

GALUTINĖ PROJEKTO ATASKAITA

„Personalizuoto organizmo stebėjimo ir gydymo optimizavimo platformos, skirtos vaisingumo gydymo srityje, kūrimas“

UAB „Health Horizons Research“

Juridinio asmens kodas: 306977397

Buveinės adresas: Minijos 59-2, Klaipėda

Įvadas

Ši veiklos ataskaita parengta įgyvendinant projektą:

„MTEP idėjos „Personalizuoto organizmo stebėjimo ir gydymo optimizavimo platformos, skirtos vaisingumo gydymo srityje, kūrimas“ tikrinimas, rengiant tarptautinę paraišką“, projekto Nr. 10-038-T-0318.

Projekto tikslas – įvertinti ir patikrinti MTEP idėjos, skirtos personalizuotos, dirbtiniu intelektu grįstos organizmo stebėjimo ir gydymo optimizavimo platformos vaisingumo gydymo srityje kūrimui, mokslinį ir technologinį pagrįstumą bei pasirengti tarptautinės paraiškos teikimui pagal programos „Europos horizontas“ (EIC Pathfinder Open) kvietimus.

Projekto metu buvo vykdomos mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros veiklos, apimančios šiuolaikinių dirbtinio intelekto metodų taikymo reprodukcinėje medicinoje analizę, tarptautinių partnerių paiešką, technologinės koncepcijos formavimą bei preliminaros AI platformos architektūros kūrimą. Ypatingas dėmesys skirtas klinikinių, biologinių ir realaus laiko fiziologinių duomenų integravimo galimybėms bei jų panaudojimui personalizuotiems gydymo sprendimams.

Pastaraisiais metais dirbtinis intelektas tampa viena svarbiausių personalizuotos medicinos technologijų. Tačiau dauguma šiuo metu kuriamų sistemų orientuojasi į siaurų klinikinių uždavinių sprendimą – embrionų klasifikavimą, IVF baigties prognozavimą arba pavienių biologinių rodiklių analizę. Tuo tarpu kompleksinės sistemos, gebančios vienu metu analizuoti paciento fiziologinę būklę, hormoninius pokyčius, gyvenimo būdo veiksnius bei klinikinius duomenis realiuoju laiku, vis dar yra ankstyvoje vystymo stadijoje.

Todėl projekto metu pagrindinis dėmesys buvo skirtas mokslinės literatūros analizei, esamų technologijų vertinimui, tarptautinių partnerių paieškai bei koncepcinio sprendimo formavimui.

Problemos aktualumas

Pasaulio sveikatos organizacijos duomenimis, nevaisingumas paliečia maždaug vieną iš šešių reprodukcinio amžiaus žmonių. Nepaisant spartaus pagalbinio apvaisinimo technologijų vystymosi, vieno IVF ciklo sėkmė daugeliu atvejų neviršija 30–40 %, o vyresnio amžiaus pacientams ji dar mažesnė.

Mokslinėje literatūroje pabrėžiama, kad viena svarbiausių šios problemos priežasčių yra didelė biologinė pacientų įvairovė. Individualūs hormoniniai svyravimai, genetiniai skirtumai, metabolinė būklė, autonominės nervų sistemos aktyvumas bei gyvenimo būdas daro reikšmingą įtaką gydymo rezultatams. Tačiau šiuolaikinėje klinikinėje praktikoje šie veiksniai dažniausiai vertinami fragmentiškai.

Dirbtinio intelekto metodai leidžia analizuoti didelius duomenų kiekius ir aptikti sudėtingus ryšius tarp biologinių parametrų, kurių žmogus negalėtų identifikuoti tradiciniais statistiniais metodais. Vis dėlto dauguma šiandien taikomų AI sistemų sprendžia tik pavienius uždavinius ir nėra skirtos individualizuotam paciento stebėjimui viso gydymo laikotarpiu.

Dėl šios priežasties projekto metu buvo siekiama įvertinti galimybes kurti integruotą platformą, kuri galėtų sujungti medicininius duomenis, dėvimųjų įrenginių ir dirbtinio intelekto prognozavimo algoritmus į vieningą klinikinių sprendimų palaikymo sistemą.

Projekto įgyvendinimo veiklos

Mokslinės literatūros analizė apėmė pažangiausių dirbtinio intelekto technologijų reprodukcinėje medicinoje vertinimą bei jų taikymo galimybių analizę. Identifikuotos pagrindinės AI taikymo kryptys IVF srityje, įskaitant embrionų morfologinę analizę, klinikinių rezultatų prognozavimą, multimodalinių medicininių duomenų integraciją bei skaitmeninių biologinių žymenų (digital biomarkers) taikymą.

Tarptautinio bendradarbiavimo veiklos apėmė komandiruotes ir ekspertines konsultacijas, skirtas mokslinio bendradarbiavimo plėtrai bei technologinės koncepcijos validavimui. Šios veiklos sustiprino kuriamos personalizuotos vaisingumo medicinos platformos mokslinį pagrindą ir prisidėjo prie tarptautinio konsorciumo formavimo.

Komandiruotės į Romą (Italija) metu dalyvauta 33-ajame Pasauliniame akušerijos, ginekologijos ir nevaisingumo kongrese (COGI), kur buvo susipažinta su naujausiomis IVF technologijų, reprodukcinės medicinos ir dirbtinio intelekto taikymo tendencijomis. Tai leido įvertinti esamų sprendimų ribotumus ir sustiprinti projekto inovacinę kryptį.

Komandiruotės į Londoną (Didžioji Britanija) metu dalyvauta konferencijoje apie genomikos taikymą vaisingumo gydyme, analizuojant genetinių ir biologinių duomenų

integracijos galimybes personalizuotoje medicinoje. Gauta informacija prisidėjo prie multimodalinių duomenų integracijos koncepcijos plėtojimo.

Komandiruotės į Turiną (Italija) metu vykdyti susitikimai su University of Turin mokslininkais, aptariant vaisingumo tyrimų kryptis ir AI taikymą reprodukcinėje medicinoje. Šios diskusijos padėjo patikslinti technologinę koncepciją ir galimas bendradarbiavimo kryptis.

Komandiruotės į Berlyną (Vokietija) metu susitikta su Charité – Universitätsmedizin Berlin ekspertais, aptariant IVF klinikinius procesus, duomenų integraciją ir AI taikymo galimybes. Šios konsultacijos leido kritiškai įvertinti esamus sprendimus ir patikslinti kuriamos platformos architektūrą.

Bendrai komandiruotės reikšmingai prisidėjo prie projekto įgyvendinimo, suteikė naujausių mokslinių ir klinikinių išvalgų bei sustiprino kuriamos AI platformos koncepcijos validumą tarptautiniame kontekste.

Šių institucijų įtraukimas leido ne tik įvertinti jų taikomus klinikinius ir technologinius sprendimus, bet ir kritiškai išanalizuoti jų stipriąsias bei silpnąsias puses AI taikymo reprodukcinėje medicinoje kontekste. Diskusijų metu buvo aptarti realūs IVF klinikose taikomi sprendimai, duomenų integracijos praktikos, embrionų vertinimo metodikos bei AI pagrįstų sprendimų priėmimo ribotumai. Šios išvalgos buvo tiesiogiai panaudotos formuojant kuriamos platformos koncepciją ir apibrėžiant jos inovacijos ribas.

Atsižvelgiant į gautą ekspertinę informaciją, buvo suformuota preliminarinė personalizuotos vaisingumo medicinos platformos architektūra. Numatyta, kad būsima sistema integruos kelis pagrindinius funkcinis modulius, apimančius klinikinių duomenų analizę, hormoninių rodiklių vertinimą, realaus laiko fiziologinių signalų stebėseną, centrinės nervų sistemos parametrus, dirbtinio intelekto prognozavimo mechanizmus bei gydymo rekomendacijų generavimą. Taip pat buvo įvertintos galimos sistemos integracijos į esamas IVF klinikines platformas bei duomenų apsaugos ir reguliaciniai reikalavimai.

Svarbi projekto dalis buvo AI architektūros koncepcinis modeliavimas. Buvo pradėta formuoti daugiamačių biologinių sistemų reprezentavimo struktūra, orientuota į netiesinių ir tarpusavyje priklausomų fiziologinių parametrų integraciją. Koncepciniu lygmeniu buvo svarstoma galimybė ateityje taikyti Energy-Based Models (EBM) tipo mašininio mokymosi metodologiją, kuri leidžia kiekvienai sistemos būsenai priskirti skaliarinę energijos reikšmę, o mokymosi procesą grįsti žemos energijos (realias ir fiziologiškai tikėtinas) būsenas atitinkančių sprendinių formavimu.

Toks modeliavimas leidžia interpretuoti biologinius duomenis kaip energijos landšaftą, kuriame organizmo būsenos yra reprezentuojamos kaip dinaminiai taškai sudėtingoje daugiamačioje erdvėje. Ši prieiga literatūroje siejama su galimybe sujungti diskriminacinius ir generatyvinius modelius bei pereiti prie sudėtingų sistemų elgsenos modelavimo. Projekto kontekste tai buvo identifikuota kaip potenciali kryptis, galinti leisti pereiti nuo statinių prognozinių modelių prie dinamiškai besikeičiančių biologinių būsenų modelių, integruojančių klinikinius, biologinius ir realaus laiko fiziologinius duomenis.

Tarptautinio bendradarbiavimo veiklos buvo orientuotos į būsimo konsorciumo formavimą ir technologinės koncepcijos validavimą. Konsultacijos su partneriais Vokietijoje, Italijoje, Didžiojoje Britanijoje leido iš esmės patikslinti planuojamos sistemos mokslinį naujumą, identifikuoti esamų sprendimų ribotumus bei įvertinti potencialią projekto pridėtinę vertę Europos mokslinių tyrimų erdvėje.

Išvados

Atlikta mokslinės literatūros analizė ir tarptautinių inovacinių centrų veiklos apžvalga parodė, kad šiuolaikinės dirbtinio intelekto taikymo reprodukcinėje medicinoje sistemos yra fragmentuotos ir nepakankamai integruotos. Nustatyta, kad pagrindinė problema slypi ne atskirų algoritmų trūkume, bet sisteminiame nesugebėjime sujungti heterogeninių biologinių, klinikinių ir fiziologinių duomenų į vieningą, dinamiškai veikiančią sprendimų priėmimo struktūrą.

Analizės metu identifikuota, kad IVF ir vaisingumo gydymo optimizavimui būtini duomenų tipai – klinikiniai rodikliai (pvz., paciento amžius, AMH, FSH, LH, ankstesni IVF ciklai, embrionų kokybės vertinimai), hormoniniai profiliai, genetiniai testai, endokrininiai parametrai, taip pat realaus laiko fiziologiniai signalai (širdies ritmo variabilumas, miego struktūra, kūno temperatūra, streso indikatoriai, cirkadiniai ritmai) – šiuo metu yra analizuojami atskirai, nesant vieningos integracinės architektūros.

Ši situacija lemia esminį technologinį apribojimą: šiuolaikiniai AI modeliai negali pilnai atspindėti reprodukcinės sistemos kaip kompleksinės, netiesinės ir nuolat kintančios biologinės sistemos. Dėl šios priežasties egzistuojantys sprendimai yra riboti tiek prognozavimo tikslumu, tiek klinikiniu pritaikomumu.

Atsižvelgiant į šias išvadas, nustatyta, kad reikalingas iš esmės naujas metodologinis požiūris, leidžiantis pereiti nuo statinių, parametrų koreliacija grįstų modelių prie dinaminės, būsenomis grįstos sistemos, galinčios integruoti daugiamačius ir tarpusavyje sąveikaujančius biologinius procesus.

Šiame kontekste projekto metu buvo suformuota Energy-Based Models (EBM) koncepcija, kaip potenciali metodologinė kryptis tokios sistemos realizavimui. Koncepcija buvo aptarta su tarptautiniais mokslo ir klinikos specialistais, o jų ekspertinis vertinimas patvirtino jos teorinį pagrindumą ir potencialą sudėtingų biologinių sistemų modeliavime. EBM prieiga buvo identifikuota kaip perspektyvi alternatyva tradiciniams mašininio mokymosi metodams, nes ji leidžia modeliuoti būsenų erdvę kaip energijos landšaftą ir taip reprezentuoti netiesinius organizmo procesus vieningoje struktūroje.

Projekto metu taip pat buvo suformuota preliminarai AI platformos architektūra, o EBM koncepcijos pagrindu pradėtos planuoti tolesnės programavimo ir sisteminio modeliavimo veiklos. Ateityje numatoma šią technologinę kryptį plėtoti ir integruoti į tarptautinius mokslinių tyrimų bei inovacijų projektus, įskaitant „Europos horizontas“ (EIC Pathfinder) programos paraiškų rengimą.

Bendrai vertinant, projektas sudarė tvirtą mokslinį ir technologinį pagrindą tolesniam MTEP vystymui, išgrynino pagrindines sistemines problemas bei apibrėžė naujos kartos AI pagrindu veikiančios personalizuotos vaisingumo medicinos platformos kūrimo kryptį.