



**ФУНДАМЕНТАЛ ВА
КЛИНИК ТИББИЁТ
АХБОРОТНОМАСИ**

***BULLETIN OF* FUNDAMENTAL
AND CLINIC MEDICINE**

2026, №1 (21)

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

**BULLETIN OF FUNDAMENTAL
AND CLINIC MEDICINE**

**ФУНДАМЕНТАЛ ВА КЛИНИК
ТИББИЁТ АХБОРОТНОМАСИ
ВЕСТНИК ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И
КЛИНИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ**

Научный журнал по фундаментальным и клиническим
проблемам медицины
основан в 2022 году

Бухарским государственным медицинским институтом
имени Абу Али ибн Сино
выходит один раз в 2 месяца

Главный редактор – Ш.Ж. ТЕШАЕВ

Редакционная коллегия:

*С.С. Давлатов (зам. главного редактора),
Р.Р. Баймурадов (ответственный секретарь),
М.М. Амонов, Г.Ж. Жарилкасинова,
А.Ш. Иноятов, Д.А. Хасанова, Е.А. Харибова,
Ш.Т. Уроков, Б.З. Хамдамов*

*Учредитель Бухарский государственный
медицинский институт имени Абу Али ибн Сино*

2026, № 1 (21)

Адрес редакции:

Республика Узбекистан, 200100, г.
Бухара, ул. Гиждуванская, 23.

Телефон (99865) 223-00-50

Факс (99866) 223-00-50

Сайт <https://bsmi.uz/journals/fundamental-ya-klinik-tibbiyot-ahborotnomasi/>

e-mail baymuradovravshan@gmail.com

О журнале

Журнал зарегистрирован
в Управлении печати и информации
Бухарской области
№ 1640 от 28 мая 2022 года.

Журнал внесен в список
утвержденный приказом № 370/б
от 8 мая 2025 года реестром ВАК
в раздел медицинских наук.

Отпечатано в типографии ООО
“Шарк-Бухоро”. г. Бухара,
ул. Ўзбекистон Мустақиллиги, 70/2.

Редакционный совет:

Абдурахманов Д.Ш.	(Самарканд)
Абдурахманов М.М.	(Бухара)
Ахмедов Р.М.	(Бухара)
Баландина И.А.	(Россия)
Бахронов Ж.Ж.	(Бухара)
Бернс С.А.	(Россия)
Газиев К.У.	(Бухара)
Деев Р.В.	(Россия)
Дустова Н.К.	(Бухара)
Зокирова Н.Б.	(Ташкент)
Казакова Н.Н.	(Бухара)
Калашникова С.А.	(Россия)
Каримова Н.Н.	(Бухара)
Курбонов С.С.	(Таджикистан)
Маматов С.М.	(Кыргызстан)
Мамедов У.С.	(Бухара)
Мирзоева М.Р.	(Бухара)
Миршарапов У.М.	(Ташкент)
Набиева У.П.	(Ташкент)
Нуралиев Н.А.	(Хорезм)
Наврұзов Р.Р.	(Бухара)
Нарзиева Д.Ф.	(Бухара)
Орипов Ф.С.	(Самарканд)
Орипова Ф.Ш.	(Бухара)
Одилова Г.Р.	(Бухара)
Очилов К.Р.	(Бухара)
Раупов Ф.С.	(Бухара)
Рахмонов К.Э.	(Самарканд)
Рахметов Н.Р.	(Казахстан)
Рахматова С.Н.	(Бухара)
Султонова Л.Дж.	(Бухара)
Сайдуллаев З.Я.	(Самарканд)
Удочкина Л.А.	(Россия)
Файзиев Х.Б.	(Бухара)
Хамдамова М.Т.	(Бухара)
Хамдамов И.Б.	(Бухара)
Ходжаева Д.Т.	(Бухара)
Худойбердиев Д.К.	(Бухара)
Шодиева М.С.	(Бухара)
Эшонов О.Ш.	(Бухара)

РУҲИЙ САЛОМАТЛИК ВА СУРУНКАЛИ КАСАЛЛИКЛАРДА РАҚАМЛИ ТЕРАПЕВТИК ВОСИТАЛАР (DTx) НИНГ КЛИНИК ФАРМАКОЛОГИЯДАГИ ИНТЕГРАЦИЯСИ ВА ФАРМАКОДИНАМИК ХУСУСИЯТЛАРИ**Мурадова Р.Р.**

Самарқанд давлат тиббиёт университети, Самарқанд ш., Ўзбекистон

Резюме. Мақола руҳий саломатлик ва сурункали касалликларда рақамли терапевтик воситалар (DTx) нинг ролини кўриб чиқади, клиник фармакологияга интеграция қилиши ва фармакодинамик хусусиятларига еътибор қаратади. У асосий жиҳатларни, жумладан, машина ўрганиши орқали симптомларни башиорат қилиши, DTx комбинацияларини топиши ва клиник амалиётга интеграция қилишини ўрганади. PubMed, Nature ва ScienceDirect дан сўнги тадқиқотлар (2020–2025) асосида, депрессия, хавотир, диабет ва гипертония каби касалликларда DTx моделларининг натижалари тақдим этилади. Моделлар интерпретацияси ва ахлоқий масалалар каби қийинчиликлар, шунингдек, янги DTx ни кашф этишида истиқболлар муҳокама қилинади. Тадқиқот глобал саломатлик таҳдидини камайтиришида DTx нинг потенциалини таъкидлайди.

Калим сўзлар: рақамли терапевтик воситалар, руҳий саломатлик, сурункали касалликлар, клиник фармакология, фармакодинамика, машина ўрганиши.

INTEGRATION OF DIGITAL THERAPEUTICS (DTX) IN CLINICAL PHARMACOLOGY FOR MENTAL HEALTH AND CHRONIC DISEASES AND THEIR PHARMACODYNAMIC PROPERTIES**Muradova R.R.**

Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan

Resume. The article explores the role of digital therapeutics (DTx) in addressing mental health and chronic diseases, focusing on integration into clinical pharmacology and pharmacodynamic properties. It examines key aspects, including machine learning predictions of symptoms, discovery of DTx combinations, and integration into clinical practice. Based on recent studies (2020–2025) from PubMed, Nature, and ScienceDirect, the results of DTx models for forecasting in conditions such as depression, anxiety, diabetes, and hypertension are presented. Challenges like model interpretability and ethical concerns are discussed, along with DTx prospects in novel approaches discovery. The study highlights DTx's potential to mitigate global health threats.

Keywords: digital therapeutics, mental health, chronic diseases, clinical pharmacology, pharmacodynamics, machine learning.

ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ (DTX) В КЛИНИЧЕСКУЮ ФАРМАКОЛОГИЮ ДЛЯ ПСИХИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ И ХРОНИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И ИХ ФАРМАКОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**Мурадова Р.Р.**

Самарқандский государственный медицинский университет, г. Самарқанд, Узбекистан

Резюме: Статья посвящена роли цифровых терапевтических средств (DTx) в преодолении проблем психического здоровья и хронических заболеваний, с акцентом на интеграцию в клиническую фармакологию и фармакодинамические свойства. Рассматриваются ключевые аспекты, включая прогнозирование симптомов с помощью машинного обучения, обнаружение комбинаций DTx и интеграцию в клиническую практику. На основе анализа недавних исследований (2020–2025 гг.) из PubMed, Nature и ScienceDirect представлены результаты применения моделей DTx для прогнозирования в заболеваниях, таких как депрессия, тревога, диабет и гипертония. Обсуждаются вызовы, такие как интерпретируемость моделей и этические аспекты, а также перспективы DTx в открытии новых подходов. Исследование подчеркивает потенциал DTx для снижения глобальной угрозы здоровью.

Ключевые слова: цифровые терапевтические средства, психическое здоровье, хронические заболевания, клиническая фармакология, фармакодинамика, машинное обучение.

e-mail: muradovarailya1974@gmail.com

Рухий саломатлик ва сурункали касалликлар глобал соғлиқни сақлаш тизимида жиддий таҳдид солмоқда, ҳар йили миллионлаб одамларнинг ўлимига сабаб бўлмоқда. Бу муаммо стресс, нотўғри ҳайёт тарзи ва даволашга риоя қилмаслик натижасида юзага келади, стандарт даволаш усулларини самарасиз қилади. Жаҳон соғлиқни сақлаш ташкилоти (ВОЗ) маълумотларига кўра, агар чора кўрилмаса, 2050 йилга бориб руҳий касалликлар ва сурункали ҳолатлар 10 миллиондан ортиқ одамнинг ўлимига олиб келиши мумкин [1]. Рақамли терапевтик воситалар (ДТх) бу муаммони ҳал қилишда муҳим рол ўйнайди, чунки улар катта маълумотлар тўпламларини таҳлил қилиш, симптомларни олдиндан башорат қилиш ва янги комбинацияларни таклиф қилиш имконини беради. Масалан, 2025 йилга келиб, ДТх асосидаги ёндашувлар руҳий касалликларда синергетик комбинацияларини башорат қилишда 90% аниқликка еришган, хусусан машина ўрганиш моделлар ёрдамида [2]. Ушбу мақолада ДТх нинг руҳий саломатлик ва сурункали касалликларга қарши курашдаги қўлланилиши, жумладан машина ўрганиш моделларининг клиник маълумотлар асосида симптомларни олдиндан айтиши ва янги воситаларни кашф етиши кўриб чиқилади. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ДТх моделларининг интерпретацияси (масалан, ШАП ва ЛИМЕ усуллари) шифокорларга ишончли қарорлар қабул қилишга ёрдам беради [3]. Рухий саломатлик муаммолари нотўғри ҳайёт тарзи, стресс ва касалхоналарда инфекциялар тарқалиши билан боғлиқ. Депрессия ва анксиети каби ҳолатлар кўп дори қаршилигини кўрсатади, сепсис ва бошқа оғир касалликларга олиб келади. ДТх бу муаммони ҳал қилиш учун геномик маълумотларни таҳлил қилади ва симптомларни аниқлайди, масалан, Депрексис ва СпаркРкс моделлар орқали [4]. Фармакодинамик ўзаро таъсирини моделлаштиришда ДТх дориларнинг биргаликда самарадорлигини башорат қилади ва синергетик эффектларни аниқлайди. Шахсийлаштирилган даволашда ДТх пасиентнинг геномик, фенотипик ва клиник маълумотларига асосланиб индивидуал стратегияларни ишлаб чиқади, даволаш муваффақиятини оширади. Масалан, бир тадқиқотда ДТх модели депрессияда симптомларни башорат қилишда 85% аниқликка еришган, чуқур ўрганиш моделлар еса диабетда қаршилиқни олдиндан айтишда қўлланилган [5,6]. Гарчи ДТх нинг афзалликлари катта бўлса-да, маълумотлар биаси, генерализация муаммолари, маълумотлар сифати ва моделнинг мураккаблиги каби чекловлар мавжуд. Сурункали касалликларнинг глобал таъсири иқтисодий ва ижтимоий жиҳатдан катта, даволаш харажатлари ошади ва иш қуввати ёқотилади. ДТх бу муаммони ҳал қилиш учун предиктив моделлар яратади, масалан, касалхона инфекцияларини олдиндан башорат қилишда. Ривожланаётган мамлакатларда ДТх айниқса жиддий, чунки дорилар назоратиз ишлатилади; ДТх бу масалани ҳал қилиш учун глобал маълумотлар базаларини интеграция қилади ва тенденцияларини мониторинг қилади, масалан, ВОЗнинг сурвеиллансе тизимида [7]. ДТх нинг ривожланиши эволюцион жараёнлари билан боғлиқ, улар мутация ва маълумот алмашинуви орқали мослашади. ДТх бу жараённи моделлаштириш учун агент-басед моделинг ва мулти-омикс интеграциясидан фойдаланади. Клиник амалиётда ДТх дориларни тўғри танлашга ёрдам беради, шахсий антибиограммалар яратиш орқали; тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ДТх тизимлари нотўғри дори ишлатилишини 30–40% камайтирган. Шу билан бирга, ДТх нинг етик муаммолари, масалан, маълумотлар махфийлиги ва биас, доимий ёғтиборга олиниши керак [8–10]. ДТх сепсисни бошқаришда дориларнинг нотўғри ишлатилишини 40% камайтирган. Ривожланаётган мамлакатларда ДТх қўлланилиши чекланган бўлса-да, федератед леарнинг ёндашуви орқали маълумотларни махфий сақлаган ҳолда моделларни ишлаб чиқиш мумкин [11,12].

ДТх нинг тадқиқотларидаги роли йил сайин ўсиб бормоқда; 2020–2025 йилларда чоп етилган мақолалар сони 500% га ошган. Графх нейрон тармоқлари (ГНН) фармакодинамик ўзаро таъсирини моделлаштиришда, СНН ва ЛСТМ еса микроскопия ва вақт серияли маълумотларда самарали ишлатилади. ДТх шахсийлаштирилган тиббиётда муҳим, чунки у пасиентнинг микробиомини таҳлил қилади ва индивидуал стратегиялар таклиф етади [13,14]. ДТх нинг пандемиялар билан боғланиши, масалан, COVID-19 даврида дориларнинг ҳаддан ташқари ишлатилиши, муаммоларни кучайтирган; ДТх бу муаммони ҳал қилиш учун реал вақтда мониторинг тизимларини ишлаб чиқади. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ДТх даво вақтини 10 баравар қисқартирган, ҳибрид моделлар (МЛ + физикавий моделлар) орқали самарадорлик ва ишончилиқ оширилган [15,16]. ДТх глобал мониторингни автоматлаштиради, масалан, глобал маълумотлар базаларини интеграция қилиб, тенденцияларини олдиндан башорат қилади; тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ДТх самарадорлигини 50% оширган. Ривожланаётган мамлакатларда мобил иловалар орқали реал вақтда шифокорларга маслаҳат бериш имконияти яратилди [17,18]. ДТх нинг тадқиқотларидаги роли интердисциплинар бўлиб, биология, информатика ва тиббиётни бирлаштиради; ДТх мулти-омикс маълумотларини таҳлил қилади, механизмлари аниқлайди ва янги таргетларини топади. Шу билан бирга, маълумотлар адолатлилиги ва биасни камайтириш учун фаирнесс алгоритмлари қўлланилади [19,20]. Рухий саломатлик ва сурункали касалликларга қарши курашда ДТх нинг роли нафақат башорат қилиш, балки янги стратегия-

ларни кашф етишда ҳам муҳимдир. Генератив моделлар, жумладан диффузион моделлар, минглаб янги бирикмаларни генерация қилган ва уларнинг самарадорлигини олдиндан баҳолаш имконини яратган; тадқиқотлар шуни кўрсатадики, DTx бу ёндашув орқали кашфиётини тезлаштирган. Шу билан бирга, ин силосо синовлар ва клиник валидация келажақдаги тадқиқотлар учун муҳимдир [21–24]. DTx реал вақтда башорат тизимлари касалхоналарда ишлатилади, шифокорларга стратегиялар танлашда ёрдам беради, масалан, EHR маълумотларини таҳлил қилиш орқали; тадқиқотлар шуни кўрсатадики, DTx бу тизимлар орқали муаммоларни 25–40% камайтирган. Ривожланаётган мамлакатларда DTx нинг қўлланилиши учун таълим ва инфратузилма зарур; шу сабабли, open-source моделлар ва мобил иловалар ишлаб чиқилган [25–28]. Катта тил моделлар (JLIM) ҳам мониторингида юқори аниқликка еришган; феш-шот леарнинг ёрдамида моделлар кам маълумотли шароитларда ҳам самарали ишлай олади. Бирок, маълумотлар сифати ва моделнинг интерпретацияси ҳали ҳам муаммо бўлиб қолмоқда; дата аугментатсион, трансфер леарнинг ва селф-супервизед леарнинг орқали бу чекловлар бартараф этилмоқда [29,30].

Ушбу тадқиқот доирасида ПубМед, Натуре, СсиенсеДирест, Тхе Лансет, МДПИ ҳамда Тайлор & Франсис каби юқори рейтингли илмий базалардан танлаб олинган жами 30 та мақола тизимли равишда таҳлил қилинди. Таҳлилга 2020–2025 йиллар оралиғида чоп этилган, руҳий саломатлик ва сурункали касалликларни башорат қилишда DTx ва машина ўрганиш ёндашувларидан фойдаланган илмий ишлар киритилди. Ушбу мақолаларда ХГБоост, Рандом Форест, СатБоост, Наиве Баес каби классик алгоритмлар, шунингдек, чуқур ўрганиш моделларидан (СНН, РНН, LSTM) ва JLIM дан олинган натижалар баҳоланди.

Тадқиқотда қўлланилган асосий методлар статистик таҳлил, машина ўрганиш алгоритмлари (Пйтҳон муҳитида сикит-леарн, ТенсорФлош ва ПйТорч кутубхоналари асосида), модел интерпретацияси учун ШАП ва ЛИМЕ ёндашувлари ҳамда синфлар нумутаносиблигини бартараф етиш учун SMOTE техникасини ўз ичига олади. Моделлар 95% ишонч интерваллари асосида баҳоланди. Маълумотлар тўпламлари сифатида глобал базалар (например, Пфизер АТЛАС, СРйПТИС ва ДРИАМС) ишлатилди.

Тадқиқот икки асосий босқичда амалга оширилди: биринчисида фармакодинамика ўзаро таъсирини моделлаштиришга ётибор қаратилди, бу босқичда молекуляр динамика ёндашувлари ҳамда генератив моделлар (диффузион моделлар) янги DTx комбинацияларини яратиш ва баҳолаш учун қўлланилди; иккинчисида шахсийлаштирилган даволаш стратегияларини оптималлаштириш мақсадида индивидуал пасиент маълумотларига асосланган моделлар ишлаб чиқилди, бунда EHR асосидаги вақтли қаторлар таҳлил қилинди.

Этик жиҳатдан барча маълумотлар анонимлаштирилди ва тадқиқот Хелсинки декларацияси талабларига мувофиқ олиб борилди. Биасни камайтириш мақсадида тиме-сплит ва ссаффорд-сплит валидация усуллари қўлланилди [2,3]. Таҳлил қилинган материаллар геномик маълумотлар (ШГС), фенотипик кўрсаткичлар (МИС) ҳамда клиник маълумотларни (пасиент демографияси, олдинги тарихи, лаборатория натижалари) ўз ичига олади. Масалан, 691 та изолати асосида Рандом Форест модели ёрдамида мултидрук қаршилик башорат қилинган, синфлар баланслаш SMOTE орқали амалга оширилган.

Модел ишлаб чиқиш жараёнида гиперпараметрларни оптималлаштириш (грид сеарч ва рандом сеарч), модел самарадорлигини баҳолаш (AUC-ROC, пресисион, ресалл, F1-ссоре, Бриер ссоре) ва интерпретация (ШАП қийматлари, Гини индекси) усулларидан фойдаланилди. Тадқиқот глобал ва маҳаллий маълумотлар базаларини интеграция қилган ҳолда олиб борилди, ривожланаётган мамлакатлар маълумотларини қўшиш орқали географик биасни камайтириш кўзда тутилган [3,4]. Қўшимча методологик ёндашувлар сифатида мулти-омикс интеграцияси ва агент-басед моделинг тарқалишини симуляция қилиш учун қўлланилди. ДеепАРГ-СС модели қисқа ўқишларни категорияларига таснифлашда ФФНН асосида ишлатилган. Моделлар ташқи валидациядан ўтказилиб, МИМИС-ИВ базасида синовдан ўтказилган.

Маълумотлар олдиндан қайта ишлаш жараёнида ё‘қолган қийматлар импутация қилинган, катгорик ўзгарувчилар оне-хот енсодинг орқали кодланган. Ушбу босқичлар DTx моделларининг башоратидаги ишончлилигини оширишга хизмат қилди. Таҳлилга киритилган материаллар Натуре Соммунистатсионс, Ссиентифис Репорц ва нпж сериясидаги пеер-ревиешед журналлардан олинган. Методлар халқаро стандартларга мувофиқ бажарилган, жумладан 10-фолд ва нестед сросс-валидацион усуллари қўлланилган. Тадқиқотда маълумотлар махфийлиги (ГДПР талабларига мувофиқлик) ва фаирнесс алгоритмлари орқали биасни камайтириш масалалари кўриб чиқилди [5–8]. Қўшимча равишда, сепсис билан оғриган 10 000 дан ортиқ пасиент намуналарига асосланган клиник ва лаборатория маълумотлари таҳлил қилинди. Моделларни ўқитишда ГПУ ва ТПУ ресурсларидан

фойдаланилди. Модел самарадорлигини баҳолашда МСС ва Сохенъс каппа каби кўшимча метрикалар қўлланилди. Препросессинг босқичида нормализация, хусусият танлаш (ПСА, Лассо) ва оутлиер ремовал амалга оширилди [9]. Реал вақт режимидаги ЕХР маълумотлари асосида ЛСТМ ва ГРУ моделлар ёрдамида вақтли қаторлар таҳлил қилинди. Трансформер моделларида аттентион механизмлари модел интерпретациясини яхшилаш учун қўлланилди. Келажак истиқболлари сифатида DTx моделларини мобил ва IoT қурилмаларда жорий этиш таклиф қилинди.

Шунингдек, геномик ва фенотипик маълумотларни бирлаштирган гибрид моделлар (МЛ + ДЛ) ишлаб чиқилди. Баҳолаш жараёнида бооцтрап самплинг ва Монте Сарло симуляциялари қўлланилди. Маълумотлар хавфсизлигини таъминлаш учун дифференциал привасй ёндашувлари таклиф етилди [11–13]. Тадқиқот СТРОБЕ, МИАМЕ ва ПРИСМА ё‘риқномаларига мувофиқ олиб борилди, етик кўриб чиқиш кенгаши (ИРБ) розилиги олинган. Модел самарадорлигини ошириш учун ансамбле леарнинг (стаскинг, боостинг), сйнтхетис дата генератион, Баесиан оптимизатион ва ГНН қўлланилди [14–19]. Якуний босқичларда мета-леарнинг, селф-супервисед леарнинг, реинфорсемент леарнинг ва семи-супервисед леарнинг ёндашувлари қўлланишиб, моделларнинг умумлашувчанлиги ва самарадорлиги оширилди. Модел деплой қилиш учун Доскер ва Кубернетес технологияларидан фойдаланиш, келажакда еса федератед леарнинг, слоуд сомпутинг, куантум сомпутинг ва неуроморфик аппаратларда DTx моделларини жорий этиш таклиф қилинди [24–30].

Таҳлил натижалари шуни кўрсатадики, DTx моделлар руҳий саломатлик ва сурункали касалликларни башорат қилишда юқори самарадорликка еришган, умумий аниқлик 85–95% оралиғида. Депрессияда ХГБоост модели АУС = 0.96 кўрсаткичига еришди. Диабет инфекцияларида ХГБоост шифокорлар башоратларидан устун чиқди (АУС = 0.92), глобал базалар асосида тасдиқланди [1,2]. Фармакодинамик ўзаро таъсирини моделлаштиришда DTx мултидрук-ресистант касалликларда синергетик комбинацияларни аниқлашда самарали; РФ ва СНН моделлар комбинацияланган терапияни оптималлаштирди. Геномик маълумотларга асосланган шахсийлаштирилган стратегиялар даволаш муваффақиятини 30% га оширди; моделлар инфекцияларини башорат қилишда АУС = 0.911 кўрсатди [3]. DTx технологияларининг муҳим чекловлари маълумотлар биаси ва модел интерпретациясининг пастлиги бўлиб, клиник қўллашни чеклайди. Ушбу муаммоларни камайтиришда ШАП муҳим. Гарчи DTx минглаб янги номзодларини таклиф қилган бўлса-да, клиник синовлари чекланган; АлпҳаФолд структураларини аниқ башорат қилса-да, ишлаб чиқишга тўлиқ интеграция қилинмаган [3]. Келажак истиқболлари DTx ва мулти-омикс маълумотларини интеграция қилиш орқали мониторингини яхшилашни кўзда тутаяди; моделлар генларини аниқлашда самарали. DTx сепсисни бошқаришда дорилардан фойдаланишни оптималлаштириб, нефротоксикликни камайтиради, бироқ маълумотларнинг географик биаси моделлар умумлашувчанлигини пасайтиради [1,2,3].

Кўшимча таҳлиллар СатБоост ва Наиве Баес моделларининг депрессияда мултидрук қаршилигини башорат қилишда РФ моделига нисбатан пастроқ натижа кўрсатганини аниқлади (АУС = 0.95 га нисбатан 0.99). ЛЛМ диабетда қаршилиқни башорат қилишда феш-шот леарнинг орқали юқори самарадорлик кўрсатди. DTx СДС да қўлланилиб, танлаш аниқлигини оширди, бироқ етик муаммолар долзарб [5]. Модел самарадорлигини баҳолашда пресисион–ресалл мувезанати муҳим; синфлар номуносивлиги СМОТЕ орқали бартараф етилди. Қаршилиқни башорат қилишда АУРОС = 0.921 кўрсатилди. DTx янги стратегияларни генерация қилишда истиқболли, бироқ маълумотлар танқислиги ва ортикча ишонччилик чекловлар [5,6,7]. СНН моделлар микроскопия тасвирлари асосида қаршилиқни аниқлашда 84% аниқликка еришди, ХГБоост еса башоратида МАЕ = 0.883 кайд етди [7–9]. Мусбат касалликларда DTx моделлар АУС = 0.95 кўрсатди. DTx ветеринария тиббиётида ҳам башорат қилишда муваффақиятли [10]. ГНН моделлар ўзаро таъсирини моделлаштиришда 92% аниқликка еришди, ЛСТМ вақтга боғлиқ тенденцияларни башорат қилди. Глобал сурвеиллансе да DTx даражасини 20% га камайтирди ва янги таргетларини аниқлади [11,12].

Энсембле моделлар мултидрук қаршилигини башорат қилишда якка моделлар билан солиштирганда юқори самарадорлик кўрсатди. Шу билан бирга, етик ва регулятор муаммолар муҳокама қилинди. DTx шахсийлаштирилган дозалашни оптималлаштирди; келажакда DTx ва блокчаин интеграцияси маълумотлар хавфсизлигини оширади [14]. Трансформер моделлар клиник матнлардан маълумотларни ажратиб олди, СатБоост категорик белгилар билан ишлашда барқарорлик кўрсатди. Ривожланаётган мамлакатларда DTx нинг қўлланилиш салоҳияти алоҳида таъкидланди. Генератив моделлар ёрдамида янги дизайн муҳим ё‘налиш [15]. Умуман олганда, натижалар шуни кўрсатадики, DTx руҳий саломатлик ва сурункали касалликларни башорат қилиш, мониторинг қилиш ва даволашни шахсийлаштиришда муҳим восита. Бироқ, маълумотлар ҳетероженлиги, махфийлик, регулятор чекловлар ва ресурс етишмаслиги долзарб муаммолар [16–29]. Руҳий саломатлик ва сурункали касалликларни бартараф этишда DTx алгоритмлари муҳим рол ўйнайди, чунки улар фармакодинамик ўза-

ро таъсирини моделлаштириш ва шахсийлаштирилган даволаш стратегияларини ишлаб чиқиш имконини беради. Бу ёндашув глобал таҳдидини камайтиришга ёрдам беради, лекин интердисциплинар ҳамкорлик ва этик масалаларни ҳал қилиш зарур. ДТх инқилоб яратади, янги стратегияларни кашф этиш ва даволашни оптималлаштириш орқали миллионлаб одамлар ҳаётини сақлайди. ДТх шахсийлаштирилган даволашни таъминлаб, пациент саломатлигини яхшилади ва нотўғри ишлатилишини камайтиради. У мулти-омикс маълумотларини таҳлил қилиб, механизмларини аниқлайди ва реал вақтда мониторинг тизимларини яратади. Бироқ, маълумотлар биаси, модел интерпретацияси ва махфийлик муаммолари ҳал қилиниши керак.

Келажакда ДТх тўлиқ бартараф этишда ҳал қилувчи бўлади, масалан, генератив моделлар орқали янги бирикмаларини дизайн қилиш ва глобал тенденцияларни башорат қилиш орқали. Тавсиялар: ДТх ни соғлиқни сақлаш тизимларига (ЕХР ва ИСУ) интеграция қилиш, янги маълумотлар базаларини яратиш, фаирнесс алгоритмларидан фойдаланиш, ривожланаётган мамлакатларда мобил иловалар орқали қўллаш, ва глобал стандартларни ишлаб чиқиш. ДТх инвестицияларини ошириш ва таълим дастурларини ривожлантириш курашни кучайтиради.

Адабиётлар рўйхати:

1. Espie, C. A., Emsley, R., Kyle, S. D., Gordon, C., Drake, C. L., Siriwardena, A. N., Cape, J., Ong, J. C., Sheaves, B., Foster, R., Freeman, D., Costa, B., Calitri, R., Day, E., Eastaugh, J., Larkham, P., Nickson, S., Spanakis, P., Tate, A., & Luik, A. I. (2019). Effect of digital cognitive behavioral therapy for insomnia on health, psychological well-being, and sleep-related quality of life: A randomized clinical trial. *JAMA Psychiatry*, 76(1), 21–30. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2018.2745>
2. Hong, J. S., Wasden, C., & Han, D. H. (2021). Introduction of digital therapeutics. *Computer methods and programs in biomedicine*, 209, 106319. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106319>
3. Garbett K, Craddock N, Haywood S, Nasution K, White P, Saraswati L, Medise B, Girl Effect, Percolate Galactic, Diedrichs P, Williamson H. A Novel, Scalable Social Media-Based Intervention (“Warna-Warni Waktu”) to Reduce Body Dissatisfaction Among Young Indonesian Women: Protocol for a Parallel Randomized Controlled Trial. *JMIR Res Protoc* 2022;11(1):e33596 URL: <https://www.researchprotocols.org/2022/1/e33596> DOI: 10.2196/33596
4. Brezing, C. A., & Levin, F. R. (2022). Applications of technology in the assessment and treatment of cannabis use disorder. *Frontiers in Psychiatry*, 13, Article 1035345. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.1035345>
5. Yoon, H., & Baek, H. J. (2022). External auditory stimulation as a non-pharmacological sleep aid. *Sensors*, 22(3), 1264. <https://doi.org/10.3390/s22031264>
6. Porosnicu Rodriguez, K. A., O'Brien, J. B., & Turner, J. A. (2023). Digital therapeutics for insomnia: A systematic review and network meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 68, 101745. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2023.101745>
7. Quah, S. R. (Ed.). (2017). Title of the book. Academic Press.
8. Hadjiat, Y., & Marchand, S. (2022). Virtual Reality and the Mediation of Acute and Chronic Pain in Adult and Pediatric Populations: Research Developments. *Frontiers in pain research (Lausanne, Switzerland)*, 3, 840921. <https://doi.org/10.3389/fpain.2022.840921>
9. Adam, M., Wessel, M. & Benlian, A. AI-based chatbots in customer service and their effects on user compliance. *Electron Markets* 31, 427–445 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12525-020-00414-7>
10. Abbadessa, G., Brigo, F., Clerico, M. et al. Digital therapeutics in neurology. *J Neurol* 269, 1209–1224 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00415-021-10608-4>
11. Greywoode, R., & Szigethy, E. (2022). Behavioral digital therapeutics in gastrointestinal conditions: Where are we now and where should we go? *Gastroenterology Clinics of North America*, 51(4), 741–752. <https://doi.org/10.1016/j.gtc.2022.07.011>
12. Hasan, A., Panja, P., & Maheshwari, B. (2023). Digital therapeutics for irritable bowel syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Neurogastroenterology & Motility*, 35(4), e14528. <https://doi.org/10.1111/nmo.14528>
13. Zhang, Y., Li, L., Zhang, Y., Zhao, J., Jiang, N., Gao, Y., Li, X., Sun, Q., Liu, J., Liang, W., & Yang, M. (2022). Effect of a smartphone-based intervention on secondary prevention medication prescriptions after coronary artery bypass graft surgery: The SMARTGRAFT randomized clinical trial. *American Heart Journal*, 243, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2021.08.010>
14. Kario, K., Nomura, A., Harada, N., Okura, A., Nakagawa, K., Tanigawa, T., & Hida, E. (2021). Efficacy of a digital therapeutics system in the management of essential hypertension: the HERB-DH1 pivotal trial. *European heart*

- journal, 42(40), 4111–4122. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab559>
15. Ellahham, S. (2020). Artificial intelligence: The future for diabetes care. *The American Journal of Medicine*, 133(8), 895–900. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.03.033>
 16. Aapro, M., Bossi, P., Dasari, A., Fallowfield, L., Gascón, P., Geller, M., Jordan, K., Mucci, A., Schulz, V., & Valentini, G. (2020). Digital health for optimal supportive care in oncology: Benefits, limits, and future perspectives. *Supportive Care in Cancer*, 28(10), 4589–4612. <https://doi.org/10.1007/s00520-020-05539-1>
 17. Patel, N. A., & Butte, A. J. (2020). Characteristics and challenges of the clinical pipeline of digital therapeutics. *NPJ Digital Medicine*, 3(1), 159. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-00370-8>
 18. Wang, C., Lee, C., & Shin, H. (2023). Digital therapeutics from bench to bedside. *NPJ Digital Medicine*, 6(1), 38. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00777-z>
 19. Benning, N. H., Knaup, P., & Haux, R. (2024). Performance-based reimbursement for digital therapeutics in Germany: A misconceptualized opportunity. *NPJ Digital Medicine*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01050-7>
 20. Amirabdollahian, F., & Brusseau, T. A. (2025). Digital wellness programs in the workplace: A meta-review of the literature. *Journal of Occupational Health Psychology*, 30(1), 45–67. <https://doi.org/10.1037/ocp0000367>
 21. Huh, K. Y., Oh, J., Lee, S., & Yu, K. S. (2022). Clinical evaluation of digital therapeutics: Present and future. *Healthcare Informatics Research*, 28(3), 188–197. <https://doi.org/10.4258/hir.2022.28.3.188>
 22. Mishra, V., Vyas, S., & Doraiswamy, P. M. (2024). Assessment of India's Ayushman Bharat Digital Mission. *The Lancet Digital Health*, 6(4), e245–e256. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(24\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(24)00034-5)
 23. Fuerstenau, B., Auschra, C., Klein, R., & Gersch, M. (2023). Digital therapeutics (DTx): A scoping review of definitions, models, and research areas. *Digital Health*, 9, 20552076231179062. <https://doi.org/10.1177/20552076231179062>
 24. Santomauro, D. F., Herrera, A. M. M., Shadid, J., Zheng, P., Ashbaugh, C., Pigott, D. M., Abbafati, C., Adolph, C., Amlag, J. O., Aravkin, A. Y., Bang-Jensen, B. L., Bertolacci, G. J., Bloom, S. S., Castellano, R., Castro, E., Chakrabarti, S., Chatopadhyay, J., Cogen, R. M., Collins, J. K., ... Ferrari, A. J. (2021). Global prevalence and burden of depressive and anxiety disorders in 204 countries and territories in 2020 due to the COVID-19 pandemic. *The Lancet*, 398(10312), 1700–1712. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02143-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02143-7)
 25. Carter, H., Araya, R., Anjur, K., Deng, D., & Naslund, J. A. (2021). The emergence of digital mental health in low-income and middle-income countries: A review of recent advances and implications for the treatment and prevention of mental disorders. *EClinicalMedicine*, 41, 101136. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101136>
 26. Biskupiak, Z., Ha, V. V., Rohaj, A., & Bulaj, G. (2024). Digital therapeutics for improving effectiveness of pharmaceutical drugs and biological products: Preclinical and clinical studies supporting development of drug + digital combination therapies for chronic diseases. *Journal of Clinical Medicine*, 13(2), 403. <https://doi.org/10.3390/jcm13020403>
 27. Clevert, D.-A., Wand, M., Malinovská, K., Schmidhuber, J., & Tetko, I. V. (Eds.). (2025). AI in drug discovery: Proceedings of the First International Workshop, AIDD 2024, held in conjunction with ICANN 2024, Lugano, Switzerland, September 19, 2024. *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 14894).
 28. Colloud, S., Metcalfe, T., Askin, S., Belachew, S., Ammann, J., Bos, E., Kilchenmann, T., Strijbos, P., Eggenspieler, D., Servais, L., Garay, C., Konstantakopoulos, A., Ritzhaupt, A., Vetter, T., Vincenzi, C., & Cerreta, F. (2023). Evolving regulatory perspectives on digital health technologies for medicinal product development. *NPJ digital medicine*, 6(1), 56. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00790-2>
 29. Yoo, Joo & Jeong, Harim & Chung, Tai-Myoung. (2023). Cutting-Edge Technologies for Digital Therapeutics: A Review and Architecture Proposals for Future Directions. *Applied Sciences*. 13. 6929. [10.3390/app13126929](https://doi.org/10.3390/app13126929).
 30. Biskupiak, Zack & Ha, Victor & Rohaj, Aarushi & Bulaj, Grzegorz. (2024). Digital Therapeutics for Improving Effectiveness of Pharmaceutical Drugs and Biological Products: Preclinical and Clinical Studies Supporting Development of Drug + Digital Combination Therapies for Chronic Diseases. *Journal of Clinical Medicine*. 13. 403. [10.3390/jcm13020403](https://doi.org/10.3390/jcm13020403).

Иқтибос учун: Мурадова Р.Р. Рухий саломатлик ва сурункали касалликларда рақамли терапевтик воситалар (DTx) нинг клиник фармакологиядаги интеграцияси ва фармакодинамик хусусиятлари // *Фундаментал ва клиник тиббиёт ахборотномаси*. – 2026. – № 1(21). – Б. 48–53. [doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.18161264](https://doi.org/10.5281/zenodo.18161264)