

Power BI Platformasında Fərdmərkəzli Tibbi Rəqəmsal Əkizin Yaradılması Algoritmi

Məsumə Məmmədova¹, Zərifə Cəbraylova², Aytən Əhmədova³, Mehriban Hüseynova⁴

^{1,2,3} ETN İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

⁴ Azərbaycan Tibb Universiteti, Bakı, Azərbaycan

¹mmg51@mail.ru, ²djabrailova_z@mail.ru, ³ayten.adia1996@gmail.com, ⁴mehribanhuseynova9@gmail.com

Xülasə— Məqalədə rəqəmsal əkizlər texnologiyasının mahiyyəti və arxitektura-texnoloji prinsipləri verilmişdir. İnsan bədəninin orqan və müvafiq xəstəliklər səviyyəsində rəqəmsal əkizinin qurulması mərhələləri təklif edilmiş, virtual obyektin sxematik təsviri işlənmişdir. Fiziki obyektə baş verən hər hansı bir dəyişikliklərin virtual obyektə yenilənməsini əyani təqdim etmək üçün Power BI tətbiqi seçilmiş, tibbi məlumatların vizuallaşdırılması əsasında rəqəmsal əkizin yaradılması algoritmi işlənmişdir. Real informasiya mənbəyi kimi həkimlər tərəfindən sirroz xəstəlikləri ilə bağlı yaradılmış milli verilənlər bazasından istifadə edilmişdir. Tibbi verilənlərin vizuallaşdırılması əsasında yaradılan rəqəmsal əkizin idarəetmə paneli müayinə nəticələrinin dinamik dəyişməsinə izləməyə imkan verir.

Açar sözlər— rəqəmsal texnologiya; virtual obyekt; fərdmərkəzli rəqəmsal əkiz; vizuallaşdırma; Power BI; rəqəmsal əkizin idarəetmə paneli

I. GİRİŞ

Bu gün tibbin, demək olar ki, bütün sahələrində rəqəmsal texnologiyalar kompleks və məqsədyönlü şəkildə tətbiq olunur. Əgər əvvəllər heterojen təbiətli tibbi məlumatların generasiyası, toplanması, birgə emalı çox vaxt tələb edirdisə və oflayn rejimdə reallaşdırılırdısa, hazırda bu informasiyanın real vaxt rejimində emal olunmasına imkanlar yaranmışdır.

Rəqəmsal texnologiyaların istifadəsi tendensiyaalarının sürətlənməsi onun sərhədlərini və imkanlarını genişləndirir və nəticədə “rəqəmsal transformasiya” fenomeninin meydana gəlməsinə şərtləndirir. Rəqəmsal transformasiya, verilənlərin informasiyaya və biliyə çevrilməsini və əldə edilmiş yeni biliklər əsasında effektiv qərarların qəbulu üçün istifadə edilməsini təmin edir [1]. Rəqəmsal transformasiyanın baza texnologiyalarından biri olan rəqəmsal əkizlər (RƏ) təmsil etdikləri fiziki obyektin və ya prosesin rəqəmsal surəti kimi çıxış edir və məkandan asılı olmadan real vaxt rejimində onların monitorinqinə və vəziyyətin qiymətləndirilməsinə imkan verir [2].

Hazırkı məqalədə tibbi RƏ-nin mahiyyəti, arxitekturası və virtual obyektin yenilənməsini əyani təqdim etmək üçün Power BI platforması əsasında RƏ-nin yaradılması algoritmi təklif edilmişdir. Power BI məlumatların xarici mənbələrdən toplanmasına, təmizlənməsinə, data modellərin yaradılmasına, verilənlərin təhlil edilərək vizuallaşdırılmasına imkan verir. Vizuallaşdırma vasitələrindən biri olan Power BI digər alətlərə nisbətən daha rahat interfeysə malikdir. Power BI qurulmuş

idarə panelinin real fiziki obyektədən toplanan datalarla əlaqələndirərək rəqəmsal əkiz məlumatlarının intuitiv vizuallaşdırılmasına və davamlı yenilənməsinə imkan verir.

II. RƏQƏMSAL ƏKİZLƏR

1950-ci ildə NASA (National Aeronautics and Space Administration), GE (General Electric) və digər sənaye istehsalçıları imitasiya modelləşdirməsi vasitəsilə avadanlığın keyfiyyəti və həyat dövrü ərzində uçotunu aparmaq üçün onun abstrakt rəqəmsal modellərini yaratmışdılar [3].

2002-ci ildə RƏ “fiziki obyektin virtual, rəqəmsal ekvivalenti” kimi təqdim olunmuş [4], məhsulun həyat dövrünün idarə edilməsinin (Product Lifecycle Management, PLM) əsasında duran konseptual modeli təklif edilmişdir. Ancaq həmin dövrdə bu texnologiyayı ümumi istifadə üçün yararlı vəziyyətə gətirmək texnoloji baxımdan çox çətin və bahalı idi. On il sonra “böyük verilənlər” (Big Data, BD), “Əşyaların İnterneti” (Internet of Things, IoT) və “Tibbi əşyaların interneti” (Internet of Medical Things, IoMT) texnologiyalarının sürətli inkişafı bu ideyanı həyata keçirməyə şərait yaratdı. 2010-cu ildə NASA-nın əməkdaşı, baş rəhbər John Vickers “rəqəmsal əkiz” terminini elmə daxil etdi. 2014-cü ildə ekspert Michael Grieves tərəfindən “fiziki məhsulun virtual rəqəmsal ekvivalenti” konsepsiyası təklif edildi [5].

RƏ və onun real həyatdakı qarşılığı arasında fasiləsiz və etibarlı məlumat axını təmin edən əlaqənin olması zəruri şərtidir. Belə ki, RƏ onun fiziki analoqu dəyişdikcə yenilənir və dəyişir. O, fiziki obyektin cari vəziyyətini, yerini, funksiyasını, tərkibini və s. bilmək üçün IoT-dan istifadə edir. Daha sonra generasiya olunan pərakəndə verilənlər, real vaxtda virtual əkizə ötürülür və nəticədə situasiya dinamik olaraq əks etdirilir. RƏ maşın təlimi vasitəsilə bu verilənlərdən, dərin predmet bilikləri olan insan-ekspertlərdən, həmçinin oxşar əkizlərdən də öyrənə bilər [6].

[7]-də RƏ-nin əsas xüsusiyyətləri aşağıdakı kimi müəyyənləşdirilmişdir:

1. Əlaqə (Connectivity) – RƏ və onun real həyatdakı qarşılığı arasında fasiləsiz və etibarlı məlumat axını təmin edən əlaqə tələb edilir.
2. Eyniləşmə (Homogeneity) – müxtəlif mənbələrdən daxil olan məlumatların homogenləşməsi həyata keçirilməlidir.
3. Yenidən proqramlaşdırıla bilən (Reprogrammable) –

mütəmadi toplanan məlumatların həcmi artdıqca RƏ də inkişaf edir və süni intellekt vasitəsilə daha ağıllı qərarların qəbulunu təmin edir.

4. Modulluq (Modularity) – RƏ istehsalçıya cihazın hansı xüsusi komponentlərinin aşağı performans göstərdiyini öyrənməyə imkan verə bilər.

III. TİBBİ RƏQƏMSAL ƏKİZLƏR

Səhiyyədə RƏ daha effektiv və çevik tibbi müdaxilələr həyata keçirmək, həkimlərə və tibbi personala xəstənin sağlamlıq vəziyyətini anlamağa kömək etmək üçün nəzərdə tutulub [8]. Sensor məlumatlarını, komputer modelləşdirməsini və süni intellekt alqoritmlərini özündə birləşdirən tibbi RƏ real obyektin rəqəmsal (virtual) güzgüsü kimi çıxış edir [9].

RƏ-nin tibdə tətbiqi üçün əsas şərtlərdən biri onun real fiziki obyektinin olmasıdır. Tibbi RƏ fiziki obyekt və ya tibbi sistem haqqında bütün məlumatları özündə ehtiva edən dinamik rəqəmsal modeldir.

Səhiyyənin tam RƏ yaradılması uzun zaman ala bilən və müəyyən səviyyələrlə həyata keçirilən bir prosesdir. Birinci səhiyyə səviyyəsinə tibbi fəaliyyət, əczaçılıq və tibbi təhsil daxildir. İkinci - predmet səviyyəsidir, ambulator müalicə, təcili yardım, stomatologiya, dərman istehsalı və dərman satışı kimi bölmələri özündə ehtiva edir. Üçüncü və dördüncü səviyyələr uyğun olaraq insanın ayrı-ayrı orqanları və bu orqanlarla bağlı xəstəliklər üzrə fərdiləşdirilmiş (fərdmərkəzli) RƏ-nin yaradılmasından ibarətdir [10, 11].

RƏ-nin faydaları səhiyyə sektorunda xəstəliklərin müalicəsində, sağlamlığın idarə edilməsində və fərdiləşdirilmiş tibbin bir çox sahələrində tətbiq oluna bilər. RƏ eyni xəstəliyi olan müxtəlif xəstələr üçün fərqli müalicə variantlarını təmin edə və fərdiləşdirilmiş tibbin formalaşmasını sürətləndirə bilər. Fərdimərkəzli tibbin mahiyyəti konkret xəstənin tibbi verilənləri və genotipinə uyğun dərman terapiyasının fərdiləşdirilməsindən ibarətdir. RƏ-nin yaratdığı bu imkanlar

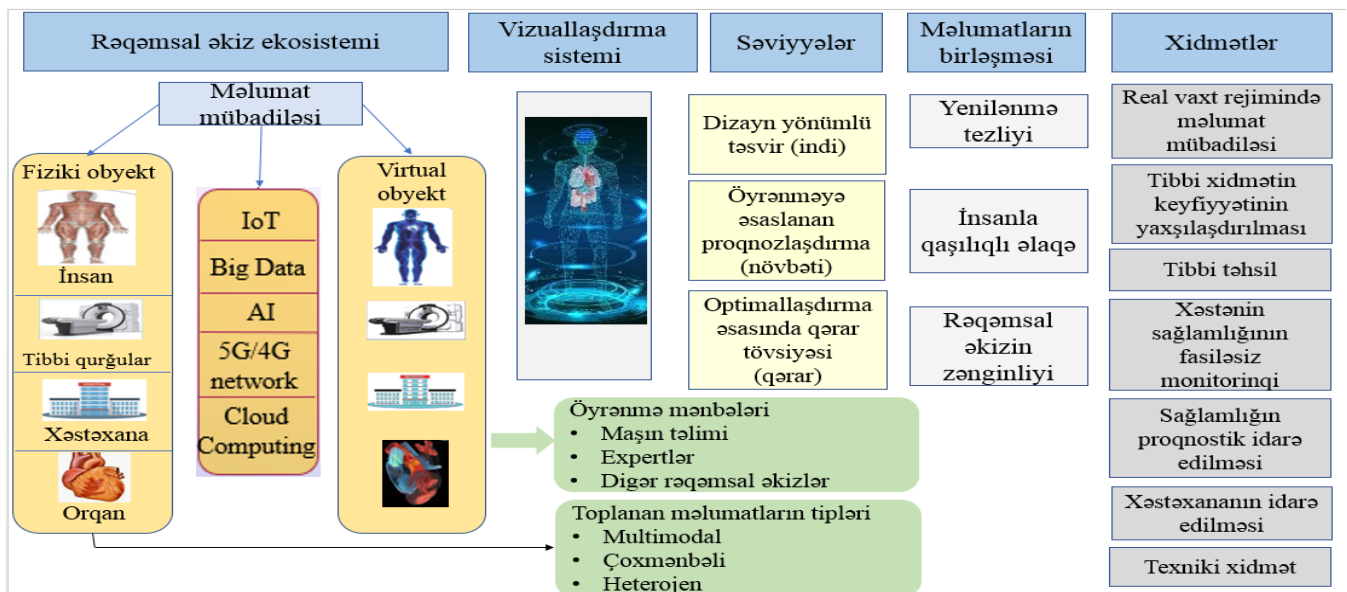
səhiyyənin əsas komponenti olan xəstələrə tibbi xidmətin göstərilməsi baxımından çox mühümdür. Xəstənin fiziki xüsusiyyətlərini və tibbi məlumatlarını rəqəmsal mühitə köçürməklə, RƏ dəqiq diaqnostika və müalicə prosesinin müəyyən edilməsində, həmçinin fərdi tibbin formalaşdırılmasında innovativ həllər təklif edir. İnsan bədəninin rəqəmsal əkizləri onun orqanlarının, hüceyrələrinin, fərdi genetik tərkibinin, hər bir şəxsin fizioloji xüsusiyyətlərinin və vərdislərinin (həyat tərzinin) modelləşdirməsi üçün qurulur və fərdi dərmanların, müalicə planlarının yaradılmasına imkan verir [12]. İnsan bədəninin daxili altsistemləri olan bu rəqəmsal pasiyentlər diaqnostikani fərdiləşdirməklə tibbi xidməti və pasiyentlərin müalicəsini yaxşılaşdırma bilər

Tibbi rəqəmsal əkizlər fərdiləşdirilmiş tibbin formalaşdırılması üçün aşağıdakı problemlərin həllində istifadə oluna bilər:

- xəstəliyin ilkin mərhələsində erkən diaqnozun qoyulması;
- xəstəliyin sonrakı inkişaf trayektoriyalarının izlənilməsi;
- tibbi yardımın vaxtının optimallaşdırılması;
- fərdiləşdirilmiş tibbin inkişafı;
- dərmanların pasiyentə təsir mexanizmlərinin müəyyənəndirilməsi və s.

Rəşad bu sadalananların həlli ilə yanaşı müvafiq nəticələri test etməyə və vizuallaşdırmağa, dinamik i dəyişənləri proqnozlaşdırmağa imkan verir [13].

Beləliklə, tibbi RƏ-nin ümumi arxitekturası fiziki və virtual obyektlər, onlar arasındakı əlaqəni təmin edən texnologiyalar, tibbi verilənlərin vahid bazası, mərkəzləşdirilmiş idarəetmə sistemi və vizuallaşdırma sistemlərindən ibarətdir (şəkil 1) [13].



Səkil 1. Tibbi rəqəmsal əkizlərin ümumiləşdirilmiş arxitekturası.

Tibbi rəqəmsal əkizin fiziki obyektləri dedikdə, xəstə, xəstəxana, həkim, tibbi qurğular, orqanlar və s. nəzərdə tutulur. Cədvəl 1-də səhiyyə sisteminin fiziki obyektlərinin RƏ-nin yaradılması üçün tələb olunan məlumat mənbələri və zəruri məlumatlar təqdim olunmuşdur.

CƏDVƏL 1. TİBBİ RƏ-NİN YARADILMASI ÜÇÜN ZƏRURİ OLAN MƏLUMAT MƏNBƏLƏRİ

No	RƏ ekosisteminin fiziki obyektləri	RƏ-nin yaradılması üçün zəruri olan məlumatlar
1	Xəstə	Genetik məlumatlar, laboratoriya nəticələri, tibbi təsvirlər, biotibbi siqnallar, fərdi məlumatlar, sosial göstəricilər
2	Xəstəxana	Tibbi resurslar (avadanlıq, dərman preparatları və s.), kadr resursları, xəstəxanadaxili əməliyyat məlumatları
3	Məlumat toplayan tibbi qurğular	Sensor məlumatları, keyfiyyət göstəriciləri, ətraf mühit məlumatları

Fərdmərkəzli tibbi RƏ-nin verilənlər bazasının formalaşdırılması üçün müvafiq fiziki obyektin bütün müayinə verilənləri ilə yanaşı, həm də IoT, IoMT vasitəsilə mütəmadi olaraq toplanan məlumatlar istifadə olunur [14-16]. Fiziki obyektlərdən toplanan məlumatlar böyük həcmli və müxtəlif xarakterli olmaqla yanaşı, həm də müxtəlif mənbələrdən əldə edilirlər. Bu baxımdan məlumatları toplandığı mənbələrə görə aşağıdakı kimi təsnifləndirmək olar [17]:

- İoT cihazları: qan təzyiqi, ürək döyüntüsü və digər biometrik parametrlər;
- Elektron Sağlamlıq Qeydləri (*ing. electronic health record (EHR)*): laboratoriya nəticələri, müalicə planları və xəstə tarixçəsi;
- Süni intellekt və analitik modellər: xəstənin sağlamlıq proqnozları və xəstəliklərin erkən aşkarlanması üçün məlumatlar və s.

Bu məlumatlar bulud sistemlərində saxlanılır.

Virtual obyekt – fiziki reallıqda mövcud olmayan, lakin rəqəmsal texnologiyalar vasitəsilə modelləşdirilərək kompüter mühitində vizuallaşdırılan, məntiqi struktura və funksional xüsusiyyətlərə malik süni obyektidir. Tətbiqlər obyektin fəaliyyətinə real vaxt rejimli nəzarət sistemi kimi istifadə olunur və bu sistem obyektin bütün həyat dövrü ərzində fəaliyyətdə olur.

Vizuallaşdırma sistemi – tibbin müxtəlif sahələrində verilənlərin idarə edilməsi modellərini, müxtəlif mənbələrdən alınmış informasiyanı və nəticələri əyani formada əks etdirir. Bu, tibbi fiziki obyektə baş verən proseslərin effektiv monitorinqinə, nəzarətinə və idarə edilməsinə imkan yaradır.

IV. MƏSƏLƏNİN QOYULUŞU VƏ HƏLLİ

Power BI platforması əsasında tibbi RƏ-nin yaradılması aşağıdakı məsələlərin həllini tələb edir.

1. İnsan bədəninin orqan və müvafiq xəstəliklər səviyyəsində RƏ-nin qurulması;
2. Məlumatların vizuallaşdırılması əsasında tibbi rəqəmsal

əkizin yaradılması.

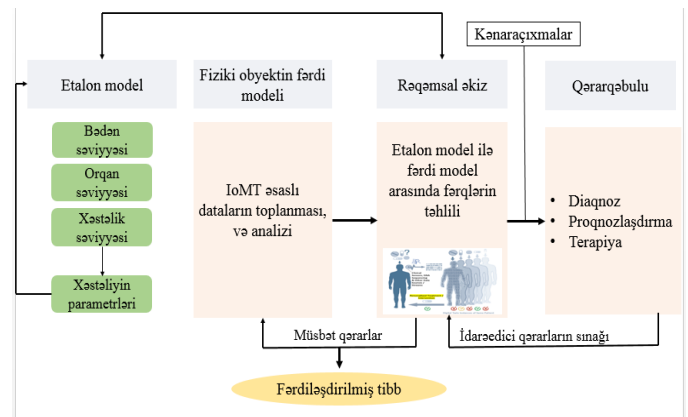
A. İnsan bədəninin orqan və müvafiq xəstəliklər səviyyəsində RƏ-nin qurulması.

RƏ-nin insan bədəninin orqan və müvafiq xəstəliklər səviyyəsində qurulması üçün pasiyentlərdən IoMT texnologiyaları vasitəsilə mütəmadi olaraq toplanan tibbi məlumatlardan istifadə olunur. Tərəfimizdən şəkil 2-də insan bədəninin orqan və müvafiq xəstəliklər səviyyəsində IoMT əsaslı RƏ-nin formalaşması və arxitektura-texnoloji prinsipləri sxematik təsvir olunmuşdur. Sxema müvafiq olaraq hər bir fizioloji səviyyə üzrə xəstəliyi xarakterizə edən zəruri tibbi göstəricilərin normativ qiymətləri əsasında fiziki tibbi obyektin etalon rəqəmsal modeli qurulur.

Fiziki obyektin fərdi modelinin qurulması üçün IoMT texnologiyaları vasitəsilə konkret pasiyentin xəstəliyini xarakterizə edən göstəricilərin real qiymətləri toplanır və analiz edilir. Bu proses dinamik olaraq fasiləsiz davam edir.

RƏ səviyyəsində qurulmuş etalon və fiziki obyektin real modeli arasındakı fərqlərin təhlili aparılır:

- a) bütün fizioloji səviyyələrə uyğun baxılan parametrlər üzrə kənarçıxmalar müəyyən edilir;
- b) mövcud situasiyanın intellektual analizi aparılır və müvafiq qərar qəbul edilir;
- c) əldə edilmiş müsbət qərarlar həmin pasiyentin müayinəsi, diaqnozu, xəstəliklərin proqnozlaşdırılması və IoMT-nin təyin edilməsi üçün istifadə edilir.



Şəkil 2. Tibbi göstəricilər əsasında RƏ-nin formalaşması və arxitektura-texnoloji prinsipləri.

B. Tibbi məlumatların vizuallaşdırılması əsasında tibbi rəqəmsal əkizin yaradılması:

Rəqəmsal əkizin vizuallaşdırılması virtual obyektin fiziki obyektə baş verən dəyişikliklər ilə eyni vaxtda yenilənməsi üçün davamlı olaraq toplanmış məlumatlar əsasında onun əyani təqdimatıdır [18].

Məqalədə real tibbi verilənlərin vizuallaşdırılması üçün Microsoft tərəfindən inkişaf etdirilən bulud əsaslı verilənlərin analitika platforması Power BI proqram təminatından istifadə edilmişdir. Tibbi rəqəmsal əkiz verilənlərinin Power BI vasitəsilə vizuallaşdırılması səhiyyə xidmətlərini

optimallaşdırmaq və real zamanda məlumatlara əsaslanaraq qərar vermə prosesini təkmilləşdirmək üçün əlverişli bir yanaşmadır [19].

Power BI əsasında tibbi verilənlərin vizuallaşdırılması ilə rəqəmsal əkinin yaradılması alqoritmi aşağıdakı mərhələlər üzrə yerinə yetirilir:

Birinci mərhələ: Bazanın seçilməsi. Bu məqsədlə məlumatlar Azure Data Lake, SQL Database, API-lər və ya Excel kimi mənbələrdən Power BI-ya qoşula bilər.

IoT-da toplanan məlumatlar real vaxt rejimində dəyişən və dinamik xarakter daşıyır [20]. Lakin hazırda bu verilənlərə əlçatanlıq məhdud olduğundan təhlil üçün tərəfimizdən real verilənlər istifadə edilmişdir. Real verilənlər adətən sabit və diskret xarakterə malik olub, müəyyən zaman intervallarında

qeydə alınan məlumatları əks etdirir. Odur ki, real informasiya mənbəyi kimi ənənəvi kliniki praktikada həkimlərin xəstə ilə bağlı dövrü olaraq topladıqları mövcud milli bazaya istinad edilmişdir. Real baza qismində Azərbaycan Tibb Universitetinin Cərrahi xəstəliklər klinikasının həkimləri tərəfindən sirroz xəstələrinin Excel proqramında yaradılmış bazasından istifadə edilmişdir (şəkil 3).

İkinci mərhələ: Excel faylında toplanmış verilənlərin Power BI vizualizasiya proqramına yüklənməsi.

Üçüncü mərhələ: Məlumatların transformasiyası aparılır. Power BI-da məlumatların transformasiyası Power Query vasitəsilə yerinə yetirilir. Power Query – Microsoft tərəfindən hazırlanmış və əsasən Excel və Power BI daxilində istifadə olunan məlumatların gətirilməsi (import), təmizlənməsi, çevrilməsi və modelləşdirilməsi üçün istifadə edilən vizual sorğu redaktoru və məlumat çevirmə vasitəsidir. Bu mərhələdə aşağıdakı əsas məsələlər icra olunur:

- Tibbi göstəricilərdə boş xanalar aşkar edilərsə, bunlar ya silinir ya da uyğun şəkildə doldurulur;
- Outlier-lərin aşkarlanması, yəni anormal dəyərlərin aşdırılması. Outlier – verilmiş verilənlər toplusunda

digər dəyərlərdən statistik baxımdan əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənən və çox vaxt məlumatın ümumi tendensiyasını pozan və ya statistik modellərin nəticələrinə təsir göstərən dəyərdir.

- Generasiya olunan strukturlaşdırılmamış pərakəndə məlumatlar strukturlaşdırılır və s.

Fiziki obyektədən gələn məlumatların strukturlaşdırılması aşağıdakı imkanları yaradır:

- Xəstə məlumatlarını daha dəqiq təhlil etmək;
- Riskli vəziyyətləri öncədən aşkar etmək;
- Real vaxt göstəriciləri əsasında qərar qəbul etmək.

Sadələndirilmiş transformasiya mərhələlərinin reallaşdırılması nəticəsində xəstənin vəziyyətini xarakterizə edən hər bir tibbi parametrlər üzrə vizual təsvirlər yaratmaq mümkündür.

Dördüncü mərhələ: rəqəmsal əkin idarəetmə panelinin yaradılması. Məlumatların vizuallaşdırılması səhiyyə mütəxəssislərinə real vaxtda xəstənin vəziyyətinə nəzarət və çevik qərarlar qəbul etmək imkanı yaradır. Power BI-da **idarə panelləri** detallı təhlil və məqsədlə monitorinqi təmin edir.

Şəkil 4-də sirroz xəstələrinin dinamik dəyişən müayinə verilənləri əsasında qurulmuş rəqəmsal əkin:

a) Sirrozun növləri (HCV sirroz, HBV sirroz, ALK sirroz, sirroz) üzrə;

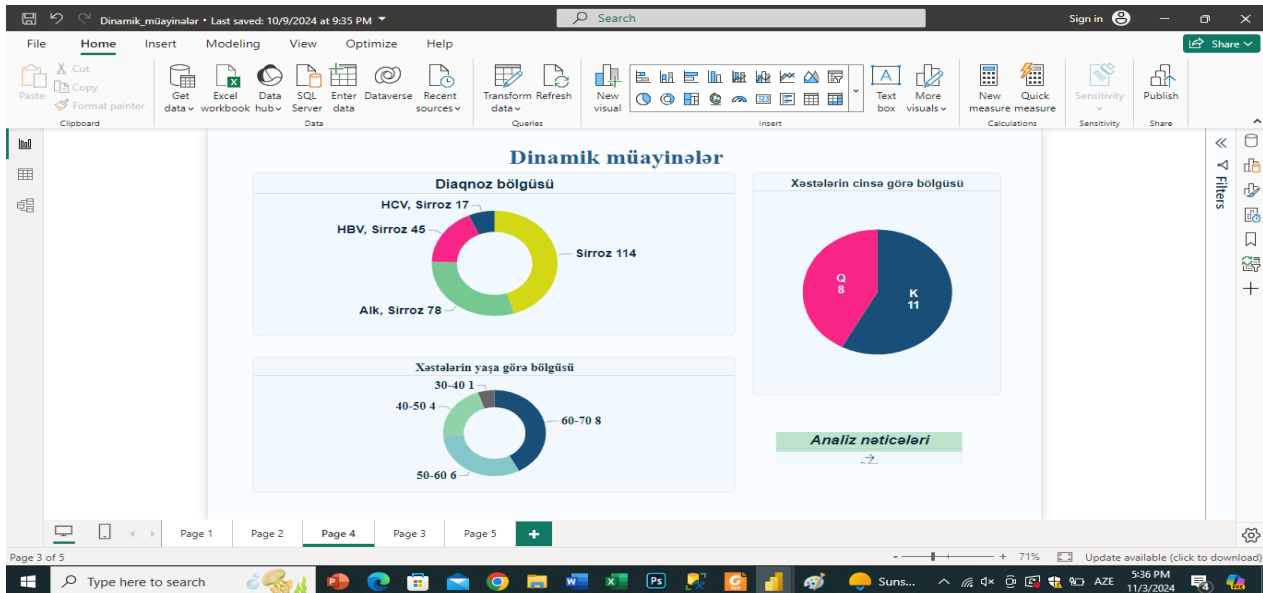
b) xəstələrin demografik paylanması (yaş, cins) üzrə idarəetmə paneli göstərilmişdir.

Şəkildən göründüyü kimi xəstələrdən 11 nəfəri kişi, 8 nəfəri qadın olmaqla, 1 nəfər 30-40 yaş, 4 nəfər 40-50 yaş, 6 nəfər 50-60 yaş və 8 nəfər 60-70 yaş qrupları üzrə paylanmışdır.

“Analiz nəticələri” düyməsinə vurduğumuz zaman şəkil 5-də təsvir olunan pəncərə açılır.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Ad Soyad	Diagnoz tarixi	Diagnoz	Təvəllüd	BÇİ	MELD	HB	Leyk	PLT	Neytrof	Limfosit	ECS
Xəstə 5	6/23/2023	Sirroz	1960		8	13.1	5.27	58	3.58	0.98	15
Xəstə 5	11/15/2023	Sirroz	1960		10	13	5.02	87	3.43	0.96	20
Xəstə 6	10/12/2019	HBV, Sirroz				13.4	8.44	221	5.02	2.51	15
Xəstə 6	11/4/2022	HBV, Sirroz				13.3	7.44	184	4.64	1.97	25
Xəstə 6	4/5/2023	HBV, Sirroz			9	13.5	7.53	122	4.94	1.81	30
Xəstə 6	4/27/2023	HBV, Sirroz			12	13.4	6.64	124	4.46	1.46	35
Xəstə 6	7/24/2023	HBV, Sirroz			12	12.9	6.72	145	4.15	1.79	40
Xəstə 6	11/1/2023	HBV, Sirroz			8	12	5.96	146	3.87	1.56	35
Xəstə 7	5/10/2023	Alk, Sirroz	1971		12	11.4	4.25	50	2.61	0.93	15
Xəstə 7	6/12/2023	Alk, Sirroz	1971		12	11	3.65	46	2.28	0.79	22

Şəkil 3. Azərbaycan Tibb Universitetinin Cərrahi xəstəliklər klinikasının həkimləri tərəfindən sirroz xəstəlikləri ilə bağlı yaradılmış verilənlər bazasından fraqment.



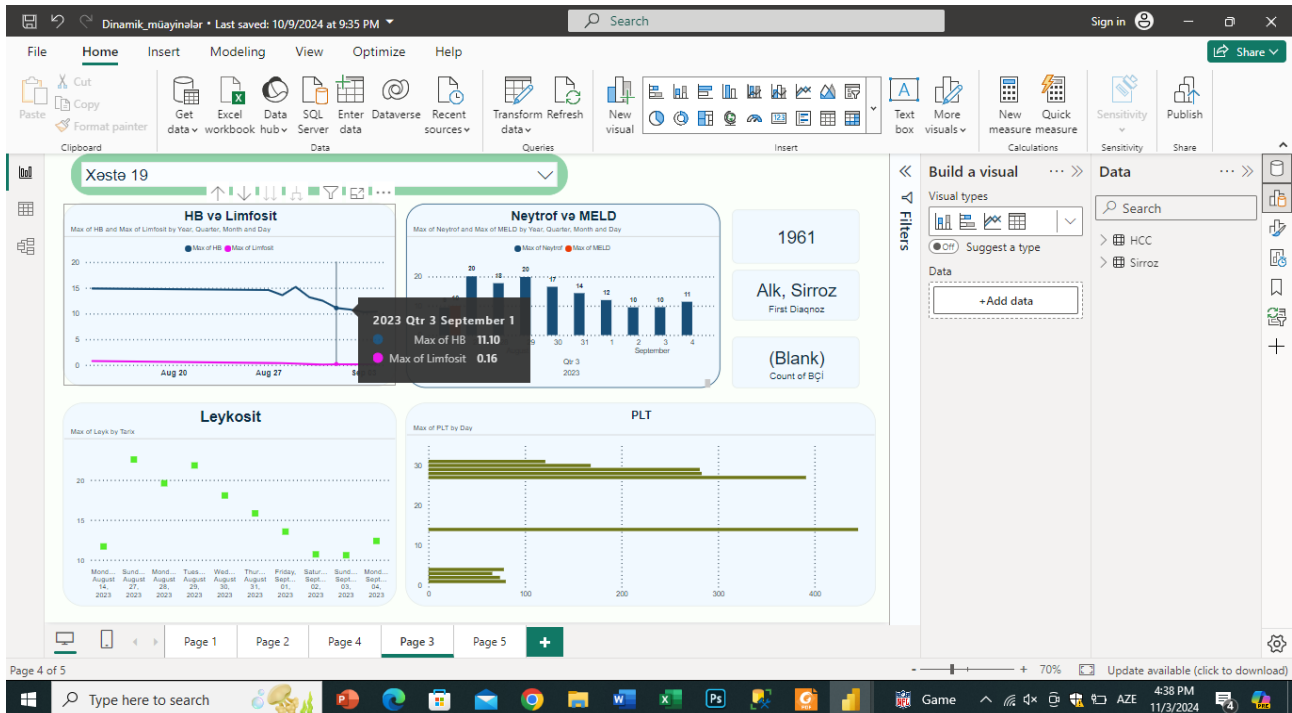
Şəkil 4. Rəqəmsal əkiz idarəetmə paneli:
a) Sirrozun növləri (HCV sirroz, HBV sirroz, ALK sirroz, sirroz) üzrə;
b) xəstələrin demoqrafik paylanması (yaş, cins) üzrə

Şəkil 5. “Analiz nəticələri” ilə bağlı giriş pəncərəsi.

Giriş pəncərəsində hər hansı bir xəstənin fərdi analiz nəticələrinə baxmaq üçün siyahıdan həmin xəstənin adı seçilir. Şəkil 6-da təsvir olunmuş pəncərədə konkret seçilmiş xəstə üçün *Gauge chart*, *line chart* və *slicer* kimi vizual alətlər vasitəsilə həmin xəstənin doğum ilini, xəstəliyin növünü və laboratoriya analiz nəticələrinin zamandan asılı olaraq necə dəyişdiyini görmək mümkündür. Həmin qrafiklərdə istənilən nöqtəyə yaxınlaşmaqla analizin verilmə tarixini və nəticəsini görmək mümkündür.

Power BI-da hazırlanan idarə panelləri vasitəsilə fiziki obyektədən alınan məlumatların real vaxt rejimində vizuallaşdırılması aşağıdakı imkanlar yaradır:

- İdarə paneli xəstənin hər bir tibbi parametri üzrə formalaşmış zaman sıralarının dinamikasını əks etdirir;
- Xəstəliklərin erkən proqnozlaşdırılması və müalicə proseslərinin optimallaşdırılması təmin edilir;
- Hər bir xəstə ilə bağlı fərdiləşdirilmiş göstəricilərin vizual görüntüsünü yaratmaqla həkimlər üçün qərar qəbul prosesini sürətləndirir.



Şəkil 6. Sirroz xəstəsinin rəqəmsal əkizinin vizual görüntüsü.

Belə bir “rəqəmsal əkiz” pasiyent haqqında məlumatları özündə ehtiva edir, xəstəliyin inkişafı tendensiyalarını göstərir və hər bir tibbi müayinədən sonra verilənləri yeniləməklə xəstənin sağlamlıq vəziyyətinin trayektoriyasını formalaşdırır.

Təklif etdiyimiz alqoritm əsasında analoji qaydada digər xəstəliklər ilə bağlı müayinə verilənlərinin vizuallaşdırılması ilə rəqəmsal əkiznin yaradılması mümkündür.

Beləliklə, fərdi tibbi məlumatların Power BI vasitəsilə vizuallaşdırılması real zamanda yaradılan idarə panelləri vasitəsilə xəstələrin vəziyyətini davamlı olaraq izləmək və vaxtında tibbi müdaxilələr həyata keçirməyə imkan verir.

NƏTİCƏ

Tibbi rəqəmsal əkizlərdən istifadə səhiyyə sektorunda fərdi müləicə proqramlarının təkmilləşdirilməsi üçün böyük potensiala malikdir. Baxılan məqalədə pasiyentlərdən toplanan məlumatlar əsasında fiziki obyektin virtual obyektə transformasiyası – RƏ-nin yaradılması arxitekturası verilmişdir. İnsan bədəninin orqan və müvafiq xəstəliklər səviyyəsində RƏ-nin arxitektur-texnoloji prinsipləri və virtual obyektin formalaşması mərhələləri və sxematik təsviri təklif edilmişdir. RƏ-nin yaradılmasında real zaman məlumatları qismində xəstələrin kliniki praktikada mütəmadi olaraq həkim nəzarəti əsasında toplanmış məlumatlara istinad edilmiş və Power BI platformasında vizuallaşma sisteminin qurulması alqoritmı verilmişdir. Power BI vizuallaşma aləti müxtəlif zaman anlarında qeydə alınmış parametrlərə görə həmin parametrlərin dəyişmə trayektoriyasını əyani təsvir edir, xəstənin həyati vacib tibbi göstəricilərinə zaman və məkan

komponentləri ilə birgə kontekstdə baxmağa şərait yaradır, bu da mövcud vəziyyətin kritikliyinin qiymətləndirilməsində həkimlərə dəstək göstərir. Gələcək tədqiqatlarda xəstənin IoMT əsaslı kliniki göstəricilərinə görə onun sağlamlığının proqnozunu verilməsi ilə bağlı tədqiqatların aparılması nəzərdə tutulur.

İSTİNADLAR

- [1] F. Zaoui and N. Souissi, “Roadmap for digital transformation: A literature review,” *Procedia Computer Science*, vol. 175, pp. 621-628, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.07.090>.
- [2] K. Zhang, H. Zhou, T. Daniel and Baptista-Hon, etc. “Concepts and applications of digital twins in healthcare and medicine,” *Patterns*, vol. 5, Issue 8, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.patter.2024.101028>.
- [3] K. Y. Lim, P. Zheng and C. H. Chen, “A state-of-the-art survey of digital twin: Techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives,” *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol.31, pp.1313–1337. 2020 DOI: 10.1007/s10845-019-01512-w.
- [4] M. Grieves and J. Vickers, “Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems”, In: Kahlen F.J., Flumerfelt S., Alves A. (eds) *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*, pp.85–113, 2017.
- [5] J. Zhou, S. Zhang and M. Gu, “Revisiting digital twins: Origins, fundamentals, and practices.”, *Front. Eng. Manag.* vol.9, pp.668–676 2022, <https://doi.org/10.1007/s42524-022-0216-2>
- [6] M. Pantelidakis, K. Mykoniatis, J. Liu and G. Harris, “A digital twin ecosystem for additive manufacturing using a real-time development platform”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol.120, pp. 6547-6563, 13 April 2022, <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09164-6>
- [7] E. VanDerHorn and S. Mahadevan, “Digital Twin: Generalization, characterization and implementation”, *Decision Support Systems*, vol. 145, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.dss.2021.113524>.

- [8] G. Coorey, G. Figtree and D. Fletcher et al. “The health digital twin to tackle cardiovascular disease—a review of an emerging interdisciplinary field”, npj Digit. Med. vol.5, p.126, 2022, <https://doi.org/10.1038/s41746-022-00640-7>.
- [9] L. El-Warrak and CM. de Farias, “The State of the Art of Digital Twins in Health—A Quick Review of the Literature.” Computers, vol. 13, p.228, 2024, <https://doi.org/10.3390/computers13090228>
- [10] M. Mammadova and A. Ahmadova, “Development of digital twin ecosystem and ontology in medicine.” Technology transfer: fundamental principles and innovative technical solutions pp. 21–23, 29 November 2023, <https://doi.org/10.21303/2585-6847.2023.003203>
- [11] A. Ahmadova, “Applications of digital twins in medicine and the ontological model of medical digital twins”, Problems of Information Society, vol.15, pp.98-105, 2024, <http://doi.org/10.25045/jpis.v15.i1.10>.
- [12] T. Sun, X. He and Z. Li, “Digital twin in healthcare: Recent updates and challenges.”, Digit Health, vol. 9: pp.1–13, January 3 2023, doi: 10.1177/20552076221149651.
- [13] R. Liyanage, N. Tripathi, N. Paivarinta and Y. Xu, “Digital Twin Ecosystems: Potential Stakeholders and Their Requirements.”, Lecture Notes in Business Information Processing, vol. 463, pp. 19-34, 29 October 2022, https://doi.org/10.1007/978-3-031-20706-8_2
- [14] M. Mammadova and Z. Jabrayilova, “Synthesis of decision making in a distributed intelligent personnel health management system on offshore oil platform.” EUREKA: Physics and Engineering, vol. 4, pp. 179–192, 2022, <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002520>.
- [15] M. Mammadova and Z. Jabrayilova, “Decision Making in a Distributed Intelligent Personnel Health Management System on Offshore Oil Platform.” Studies in Fuzziness and Soft Computing 423 vol.2, pp.145–153, 27 June 2023, https://doi.org/10.1007/978-3-031-23476-7_14
- [16] M. Mammadova , Z. Jabrayilova , A. Ahmadova, “Chapter4 Methodological approaches to the intelligent human factor management on an offshore oil and gas platforms”, Tallinn : Scientific Route, pp.30, 2023, <https://doi.org/10.21303/978-9916-9850-2-1.ch4>
- [17] B. Björnsson, C. Borrebaeck and N. Elander et al. “Digital twins to personalize medicine.” Genome Med, vol.12, 31 December 2020, <https://doi.org/10.1186/s13073-019-0701-3>
- [18] Y. Fan, J. Yang, J. Chen and B. Zhou, “A digital-twin visualized architecture for Flexible Manufacturing System” Journal of Manufacturing Systems, vol.60, pp. 176-201, July 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.05.010>Get rights and content.
- [19] S. M. Zulkafli, M. M. Ariffin and A. Zakariya, "Data Analytics and Visualization of Remote Healthcare Monitoring System," 2022 6th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation ICCUBEA, Pune, India, pp. 1-6, 2022, doi: 10.1109/ICCUBEA54992.2022.10010938.
- [20] L. Shen, Y. Jiang, T. Zhang et al., "Machine learning for dynamic prognostication of patients with hepatocellular carcinoma using time-series data: Survival Path versus Dynamic-DeepHit HCC model," Cancer Informatics, vol. 23, 2024. doi: 10.1177/11769351241289719.