Түпнұсқа мақала

Дәрілік терапияны бейне арқылы растау және отбасылық бақылау негізінде қадағалауға арналған DoseProof жүйесін әзірлеу

Швец С.В.[1]*, Ибрагимов Р.З.[2]

[1] С. Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Алматы, Қазақстан
[2] № 27 мектеп-гимназия, Алматы, Қазақстан

* Хат-хабарға жауапты автор: Швец С.В. · ertuuffsrg@gmail.com

Том 1 · № 1 · 2026 | Түскен күні: 2026 жылғы шілде | Жарияланды: 2026 жылғы 29 қыркүйек

Аңдатпа

Кіріспе. Ұзақ мерзімді дәрілік терапияға бейілділіктің жеткіліксіздігі маңызды мәселе болып қалуда. Бұл дәрілік препараттарды қабылдау режимін сақтауға қолдау көрсететін және қабылдануы расталмаған жағдайларды уақтылы анықтауға мүмкіндік беретін цифрлық құралдарды әзірлеу қажеттілігін айқындайды.

Мақсаты. Дәрілік препараттарды қабылдау кестесін, қабылдау оқиғасын бейне арқылы растауды және сенімді тұлғаның қатысуын біріктіретін, дәрілік терапияны мониторингтеуге арналған DoseProof жүйесін әзірлеу және оның архитектурасын сипаттау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу бағдарламалық жүйені қолданбалы жобалау форматында орындалды. Ғылыми жарияланымдарды мақсатты талдау, пайдаланушы сценарийлерін модельдеу, функционалдық талаптарды құрамдас бөліктерге бөлу және клиент-сервер архитектурасын жобалау әдістері қолданылды. Есепке алу бірлігі ретінде пациентпен, дәрілік препаратпен, уақытпен және цифрлық растаумен байланыстырылған жоспарланған қабылдау оқиғасы анықталды. Жүйенің мобильді бөлігі Android платформасына Kotlin және Jetpack Compose көмегімен әзірленді; серверлік бөлігі NestJS және MySQL негізінде іске асырылды.

Нәтижелер. Терапияны басқару, хабарландыру жіберу, қысқа бейнежазбаларды сақтау, расталмаған оқиғаларды анықтау және сенімді тұлғамен өзара әрекеттесу модульдерін қамтитын DoseProof прототипінің архитектуралық және функционалдық моделі әзірленді. Оқиғаның PENDING, TAKEN және MISSED күйлері формалдандырылып, олардың арасындағы ауысу шарттары және цифрлық растаудың толықтығын бағалау көрсеткіштері анықталды. Белгіленген уақыт аралығында растау болмаған жағдайда сенімді тұлғаға хабарландыру жіберуді іске қосатын отбасылық бақылау тетігі ұсынылды. Цифрлық растаудың тіркелуі препараттың нақты қабылдануынан ажыратылды.

Қорытынды. Әзірленген DoseProof прототипі терапия кестесін, медиадеректерді, оқиға күйін және сенімді тұлғаға хабарландыру жіберу тетігін байланыстыратын бірыңғай оқиғалық құрылымды қалыптастырады. Жүйе пайдалану ыңғайлылығын, оқиғаларды тіркеу сенімділігін және терапияға бейілділікке ықпалын кейіннен бағалауға негіз бола алады. Осы зерттеуде жүйенің клиникалық тиімділігі мен автоматтандырылған биометриялық верификацияның дәлдігі бағаланған жоқ.

Түйін сөздер: дәрілік терапияға бейілділік, дәрілік терапия, мобильді қосымшалар, дәрілік терапияны басқару, DoseProof, бейнежазба, әлеуметтік қолдау.

Дәйексөз келтіру үшін: Швец С.В., Ибрагимов Р.З. Дәрілік терапияны бейне арқылы растау және отбасылық бақылау негізінде қадағалауға арналған DoseProof жүйесін әзірлеу. Pharmaceutical Sciences and Health Products. 2026;1(1):e0002.

Кіріспе

Тағайындалған дәрілік терапияға бейілділік күтілетін емдік нәтижеге қол жеткізу мүмкіндігін анықтайтын факторлардың бірі болып табылады. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының 2003 жылғы баяндамасында дамыған елдерде созылмалы аурулардың ұзақ мерзімді терапиясына бейілділік орта есеппен шамамен 50% құрайтыны көрсетілген [1]. Бұл тарихи бағалау мәселе ауқымын көрсетеді, бірақ барлық аурулар мен популяциялар үшін әмбебап қазіргі бағалау болып табылмайды. Терапияны сақтамау дозаларды өткізіп алуды, қабылдау режимінен ауытқуды және емді мерзімінен бұрын тоқтатуды қамтиды; оларды анықтау үшін өзіндік есеп, дәрілерді санау, электрондық мониторинг және тікелей бақылау әдістері қолданылады, олардың әрқайсысының шектеулері бар [2].

Терапияға бейілділіктің жеткіліксіз болу факторлары әртекті. Gast және Mathes шолуында бейілділіктің әлеуметтік-экономикалық жағдаймен және әлеуметтік қолдаумен ықтимал байланысы анықталған; көптеген басқа факторларға қатысты дәлелдер бірізді емес немесе жеткілікті анық болмаған [3]. Сондықтан цифрлық құралды жобалау пациент қиындықтарының нақты себептерін ескеруді талап етеді және әр өткізіп алу ұмытшақтықтан болады деген болжаммен шектелмеуі тиіс.

Мобильді қосымшалар дәрілерді тұрақты қабылдауды қолдау тәсілдерінің бірі ретінде қарастырылады. Armitage және әріптестерінің метаталдауында қосымшаларды қолданатын араласулардың бейілділік көрсеткіштері бойынша артықшылығы анықталған [4]. Lanke және әріптестерінің 2025 жылы жарияланған шолуы 14 рандомизацияланған зерттеуді қамтыған; олардың 10-ында бейілділіктің жақсаруы статистикалық мәнді болған. Алайда әсер шамасы өлшеу әдісіне және енгізілген зерттеулер сипаттамаларына тәуелді болған [5]. Shrivastava және әріптестерінің 2-типті қант диабеті бар пациенттерге арналған жүйелі шолуында бейілділіктің статистикалық мәнді жақсаруы жеті зерттеудің үшеуінде ғана байқалған; дизайндардың әртектілігі және нәтижелерді объективті бағалау шектеулері қосымшалардың ең тиімді функцияларын анықтауды қиындатқан [6].

Қосымша функцияларына арналған шолулар еске салғыштарды, терапия журналын жүргізуді, пайдаланушы деректерін тіркеуді және ақпарат алмасу құралдарын сипаттайды [7, 8]. Жақын ортаны тарту қолдаудың жеке бағыты болып табылады: Shahin және әріптестері артериялық гипертензиясы бар пациенттерге арналған бірқатар зерттеулерде әлеуметтік қолдау мен дәрілік терапияға бейілділік арасындағы оң байланысты анықтаған [9]. Бұл нәтижелер сенімді тұлғаның қатысуын зерттеуді негіздейді, бірақ отбасылық хабарландырулардың нақты алгоритмінің тиімділігін дәлелдемейді.

Дәрілерді қабылдауды қашықтан бақылау әдістері де қызығушылық тудырады. Burzynski және әріптестерінің рандомизацияланған зерттеуінде туберкулезді емдеу кезіндегі электрондық бақылау бақыланған қабылдаулар үлесі бойынша бетпе-бет бақылаудан кем түспеу критерийіне сәйкес келген [10]. Цифрлық көрсеткіштердегі оң өзгерістер клиникалық нәтижелердің жақсаруымен міндетті түрде қатар жүрмейді: MedISAFE-BP зерттеуінде қосымша өзіндік бағаланған бейілділікті аздап жақсартқанымен, артериялық қысымды қосымша мәнді төмендетпеген [11]. Liu және әріптестерінің кластерлік рандомизацияланған зерттеуінде дәрі қабылдаудың цифрлық мониторы туберкулезді емдеудің қолайсыз нәтижелерін азайтпаған [12]. Jerene және әріптестерінің төрт прагматикалық кластерлік рандомизацияланған зерттеуінде де бейілділікті қолдайтын цифрлық технологиялар қолданылғанда емнің қолайсыз нәтижесі қаупі төмендемеген [13]. Бұл деректер әр араласудың клиникалық пайдасын жеке бағалау қажеттілігін көрсетеді.

Цифрлық араласуды әзірлеу ДДҰ тәсілінде көзделген қабылданымдылықты, ықтимал зиянды, іске асырылу мүмкіндігін, ресурстық шектеулерді және қолжетімділік теңдігін бағалауды да талап етеді [14]. Backes және әріптестерінің талдауы деректерді өңдеу мен сақтаудың жеткіліксіз ашықтығы дәрілік терапияны қолдайтын қосымшалардың сапасын едәуір шектеуі мүмкін екенін көрсетті [15]. Peng және әріптестерінің метаталдауы мобильді араласулардың әлеуетін растап, сонымен бірге қолда бар дәлелдік негізді сақтықпен түсіндіру қажеттілігін көрсетеді [16].

ДДҰ-ның 2020-2025 жылдарға арналған цифрлық денсаулық сақтау жөніндегі жаһандық стратегиясы қаржылық, ұйымдастырушылық, кадрлық және технологиялық ресурстарды үйлесімді дамытуды көздейді [17]. Демек, DoseProof енгізу бағдарламалық функцияларды ғана емес, пайдаланушыларды сүйемелдеу тәртібін де пысықтауды талап етеді. Tangari және әріптестерінің зерттеуінде мобильді қосымшалардың деректерді өңдеу жөніндегі мәлімделген және нақты практикаларының сәйкессіздігі мен елеулі құпиялық мәселелері анықталған [18]. Rezaee және әріптестері осындай қосымшалардың қауіпсіздігі мен құпиялығын бағалау критерийлерін ұсынады; олар DoseProof жүйесін кейінгі техникалық тексеруді жоспарлауда қолданылуы мүмкін [19].

Осылайша, кесте, цифрлық растау және сенімді тұлғаның қатысуы бір сәйкестендірілетін қабылдау оқиғасымен байланыстырылған жүйені әзірлеу өзекті. Сонымен бірге бұл компоненттерді бірыңғай оқиғалық

модельде біріктіріп, қабылдау расталмаған жағдайда автоматтандырылған әрекет етуді көздейтін тәсілдер жеткіліксіз зерттелген. Бұл тәсіл DoseProof деп аталған «Фармацевтикалық өнімдерді қабылдауды отбасылық цифрлық бақылау және биометриялық верификациялау» жобасында іске асырылады. Осы жұмыста бейне арқылы растауы бар прототипті жасау кезеңі қарастырылады; автоматтандырылған биометриялық верификация жобаның кейінгі дамуына жатады.

Зерттеудің мақсаты - бейне арқылы растау және отбасылық бақылау негізінде дәрілік терапияны мониторингтеуге арналған DoseProof жүйесінің архитектурасы мен оқиғалық моделін әзірлеу және сипаттау.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу дизайны және материалдар

Жұмыс цифрлық жүйені жобалау жөніндегі қолданбалы зерттеу ретінде орындалды. Зерттеу нысаны - үй жағдайында дәрілік тағайындаулардың орындалуын тіркеу үдерісі; зерттеу пәні - кестені, пайдаланушы растауын, медиадеректерді және сенімді тұлғаға хабарландыруды байланыстырудың бағдарламалық тәсілдері. Материалдар ретінде DoseProof жүйесінің функционалдық және техникалық сипаттамалары пайдаланылды. Жобалық шешімдерді негіздеу үшін дәрілік терапияға бейілділікке, мобильді араласуларға, әлеуметтік қолдауға және қашықтан бақылауға арналған ғылыми жарияланымдарға нысаналы сипаттамалық талдау жүргізілді. Жарияланған зерттеу нәтижелері қайта статистикалық біріктірілген жоқ.

Жобалау пайдаланушы рөлдерін анықтауды, қолдану сценарийлерін сипаттауды, пәндік сала нысандарын бөлуді, мобильді клиент пен сервер арасында функцияларды бөлуді және оқиға күйлері арасындағы ауысуларды формалдауды қамтыды. Нәтижелер прототиптің архитектуралық және функционалдық моделі ретінде ұсынылды. Пациенттердегі тиімділікті бағалау, клиникалық іріктеме көлемін есептеу және статистикалық гипотезаларды тексеру осы кезеңнің міндеттеріне кірген жоқ.

Осы кезеңде зерттеу қатысушылары болған жоқ; жүйе пациенттердің қатысуымен клиникалық сынақтан өткізілген жоқ. Сондықтан қатысушыларды енгізу және шығару критерийлері қолданылмады.

Пайдаланушы рөлдері және функционалдық талаптар

Екі негізгі рөл анықталды: пациент және сенімді тұлға. Пациент дәрілер тізімін жүргізеді, тағайындалған терапия сызбасын енгізеді, еске салғыштар алады және растауды тіркейді. Сенімді тұлға пациенттің шақыруымен қосылып, пациент рұқсат берген ақпаратқа қол жеткізеді. Негізгі талаптарға аутентификация, дәрілер мен кестені басқару, оқиғаларды жасау, қысқа бейнетіркеу, жоқ растауларды өңдеу және жиынтық көрсеткіштерді қалыптастыру жатқызылды. Қосымша енгізілген кестені тіркейді; клиникалық тағайындау және терапияны өзгерту сипатталған бағдарламалық алгоритм аясынан тыс қалады.

Есепке алу бірлігі ретінде нақты пациентпен, дәрімен және жоспарлы уақытпен байланыстырылған оқиға қабылданды. Уақыт терезесі жоспарланған сәтке қатысты анықталады және растауға рұқсат етілетін мерзімді белгілейді. Оның ұзақтығы барлық дәрілер үшін әмбебап клиникалық рұқсат емес, сценарий параметрі болып табылады. Болашақ сынақ үшін терезе шекаралары мен кешіккен растауларды өңдеу ережелері терапия режимін ескере отырып алдын ала бекітілуі тиіс.

Бағдарламалық архитектура

DoseProof клиент-сервер моделіне негізделген. Android мобильді клиенті Kotlin және Jetpack Compose қолданады, сервермен алмасу Ktor Client арқылы REST API көмегімен орындалады. Серверлік логика Node.js және NestJS негізінде іске асырылған; құрылымдалған деректер TypeORM көмегімен MySQL-де сақталады. Негізгі компоненттер 1-кестеде берілген. Бейнематериалдар құрылымдалған жазбалардан логикалық тұрғыдан бөлініп, оқиға идентификаторымен байланыстырылған.

Логикалық архитектура 1-суретте көрсетілген. Сервер кесте мен оқиға күйлерін өңдейді, сақтау орындарына жүгінеді және Firebase Cloud Messaging арқылы хабарлама жіберуді іске қосады. Дерекқор жазбаларды сақтайды және хабарландыруларды өздігінен жібермейді. Бұл сызба компоненттердің жауапкершілік шекараларын белгілейді; оның масштабталуы мен ақауға төзімділігін бағалау жеке зерттеуді талап етеді.

Нәтижелерді бағалау тәсілі

Осы кезеңде нәтиже функционалдық құрылым сипаттамасының толықтығы деңгейінде бағаланды: пайдаланушы әрекеттері, қалыптасатын жазбалар және күй ауысулары салыстырылды. Архитектуралық сипаттама функционалдық, жүктемелік немесе клиникалық сынақтардың сәтті өткенін растайтын хаттама емес. Кейінгі бақылау үшін расталған оқиғалар үлесі, растаусыз оқиғалар үлесі және сенімді тұлғаға хабарлаумен қамту көрсеткіштері анықталды. Олардың анықтамалары мен түсіндіру шектеулері нәтижелер бөлімінде берілген.

Осы зерттеу кезеңінде статистикалық талдау жүргізілген жоқ, өйткені клиникалық немесе эксперименттік сандық деректер жиналмады және статистикалық гипотезалар тексерілмеді. Сондықтан деректерді статистикалық өңдеуге арналған мамандандырылған бағдарламалық жасақтама қолданылмады.

Сипатталған кезеңде пациенттердің қатысуы, адамға араласулар немесе дербес медициналық деректерді пайдалану көзделген жоқ. Осы мақалада жүйенің клиникалық сынағы ұсынылмайды. Пациенттер қатысатын кейінгі зерттеу қатысушылардың ақпараттандырылған келісімі алынғаннан кейін бекітілген хаттамаға және этикалық мақұлдау шарттарына сәйкес жүргізілуі тиіс.

Нәтижелер

Прототиптің функционалдық моделі

Әзірленген прототип терапияны басқаруды, хабарландыруларды, медиарастауды, расталмаған оқиғаларды өңдеуді және сенімді тұлғамен өзара әрекеттесуді біріктіреді. Негізгі модульдер мен олардың шығыс деректері 2-кестеде жүйеленген. Дәрі, кесте және жеке оқиға байланысқан нысандар ретінде ұсынылған, бұл бір дәріні бірнеше рет қабылдауды оның негізгі сипаттамаларын қайталамай есепке алуға мүмкіндік береді.

Дәрі қабылдау оқиғасы және күйлер арасындағы ауысулар

Жоспарланған уақыт келгенде PENDING оқиғасы жасалып, пациентке хабарландыру қалыптасады. Белгіленген терезе ішінде бейнематериалмен растау алынғаннан кейін оқиғаға TAKEN мәртебесі беріледі. Терезе растаусыз аяқталса, MISSED мәртебесі беріліп, сенімді тұлғаға хабарлаудың көзделген сценарийі іске қосылады. Күйлердің мағынасы 3-кестеде, жалпы реттілік 2-суретте көрсетілген.

Бейне арқылы растау және сенімді тұлғаның қатысуы

Бейнемодуль растау сәтінде қысқа жазбаны сақтап, оны оқиғамен байланыстырады. Сипатталған техникалық сценарийде ұзақтығы 2-3 секунд болатын бейнеклип қолданылады.

Отбасылық бақылау пациент пен сенімді тұлға арасындағы рұқсат етілген байланыс арқылы іске асырылады. Ұсынылған модельде дәл растаудың болмауы хабарландыруды іске қосады; сенімді тұлға пациентпен байланысып, оқиға себебін нақтылай алады. Өзара әрекеттесу сызбасы 3-суретте берілген.

Цифрлық мониторинг көрсеткіштері

Есептеулерге талдау сәтіне дейін рұқсат етілген терезесі аяқталған есептік кезең оқиғаларын ғана енгізу ұсынылады. Олардың санын N_e деп белгілейік; N_t - осындай TAKEN мәртебесі бар оқиғалар саны, N_m - MISSED мәртебесі бар оқиғалар саны. Өңдеу толық аяқталғанда $N_e = N_t + N_m$. Болашақ оқиғалар мен терезесі ашық оқиғалар бөлімнен алынып тасталады. Терезе аяқталғанымен оқиға PENDING күйінде қалса, бұл аяқталмаған өңдеу болып есептеледі: ол жойылғанға дейін кезеңнің қорытынды көрсеткіші қалыптастырылмайды.

Растауы тіркелген оқиғалардың үлесі (1) формуламен, растаусыз оқиғалардың үлесі (2) формуламен есептеледі:

$$C = (N_t / N_e) \times 100\ \% \quad (1)$$

$$M = (N_m / N_e) \times 100\ \% \quad (2)$$

$N_e > 0$ болғанда және соңғы мәртебелер өзара бірін-бірі жоққа шығарғанда, C және M қосындысы 100% құрайды. $N_e = 0$ кезінде көрсеткіштер анықталмайды. C цифрлық растаудың толықтығын сипаттайды және нақты қабылданған дозалар үлесінің тікелей бағасы емес. Бұл модельде TAKEN тек терезе ішінде берілетіндіктен, «уақтылы бейілділік» жеке көрсеткіші C-мен сәйкес келер еді. Оны дербес қолдану кеш растауларды бөлек есепке алу енгізіліп, тексерілгеннен кейін ғана мүмкін.

Хабарлауды бағалау үшін N_a деп сенімді тұлғамен белсенді рұқсат етілген байланысы бар MISSED оқиғаларының санын, ал N_s деп хабарлама жіберу сервисіне сәтті берілгені тіркелген осындай оқиғалар санын белгілейік. Хабарлаумен қамту (3) формуламен анықталады:

$$E = (N_s / N_a) \times 100\ \% \quad (3)$$

$N_a = 0$ кезінде E көрсеткіші анықталмайды. Әр оқиға қайталама хабарламалар мен алушылар санына қарамастан бір рет есептеледі. Хабарламаны жіберу

сервисіне беру оның құрылғыға жеткізілуіне, оқылуына немесе сенімді тұлғаның кейінгі әрекетіне тең емес. Қажет болса бұл кезеңдер бөлек бағаланады. Ұсынылған көрсеткіштер 4-кестеде жинақталған.

Серверлік модельде TAKEN және MISSED оқиғаларын біріктіру көзделген. Бөлімге және E көрсеткішіне берілген нақтылаулар кейінгі аналитикалық тексеру талаптарын белгілейді; олардың іске асырылуы жеке тесттермен расталуы тиіс.

Талқылау

Қолданыстағы тәсілдермен салыстыру

Еске салғыштар, журналдар және деректермен алмасу функциялары мобильді қосымшалар зерттеулерінде бұрыннан сипатталған [7, 8]. Сондықтан DoseProof үлесі әр компоненттің бірегейлігі туралы болжаммен емес, бір оқиға төңірегіндегі компоненттер әрекетін формалдаумен байланысты. 5-кестеде кесте, еске салғыш және қолмен белгі қоюдан тұратын шартты модельмен тұжырымдамалық салыстыру берілген. Бұл модель архитектураны түсіндіру үшін қолданылады және бүкіл қосымшалар нарығына шолу болып табылмайды.

Ұсынылған интеграция уақытты, мәртебені және медиаматериалды ортақ жазбада сақтай отырып, өзара әрекеттесу тарихын мазмұндырақ ете алады. Алайда ақпарат көлемінің артуы оның сенімділігінің артуына тең емес. Пациенттің қосымша әрекеттері қосымшаның қолайлылығын төмендетуі, ал бейнетіркеу пайдалануды жалғастыруға дайындыққа әсер етуі мүмкін. Мобильді араласулар тиімділігінің шолулары [5, 16] жеке функциялардың болуын ғана емес, толық пайдаланушы сценарийін тексеру қажеттілігін негіздейді.

Деректерді қорғау және зерттеу шектеулері

Архитектурада аутентификация, қолжетімділік токендері, құпиясөздерді хэштеу және пайдаланушылар арасындағы рұқсат етілген байланысты тексеру көзделген. Бұл компоненттердің болуы жүйенің кешенді қорғалғанын дәлелдемейді. Пилоттық сынаққа дейін бейнені беру мен сақтау, құқықтарды бөлу, деректерге жүгінуді тіркеу, сақтау және жою мерзімдері, сондай-ақ келісімді қайтарып алуды өңдеу тексерілуі қажет. Бұл мәселелердің маңыздылығы ДДҰ ұсынымдарымен және қосымша сапасын бағалау нәтижелерімен сәйкес келеді [14, 15].

Негізгі шектеу жұмыстың жобалық сипатымен байланысты: прототип моделі ұсынылған, бірақ клиникалық сынақ деректері, бейнетексеру дәлдігінің көрсеткіштері, жүктемелік сынақ нәтижелері және қолайлылықтың сандық бағасы жоқ. Жалған растаулар мен қабылдауды өткізіп алу туралы жалған сигналдардың үлестері анықталмаған. Байланыс шектеулі кезде тіркеу тұрақтылығы, сенімді тұлғаларға түсетін жүктеме және әртүрлі пайдаланушы топтары үшін бейнетіркеудің қабылданымдылығы да бағаланбаған. Сондықтан DoseProof бейілділікті арттырды немесе клиникалық нәтижелерді жақсартты деп қорытынды жасауға болмайды.

Келесі кезең критикалық сценарийлерді функционалдық тексеруді, бейнежазбалардың жарамдылығын бағалауды және пайдаланушы зерттеуін қамтуы тиіс. Кейінгі клиникалық сынақта алдын ала белгіленген хаттама, этикалық қарау және қатысушылардың ақпараттандырылған келісімі қажет. Цифрлық тіркеу толықтығын, бейілділіктің тәуелсіз көрсеткішін, техникалық ақауларды және пайдаланушы жүктемесін бөлек бағалау орынды. Бейне мен сенімді тұлға қатысуының үлесін анықтау бұл компоненттерді еске салғыштар әсерінен ажыратын салыстырмалы дизайнды талап етеді.

Нәтижелерді әдіснамалық түсіндіру

DoseProof моделі дәрі қабылдау еске салғыштарын, оқиғаны бейне арқылы растауды және сенімді тұлғаның қатысуын бірыңғай оқиғалық құрылымда біріктіреді. Бұл функциялар үйлесімі цифрлық еске салғыштарды, медиарастауды және әлеуметтік қолдауды кешенді қолданудың ықтимал пайдасы туралы гипотезаны кейін тексеруге негіз жасайды. Алайда мобильді қосымшалардың бұрын жарияланған жүйелі шолулары [4, 5, 16] басқа зерттеулерде анықталған тиімділікті DoseProof-қа тікелей көшіруге мүмкіндік бермейді. Әзірленген жүйенің дәрілік терапияға бейілділікке әсері жеке зерттеуде бағалануы тиіс.

TAKEN және MISSED күйлерін түсіндіру маңызды әдіснамалық мәселе болып табылады. Бұл белгілер жүйедегі оқиғаның техникалық мәртебесін көрсетеді және дәріні нақты қабылдау немесе өткізіп алудың тікелей дәлелі ретінде қарастырылмауы тиіс. Пациент дәріні қосымшада тіркемей қабылдауы мүмкін, ал бейнежазбаның болуы мен TAKEN мәртебесінің берілуі өздігінен нақты қабылданған дәрінің тағайындауға және белгіленген дозаға сәйкестігін растамайды. Сол сияқты цифрлық растаудың болмауы бейілділіктің жеткіліксіздігімен ғана емес, байланыс үзілуі, камера ақауы немесе деректерді беру кідірісі сияқты техникалық себептермен байланысты болуы мүмкін. Сондықтан кейінгі клиникалық сынақта техникалық тұрғыдан расталмаған оқиғаларды дәріні нақты қабылдамау жағдайларынан ажырату қажет. Цифрлық белгілерді тәуелсіз критерий бойынша тексеру қажеттілігі Zary және әріптестерінің туберкулез кезіндегі бейілділікті өлшейтін цифрлық технологиялар дәлдігі туралы жүйелі шолуының бағытына сәйкес келеді [20].

DoseProof үшін тиісті сипаттамалар бөлек анықталуы тиіс.

Оқиғалық модельдің сенімділігі шекаралық және стандартты емес сценарийлерді өңдеу ережелерінің бірмәнділігіне де тәуелді. Оларға растауды қайта жіберу, растаудың келуі мен уақыт терезесінің аяқталуының қатар болуы, терапия кестесінің өзгеруі және уақыт белдеуінің ауысуы жатады. Серверлік есепке алуда UTC қолдану уақыт белгілерін біріздендіреді, бірақ пайдаланушы жағында жергілікті уақытты дұрыс түрлендіру және көрсету қажеттілігін жоймайды. Бұл сценарийлер, соның ішінде оқиғалар мен хабарландырулардың қайталануын болдырмау, жүйені кейінгі функционалдық тестілеу барысында тексерілуі тиіс.

Бейне арқылы растауды түсіндіру жеке қарастыруды талап етеді. Прототипте қолданылатын 2-3 секундтық қысқа бейне оқиғаны техникалық тіркеуді қамтамасыз етеді, алайда мұндай ұзақтықтың пайдаланушы әрекеттерін сенімді бақылауға жеткіліктілігі осы зерттеуде анықталған жоқ. Сондықтан қазіргі кезеңде бейнежазбаны дәріні қабылдаудың объективті расталған фактісі емес, медиамен толықтырылған өзіндік есеп ретінде қарастыру орынды. Мұндай растаудың сенімділігін арттыру пайдаланушы тұлғасын сәйкестендіруді, оның тірі қатысуын тексеруді және дәрі қабылдау әрекетін тануды қоса алғанда, қосымша тетіктерді әзірлеу мен валидациялауды талап етеді.

Бұл тәсіл ұйымдастырылған электрондық тікелей бақыланатын терапия рәсімдерінен түбегейлі ерекшеленеді. Burzynski және әріптестерінің зерттеуінде [10] туберкулезге қарсы дәрілерді қабылдау арнайы ұйымдастырылған бақылау рәсімі аясында бағаланған. DoseProof-қа қысқа бейнежазба жүктеу бұл әдіске тең емес. Бейне деректерін анағұрлым объективті ақпарат көзі ретінде пайдалану үшін бейне мазмұнына қойылатын талаптарды, жарамдылық критерийлерін және дәріні нақты қабылдауды тәуелсіз растау әдісін алдын ала анықтау қажет. Осылайша, электрондық тікелей бақыланатын терапия зерттеулері бұл бағыттың әлеуетін растайды, бірақ DoseProof бейнемодулінің валидтілігін дәлелдемейді.

DoseProof моделіне сенімді тұлғаны қосу әлеуметтік қолдаудың қосымша тетігін іске асыруға бағытталған. Расталмаған оқиға туралы хабарландыру сенімді тұлғаға пациентпен уақтылы байланысып, тіркеудің болмау себебін нақтылауға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл әлеуметтік қолдау мен дәрілік терапияға бейілділіктің ықтимал байланысы туралы деректерге сәйкес келеді [9]. Алайда бұл тетіктің нақты бейілділікке, пациенттің мазасыздығына және туыстарға немесе өзге сенімді тұлғаларға түсетін қосымша жүктемеге әсері жеке эмпирикалық бағалауды талап етеді.

Отбасылық бақылауды іске асыруда қатысудың еріктілігі және деректерге қолжетімділікті бөлу ерекше маңызды. Сенімді тұлғаны қосу пациенттің барлық ақпаратына, соның ішінде бейнежазбаларына автоматты қолжетімділікті білдірмеуі тиіс. Жүйені пациенттермен қолдануға дейін қолжетімділікті беру және қайтарып алу тәртібі, қолжетімді деректер тізімі және жіберілетін хабарландырулар мазмұны анықталуы қажет. Растаудың болмауы туралы хабарлама тек жағдайды нақтылау сигналы ретінде түсіндірілуі тиіс және дозаны өзгерту немесе дәріні қайта қабылдау туралы медициналық ұсынымды қамтымауы әрі меңземеуі керек.

Ұсынылған цифрлық мониторинг көрсеткіштері ең алдымен оқиғаларды тіркеу толықтығын және хабарландыру тетігінің жұмысын сипаттайды, бірақ дәрілік терапияға нақты бейілділіктің тікелей көрсеткіштері емес. Бейілділіктің өзін бағалау үшін кейінгі зерттеулерде DoseProof деректерін тәуелсіз әдіспен салыстырып, пайдаланушы және клиникалық нәтижелермен бірге талдау қажет. Мұндай тәсілдің қажеттігін, атап айтқанда, өзіндік бағаланған бейілділіктің жақсаруы клиникалық нәтиженің жақсаруымен міндетті түрде қатар жүрмейтінін көрсеткен MedISAFE-BP зерттеуі [11] растайды.

Қорытынды

Дәрілік терапия кестесін, хабарландыруларды, қысқа бейне арқылы растауды және сенімді тұлғамен рұқсат етілген өзара әрекеттесуді біріктіретін DoseProof прототипінің архитектуралық және функционалдық моделі әзірленді. PENDING, TAKEN және MISSED күйлері бар қабылдау оқиғасы формалданып, растау болмаған жағдайда хабарлау шарттары анықталды.

Уақыт терезелерінің аяқталуын ескеретін цифрлық растау толықтығы мен хабарландыру тетігі жұмысының көрсеткіштері ұсынылды. Растауды тіркеу дәріні нақты қабылдаудан ажыратылды, бұл бағдарламалық мәртебелерді клиникалық расталған бейілділік ретінде негізсіз түсіндіруге жол бермейді.

Жұмыстың ғылыми үлесі кестені, медиадеректерді, мәртебені және сенімді тұлғаның қатысуын байланыстыратын ортақ оқиғалық құрылымды формалдаудан тұрады. Жүйенің практикалық қолданылуы, бейілділікке әсері және автоматтандырылған биометриялық верификация мүмкіндіктері кейінгі техникалық және клиникалық зерттеулерде анықталуы тиіс.

Мүдделер қақтығысы

Авторлар мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

Авторлардың үлесі

Швец С. В. - зерттеу тұжырымдамасы, DoseProof жүйесінің әдіснамасы мен бағдарламалық архитектурасын әзірлеу, зерттеуді жүргізу, ғылыми әдебиеттерді талдау, нәтижелерді түсіндіру, визуализация, қолжазбаның алғашқы нұсқасын дайындау және мәтінді редакциялау.

Ибрагимов Р. З. - ғылыми әдебиеттерді іздеу мен жүйелеуге, көрнекі материалдарды дайындауға және қолжазбаны рәсімдеуге көмектесу.

Барлық авторлар қолжазбаның соңғы нұсқасын оқып, онымен келісті. Авторлар бұл материал бұрын жарияланбағанын және басқа баспагерлерде қарастырылып жатпағанын мәлімдейді.

Қаржыландыру

Зерттеу қаржыландырусыз орындалды.

Деректердің қолжетімділігі туралы мәлімдеме

Осы зерттеу аясында клиникалық немесе эксперименттік сандық деректер жиналған жоқ. DoseProof жүйесінің архитектуралық және функционалдық моделі, оқиға күйлерінің анықтамалары және есептік көрсеткіштер осы мақалада берілген.

Авторлар туралы мәліметтер

Швец Сергей Владимирович - «Фармацевтикалық өндіріс технологиясы» білім беру бағдарламасының магистранты, С. Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Алматы, Қазақстан. E-mail: ertuuffsrg@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0009-0005-3374-9338.

Ибрагимов Рифкат Зайнуллаевич - 9-сынып оқушысы, № 27 мектеп-гимназиясы, Алматы, Қазақстан. E-mail: rifkat.z.2012@gmail.com. ORCID: 0009-0006-0087-0972.

Әдебиеттер

1. Sabaté E, editor. Adherence to long-term therapies: evidence for action [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2003 [cited 2026 Sep 27]. Available from: https://www.paho.org/en/documents/who-adherence-long-term-therapies-evidence-action-2003.

2. Osterberg L, Blaschke T. Adherence to medication. N Engl J Med. 2005;353(5):487-97. https://doi.org/10.1056/NEJMra050100.

3. Gast A, Mathes T. Medication adherence influencing factors-an (updated) overview of systematic reviews. Syst Rev. 2019;8(1):112. https://doi.org/10.1186/s13643-019-1014-8.

4. Armitage LC, Kassavou A, Sutton S. Do mobile device apps designed to support medication adherence demonstrate efficacy? A systematic review of randomised controlled trials, with meta-analysis. BMJ Open. 2020;10(1):e032045. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-032045.

5. Lanke V, Trimm K, Habib B, Tamblyn R. Evaluating the effectiveness of mobile apps on medication adherence for chronic conditions: systematic review and meta-analysis. J Med Internet Res. 2025;27:e60822. https://doi.org/10.2196/60822.

6. Shrivastava TP, Goswami S, Gupta R, Goyal RK. Mobile app interventions to improve medication adherence among type 2 diabetes mellitus patients: a systematic review of clinical trials. J Diabetes Sci Technol. 2023;17(2):458-66. https://doi.org/10.1177/19322968211060060.

7. Tabi K, Randhawa AS, Choi F, Mithani Z, Albers F, Schnieder M, et al. Mobile apps for medication management: review and analysis. JMIR Mhealth Uhealth. 2019;7(9):e13608. https://doi.org/10.2196/13608.

8. Ahmed I, Ahmad NS, Ali S, Ali S, George A, Saleem Danish H, et al. Medication adherence apps: review and content analysis. JMIR Mhealth Uhealth. 2018;6(3):e62. https://doi.org/10.2196/mhealth.6432.

9. Shahin W, Kennedy GA, Stupans I. The association between social support and medication adherence in patients with hypertension: a systematic review. Pharm Pract (Granada). 2021;19(2):2300. https://doi.org/10.18549/PharmPract.2021.2.2300.

10. Burzynski J, Mangan JM, Lam CK, Macaraig M, Salerno MM, deCastro BR, et al. In-person vs electronic directly observed therapy for tuberculosis treatment adherence: a randomized noninferiority trial. JAMA Netw Open. 2022;5(1):e2144210. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.44210.

11. Morawski K, Ghazinouri R, Krumme A, Lauffenburger JC, Lu Z, Durfee E, et al. Association of a smartphone application with medication adherence and blood pressure control: the MedISAFE-BP randomized clinical trial. JAMA Intern Med. 2018;178(6):802-9. https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.0447.

12. Liu X, Thompson J, Dong H, Sweeney S, Li X, Yuan Y, et al. Digital adherence technologies to improve tuberculosis treatment outcomes in China: a cluster-randomised superiority trial. Lancet Glob Health. 2023;11(5):e693-703. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(23)00068-2.

13. Jerene D, van Kalmthout K, Levy J, Alacapa J, Deyanova N, Dube T, et al. Effect of digital adherence technologies on treatment outcomes in people with drug-susceptible tuberculosis: four pragmatic, cluster-randomised trials. Lancet. 2025;405(10485):1155-66. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)02847-2.

14. World Health Organization. WHO guideline: recommendations on digital interventions for health system strengthening [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2019 [cited 2026 Sep 27]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789241550505.

15. Backes C, Moyano C, Rimaud C, Bienvenu C, Schneider MP. Digital medication adherence support: could healthcare providers recommend mobile health apps? Front Med Technol. 2021;2:616242. https://doi.org/10.3389/fmedt.2020.616242.

16. Peng Y, Wang H, Fang Q, Xie L, Shu L, Sun W, et al. Effectiveness of mobile applications on medication adherence in adults with chronic diseases: a systematic review and meta-analysis. J Manag Care Spec Pharm. 2020;26(4):550-61. https://doi.org/10.18553/jmcp.2020.26.4.550.

17. World Health Organization. Global strategy on digital health 2020-2025 [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2021 [cited 2026 Sep 27]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924.

18. Tangari G, Ikram M, Ijaz K, Kaafar MA, Berkovsky S. Mobile health and privacy: cross sectional study. BMJ. 2021;373:n1248. https://doi.org/10.1136/bmj.n1248.

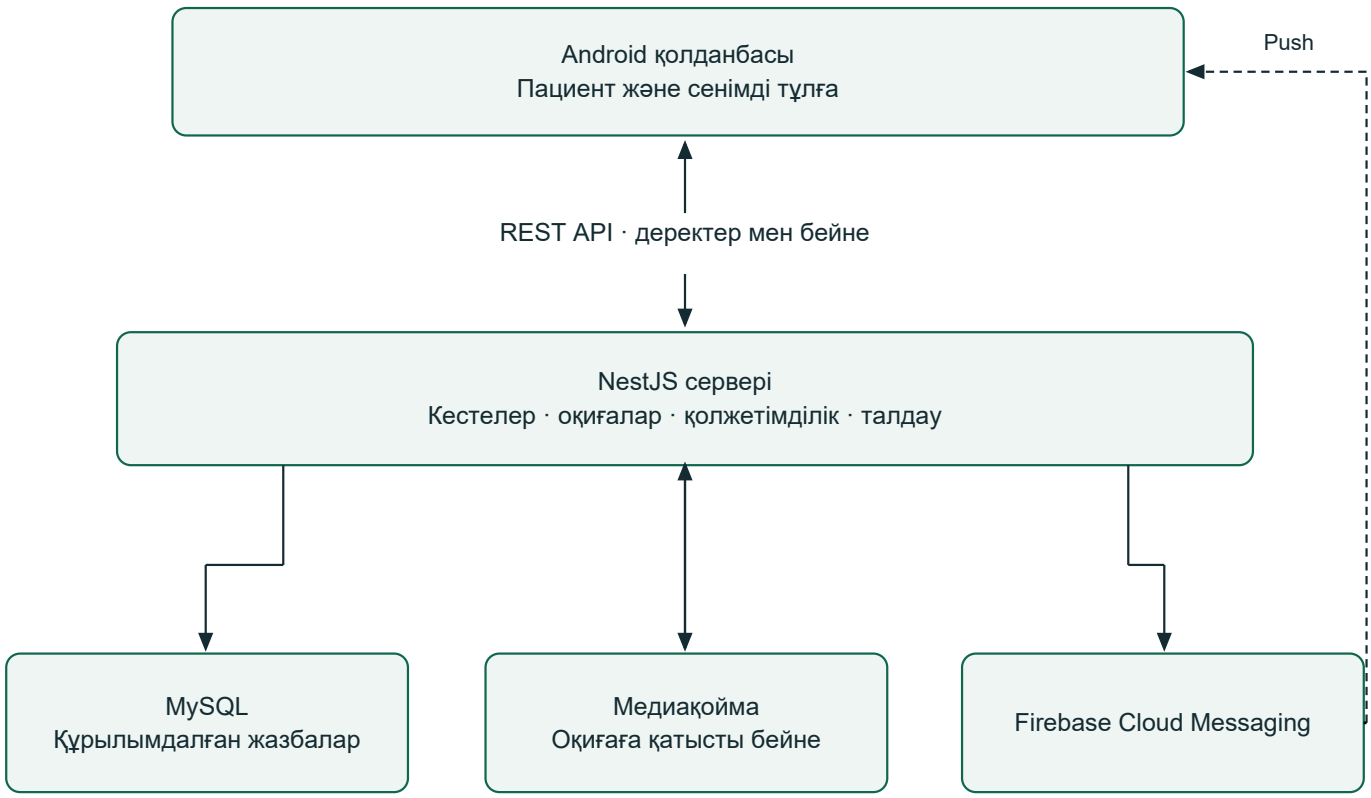
19. Rezaee R, Khashayar M, Saeedinezhad S, Nasiri M, Zare S. Critical criteria and countermeasures for mobile health developers to ensure mobile health privacy and security: mixed methods study. JMIR Mhealth Uhealth. 2023;11:e39055. https://doi.org/10.2196/39055.

20. Zary M, Mohamed MS, Kafie C, Chilala CI, Bahukudumbi S, Foster N, et al. The performance of digital technologies for measuring tuberculosis medication adherence: a systematic review. BMJ Glob Health. 2024;9(7):e015633. https://doi.org/10.1136/bmjgh-2024-015633.

1-кесте. DoseProof жүйесінің негізгі бағдарламалық компоненттері.

Компонент	Технология	Мақсаты
Мобильді клиент	Kotlin, Jetpack Compose	Пациент пен сенімді тұлға интерфейсі
Желілік алмасу	Ktor Client, REST API	Құрылымдалған деректермен алмасу және бейнені беру
Сервер	Node.js, NestJS	Кестелерді, оқиғаларды және рұқсаттарды өңдеу
Дерекқор	MySQL, TypeORM	Тіркелгілер, дәрілер, кестелер, оқиғалар және пайдаланушылар байланыстары
Хабарландырулар	Firebase Cloud Messaging	Еске салғыштар мен сенімді тұлғаға хабарландырулар жіберу
Орналастыру	Docker, Docker Compose	Сервер компоненттерін контейнерлеу
Аутентификация	JWT, bcrypt	Қолжетімділік токендері және құпиясөздерді хэштеу
Медиадеректер	multipart/form-data арқылы беру	Бейнематериалды жүктеу және оқиғамен байланыстыру

1-сурет. DoseProof жүйесінің логикалық архитектурасы.



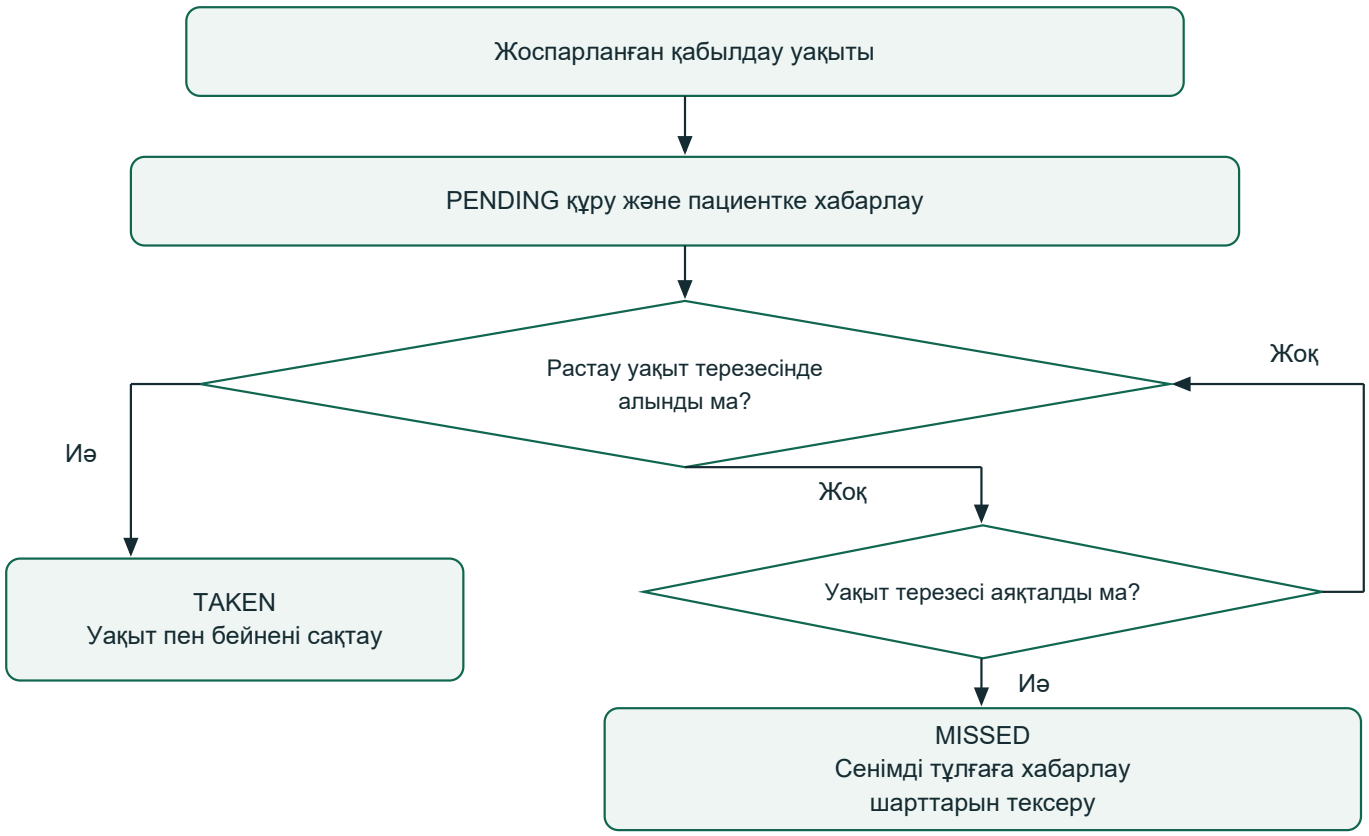
2-кесте. DoseProof функционалдық модульдері.

Модуль	Негізгі әрекет	Шығыс деректері
Терапияны басқару	Дәрі мен кестені енгізу	Дәрі жазбасы және қабылдау уақыттары
Оқиғаларды есепке алу	Оқиғаны қалыптастыру және жаңарту	Идентификатор, жоспарлы уақыт және мәртебе
Еске салғыштар	Пациентке хабарлама жіберу	Жоспарланған қабылдау туралы хабарландыру
Бейне арқылы растау	Қысқа бейнежазбаны жүктеу	Оқиғамен байланыстырылған медиаматериал
Отбасылық бақылау	Пайдаланушыларды байланыстыру және хабарлау	Рұқсат етілген байланыс және расталмаған оқиға туралы хабарландыру
Аналитика	Кезең бойынша мәртебелерді біріктіру	TAKEN және MISSED оқиғаларының саны, күндік және жалпы қорытындылар

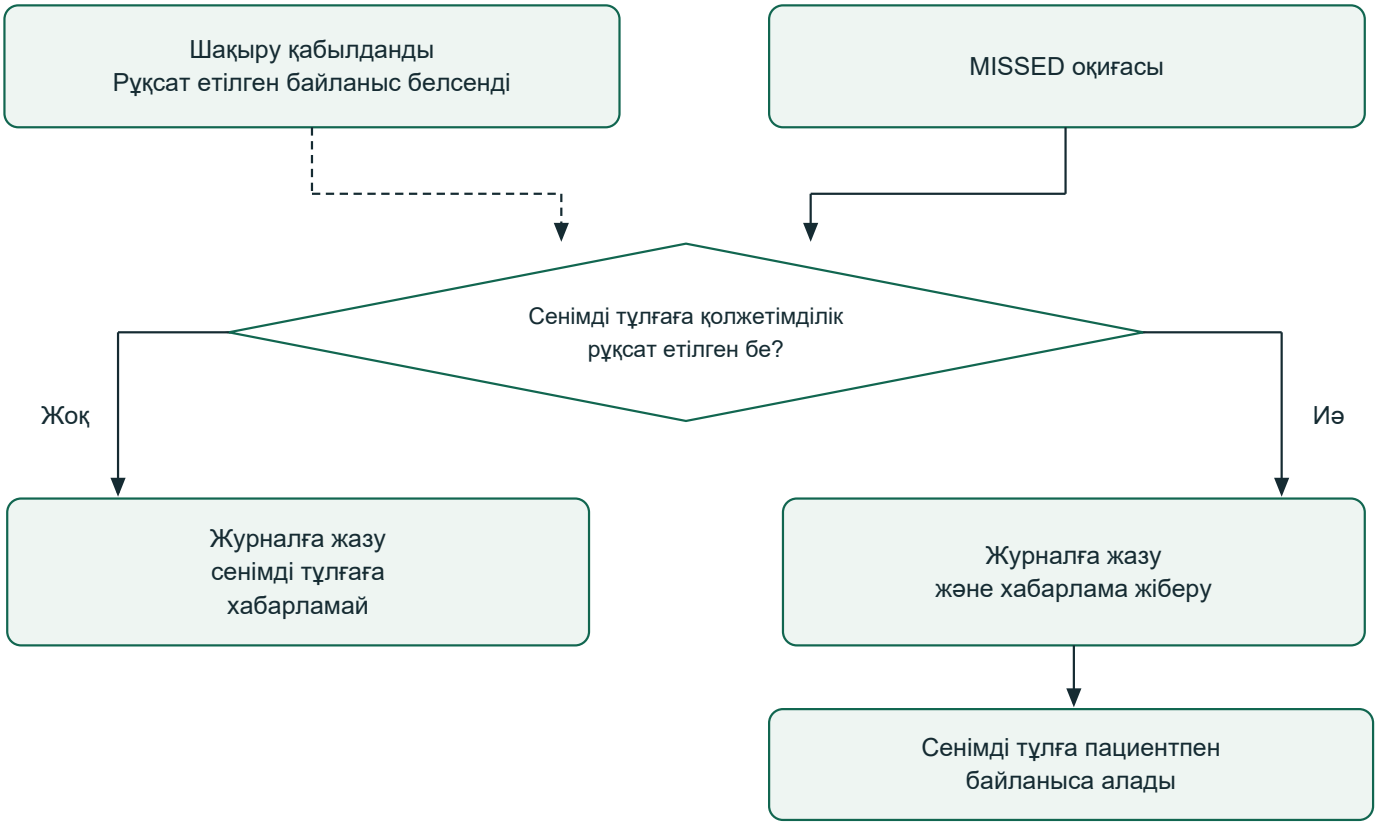
3-кесте. Оқиға күйлері және оларды түсіндіру ережелері.

Мәртебе	Мағынасы	Ауысу шарты	Түсіндіру
PENDING	Растауды күтуде	Жоспарлы уақыт келді; терезе ашық	Оқиға нәтижесі әлі анықталмаған
TAKEN	Растау тіркелді	Терезе ішінде бейнемен растау алынды	Пациенттің цифрлық есебі тіркелді; қабылдау автоматты түрде дәлелденбейді
MISSED	Растау жоқ	Терезе растаусыз аяқталды	Ықтимал өткізіп алу немесе өзге себептен тіркеудің болмауы

2-сурет. Жоспарланған оқиғаны өңдеу алгоритмі.



3-сурет. Сенімді тұлғаға хабарлау шарттары.



4-кесте. Цифрлық мониторингті кейіннен бағалауға арналған көрсеткіштер.

Көрсеткіш	Есептеу немесе есепке алу бірлігі	Нені сипаттайды
Растау үлесі C, %	(1) формула	Терезесі аяқталған оқиғаларды тіркеу толықтығы
Растаусыз оқиғалар үлесі M, %	(2) формула	Цифрлық есептің болмау жиілігі
Хабарлаумен қамту E, %	(3) формула	Рұқсат етілген байланыста хабарландыру тетігінің жұмысы
Қатарынан расталмаған оқиғалар	Қатарынан болған оқиғалар саны	Себептерін нақтылауды қажет ететін кезеңдер
Күндік немесе апталық динамика	Әр кезеңнің алымдары мен бөлімдері	Салыстырмалы есепке алу ережелеріндегі тіркеу өзгерісі

5-кесте. Цифрлық бақылау модельдерін тұжырымдамалық салыстыру.

Белгі	Еске салудың шартты моделі	DoseProof моделі
Растау	Пациенттің қолмен белгі қоюы	Оқиғамен байланыстырылған қысқа бейнематериал бар белгі
Уақыт логикасы	Кесте және хабарландыру	Кесте, растау терезесі және оқиғаның соңғы мәртебесі
Басқа тұлғаның қатысуы	Қабылданған базалық модельге енгізілмеген	Рұқсат етілген байланыс және растау болмағандағы хабарлау
Деректерді түсіндіру	Пайдаланушының өзіндік есебі	Медиамен толықтырылған өзіндік есеп; нақты қабылдау тексеруді қажет етеді
Нәтижені бағалау	Пайдаланушы белгілерінің үлесі	Аяқталған оқиғаларды есепке алу және хабарлауды бөлек бағалау