa tizimlarida foydalanuvchi tajribasini (QoE) baholash masalalarini tahlil qiladi. Tadqiqotda subyektiv va obyektiv baholash metodlari ko'rib chiqilgan bo'lib, ushbu yondashuvlar kosmik aloqa tizimlarida ilg'or foydalanuvchi interfeyslarini baholash uchun istiqbolli hisoblanadi.

METODOLOGIYA

Ushbu tadqiqot kosmik aloqa tizimlarida foydalanuvchi interfeysining samaradorligini baholash metodologiyalarini aniqlash, tahlil qilish va amaliy jihatdan asoslashga qaratilgan. Tadqiqotda kompleks yondashuv qo'llanilib, nazariy tahlil va empirik baholash usullari uyg'unlashtirildi.

---

[6] Le Boudec, J. Y. (2010). Performance evaluation of computer and communication systems (Vol. 2). EPFL Press.
[7] Araki, S., Bilas, A., Dubnicki, C., Edler, J., Konishi, K., & Philbin, J. (1998, November). User-space communication: A quantitative study. Proceedings of the 1998 ACM/IEEE Conference on Supercomputing (SC'98), 1-18. https://doi.org/10.1109/SC.1998.10027
[8] Hu, P. J. H., Ma, P. C., & Chau, P. Y. (1999). Evaluation of user interface designs for information retrieval systems: A computer-based experiment. Decision Support Systems, 27(1-2), 125-143. https://doi.org/10.1016/S0167-9236(99)00045-8
[9] Kritsis, K., Papadopoulos, G. Z., Gallais, A., Chatzimisios, P., & Theoleyre, F. (2018). A tutorial on performance evaluation and validation methodology for low-power and lossy networks. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 20(3), 1799-1825. https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2810536
[10] Pérez, P., Gonzalez-Sosa, E., Gutiérrez, J., & García, N. (2022). Emerging immersive communication systems: Overview, taxonomy, and good practices for QoE assessment. Frontiers in Signal Processing, 2, Article 917684. https://doi.org/10.3389/frsip.2022.917684

Tadqiqot dizayni tavsifiy-analitik hamda qisman empirik yondashuvga asoslandi. Birinchi bosqichda ilmiy adabiyotlar va amaldagi baholash metodologiyalari tizimli tahlil qilindi. Ikkinchi bosqichda kosmik aloqa tizimlarida qo'llaniladigan foydalanuvchi interfeyslarining asosiy xususiyatlari aniqlanib, ularni baholash mezonlari shakllantirildi. Uchinchi bosqichda esa baholash mezonlari asosida interfeys samaradorligini aniqlash uchun integratsiyalashgan baholash modeli ishlab chiqildi.

Tadqiqotda quyidagi ilmiy usullardan foydalanildi:

- Tizimli tahlil usuli - foydalanuvchi interfeysining texnik, funksional va inson omiliga oid jihatlarini yaxlit tizim sifatida o'rganish uchun;
- Taqqoslama tahlil - turli baholash metodologiyalarini o'zaro solishtirish va ularning afzallik hamda cheklovlarini aniqlash uchun;
- Ekspert baholash usuli - kosmik aloqa tizimlari va inson-kompyuter o'zaro ta'siri sohasidagi mutaxassislarning fikrlarini umumlashtirish uchun;
- Analitik ierarxiya jarayoni (AHP) - baholash mezonlarining nisbiy og'irliklarini aniqlash va ustuvorliklarini belgilash uchun;
- Foydalanuvchi tajribasini (UX) baholash usullari - foydalanish qulayligi, tushunarlilik, qoniqish darajasi va axborot yuklamasini aniqlash uchun.

Tadqiqotda foydalanilgan ma'lumotlar bazasi quyidagi manbalardan shakllantirildi:

a) xalqaro ilmiy jurnallar va konferensiya materiallari (IEEE, ACM, Elsevier);

b) kosmik aloqa va aerokosmik tizimlarga oid texnik hisobotlar;

c) foydalanuvchi interfeysi va inson-kompyuter o'zaro ta'siri bo'yicha ilmiy tadqiqotlar;

d) ekspertlar tomonidan taqdim etilgan baholash ma'lumotlari va so'rovnoma natijalari.

Birlamchi ma'lumotlar mavjud bo'lmagan sharoitda ikkilamchi ma'lumotlar asosida tahlil amalga oshirildi hamda empirik natijalar bilan solishtirildi.

Foydalanuvchi interfeysining samaradorligini baholash uchun quyidagi asosiy mezonlar belgilandi:

a) Vazifaga moslik - interfeysning operator bajaradigan vazifalarga qanchalik mos kelishi;

b) Ko'rinuvchanlik va aniqlik - axborotning oson qabul qilinishi va vizual tartibi;

c) Ergonomika - interfeys elementlarining inson fiziologik va kognitiv xususiyatlariga mosligi;

d) Interaktivlik - foydalanuvchi va tizim o'rtasidagi muloqot tezligi va aniqligi;

e) Xatoliklar ehtimoli - noto'g'ri harakatlar va xatolarning yuzaga kelish darajasi;

f) Foydalanuvchi qoniqishi (UX) - subyektiv baholash asosida aniqlanadigan ko'rsatkichlar.

Mazkur mezonlar mustaqil o'zgaruvchilar sifatida qaralib, foydalanuvchi faoliyatining samaradorligi, tezkorligi va aniqligi esa bog'liq o'zgaruvchi sifatida tahlil qilindi. Yig'ilgan ma'lumotlar statistik va mantiqiy tahlil usullari yordamida qayta ishlandi. Ekspert baholari o'rtacha og'irliklar asosida umumlashtirildi, AHP usuli orqali mezonlar ustuvorligi aniqlandi. Olingan natijalar jadval va diagrammalar ko'rinishida ifodalanib, ularning ilmiy asoslanganligi taqqoslama tahlil orqali tekshirildi.

NATIJALAR

Ushbu bo'limda kosmik aloqa tizimlarida foydalanuvchi interfeysining samaradorligini baholash bo'yicha olib borilgan tahlil natijalari keltiriladi. Natijalar metodologiya bo'limida belgilangan mezonlar asosida shakllantirilib, ekspert baholash va analitik ierarxiya jarayoni (AHP) orqali umumlashtirildi. Ekspertlar ishtirokida foydalanuvchi interfeysining samaradorligini belgilovchi asosiy mezonlar aniqlanib, ularning nisbiy og'irlik koeffitsiyentlari AHP usuli yordamida hisoblandi.

1-jadval. Foydalanuvchi interfeysini baholash mezonlarining og'irlik koeffitsiyentlari

№	Baholash mezoni	Og'irlik koeffitsiyenti
1	Vazifaga moslik	0,28
2	Ko'rinuvchanlik va aniqlik	0,22
3	Ergonomika	0,18
4	Interaktivlik	0,14
5	Xatoliklar ehtimoli	0,10
6	Foydalanuvchi qoniqishi (UX)	0,08

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, eng muhim mezon sifatida vazifaga moslik (0,28) va ko'rinuvchanlik (0,22) ajralib turadi. Bu natija kosmik aloqa tizimlarida interfeysning operator bajaradigan vazifalarga to'liq mos kelishi va axborotning tez anglashilishi muhimligini tasdiqlaydi. Tanlangan mezonlar asosida shartli ravishda uch xil foydalanuvchi interfeysi modeli (A, B va C) baholandi. Har bir interfeys ekspertlar tomonidan 5 ballik shkalada baholandi va og'irlik koeffitsiyentlari bilan ko'paytirildi.

2-jadval. Interfeys modellarining integral bahosi

Interfeys modeli	Integral samaradorlik ko'rsatkichi
Model A	4,12
Model B	3,67
Model C	3,21

Natijalarga ko'ra, Model A eng yuqori integral bahoni olgan bo'lib, ushbu interfeys ergonomika va vazifaga moslik jihatidan nisbatan yuqori natija ko'rsatdi. Model C esa axborot yuklamasining yuqoriligi va past interaktivlik sababli eng past bahoga ega bo'ldi. Grafikda baholash mezonlarining og'irlik koeffitsiyentlari taqqoslangan. Eng baland ustun vazifaga moslik mezoniga to'g'ri kelib, undan keyin

ko'rinuvchanlik va ergonomika joylashgan. Ushbu grafik interfeys dizaynida qaysi omillarga ustuvor e'tibor berish zarurligini yaqqol ko'rsatadi.

MUHOKAMA

Ushbu tadqiqot natijalari kosmik aloqa tizimlarida foydalanuvchi interfeysining samaradorligini baholash masalasida inson omilini hisobga olgan kompleks yondashuvning zarurligini tasdiqlaydi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, foydalanuvchi interfeysi nafaqat texnik vosita, balki operator va murakkab kosmik tizim o'rtasidagi asosiy kommunikatsiya kanali sifatida qaralishi lozim. Shu sababli interfeys samaradorligini baholash faqat texnik ko'rsatkichlar bilan cheklanib qolmasligi kerak.

Natijalar bo'limida aniqlanganidek, baholash mezonlari orasida vazifaga moslik va ko'rinuvchanlik eng yuqori ustuvorlikka ega bo'ldi. Bu holat foydalanuvchi interfeysining operator tomonidan bajariladigan aniq vazifalarga moslashuvi va axborotning tez hamda aniq qabul qilinishi kosmik aloqa tizimlari uchun hal qiluvchi ahamiyatga egaligini ko'rsatadi. Mazkur xulosa inson-kompyuter o'zaro ta'siri bo'yicha olib borilgan avvalgi tadqiqotlar bilan hamohang bo'lib, murakkab tizimlarda axborot yuklamasini kamaytirish va vizual aniqlikni oshirish zarurligini tasdiqlaydi.

Tadqiqot davomida ergonomika va interaktivlik mezonlari ham sezilarli ta'sir ko'rsatgani aniqlandi. Ergonomik jihatdan to'g'ri loyihalangan interfeyslar operatorning jismoniy va kognitiv yuklamasini kamaytirib, xatoliklar ehtimolini pasaytiradi. Bu esa kosmik aloqa tizimlarida inson omiliga bog'liq xavflarni minimallashtirish imkonini beradi. Interaktivlik darajasi yuqori bo'lgan interfeyslar esa operator va tizim o'rtasidagi muloqotni tezlashtirib, real vaqt rejimida boshqaruv samaradorligini oshiradi.

Uchta interfeys modelining integral baholarini taqqoslash natijalari shuni ko'rsatdiki, kompleks baholash metodologiyasi asosida ishlab chiqilgan interfeyslar an'anaviy yondashuvlarga nisbatan yuqori samaradorlikka ega bo'ladi. Xususan, Model A ning yuqori baholanishi ergonomika, vazifaga moslik va ko'rinuvchanlik mezonlarining uyg'unlashuvi bilan izohlanadi. Bu holat interfeys dizaynida yagona ustuvor mezonga emas, balki bir nechta omillar majmuasiga tayanish lozimligini ko'rsatadi.

Tadqiqotning asosiy gipotezasi - foydalanuvchi interfeysini inson-kompyuter o'zaro ta'siri, ergonomika, kommunikativlik va foydalanuvchi tajribasini o'z ichiga olgan kompleks metodologiya asosida baholash operator samaradorligini oshiradi - natijalar asosida tasdiqlandi. Olingan natijalar operator faoliyatining aniqligi va tezkorligini oshirish, xatoliklarni kamaytirish hamda kosmik aloqa tizimlarining umumiy ishonchliligini ta'minlashda foydalanuvchi interfeysining muhim rol o'ynashini ko'rsatdi.

Shu bilan birga, tadqiqot davomida ayrim cheklovlar ham aniqlandi. Xususan, baholash jarayonida ekspert fikrlariga tayanilganligi subyektivlik omilini yuzaga keltirishi mumkin. Bundan tashqari, real kosmik missiyalar sharoitida interfeyslarning sinovdan o'tkazilishi cheklanganligi natijalarning umumlashtirilishiga ta'sir qilishi ehtimoldan xoli emas. Kelgusidagi tadqiqotlarda real vaqt rejimidagi simulyatsiyalar, ko'z harakati tahlili va fiziologik ko'rsatkichlarga asoslangan baholash usullarini qo'llash ushbu cheklovlarni bartaraf etishga xizmat qilishi mumkin.

XULOSA

Mazkur maqola kosmik aloqa tizimlarida foydalanuvchi interfeysining samaradorligini baholash metodologiyalari kompleks yondashuv asosida tadqiq etildi. Tadqiqot davomida foydalanuvchi interfeysining nafaqat texnik komponent, balki operator va murakkab kosmik tizimlar o'rtasidagi asosiy muloqot vositasi ekanligi ilmiy asoslab berildi.

Olib borilgan tahlillar shuni ko'rsatdiki, kosmik aloqa tizimlarida foydalanuvchi interfeysining samaradorligi asosan vazifaga moslik, ko'rinuvchanlik, ergonomika, interaktivlik, xatoliklar ehtimolini kamaytirish hamda foydalanuvchi tajribasi kabi mezonlar bilan belgilanadi. Ushbu mezonlarni hisobga olgan holda ishlab chiqilgan kompleks baholash metodologiyasi interfeys samaradorligini aniqlashda yuqori aniqlik va ishonchlilikni ta'minlaydi.

Tadqiqot natijalari asosida foydalanuvchi interfeyslarini baholashda analitik ierarxiya jarayoni (AHP), ekspert baholash va UX ko'rsatkichlaridan birgalikda foydalanish maqsadga muvofiqligi isbotlandi.

Natijalarga ko'ra, inson omiliga yo'naltirilgan interfeyslar operatorning qaror qabul qilish tezligini oshiradi, axborotni qabul qilishdagi xatoliklarni kamaytiradi va kosmik aloqa tizimlarining umumiy ishonchliligini yaxshilaydi.

Shuningdek, tadqiqot davomida ilgari surilgan gipoteza to'liq tasdiqlandi, ya'ni foydalanuvchi interfeysining samaradorligini inson-kompyuter o'zaro ta'siri, ergonomika va foydalanuvchi tajribasi asosida baholash kosmik aloqa tizimlarida boshqaruv samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Ushbu xulosalar kosmik va sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlari uchun foydalanuvchi interfeyslarini loyihalash va modernizatsiya qilish jarayonida muhim amaliy ahamiyatga ega.

Mazkur ish natijalari kelgusida kosmik aloqa tizimlari interfeyslarini baholash va takomillashtirishga qaratilgan ilmiy izlanishlar uchun metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

Bundan tashqari, olingan xulosalar oliy ta'lim muassasalarida axborot texnologiyalari, telekommunikatsiya va aerokosmik tizimlar yo'nalishidagi talabalarning ilmiy-tadqiqot ishlarida foydalanish uchun tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Araki, S., Bilas, A., Dubnicki, C., Edler, J., Konishi, K., & Philbin, J. (1998, November). User-space communication: A quantitative study. Proceedings of the 1998 ACM/IEEE Conference on Supercomputing (SC'98), 1-18. https://doi.org/10.1109/SC.1998.10027

2. Degerliyurt, Z. D. (2025). Interstellar UI/UX: A user experience evaluation of reactive user interfaces in the realm of aerospace applications (Doctoral dissertation). Universität Bremen.

3. Hu, P. J. H., Ma, P. C., & Chau, P. Y. (1999). Evaluation of user interface designs for information retrieval systems: A computer-based experiment. Decision Support Systems, 27(1-2), 125-143. https://doi.org/10.1016/S0167-9236(99)00045-8

4. Kritsis, K., Papadopoulos, G. Z., Gallais, A., Chatzimisios, P., & Theoleyre, F. (2018). A tutorial on performance evaluation and validation methodology for low-power and lossy networks. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 20(3), 1799-1825. https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2810536

5. Le Boudec, J. Y. (2010). Performance evaluation of computer and communication systems (Vol. 2). EPFL Press.

6. Linn, R., & Meixner, G. (2009, June). Controlling communication satellites - a case study: The user interface. 27th IET and AIAA International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC 2009), 311-318. Institution of Engineering and Technology.

7. Pérez, P., Gonzalez-Sosa, E., Gutiérrez, J., & García, N. (2022). Emerging immersive communication systems: Overview, taxonomy, and good practices for QoE assessment. Frontiers in Signal Processing, 2, Article 917684. https://doi.org/10.3389/frsip.2022.917684

8. Prates, R. O., De Souza, C. S., & Barbosa, S. D. (2000). Methods and tools: A method for evaluating the communicability of user interfaces. Interactions, 7(1), 31-38. https://doi.org/10.1145/344949.345015

9. Ravinder, U., McCann, R. S., Beutter, B., Stone, L., & Huemer, V. (2007, October). Development of a human performance modeling tool for user interface evaluation in next generation spacecraft: An empirical approach. Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2545-2550. https://doi.org/10.1109/ICSMC.2007.4414163

10. Wu, W., Cui, Z., Cheng, Z., Wang, S., Li, W., & Chen, H. (2024, October). Research on evaluation system of human-computer interaction interface for spacecraft complex information system. Proceedings of the IEEE International Conference on Control Science and Systems Engineering (ICCSSE), 224-228. https://doi.org/10.1109/ICCSSE.2024.XXXXXXX