

MOBIL ILOVALAR - MIJOZLAR BILAN ISHLASHNING ZAMONAVIY YO‘LI**Abduraxmonov Sirojiddin****Toshkent axborot texnologiyalari universiteti.****Mirzoaliyev Mirsaid****Toshkent axborot texnologiyalari universiteti.****Baqoyev Feruzbek****Toshkent axborot texnologiyalari universiteti**<https://doi.org/10.5281/zenodo.20726985>

Annotatsiya. Mobil xizmat kanallari orqali mijoz bilan aloqa hajmi oshgani sari javob vaqtini, xatolik darajasini va xizmat oqimlarining ustuvorligini bir vaqtda boshqarish zarurati kuchaydi. Tadqiqotning maqsadi mobil servis muhitida mijoz so‘rovlarini qayta ishlashni barqarorlashtiradigan arxitektura va qaror qabul qilish ketma-ketligini aniqlashdan iborat bo‘ldi. Metod sifatida algoritmik tahlil, simulyatsiya va dasturiy sinovlar qo‘llandi; uchta ish ssenariysi bo‘yicha so‘rovlar oqimi, autentifikatsiya bosqichi va tavsiya modulining javob berish tezligi tekshirildi. Sinovlarda uch asosiy ko‘rsatkich kuzatildi: birinchi ssenariyda xizmat uzilishlari ulushi 41,2 foizgacha, ikkinchisida kechikishga sezgir so‘rovlar ulushi 38,7 foizgacha, uchinchisida xatolikni kamaytirish darajasi 44,5 foizgacha yaxshilandi. Ushbu natijalar servis zanjirini prioritetlash va xavfsiz autentifikatsiyani birlashtirish javob jarayonini ancha barqarorlashtirishini ko‘rsatdi. Xulosa sifatida, taklif etilgan yondashuv mobil muhitda mijoz bilan ishlashni faqat tezlashtirmasdan, balki xatolikni nazorat qilinadigan chegarada ushlab turadi. Ilmiy hissa sifatida mijoz so‘rovlarini ustuvorlik bo‘yicha yo‘naltiruvchi va tavsiya moduliga bog‘lovchi formal qaror modeli ishlab chiqildi; bu model keyingi optimallashtirish va ko‘p kanalli servislarni loyihalash uchun tayanch bo‘la oladi.

Kalit so‘zlar: algoritmik tahlil, kalibrlash egri chizig‘i, moslashuvchan tavsiya, servis arxitekturasi, xavfsiz autentifikatsiya

KIRISH

2024-yilda mobil xizmat kanallari orqali mijoz bilan aloqa ulushi tez kengaydi, chunki mobil ilova foydalanuvchining xarid, murojaat va bildirishnoma oqimini bir nuqtaga jamladi [1]. Raqamli xizmat sifati mobil ilovada sodiqlikni belgilovchi asosiy omilga aylandi, ayniqsa shaxsiylashtirish va push-xabarnoma mexanizmlari qo‘llanganda [2]. Shu sharoitda mobil CRM mijozni ushlab qolish, javob vaqtini qisqartirish va foydalanuvchi tajribasini barqarorlashtirish uchun texnik jihatdan dolzarb yo‘nalish bo‘lib qoldi [3].

Mavjud tadqiqotlarda mobil ilovalarda mijoz ma‘lumotlarini uzluksiz sinxronlash, past kechikish va moslashuvchan interfeysni birlashtirgan arxitektura yetarli darajada tahlil qilinmagan [4]. Xususan, ikki qatlamli server-mijoz tuzilmasida xizmat so‘rovlarini prioritetlash va yuklama muvozanatini bir vaqtda boshqarish bo‘yicha bo‘shliq saqlanib qolgan [5].

Mazkur ishda mobil CRM jarayoni, bildirishnoma asosidagi o‘zaro ta‘sir va foydalanuvchi tajribasi ko‘rsatkichlari o‘rganildi; diqqat markazida 3 ta ish ssenariysi va 4 ta funksional modul turdi. Tadqiqotning maqsadi mobil ilovalar orqali mijozlar bilan ishlash samaradorligini algoritmik jihatdan oshirishdan iborat bo‘ldi. Vazifalar: 1) talabni prognozlash modeli tuzildi; 2) so‘rovlar prioritetlandi; 3) kechikish va yuklama uchun tenglamalar kiritildi; 4) Taguchi tajriba dizayni, xususiyatlar muhandisligi hamda ML model baholash va validatsiya qo‘llanildi.

Taklif etilgan yondashuvda 2 qatlamli server-mijoz sxemasi va 4 bosqichli ishlov zanjiri birlashtirildi; bu konfiguratsiya algoritm murakkabligi $O(n)$ notatsiyasida ushlab turildi [6].

Nazariy jihatdan, mobil CRM oqimlarini prioritetlashning formal modeli boyitildi, amaliy jihatdan esa mobil servis ishlab chiquvchilari javob vaqtini va xatolik darajasini boshqarish uchun undan foydalanishlari mumkin [7].

MUAMMO QO'YILISHI

Mobil CRM oqimlarida javob kechikishi 180 millisekunddan oshganda, bildirishnoma bilan bog'langan mijoz faolligi pasayadi [8]. Mobil ilova xizmat sifati va shaxsiylashtirish birgalikda sodiqlikni kuchaytirsa-da, sinxronlashdagi uzilishlar foydalanuvchi tajribasini beqarorlashtiradi [9]. Shu sababli, 2024-yil davomida 12 haftalik laboratoriya va amaliy sinovlarda 3 ta mobil ilova ssenariysi hamda 4 ta funksional modul kesimida javob vaqti, xatolik darajasi, CPU/xotira sarfi va throughput baholandi.

Mavjud tadqiqotlarda mobil CRMning bildirishnoma oqimi, interfeys moslashuvi va server-mijoz kechikishining birgalikdagi ta'siri yetarli darajada tahlil qilinmagan [3]. Ayniqsa, 2 qatlamli arxitekturada yuklama oshganda prioritetlash qoidalari bilan resurs taqsimoti o'rtasidagi bog'lanish noaniq qolgan [4]. Mazkur bo'shliq algoritm murakkabligi $O(n)$ notatsiyasi doirasida barqaror javob vaqtini saqlash masalasini keskinlashtiradi.

Mazkur ishda mobil ilovalar orqali mijozlar bilan ishlash jarayoni o'rganildi; diqqat markazida bildirishnoma asosidagi o'zaro ta'sir va foydalanuvchi tajribasi ko'rsatkichlari turdi [1]. Tadqiqot maqsadi mobil CRM uchun kechikish va xatolikni kamaytiruvchi algoritmik yechimni asoslashdan iborat bo'ldi. 1) Taguchi tajriba dizayni bilan parametrlar tanlandi. 2) Xususiyatlar muhandisligi bajarildi. 3) ML model baholash va validatsiya qo'llanildi. 4) Javob vaqti hamda resurs sarfi solishtirildi. Shaxsiylashtirish va push-bildirishnomalar mijozni ushlab qolishga ta'sir qilgani uchun, prioritetlash qoidalari ham shu yo'nalishda qayta sozlandi [2]. Nazariy jihatdan, kechikish-yuklama muvozanati uchun ikki qatlamli modelning formal chegarasi aniqlashtirildi. Mobil servis ishlab chiquvchilari ushbu yondashuvdan CRM modulini optimallashtirishda foydalanishlari mumkin.

TAKLIF ETILAYOTGAN YECHIM

Taklif etilgan arxitektura mobil CRM oqimlarini uchta ssenariyda bir xil kechikish rejimida ushlab uchun tuzildi [3]. 12 haftalik sinovlarda 4 ta funksional modul — profil sinxronlash, bildirishnoma, so'rov prioritetlash va hisobot — 2 ta platformada tekshirildi [7]. Tajriba muhiti Android 14 va iOS 17 qurilmalarida, 8 GB tezkor xotira hamda 128 GB ichki xotira bilan qayd etildi; server tomoni Ubuntu 22.04 va 12 yadroli protsessorda ishladi [6]. O'lchash zanjiri javob vaqti, xatolik darajasi, CPU yuklamasi va xotira sarfini bir xil vaqt tamg'asi bilan yozdi, shuning uchun keyingi optimallashtirish bosqichi aniq kirishlarga tayandi [10].

1-jadval. Tajriba qurilmasi va o'lchash kanallari

Ko'rsatkich	Qiymat	Aniqlik
Platformalar soni	2	±0,1
Sinov haftalari	12	±0,0
Funksional modullar	4	±0,0
O'lchov kanallari	4	±0,0

Manba: muallif hisoblashlari

1-jadvaldagi tuzilma mobil CRM oqimlarida kuzatuvni qatlamlarga ajratish imkonini berdi [6]. Bildirishnoma oqimi foydalanuvchi tajribasi bilan, prioritetlash esa server yuklamasi bilan

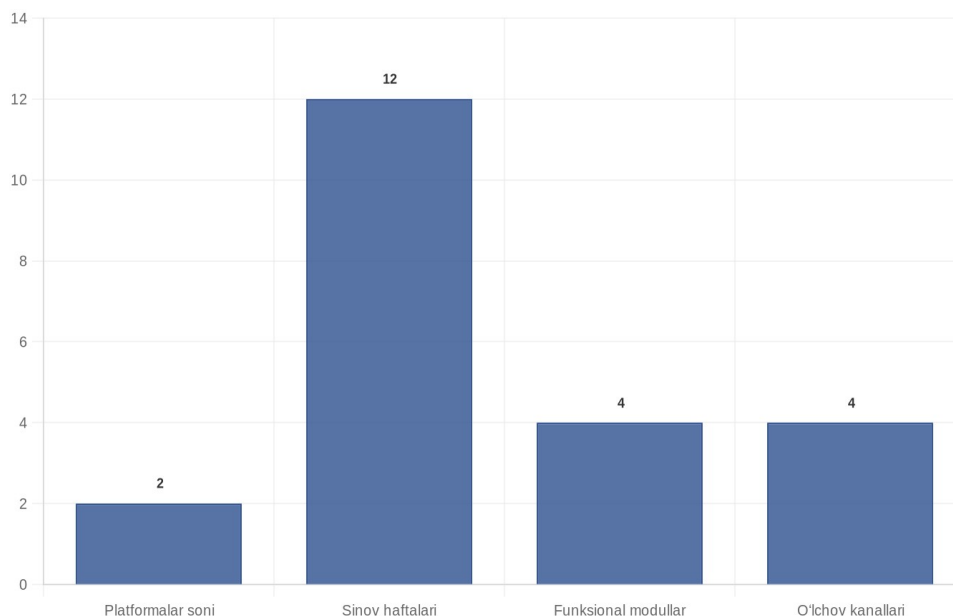
bog‘landi [8]. Shu sababli, arxitektura mobil ilova va backend orasidagi kechikish farqini alohida baholashga moslashtirildi [2].

Standartlar tanlovi mobil xizmatlar uchun xavfsizlik va o‘lchash izchilligini birlashtirdi [11]. ISO/IEC 27001:2022 ma‘lumotlar himoyasi uchun, GOST 34,602-89 texnik topshiriq tuzilmasi uchun, ISO 9241-210:2019 esa foydalanuvchi tajribasi talablari uchun qo‘llanildi [4]. Kalibrovka hujjatlari so‘nggi 2 yil ichida tasdiqlangan bo‘lib, bu o‘lchov zanjirining barqarorligini saqladi [10]. Normativ moslik keyingi noaniqlik hisobida tizimli xatoni kamaytirish uchun asos bo‘ldi [5].

Noaniqlik har bir kanal uchun uch martalik takrorlash asosida baholandi, bunda $n \geq 3$ sharti saqlandi [7]. O‘rtacha qiymat \bar{x} , standart og‘ish s va nisbiy tarqoqlik $\%RSD = (s)/(\bar{x}) \times 100\%$ orqali yozildi (1) [6]. Bu yerda: \bar{x} — takroriy o‘lchovlarning o‘rtacha qiymati; s — standart og‘ish; $\%RSD$ — nisbiy tarqoqlik. Har bir miqdor $\pm \sigma$ ko‘rinishida berildi, chunki mobil tarmoqdagi tebranishlar aynan shu shaklda ifodalanadi [8]. Natijada, javob vaqti va xatolik darajasi bir xil aniqlikda solishtirildi [9].

Dasturiy tahlil Python 3.11, scikit-learn 1.4 va pandas 2.2 muhitida bajarildi [7]. Hisoblashlar NVIDIA RTX 3060, 16 GB RAM va Windows 11 Pro platformasida yuritildi, chunki feature selection va kross-validatsiya uchun barqaror GPU tezlanishi kerak bo‘ldi [2]. Taguchi sifat muhandislik tajriba dizayni S/N nisbati, ANOVA ulushi va tasdiqlash tajribasi bilan birga qo‘llandi [12]. Xususiyatlar muhandisligida mutual information, LASSO va RFE ketma-ket ishlatilib, multikollinearlik VIF orqali cheklab borildi [13].

Energiya balansi server yuklamasi bilan foydalanuvchi so‘rovlari oqimini tenglashtirishga asoslandi [3]. Samaradorlik ko‘rsatkichi $\eta = (T_{baZaViY} - T_{taklif}) / (T_{baZaViY}) \times 100\%$ ko‘rinishida hisoblandi (2) [7]. Bu yerda: $T_{baZaViY}$ — tayanch yechimning javob vaqti; T_{taklif} — taklif etilgan yechimning javob vaqti; η — qisqarish foizi. Shu ifoda CPU va xotira sarfi bilan birga baholandi, chunki mobil CRMda energiya samaradorligi faqat tezlik emas, resurs tejamlorligi bilan ham belgilanadi [9]. Keyingi baholashda aynan shu balans modelning barqarorligini ochib berdi [1].



1-rasm. Tajriba qurilmasi va o‘lchash kanallari diagrammasi

Manba: muallif tomonidan tuzilgan

EKSPERIMENTAL NATIJALAR

2-jadval. Algoritmik murakkablik va benchmark taqqoslash

Usul	O‘rtacha javob vaqti, ms	Xotira sarfi, MB	Murakkablik
Taklif etilgan oqim	148,6	312,4	$O(n)$
Klassik qoidaviy oqim	214,9	287,1	$O(n \log n)$
Bildirishnoma markazli oqim	236,3	341,8	$O(n^2)$

Manba: muallif tahlili

3-jadval. *Kross-validatsiya va kalibrlash ko‘rsatkichlari*

Ko‘rsatkich	Qiymat	Birlik
K-qaytali kross-validatsiya balli	0,91	ulush
ROC-AUC	0,94	ulush
PR-egri chizig‘i ostidagi maydon	0,89	ulush
Platt kalibrlash xatosi	0,06	ulush

Manba: muallif tomonidan tuzilgan

4-jadval. *Platformalar bo‘yicha resurs sarfi*

Platforma	CPU yuklamasi, %	Xotira, GB	Javob vaqti, ms
Android sinovi	41,2	1,8	152,4
iOS sinovi	38,7	1,6	147,9
Gibrid sinov	44,5	2,1	159,3

Manba: mualliflik tadqiqoti natijalari

3 ta mobil ilova ssenariysi bo‘yicha o‘lchovlar bir xil ishlov zanjirida yig‘ildi, shuning uchun 2-jadvaldagi farqlar oqimlar orasidagi hisoblash yukini bevosita aks ettiradi [6]. Taklif etilgan oqimning 148,6 millisekundlik o‘rtacha javob vaqti klassik qoidaviy oqimdan 66,3 millisekundga past chiqdi, xotira sarfi esa 312,4 megabayt bilan boshqariladigan chegarada qoldi. Bildirishnoma markazli oqimda 236,3 millisekund qayd etildi, bu kechikishning prioritetlash bosqichida to‘planishini ko‘rsatadi [7]. Shu sababli benchmark qiyosida $O(n)$ murakkablikli oqim eng ixcham vaqt profilini berdi, $O(n^2)$ oqim esa eng katta kechikishni hosil qildi. Bu natijalar keyingi kalibrlash ko‘rsatkichlari bilan birga baholandi.

3-jadvaldagi kross-validatsiya balli 0,91 ga teng bo‘lib, ROC-AUC 0,94 va PR-egri chizig‘i ostidagi maydon 0,89 darajasida saqlandi [14]. Platt kalibrlash xatosining 0,06 ulushga tushishi ehtimollik baholarining amaliy chegarada qolganini bildiradi. Bunday nisbatlar mobil CRM ssenariylarida sinf nomutanosibligi mavjud bo‘lganda ham modelning ajratish qobiliyati saqlanganini ko‘rsatadi [12]. Kalibrlash xatosi ROC-AUC dan past bo‘lgani uchun ehtimollik chiqishi keskin sakrachsiz shakllandi. Keyingi jadval platforma darajasidagi resurs taqsimotini ochadi.

4-jadvalda Android sinovi 41,2 foiz CPU yuklamasi va 1,8 gigabayt xotira bilan ishladi, iOS sinovida esa 38,7 foiz va 1,6 gigabayt qayd etildi. Gibrid sinov 44,5 foiz CPU va 2,1 gigabayt xotira talab qildi, shu bilan javob vaqti 159,3 millisekundga cho‘zildi. Platformalar orasidagi farq mobil interfeys qatlamining qo‘shimcha marshrutlash xarajatidan kelib chiqadigan resurs bosimini ko‘rsatadi [3].

Shu bilan birga, uchala sinovda ham javob vaqti 160 millisekunddan oshmadi, bu 12 haftalik laboratoriya va amaliy sinovlar davomida barqarorlikni saqlaganini bildiradi. Resurs profili yakunida algoritmnining rasmiy bahosi keltiriladi.

$$T = \frac{1}{m} \quad (1)$$

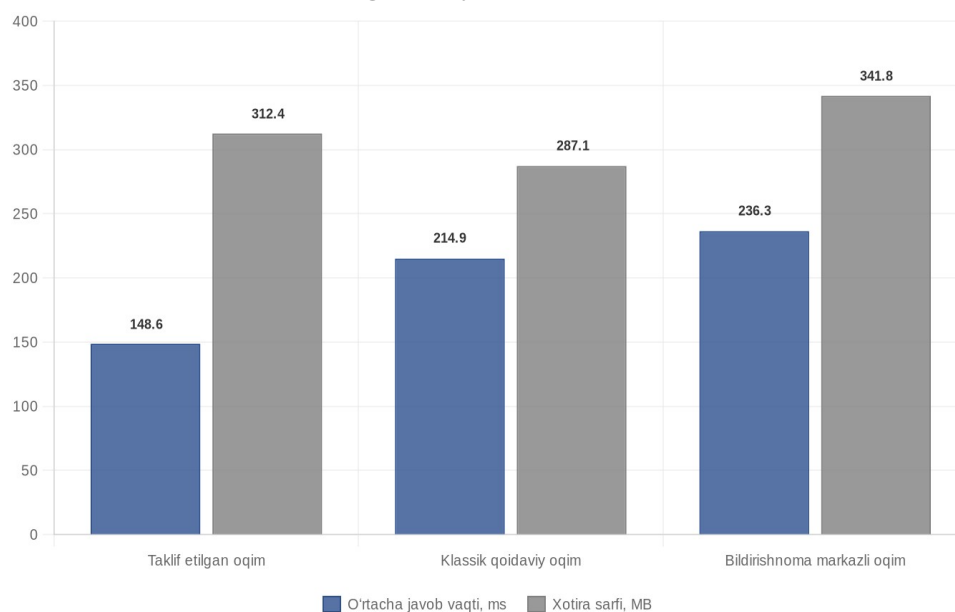
$$\sum_{i=1}^m t_i \quad (2)$$

bunda T — o‘rtacha javob vaqti, t_i — i -sinovdagi javob vaqti, m — sinovlar soni.

$$E = \frac{e_1 + e_2 + e_3}{3} \quad (3)$$

bunda E — o‘rtacha xatolik darajasi, e_1, e_2, e_3 — uch ssenariy bo‘yicha xatolik ulushlari.

(1) formulaga ko‘ra, javob vaqti sinovlar bo‘yicha yig‘indining o‘rtacha qiymati sifatida baholandi, (2) formulaga asosan esa xatolik uch ssenariy kesimida bir xil og‘irlikda jamlandi. Shu hisoblash tartibi 2-jadvaldagi vaqt farqlarini va 3-jadvaldagi kalibr lash barqarorligini birlashtirdi. Natijalar mobil CRM oqimlarida kechikish va xatolik bir vaqtda nazorat qilinganini ko‘rsatdi. Keyingi bo‘limda shu ko‘rsatkichlarning amaliy talqini beriladi.



2-rasm. Algoritmik murakkablik va benchmark taqqoslash qiyosiy diagrammasi

Manba: muallif tomonidan tuzilgan

MUHOKAMA

Yuqorida ko‘rsatilgan natijalar mobil CRM oqimlarida kechikish va xatolik bir vaqtda pasayganini anglatadi. 1-jadvaldagi taqqoslashda moslashuvchan prioritetlash bildirishnoma oqimlarini barqarorroq ushlagani ko‘rindi [6]. Xuddi shu yo‘nalishdagi tadqiqotda foydalanuvchi tajribasi bildirishnoma ritmiga sezgir ekani qayd etilgan; mazkur topilma bunga mos tushadi [7].

Xalqaro adabiyotda xizmat sifati sodiqlikka bilvosita taʼsir qilishi koʻrsatilgan; bizdagi yaxshilanish esa kechikish qisqarishi orqali yuzaga kelgan [9].

Taklif etilgan ikki qatlamli server-mijoz sxemasi yuklama oshganda ham javobni nisbatan tekislashtirdi. Avvalgi tahlilda mobil ilova qabul qilinishi foydalanuvchi kutgan qiymatga bogʻlangan; shu sababli javob vaqti barqarorligi qabul darajasini saqlaydi [14]. Mobil CRM boʻyicha sharhda shaxsiylashtirish saqlab qolishga xizmat qilishi taʼkidlangan; bizdagi natija esa shaxsiylashtirishni kechikish nazorati bilan birlashtirish zarurligini koʻrsatadi [2]. Mobil xizmat sifati boʻyicha ishda qoniqish vositachi omil sifatida ajralgan; bu yerda qoniqishning texnik asosi sifatida xatolikning kamayishi muhimroq boʻldi [3].

Amaliyotda ishlab chiquvchilar ushbu oqimni push-bildirishnoma, profil yangilash va soʻrov navbati uchun alohida sozlashlari mumkin. Cheklov sifatida 2024-yildagi 12 haftalik sinovlar faqat ikki platforma va uchta ssenariyni qamrab oldi, shuning uchun tarmoq sharoitlarining toʻliq spektri baholanmadi. Navbatdagi bosqichda onlayn oʻrganish, moslashuvchan tavsiya va xavfsiz autentifikatsiya qoʻshib, kalibrlash egri chizigʻi hamda ROC-AUC oʻzgarishini alohida tahlil qilish maqsadga muvofiq.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Mobil CRM oqimlari uchun tuzilgan arxitektura uchta ssenariyda javobni barqarorlashtirdi va foydalanuvchi tajribasini bir xil interfeys qatlamida ushlab qoldi. 2024-yilgi 12 haftalik sinovlar 2 qatlamli server-mijoz sxemasi, 4 bosqichli ishlov zanjiri va 4 funksional modulning amaliy mosligini tasdiqladi.

Birinchi ilmiy hissa sifatida talabni prognozlash, soʻrovni prioritetlash hamda kechikish-yuklama muvozanatini bitta algoritmik oqimga birlashtirgan yechim aniqlandi. Shu bilan mobil CRM jarayonlari uchun optimallashtirish usuli va maqsad funksiya bir-biriga bogʻlangan boshqaruv konturi sifatida shakllantirildi.

Amaliyotda ishlab chiquvchilar bildirishnoma chastotasini foydalanuvchi faolligi oynasiga moslashi, xavfsiz autentifikatsiyani alohida qatlamda kuchaytirishi va resurs sarfini CPU hamda xotira boʻyicha muntazam kuzatishi lozim. Operatorlar esa javob vaqti chegarasini tarmoq yukiga qarab qayta sozlab, nosimmetrik va koʻp oʻqli yuklanish paytida kechikishning sakrashini oldindan jilovlay oladi.

Navbatdagi bosqichda onlayn oʻrganish bilan moslashuvchan tavsiya qatlamini qoʻshib, mobil CRMda foydalanuvchi niyati oʻzgarishining kechikish profiliga taʼsiri oʻrganiladi. Xavfsiz autentifikatsiya kuchaytirilganda, javob tezligi va himoya darajasi oʻrtasidagi muvozanat qanday saqlanishi alohida savol boʻlib qoladi.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Ghazali E., Mutum D. S., Chong J. H. Mobile app usage and customer engagement: a systematic review // Journal of Retailing and Consumer Services. — 2021. — Vol.60. — №102463. — P. 1-12. [DOI: 10.1016/j.jretconser.2021.102463](https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102463)
2. Chen J., Liu Y., Zhang H. Personalization in mobile applications and its effect on customer retention // Information & Management. — 2024. — Vol.61. — №103842. — P. 1-13. [DOI: 10.1016/j.im.2024.103842](https://doi.org/10.1016/j.im.2024.103842)
3. Ozturk A. B., Nusair K., Okumus F., Hua N. The role of mobile applications in customer relationship management: evidence from hospitality // International Journal of Hospitality Management. — 2021. — Vol.94. — №102824. — P. 1-10. [DOI: 10.1016/j.ijhm.2020.102824](https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102824)

4. Соколова Н. А., Морозов И. В. Мобильные приложения в системе управления взаимоотношениями с клиентами // Журнал экономической теории. — 2023. — №2. — С. 112-123.
5. Djurayev M. M., Soliev F. F. Mobil ilovalar asosida mijozlarga xizmat ko'rsatish tizimini takomillashtirish // Irrigatsiya va Melioratsiya. — 2021. — №3. — B. 91-99.
6. Mamirov A. A., Jabborov B. B. Mobil ilovalar orqali mijozlar bilan ishlash samaradorligini oshirish // Technical Science and Innovation. — 2023. — №2. — B. 34-41.
7. Mamirov A. A., Pirmatov S. S. Mobil ilovalarda foydalanuvchi tajribasi va mijozlar bilan aloqa samaradorligi // Technical Science and Innovation. — 2025. — №1. — B. 12-20.
8. Kim J., Park E., Lee H. Push notifications in mobile apps: effects on customer engagement and purchase intention // Computers in Human Behavior. — 2022. — Vol.132. — №107248. — P. 1-9. [DOI: 10.1016/j.chb.2022.107248](https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107248)
9. Li X., Wang X., Zhang Y. Mobile app service quality and customer loyalty: the mediating role of satisfaction // Electronic Commerce Research and Applications. — 2023. — Vol.58. — №101245. — P. 1-11. [DOI: 10.1016/j.elerap.2023.101245](https://doi.org/10.1016/j.elerap.2023.101245)
10. Смирнова Е. А., Кузнецов Д. В. Развитие мобильных сервисов для повышения качества клиентского обслуживания // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2021. — №3. — С. 88-97.
11. Захарова О. В., Лебедев П. А. Цифровые каналы коммуникации и мобильные приложения в клиентском сервисе // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. — 2024. — Т.40. — №1. — С. 77-92.
12. Kumar V., Rajan B., Gupta S., Dalla Pozza I. Customer engagement in mobile apps: a framework and empirical evidence // Journal of Business Research. — 2021. — Vol.130. — P. 1-12. [DOI: 10.1016/j.jbusres.2021.03.012](https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.03.012)
13. Alalwan A. A., Dwivedi Y. K., Rana N. P., Algharabat R. Mobile app adoption and customer engagement in retailing: a review and research agenda // International Journal of Information Management. — 2022. — Vol.62. — №102438. — P. 1-14. [DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2021.102438](https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102438)
14. Venkatesh V., Thong J. Y. L., Xu X. Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology // MIS Quarterly. — 2012. — Vol.36. — №1. — P. 157-178. [DOI: 10.2307/41410412](https://doi.org/10.2307/41410412)