ТИББИЁТДА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТДАН ФОЙДАЛАНИШ: ЗАМОНАВИЙ ИМКОНИЯТЛАР, МУАММОЛАР ВА РИВОЖЛАНИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ

Кубаев Асалиддин Эсиргапович
Самарқанд давлат тиббиёт университети ассистенти
Тухтамишова Фотима Ахроровна,
Мирзолимова Жасмина Гулямовна,
Эшмирзаев Акобир Аброр угли,
Норпулатова Маржона Акмал кизи
Самарқанд давлат тиббиёт университети талабалари

Аннотация: Ушбу мақолада замонавий тиббиётда сунъий интеллект (СИ) технологияларидан фойдаланишнинг асосий йўналишлари, имкониятлари, чекловлари ва истиқболлари илмий-аналитик жиҳатдан таҳлил қилинади. Сунъий интеллектнинг тиббий диагностика, тиббий тасвирларни қайта ишлаш, клиник қарорларни қўллаб-қувватлаш, индивидуал даволаш, дори воситаларини ишлаб чиқиш, эпидемиологик прогнозлаш, тиббий ҳужжатларни автоматлаштириш ва тиббий таълимдаги қўлланилиши ёритилади. Замонавий тадқиқотлар таҳлили сунъий интеллект тиббий маълумотларни катта ҳажмда қайта ишлаш, мураккаб боғланишларни аниқлаш ва клиник жараёнларни оптималлаштириш имконини беришини кўрсатади. Шу билан бирга, маълумотлар сифати, алгоритмик хатолар, моделларнинг умумлаштирилиши, шаффофлик, шахсий маълумотларни ҳимоя қилиш, алгоритмик адолат ва клиник масъулият каби муаммолар мавжуд. Айниқса, катта тил моделлари (LLM) ва мультимодал сунъий интеллект тизимларининг тиббиётда қўлланилиши янги имкониятлар билан бирга янги хавфларни ҳам юзага келтирмоқда. Мақолада сунъий интеллектдан самарали фойдаланиш учун “инсон–сунъий интеллект” ҳамкорлиги, клиник валидация, далилларга асосланган ёндашув, этик бошқарув ва рақамли компетенцияларни ривожлантириш зарурлиги асосланади.

Калит сўзлар: сунъий интеллект, тиббиёт, машинали ўқитиш, чуқур ўрганиш, тиббий диагностика, клиник қарорларни қўллаб-қувватлаш, катта тил моделлари, ChatGPT, тиббий тасвирлар, рақамли тиббиёт, персоналлаштирилган тиббиёт, тиббий таълим.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Кубаев Асалиддин Эсиргапович
Ассистент Самаркандского государственного медицинского университета
Тухтамишова Фотима Ахроровна,
Мирзолимова Жасмина Гулямовна,
Эшмирзаев Акобир Аброр угли,
Норпулатова Маржона Акмал кизи
Студенты Самаркандского государственного медицинского университета

Аннотация: В данной статье представлен научно-аналитический обзор основных направлений применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в современной медицине, их возможностей, ограничений и перспектив развития.

Рассматривается использование искусственного интеллекта в медицинской диагностике, обработке медицинских изображений, поддержке принятия клинических решений, персонализированном лечении, разработке лекарственных препаратов, эпидемиологическом прогнозировании, автоматизации медицинской документации и медицинском образовании. Анализ современных исследований показывает, что искусственный интеллект позволяет обрабатывать большие объёмы медицинских данных, выявлять сложные взаимосвязи и оптимизировать клинические процессы. Вместе с тем сохраняются проблемы, связанные с качеством данных, алгоритмическими ошибками, обобщающей способностью моделей, прозрачностью алгоритмов, защитой персональных данных, алгоритмической справедливостью и клинической ответственностью. Особое внимание уделяется применению больших языковых моделей (LLM) и мультимодальных систем искусственного интеллекта в медицине, которые наряду с новыми возможностями создают дополнительные риски. В статье обосновывается необходимость развития взаимодействия «человек — искусственный интеллект», проведения клинической валидации, применения доказательного подхода, соблюдения принципов этического управления и повышения цифровых компетенций медицинских специалистов для обеспечения эффективного и безопасного использования технологий искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, медицина, машинное обучение, глубокое обучение, медицинская диагностика, поддержка принятия клинических решений, большие языковые модели, ChatGPT, медицинские изображения, цифровая медицина, персонализированная медицина, медицинское образование.

КИРИШ

XXI асрда тиббиёт соҳасининг жадал рақамлашуви натижасида тиббий маълумотларни йиғиш, сақлаш, қайта ишлаш ва таҳлил қилиш жараёнлари тубдан ўзгармоқда. Электрон тиббий карталар, лаборатория маълумотлари, компьютер томографияси, магнит-резонанс томографияси, ультратовуш текширувлари, геном маълумотлари, физиологик сенсорлар ва бошқа рақамли манбалар тиббиётда улкан маълумотлар массивини шакллантирмоқда. Бундай маълумотларни инсон томонидан анъанавий усулларда қайта ишлаш вақт ва ресурс нуқтаи назаридан мураккаб вазифага айланмоқда. Шу нуқтаи назардан сунъий интеллект технологияларининг тиббиётга интеграциялашуви замонавий рақамли соғлиқни сақлашнинг муҳим йўналишларидан бири сифатида шаклланмоқда.

Сунъий интеллект тиббий соҳада янги ҳодиса эмас. Машинали ўқитиш ва эксперт тизимлари аввалдан клиник қарорларни қўллаб-қувватлаш, диагностика ва прогнозлашда тадқиқ этилган. Бироқ сўнгги йилларда ҳисоблаш қувватининг ортиши, катта маълумотлар базаларининг шаклланиши ва чуқур нейрон тармоқларнинг ривожланиши сунъий интеллектнинг амалий имкониятларини сезиларли даражада кенгайтирди. Rajpurkar ва ҳаммуаллифлар сунъий интеллект тиббиётда клиник ва диагностик жараёнларни ўзгартириш салоҳиятига эга эканини, бироқ маълумотлар етишмаслиги, алгоритмик оғишлар ва этик масалалар каби жиддий муаммолар мавжудлигини таъкидлайдилар [1].

Сунъий интеллектнинг замонавий тиббиётдаги асосий вазифаси инсон шифокорини тўлиқ алмаштириш эмас, балки унинг қарор қабул қилиш жараёнини қўллаб-қувватлаш, маълумотларни тезкор таҳлил қилиш ва мураккаб клиник

вазифаларни ҳал этиш имкониятларини кенгайтиришдан иборат. Шу маънода “инсон–сунъий интеллект” ҳамкорлиги тиббий технологияларни жорий этишнинг муҳим концептуал асосига айланмоқда.

Жаҳон соғлиқни сақлаш ташкилоти сунъий интеллект диагностика, даволаш, тиббий тадқиқотлар, дори воситаларини ишлаб чиқиш, эпидемиологик кузатув ва соғлиқни сақлаш тизимини бошқаришда катта имкониятларга эга эканини қайд этади. Бироқ СИ хавфсиз, ахлоқий, тенг ва инсон манфаатларига йўналтирилган тарзда жорий қилиниши керак.

Шу сабабли тиббиётда сунъий интеллектдан фойдаланишни фақат технологик масала сифатида эмас, балки тиббий, педагогик, ҳуқуқий, ахлоқий ва ижтимоий жиҳатларни қамраб олган комплекс жараён сифатида тадқиқ этиш зарур.

ТАДҚИҚОТ МЕТОДОЛОГИЯСИ

Мазкур мақола илмий адабиётларни таҳлил қилиш, қиёсий таҳлил, системалаштириш ва умумлаштириш усулларига асосланган назарий-аналитик тадқиқот сифатида шакллантирилди.

Тадқиқотда асосан 2022–2026 йилларда эълон қилинган халқаро илмий мақолалар, систематик шарҳлар, юқори импакт-факторли тиббий журналлардаги тадқиқотлар ҳамда WHO ва FDA каби халқаро ва миллий регулятор ташкилотларнинг расмий материалларидан фойдаланилди.

AI ва тиббиёт кесишмасидаги адабиётлар ҳажмининг тез ўсиши мазкур йўналишни мунтазам таҳлил қилиш заруратини оширмоқда. Масалан, Meng ва ҳаммуаллифлар ўтказган scoping review тадқиқотида PubMed, Embase, Web of Science ва Scopus маълумотлар базаларидан 4323 та материал сараланган ва якунда 550 та тадқиқот таҳлил қилинган [2].

Тадқиқот доирасида сунъий интеллектнинг қуйидаги қўлланиш йўналишлари алоҳида таҳлил қилинди:

1. тиббий диагностика;
2. тиббий тасвирларни интеллектуал таҳлил қилиш;
3. клиник қарорларни қўллаб-қувватлаш;
4. персоналлаштирилган тиббиёт;
5. дори воситаларини ишлаб чиқиш;
6. эпидемиологик прогнозлаш;
7. тиббий ҳужжатларни автоматлаштириш;
8. катта тил моделларидан фойдаланиш;
9. тиббий таълим;
10. телемедицина ва рақамли соғлиқни сақлаш.

3. ТИББИЙ ДИАГНОСТИКАДА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Тиббий диагностика сунъий интеллект технологиялари энг кўп қўлланилаётган соҳалардан биридир. Машинали ўқитиш алгоритмлари катта ҳажмдаги клиник маълумотлар асосида касалликларга хос белгиларни аниқлаш, хавф омилларини баҳолаш ва эҳтимолий диагнозларни шакллантиришда қўлланилмоқда.

Чуқур ўрганиш алгоритмлари, айниқса convolutional neural networks (CNN), тиббий тасвирларни таҳлил қилишда муҳим аҳамият касб этмоқда. Рентген, КТ,

МРТ, маммография, дерматоскопия ва кўз туби тасвирларини таҳлил қилишда нейрон тармоқлардан фойдаланиш бўйича кўплаб тадқиқотлар ўтказилган.

2024 йилда чоп этилган шарҳларда сунъий интеллект тиббий тасвирлар асосидаги компьютер ёрдамида диагностика тизимларини ривожлантиришда муҳим роль ўйнаётгани кўрсатилган [3]. AI катта маълумотлар асосида тасвирларни саралаш, патологик ўзгаришларни аниқлаш ва шифокорга қўшимча маълумот тақдим этиш имконини беради.

Бироқ алгоритмнинг лаборатория ёки тест маълумотларида юқори аниқлик кўрсатиши уни автоматик равишда реал клиник шароитда самарали бўлишини англатмайди. Dataset shift, яъни модел ўқитилган маълумотлар билан амалиётда учрайдиган маълумотларнинг фарқ қилиши, клиник натижаларга салбий таъсир кўрсатиши мумкин [4].

Шу сабабли диагностик СИ тизимларини ишлаб чиқишда маълумотлар турли беморлар гуруҳларини қамраб олиши, ташқи валидация ўтказилиши ва реал клиник муҳитда синовдан ўтказилиши муҳимдир.

ТИББИЙ ТАСВИРЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШДА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Радиология сунъий интеллектнинг тиббиётдаги энг фаол ривожланаётган йўналишларидан биридир. КТ, МРТ, рентген ва ультратовуш тасвирларининг катта ҳажми AI алгоритмлари учун маълумот манбаи бўлиб хизмат қилади.

AI тизимлари тасвирларни автоматик сегментация қилиш, патологик ўчоқларни белгилаш, тасвирларни классификация қилиш ва эҳтимолий касалликларни аниқлаш каби вазифаларни бажариши мумкин.

2024 йилдаги тадқиқотлар сунъий интеллектнинг тиббий тасвирлар асосида диагностикадаги имкониятлари кенгайиб бораётганини кўрсатади. Шу билан бирга, клиник маълумотлар, аввалги тасвирлар ва беморнинг индивидуал тарихи билан биргаликда таҳлил қилиш имконияти ҳали ҳам муҳим муаммолардан бири бўлиб қолмоқда [5].

Бундан ташқари, тиббий тасвирларда алгоритмик адолат масаласи ҳам муҳимдир. Турли аҳоли гуруҳлари, ёш, жинс, этник хусусиятлар, тиббий муассаса ва қурилмалардаги фарқлар модел натижасига таъсир қилиши мумкин. Nature Medicine журналида эълон қилинган тадқиқотлар реал шароитда тиббий тасвир AI тизимларининг умумлаштирилиши ва адолатлилигига оид муаммолар мавжудлигини кўрсатган [6].

Шу нуқтаи назардан тиббий тасвирлар билан ишловчи AI тизимлари учун катта ва хилма-хил маълумотлар базасини шакллантириш, ташқи валидация ва турли клиник муҳитларда синов ўтказиш зарур.

КЛИНИК ҚАРОР ҚАБУЛ ҚИЛИШДА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Клиник қарорларни қўллаб-қувватлаш тизимлари сунъий интеллектнинг тиббиётдаги муҳим амалий йўналишларидан ҳисобланади. Бундай тизимлар беморнинг симптомлари, лаборатория натижалари, тиббий тарихи, тасвирлари ва бошқа маълумотларни комплекс таҳлил қилиб, шифокорга эҳтимолий диагнозлар ёки даволаш вариантлари ҳақида қўшимча маълумот бериши мумкин.

Катта тил моделларининг ривожланиши клиник қарор қабул қилиш жараёнида янги имкониятларни пайдо қилди. Thirunavukarasu ва ҳаммуаллифлар

LLMларнинг тиббий коммуникация, клиник ҳужжатлаш, таълим ва тадқиқот жараёнларидаги потенциалини таҳлил қилганлар [7].

Бироқ клиник қарорни тўлиқ автоматлаштириш жиддий хавфларни келтириб чиқариши мумкин. LLMлар баъзи ҳолларда ишончли кўринадиган, аммо нотўғри маълумотни шакллантириши мумкин. Шунинг учун AI томонидан берилган натижа клиник мутахассис томонидан текширилиши керак.

2024 йилги Nature Medicine тадқиқотида LLMларнинг клиник қарор қабул қилишдаги имкониятлари билан бир қаторда, уларнинг клиник маълумотларни интеграциялаш, тавсияларга амал қилиш ва реал иш жараёнига мослашиш каби чекловлари қайд этилган [8].

Шу сабабли энг мақбул ёндашув “AI physician” эмас, балки “AI-assisted physician”, яъни сунъий интеллект воситалари билан кучайтирилган шифокор модели ҳисобланади. Бунда якуний клиник қарор инсон мутахассиси зиммасида қолади.

КАТТА ТИЛ МОДЕЛЛАРИ ВА ГЕНЕРАТИВ СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ

2022 йил охиридан бошлаб ChatGPT каби генератив сунъий интеллект тизимларининг кенг оммалашуви тиббиёт соҳасида ҳам янги илмий йўналишларни юзага келтирди.

LLMлар тиббий матнларни қисқартириш, беморлар учун тушунарли ахборот тайёрлаш, тиббий ҳужжатларни шакллантириш, таржима, илмий адабиётлар билан ишлаш ва тиббий таълимда симуляцион вазифаларни яратишда қўлланилмоқда.

Meng ва ҳаммуаллифларнинг 2024 йилги scoping review тадқиқоти LLMлар тиббий диагностика, тиббий ёзиш, таълим ва коммуникацияда қўлланилаётганини кўрсатади. Бироқ муаллифлар контекстни тўлиқ тушуниш, ишончлилик ва ҳаддан ташқари ишонч билан фойдаланиш хавфларини ҳам қайд этадилар [2].

2024 йилдаги клиник синовлар таҳлилида LLMлар бўйича 27 та клиник тадқиқот аниқланган бўлиб, улар беморларга ёрдам кўрсатиш, маълумотларни бошқариш, қарорларни қўллаб-қувватлаш ва тадқиқот ишларида ёрдам бериш каби йўналишларни қамраб олган [9].

2025 йилги систематик шарҳда эса беморларга хизмат кўрсатишда LLMлардан фойдаланиш бўйича 89 та тадқиқот, 29 та тиббий мутахассислик кесимида таҳлил қилинган. Тадқиқотларда маълумотларни умумлаштириш, таржима, клиник ҳужжатлаш ва беморларга ахборот бериш каби вазифалар устун бўлган. Шу билан бирга, нотўғрилик, хавфсизлик ва алгоритмик оғиш каби муаммолар қайд этилган [10].

Демак, генератив AI тиббий ахборот билан ишлаш жараёнини тезлаштириши мумкин, аммо уни клиник ҳақиқатнинг мустақил манбаси сифатида қабул қилиш илмий ва амалий нуқтаи назардан тўғри эмас.

СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ ВА ПЕРСОНАЛЛАШТИРИЛГАН ТИББИЁТ

Персоналлаштирилган тиббиёт беморнинг генетик, физиологик, клиник ва турмуш тарзига оид маълумотларни ҳисобга олган ҳолда индивидуал профилактика ва даволаш стратегияларини шакллантиришга йўналтирилган.

Сунъий интеллект катта ҳажмдаги маълумотлар ўртасидаги мураккаб боғланишларни аниқлаш имкони туфайли ушбу йўналишда муҳим восита бўлиши мумкин. Геномика, фармакогеномика, клиник маълумотлар ва тасвирларни

биргаликда таҳлил қилиш орқали индивидуал хавф профилларини шакллантириш имкониятлари кенгаймоқда.

Бироқ персоналлаштирилган тиббиётда маълумотларнинг махфийлиги алоҳида аҳамиятга эга. Геном маълумотлари ва электрон тиббий карталар шахсий ва юқори сезгир маълумотлар ҳисобланади. Шу сабабли AI тизимларида маълумотларни минималлаштириш, хавфсиз сақлаш, кириш ҳуқуқларини назорат қилиш ва беморнинг розилиги каби принципларга амал қилиш зарур.

WHO сунъий интеллектни соғлиқни сақлашда жорий этишда инсон ҳуқуқлари, автономия, хавфсизлик, шаффофлик, масъулият, тенглик ва барқарорликни асосий тамойиллар сифатида белгилаган [11].

СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИНГ ДОРИ ВОСИТАЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШДАГИ ЎРНИ

Фармацевтика соҳасида дори воситаларини яратиш кўп вақт ва катта молиявий ресурс талаб қилади. Сунъий интеллект молекуляр тузилишларни таҳлил қилиш, эҳтимолий дори номзодларини аниқлаш, биологик нишонларни танлаш ва клиник тадқиқот жараёнларини оптималлаштиришда қўлланилмоқда.

WHO 2024 йилги таҳлилий ҳужжатида сунъий интеллект фармацевтик маҳсулотларни ишлаб чиқиш ва етказиб бериш жараёнининг турли босқичларида қўлланилаётганини қайд этади. Шу билан бирга, технологиядан фойдаланишнинг тижорий манфаатлари билан бир қаторда, унинг жамоат саломатлиги учун фойдаси ва тегишли бошқарув механизмлари таъминланиши зарурлиги таъкидланган [12].

AI асосидаги дори дизайни анъанавий экспериментал жараённи қисқартириш имкониятини бериши мумкин. Аммо алгоритм томонидан аниқланган потенциал молекула клиник самарадорлик ва хавфсизликни автоматик равишда кафолатламайди. Шунинг учун AI натижалари биологик экспериментлар ва клиник синовлар билан тасдиқланиши керак.

ЭПИДЕМИОЛОГИК ПРОГНОЗЛАШ ВА ЖАМОАТ САЛОМАТЛИГИДА AI

Сунъий интеллект эпидемиологик маълумотларни таҳлил қилиш ва касалликлар тарқалиш динамикасини прогнозлашда ҳам қўлланилиши мумкин. Электрон тиббий маълумотлар, лаборатория натижалари, географик маълумотлар ва аҳоли ҳаракатига оид маълумотларни комплекс таҳлил қилиш эпидемиологик хавфларни эрта аниқлаш имконини оширади.

Машинали ўқитиш алгоритмлари катта маълумотлар массивида инсон томонидан осон аниқланмайдиган тенденцияларни топиши мумкин. Бу эпидемик жараёнларни мониторинг қилиш, хавф гуруҳларини аниқлаш ва ресурсларни тақсимлашда ёрдам бериши мумкин.

Бироқ эпидемиологик прогноз моделлари маълумотларнинг тўлиқлиги ва ишончлилигига кучли боғлиқ. Нотўғри ёки кечиктирилган маълумотлар алгоритм прогнозларининг ишончлилигини пасайтириши мумкин.

Шу нуқтаи назардан математик моделлаштириш ва сунъий интеллектнинг интеграцияси алоҳида аҳамиятга эга. Математик моделлар касаллик динамикасининг назарий механизмларини ифодаласа, машинали ўқитиш алгоритмлари катта эмпирик маълумотлардан яширин боғланишларни аниқлаши

мумкин. Уларнинг биргаликда қўлланилиши эпидемиологик жараёнларни тушунтириш ва прогнозлаш имкониятларини кенгайтириши мумкин.

ТИББИЙ ТАЪЛИМДА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Сунъий интеллектнинг тиббий таълимга кириб келиши бўлажак шифокорларни тайёрлаш методикасига ҳам таъсир кўрсатмоқда. AI асосидаги таълим воситалари индивидуал ўқиш траекториясини шакллантириш, клиник вазиятларни моделлаштириш, тест топшириқларини яратиш ва талабаларнинг билимларини таҳлил қилиш имконини беради.

LLMлар талабаларга тиббий матнларни тушунтириш, клиник кейсларни муҳокама қилиш ва саволларга жавоб беришда ёрдамчи восита бўлиши мумкин. Бироқ талаба AI берган жавобни тайёр билим сифатида қабул қилмаслиги, уни манбалар билан текшириши ва клиник фикрлашни мустақил шакллантириши зарур.

Шу сабабли тиббий таълимда AIдан фойдаланиш “AIдан фойдаланиш” эмас, балки “AI билан ишлаш компетенцияси”ни шакллантиришга йўналтирилиши керак.

Бўлажак шифокорлар қуйидаги компетенцияларга эга бўлишлари мақсадга мувофиқ:

- сунъий интеллектнинг асосий принципларини тушуниш;
- тиббий маълумотлар сифатини баҳолаш;
- AI натижаларининг ишончлилигини текшириш;
- алгоритмик хатоларни аниқлаш;
- тиббий маълумотларни ҳимоя қилиш;
- AI натижаларини клиник контекстда талқин қилиш;
- инсон ва AI ўртасидаги масъулият чегараларини англаш.

Бу ёндашув tibbiyotda математик моделлаштириш фанини ўқитиш билан ҳам узвий боғлиқ. Математик модел, статистик таҳлил ва сунъий интеллект алгоритмларининг ўзаро алоқасини тушунтириш талабаларнинг рақамли ва аналитик компетенцияларини шакллантириши мумкин.

СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТДАН ФОЙДАЛАНИШДАГИ ЭТИК ВА ҲУҚУҚИЙ МУАММОЛАР

AI технологияларининг тиббиётда кенг қўлланилиши билан бир қаторда этик ва ҳуқуқий муаммолар ҳам долзарблашмоқда.

Биринчи муаммо — **махфийлик**. AI моделларини ўқитиш учун катта ҳажмдаги бемор маълумотлари талаб қилинади. Бу маълумотларнинг рухсатсиз тарқалиши ёки нотўғри ишлатилиши бемор ҳуқуқларига зарар етказиши мумкин.

Иккинчи муаммо — **алгоритмик адолат**. Агар AI модели маълум бир аҳоли гуруҳларига оид маълумотлар билан етарли даражада ўқитилмаган бўлса, унинг натижалари айрим гуруҳлар учун паст сифатли бўлиши мумкин [6], [13].

Учинчи муаммо — **шаффофлик**. Айрим чуқур нейрон тармоқларининг қарор қабул қилиш механизмини инсон учун тушунтириш қийин. Клиник соҳада эса шифокор қарорнинг асосини тушуниши муҳим.

Тўртинчи муаммо — **масъулият**. AI тизими нотўғри тавсия берган ҳолатда масъулият кимга тегишли бўлиши масаласи ҳуқуқий жиҳатдан мураккабдир. Mello ва Guha AI воситаларидан фойдаланиш билан боғлиқ тиббий-ҳуқуқий жавобгарлик масалаларини алоҳида таҳлил қилганлар [14].

Бешинчи муаммо — **генератив AI томонидан нотўғри маълумот шакллантирилиши**. AI яратган тиббий матн грамматик жиҳатдан ишончли кўриниши мумкин, аммо мазмунан нотўғри бўлиши эҳтимоли мавжуд [15].

WHO томонидан ишлаб чиқилган тавсияларда AI тизимларида инсон автономияси, хавфсизлик, шаффофлик, масъулият, тенглик ва барқарорлик каби принципларга амал қилиш зарурлиги таъкидланган [11]. 2025 йилги WHO қўлланмасида эса катта мультимодал моделларни тиббиётда жорий этиш билан боғлиқ махсус бошқарув ва хавфсизлик масалалари кўриб чиқилган [16].

СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ КЛИНИК АМАЛИЁТГА ЖОРИЙ ЭТИШ МОДЕЛИ

Тиббиётда AIдан самарали фойдаланишни шартли равишда беш босқичли модел асосида ташкил этиш мумкин:

1-босқич — маълумотларни тайёрлаш.
Тиббий маълумотлар йиғилади, тозаланади, стандартлаштирилади ва анонимлаштирилади.

2-босқич — алгоритмни ишлаб чиқиш.
Машинали ўқитиш, чуқур ўрганиш ёки генератив AI модели танланади ва ўқитилади.

3-босқич — техник валидация.
Модел аниқлик, сезгирлик, спецификлик, F1-score, AUC каби кўрсаткичлар орқали баҳоланади.

4-босқич — клиник валидация.
AI тизими реал клиник маълумотлар ва клиник сценарийларда текширилади.

5-босқич — инсон назорати ва мониторинг.
AI натижалари тиббий мутахассис томонидан баҳоланади ва тизимнинг реал амалиётдаги ишлаши мунтазам мониторинг қилинади.

Бундай ёндашув AIни бир марта ишлаб чиқариб, ўзгаришсиз қўллаш эмас, балки уни доимий равишда баҳолаш ва такомиллаштиришни назарда тутади.

FDA маълумотларига кўра, АҚШда маркетингга рухсат олган AI-enabled medical devices бўйича махсус очиқ рўйхат юритилади ва ушбу рўйхат мунтазам янгиланиб боради. Бу тиббий AI технологияларининг клиник ва регулятор муҳитга тобора чуқур кириб бораётганини кўрсатади.

СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ ВА МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ ИНТЕГРАЦИЯСИ

Тиббиётда сунъий интеллект ва математик моделлаштиришнинг интеграцияси истиқболли илмий йўналишлардан биридир. Математик моделлаштириш биологик жараёнларнинг ички механизмларини формаллаштириш имконини берса, сунъий интеллект катта ҳажмдаги эмпирик маълумотлардан қонуниятларни аниқлаш имкониятини яратади.

Масалан, эпидемиологик жараёнларни моделлаштиришда SIR, SEIR каби математик моделлар касалликнинг тарқалиш динамикасини назарий жиҳатдан ифодалайди. Машинали ўқитиш алгоритмлари эса реал статистик маълумотлар асосида модел параметрларини баҳолаш ёки прогноз натижаларини яхшилашда қўлланилиши мумкин.

Юрак-қон томир тизими, нафас олиш, фармакокинетика, ўсма ўсиши ва инфекцион касалликлар динамикасини ўрганишда ҳам ушбу икки ёндашувни бирлаштириш мумкин.

Бундай интеграция tibbiyotda математик моделлаштириш фанини ўқитиш нуқтаи назаридан ҳам муҳимдир. Талаба математик тенглама, статистик маълумот ва AI алгоритми ўртасидаги боғланишни амалий мисоллар орқали ўзлаштириши мумкин.

Шунинг учун замонавий tibbiyot ta'limida математик моделлаштиришни фақат формулалар ва ҳисоблашлар мажмуаси сифатида эмас, балки **"математик модел + маълумот + алгоритм + тиббий интерпретация"** тизими сифатида ўргатиш мақсадга мувофиқ.

МУҲОКАМА

Тадқиқотлар таҳлили шуни кўрсатадики, сунъий интеллектнинг тиббиётдаги қўлланилиши учта асосий тенденция асосида ривожланмоқда.

Биринчи тенденция — **диагностик AI**. Бунда тиббий тасвирлар ва клиник маълумотлар асосида касалликларни аниқлашга ёрдам берувчи алгоритмлар ривожланмоқда.

Иккинчи тенденция — **генератив ва мультимодал AI**. LLM ва LMM технологиялари матн, тасвир ва бошқа маълумот турларини биргаликда қайта ишлаш имконини кенгайтирмоқда. WHO 2025 йилги қўлланмасида катта мультимодал моделларнинг соғлиқни сақлаш, илмий тадқиқотлар ва дори воситаларини ишлаб чиқишдаги потенциали билан бирга, уларни масъулиятли бошқариш зарурати ҳам таъкидланган .

Учинчи тенденция — **инсон–AI ҳамкорлиги**. Клиник қарорни тўлиқ автоматлаштиришдан кўра, шифокорга катта ҳажмдаги маълумотни таҳлил қилишда ёрдам бериш модели амалиёт учун муҳим аҳамият касб этмоқда.

Бироқ адабиётлар таҳлили AIнинг юқори техник кўрсаткичлари унинг клиник самарадорлигини автоматик равишда исботламаслигини кўрсатади. 2024 йилда клиник амалиётдаги рандомизацияланган назоратли тадқиқотларни ўрганган scoping review AI бўйича реал клиник синовлар ҳали ҳам чекланган эканини кўрсатган .

Шунинг учун келажакда AI тадқиқотлари техник аниқликдан ташқари клиник натижалар, бемор хавфсизлиги, иқтисодий самарадорлик ва инсон–AI ҳамкорлигини ҳам баҳолаши зарур.

ХУЛОСА

Тиббиётда сунъий интеллектдан фойдаланиш рақамли соғлиқни сақлашнинг муҳим йўналишига айланиб бормоқда. Машинали ўқитиш, чуқур ўрганиш, компьютер кўриш, катта тил моделлари ва мультимодал AI технологиялари диагностика, тиббий тасвирларни таҳлил қилиш, клиник қарорларни қўллаб-қувватлаш, дори воситаларини ишлаб чиқиш, эпидемиологик прогнозлаш ва тиббий таълимда янги имкониятларни яратмоқда.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, AIнинг асосий қиймати уни инсон шифокорининг ўрнини босишида эмас, балки шифокорнинг ахборотни таҳлил қилиш ва қарор қабул қилиш имкониятларини кенгайтиришида намоён бўлади.

Шу билан бирга, AIни тиббиётга жорий қилиш маълумотлар сифати, алгоритмик адолат, шаффофлик, махфийлик, ҳуқуқий жавобгарлик ва бемор

хавфсизлиги каби масалаларни ҳал қилишни талаб қилади. WHO ҳам сунъий интеллектдан фойдаланишда этика, инсон ҳуқуқлари ва хавфсизликни марказий ўринга қўйиш зарурлигини таъкидлайди [11],.

Тиббиёт таълими учун эса сунъий интеллектдан фойдаланиш алоҳида аҳамиятга эга. Бўлажак шифокорлар нафақат тиббий билимларни, балки AI натижаларини танқидий баҳолаш, математик ва статистик моделларни тушуниш, рақамли маълумотлар билан ишлаш ҳамда алгоритмларнинг чекловларини англаш компетенцияларига ҳам эга бўлишлари керак.

Айниқса, **математик моделлаштириш ва сунъий интеллект интеграцияси** тиббий таълимни модернизация қилишнинг истиқболли йўналиши ҳисобланади. Математик моделлар биологик жараёнларнинг назарий асосини ифодаласа, AI катта ҳажмдаги маълумотлардан амалий қонуниятларни аниқлаш имконини беради. Шу сабабли ушбу технологияларни интеграциялаш асосида ташкил этилган таълим жараёни талабаларнинг математик, ахборот-технологик ва касбий компетенцияларини комплекс шакллантиришга хизмат қилиши мумкин.

Келгусида сунъий интеллектни тиббиётда қўллаш бўйича тадқиқотлар клиник валидация, мультимодал маълумотларни интеграциялаш, алгоритмларнинг адолатлилиги, инсон–AI ҳамкорлиги ва миллий тиббий маълумотлар базаларини шакллантиришга кўпроқ йўналтирилиши мақсадга мувофиқ.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. “Sun’iy intellekt va neyron to‘rli texnologiyalar” — 2022 Sh.A. Sadullayeva, D.F. Yusupov, F. Yusupov. *Sun’iy intellekt va neyron to‘rli texnologiyalar*. Toshkent: “Mahalla va oila”, 2022. — 192 b.
2. “Sun’iy intellekt tizimlari” — 2023 Sh.F. Madraximov. *Sun’iy intellekt tizimlari*. Toshkent: “Metodist”, 2023. — 180 b.
3. “Sun’iy intellekt: ChatGPT va uning imkoniyatlari” — 2023 R.H. Ayupov, G.R. Baltabaeva. *Sun’iy intellekt:* Toshkent: UzDJTU–TDPU–TMI, 2023. — 75 b.
4. “Sun’iy intellekt asoslari” — 2024. B.Sh. Maxkamov, X.N. Zaynidinov, J.N. Nurmurodov. *Sun’iy intellekt asoslari*. 2024. — 264 b.
5. Topol E. J. High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence // *Nature Medicine*. — 2019. — Vol. 25. — P. 44–56. — DOI: https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7.
6. Rajpurkar, P., Chen, E., Banerjee, O., & Topol, E. J. (2022). AI in health and medicine. *Nature Medicine, 28,* 31–38. https://doi.org/10.1038/s41591-021-01614-0
7. Meng, X., Yan, X., Zhang, K., et al. (2024). The application of large language models in medicine: A scoping review. *iScience, 27*(5), 109713. https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.109713
8. *Advances of AI in image-based computer-aided diagnosis: A review*. (2024). *Array, 23,* 100357. https://doi.org/10.1016/j.array.2024.100357
9. Beam, A. L., Drazen, J. M., Kohane, I. S., Leong, T.-Y., Manrai, A. K., & Rubin, E. J. (2023). Artificial intelligence in medicine. *New England*

Journal of Medicine, 388(13), 1220–1221. https://doi.org/10.1056/NEJMe2206291
10. *AI in radiology: From promise to practice—A guide to effective integration*. (2024). *European Journal of Radiology, 181*, 111798. https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2024.111798
11. Yang, Y., Zhang, H., Gichoya, J. W., Katabi, D., & Ghassemi, M. (2024). The limits of fair medical imaging AI in real-world generalization. *Nature Medicine, 30*, 2838–2848. https://doi.org/10.1038/s41591-024-03113-4
12. Thirunavukarasu, A. J., Ting, D. S. J., Elangovan, K., et al. (2023). Large language models in medicine. *Nature Medicine, 29*, 1930–1940. https://doi.org/10.1038/s41591-023-02448-8
13. Makowski, M. R., Braren, R., Kaissis, G., et al. (2024). Evaluation and mitigation of the limitations of large language models in clinical decision-making. *Nature Medicine, 30*, 2613–2622. https://doi.org/10.1038/s41591-024-03097-1
14. Omar, M., Nadkarni, G. N., Klang, E., & Glicksberg, B. S. (2024). Large language models in medicine: A review of current clinical trials across healthcare applications. *PLOS Digital Health, 3*(11), e0000662. https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000662