



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA DOLGOZAT

**Folyamatfejlesztés digitalizációs
eszközökkel a sürgősségi
betegellátásban egy magyar SBO
példáján keresztül**

Tóth Ádám

Horváth Ádám

Konzulens:

Dr. Bóna Krisztián

2024.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezető	1
2.	A téma előzménye	2
2.1.	A folyamat külön perspektívákból	2
2.2.	A dashboard koncepció digitális iker (DI) integrációval	5
2.2.1.	A DI-ben rejlő lehetőségek.....	5
2.2.2.	Dashboard – egyénekre (esetekre) testreszabott felület	6
2.2.3.	Közösségi felület	7
2.2.4.	Betegellátó munkát támogató dashboard felület	8
3.	Piackutatás.....	9
3.1.	Fontos tényezők az egészségügyi dashboardok bevezetésében	9
3.1.1.	Bármikor, bárhol egy pillantásra	9
3.1.2.	Minimális zavar a munkamenetben.....	9
3.1.3.	Betegjogok, személyes adatok megőrzése	10
3.1.4.	A szükséges adatok minőségi követelményei	10
3.2.	Digitális iker bevezetésének problémái az egészségügyben, a jelenállapot.....	12
3.3.	Hazai egészségügyben alkalmazott szoftveres megoldások	14
3.4.	Külföldi szoftveres megoldások az egészségügyben	15
3.5.	Összegzés	17
4.	Adatszűrés, a kapott adatok minősége	18
5.	Intelligens adatgyűjtő rendszerek	20
5.1.	A technológiai háttér	20
5.1.1.	Adathordozók	21
5.1.2.	IPS	22
5.1.3.	Az azonosítandó entitások.....	22
5.1.4.	Zónák kialakítása.....	23
6.	Adatelemzés	24

6.1.	Érkezések	24
6.1.1.	Az érkezés módjának arányszámai	24
6.1.2.	Érkezési intenzitások	26
6.2.	Normalitásvizsgálat QQ-plotokkal	28
6.2.1.	Képalkotó vizsgálat	29
6.3.	A számított időparaméterek a szimulációhoz	31
7.	Szimulációs modell realizációja AnyLogic-ban	32
7.1.	Az AnyLogic-ban használt „agent”-ek ismertetése	32
7.1.1.	Az AnyLogic-ban használt blokkok bemutatása	35
8.	Adatbázis létrehozása a szimulációban, az adatok exportálásának módja és azok vizualizációja Power Bi környezetben	40
8.1.	Az adatmodell bemutatása és az adatok exportálása	40
8.1.1.	A paraméterek bevitelére szolgáló felület bemutatása	42
8.2.	Adatvizualizáció	44
9.	Összefoglalás	50
	Irodalomjegyzék	51
	Ábrajegyzék	54
	Táblázatjegyzék	56

1. Bevezető

A 21. század előrehaladtával mind az egészségügyi ellátórendszerek hatékonysága, mind az adatok gyűjtése meghatározó szerepet kapott, egyenként és együttesen egyaránt. Az életünk minden pontját adatok övezik, így az életünket megóvó és megmentő orvosi diszciplínával sem kellene, hogy ez másként legyen. Több korábbi dolgozat is készült már az Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszéken (ALRT), amelyekben sikerült feltárni számos párhuzamot az értékteremtő láncokban működő értékteremtő folyamatok és a sürgősségi betegellátó osztályok (SBO-k) értékteremtő folyamatai között [1], valamint az SBO-kon eddig nem használt korszerű folyamatfejlesztési módszertanok alkalmazhatóságát is. [2]

Ebben a dolgozatban azt a kérdéskört járjuk körbe, hogy jelenleg hogyan működik a különböző esetekhez rendelt, a betegellátási folyamatot leíró adatok rögzítése egy hazai SBO példáján keresztül, milyen következtetéseket lehet ezekből az adatokból levonni, illetve melyek lehetnek azok a megoldások, amelyek elősegítenék a még hatékonyabb adatrögzítést, és azok felhasználását a betegellátási folyamatban, implicit növelve az ellátás színvonalát.

A vizsgálatok a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Karán üzemeltetett SBO közreműködésével valósultak meg. A pilot projektben vizsgált adatok egy féléves időszakot ölelnek fel, amelyben mintegy 18 867 esetet rögzítettek, a hozzátartozó 43 403 vizsgálattípussal. Az adathalmaz segítségével átfogó képet alkothattunk az egyes vizsgálati idők hosszának megoszlásáról, a különböző jellegű és súlyosságú esetekhez rendelt vizsgálatok valószínűségéről, valamint érkezési intenzitásukról.

A kutatás következő eleme egy komplex dashboard rendszer prototípusának létrehozása. Az eddigi kutatásaink során arra jutottunk, hogy azon felül, hogy az SBO-kon dolgozó orvosok munkáját lehetne elősegíteni az adatvizualizációval, az igazán hiánypótló szolgáltatás a betegeket célozná meg. [3] Az orvos-beteg kommunikációs csatorna digitális támogatása csökkentené a bizonytalanságot, amelyet a betegek információ hiányában élnek meg. Éppen ezért három külön felületet definiáltunk: elsősorban természetesen az orvosok számára, diszpozíciós és folyamatmenedzsment funkciókkal, amely hazai szinten önmagában is egyedülálló lenne. A másik két felület azonban nemzetközi szinten is kiemelkedő lehet, mivel ez a betegoldalra összpontosít: az egyik a váróban tartózkodó betegek számára szolgáltat általános információkat, míg a másik személyre szabottan, mobilalkalmazás formájában mutatná meg az egyes esetek folyamatban történő elhelyezkedését.

Távlati célunk a digitális ikertechnológia implementálása az SBO folyamatainak optimalizálása céljából, amely valós időben képes követni és megjeleníteni a sztochasztikusan beérkező betegeket, a dashboard funkciókat is integrálva, illetve akár azzal együttműködve. Ezen felül az ikertechnológia beépítésének előnye az lenne, hogy komplex algoritmusokon keresztül predikciókat tegyen az esetszámok alakulására, illetve az esetek közti optimális sorrendre, ezzel egy, az adott esetekhez tartozó átfutási időt eredményezve.

2. A téma előzménye

Az ALRT tanszéken az elmúlt évek során több kutatási projekt is foglalkozott az egészségügy, azon belül is a sürgősségi betegellátó osztályok (SBO-k) hatékonyságának növelésével és folyamatainak optimalizálásával. Az itt folytatott kutatások eredményeképp számos TDK munka született, amelyek nem csupán hazai szinten, hanem nemzetközi fórumokon is elismerésre találtak. Ezek a kutatások mélyebb rálátást nyújtanak a hazai SBO-k működésére, feltárva azokat a kihívásokat és fejlesztési lehetőségeket, amelyek kiindulópontként szolgálhatnak a jelen dolgozat témájához.

A következő szakaszban olyan gondolatokat és következtetéseket fogunk összefoglalni, amelyek az előző TDK munkákban már kifejtésre kerültek, és amelyek előzményként alapozzák meg a mostani dolgozat célkitűzéseit. A korábbi munkák áttekintése nemcsak a jelenlegi projekt helyét és jelentőségét mutatja be, hanem arra is rávilágít, hogy milyen területeken született előrehaladás, illetve melyek azok a még megoldásra váró problémák, amelyek további fejlesztési lehetőségeket rejtenek az SBO-k hatékonyságának javításában.

2.1. A folyamat külön perspektívákból

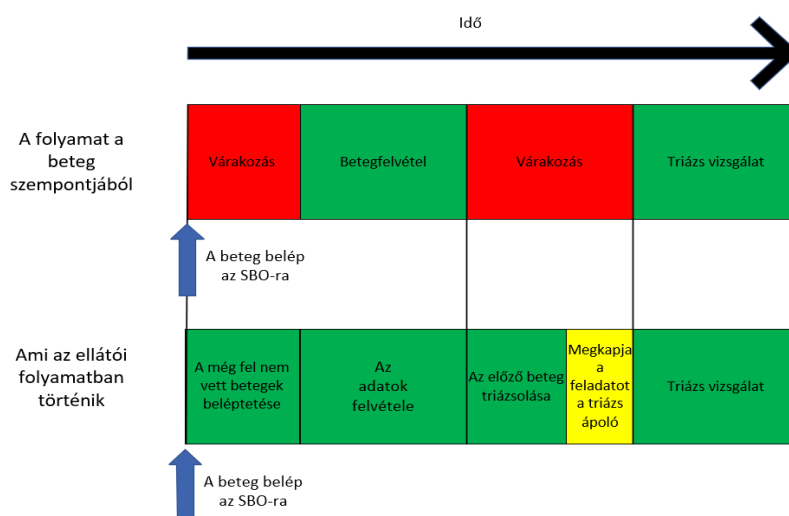
A következőekben arra szeretnénk felhívni a figyelmet, hogy a jelen állapot szerint hogyan érzékelheti a beteg az ellátói folyamatban eltöltött időt, illetve annak összetételét. Az **1. ábra** azokat a főbb lépéseket ábrázolja, amelyeket az SBO értékteremtő folyamatában egy-egy kezelt eset kapcsán jellemzően végre kell hajtani. Az egyes vizsgálatok tovább bonthatók, többször is elvégezhetik azokat, viszont az is előfordulhat, hogy nincs szükség bizonyos vizsgálatok végrehajtására. [3]



1. ábra- A sürgősségi betegellátó folyamat leegyszerűsített váza, forrás: [3]

Az értékteremtés során megfigyelhető az a jelenség, hogy az egyes fázisokat tekintve az értékteremtő feladatok jelentős része nem a beteg „szeme előtt” zajlik, így ezekbe a beteg nincs beavatva és nem láthatja mi történik valójában. Ez önmagában még kevésbé probléma, és a legtöbb esetben nem is elvárható. A nagyobb baj az, hogy az esettel, illetve az elvégzendő műveletekkel kapcsolatban a beteg (és/ vagy hozzátartozója) semmilyen, vagy csak igen szűrványos információval rendelkezik. Ezek miatt vevői szempontból (azaz a beteg szempontjából vizsgálva) gyakran tűnhet úgy, hogy az átfutási idő jelentős része „értelmetlen” várakozással telik el. Emiatt fontosnak tartjuk, hogy a főbb fázisokban zajló értékteremtő feladatok egymásra épülése „vevői” és „ellátói” szempontból is világossá váljon. [3]

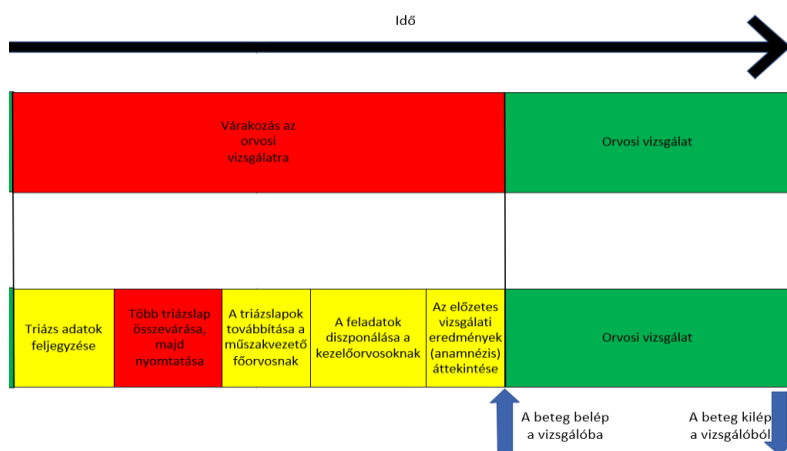
A következő **2. ábra** a betegfelvételi, és a triázs fázis időbeli lefolyását ábrázolja két külön nézőpontból, az egyik az, hogy mit tapasztal a beteg, a másik, pedig az, hogy mi történik az ellátói oldalon. Ezek a lépések általánosítások, az egyes elemek mérete arányaiban próbálja reprezentálni az átlagos időszükségletet. A különböző színű jelölések pedig a veszteség, szükséges, de nem értékteremtő, illetve értékteremtő időket hivatottak bemutatni, rendre piros, sárga és zöld színekkel. [3]



2. ábra- A betegfelvétel és a triázs külön perspektívákból, forrás: [3]

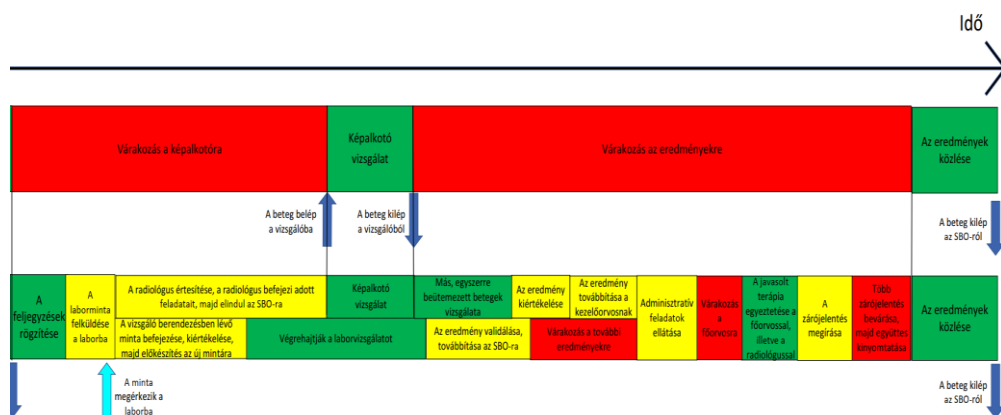
A következő lépés a folyamatban az orvosi vizsgálat, illetve az azt megelőző várakozás a beteg részéről. Azonban, ahogy a **3. ábra** is szemlélteti, az orvos a vizsgálat előtt jellemzően megnyitja a beteg kórtörténetét, ismerkedve az esettel, így előre felkészülve a következő vizsgálatra. Emellett az a jelenség is gyakran előfordul, hogy az ápolók összevárnak több kinyomtatott triázslapot, és azt a főorvosnak egyszerre adják át további feldolgozásra a feladatok kiosztása érdekében. Az ilyen jellegű anyagmozgatások eliminálásával rövidíteni

lehetne az ellátás átfutási idejét, azonban fontos leszögezni, hogy alapvetően nem emiatt várakozik a beteg, mint ahogy az alább látható. [3]



3. ábra- Az orvosi vizsgálat és az azt megelőző műveletek külön perspektívákból, forrás: [3]

Az orvosi vizsgálatot követően pedig szétvágjuk a folyamat, abban az esetben, ha képalkotó vizsgálat is szükséges. Laborvizsgálatot az esetek többségében végeznek a betegeken, azonban, ha képalkotó vizsgálatra is szükség van, akkor párhuzamosan tud továbbhaladni több művelet is, amelyek a beteg előtt „rejtve” maradnak. Ezt teszi lehetővé, hogy a laborvizsgálatokhoz szükséges minták levétele az első orvosi vizsgálat során megtörténjen. A vizsgált pécsi SBO esetében ez a lépés már a triázs vizsgálat során fellép, így sok esetben az első orvosi vizsgálat során már akár rendelkezésre is állhat a laborminta eredménye. Mind a két lehetséges vizsgálat típus végrehajtása során külső osztályon dolgozó szakember bevonása is szükséges lehet, így ezeknek a szakembereknek a további teendőivel is össze kell koordinálni az SBO-s betegek által keltett igényeket. A **4. ábra** szemlélteti ezt a párhuzamos működést, illetve a folyamat végét. [3]



4. ábra- A vizsgálatok kiértékelésével járó teendők, forrás: [3]

Azt feltételezzük, hogy nagyban növelne a betegek közérzetén, elégedettségén, ha tisztában lennének az SBO működésére vonatkozó adatok egy részével, megértve annak összetételét, és így felkészülve az ott töltött idő mértékére. Továbbá, ha a betegeknek lehetősége lenne követni, hogy a saját esetük éppen milyen stádiumban, melyik szakaszában van a folyamatnak, ezzel az „elfeledettség” érzését ki lehetne küszöbölni. A következő fejezetben többek között ennek a jelenségnek a támogatására szeretnénk bemutatni digitális megoldásokat. [3]

2.2. A dashboard koncepció digitális iker (DI) integrációval

2.2.1. A DI-ben rejlő lehetőségek

A SBO-k működése során keletkező minőségi adatok felhasználásának jelentőségét mutatja egy közelmúltban publikált cikk is, amelyben egy SBO-ra érkező igények előrejelzését tűzték ki célul. Ebben egy SARIMA jellegű előrejelző modellt, illetve mesterséges intelligenciát alkalmazva egész kis hibaértékkel sikerült a múltbeli adatokra előrejelző modellt illeszteniük a kutatóknak.[14][15] Az ilyen jellegű előrejelzések ugyan nem fogják teljes mértékben letükrözni a valós igényeket, azonban átfogó képet adhatnak a műszakok erőforrásainak tervezésére vonatkozóan, hiszen az igények változásában fellelhetők bizonyos ismétlődő jelenségek, melyet akár a klasszikus idősoros modellek is le tudnak képezni megfelelő pontossággal. Ezek az előrejelzések a feladatok diszponálásában is akár komoly segítséget adhatnak, illetve jelentős értéket jelenthet, hogy a **DI technológián alapuló modell intelligenciájába is integrálhatók**. Ezekkel a modellekkel számos operatív kérdéskört lehet támogatni, akár olyanokat is, amelyek kissé túlnyúlnak az SBO-k belső (intralogisztikai) rendszerén, így például a NEDOCS¹ indikátor alapján telítettségi előrejelzés alapú eset diszpozíció is elképzelhető lenne az OMSZ irányába olyan esetekben, amikor több intézmény is szóba jöhet egy-egy feladat kapcsán. [3]

Világosan látszódik tehát, hogy minden fejlesztésnek az alapja a megfelelő **menyiségű** és **minőségű**, a rendszer működése során folyamatosan gyűjtött **releváns** adat. Az adatok relevanciáján azt értjük, hogy – elkerülve a felesleges munkát és az adatok halmozását – csak azokat az adatokat gyűjtsük, melyekre valóban szükség is van az SBO ellátó rendszere **pillanatnyi állapotának**, illetve **jövőbeli lehetséges állapotainak** értékelése során. Továbbá azokat az adatokat, melyekkel megvalósítható a **totális digitális kommunikáció** az összes

¹ NEDOCS = National Emergency Department OverCrowding Scale

kommunikációban érintett fél (ápoló, orvos, betegszállító, egyéb alkalmazott, beteg, illetve hozzátartozó) között. [3]

A DI technológia hipotézisünk szerint a jövő SBO döntéshozatalában elengedhetetlen lesz, azonban nagyon hosszú út áll a bevezetése előtt. A végcél egyértelműen egy DI technológián alapuló megoldás létrehozása, azonban az ide vezető úton létezhetnek olyan további lehetőségek (mérőkövek) is, melyekkel már jelentős mértékben javítani lehetne a jelenleg fennálló állapotot, és el lehetne indulni a kommunikáció és a döntéstámogatás fejlesztésének az irányába. Véleményünk szerint a nulladik lépés a **digitalizáció** megkezdése, a teljes **átláthatóság** és **követhetőség** megvalósítása lehet a DI technológia irányába. Ehhez készítettünk egy olyan **adatmodellt**, amely lefedheti az adatszükségletet és struktúrát ad a kiszolgáló folyamatok követéséhez szükséges összes adatnak. Annak fényében, hogy jelenleg sajnos az adatgyűjtés sincs kellőképpen megoldva, a következő lépcsőfok még nem a DI technológia alkalmazása a hazai SBO-kon. Mindemellett viszont elképzelhető első körben egy olyan, több szegmensre bontható **dashboard** rendszer kialakítása, amely a már meglévő adatokon alapul, és egy differenciált adatközlésen és vizualizáción alapuló indikátor rendszert és kommunikációt lehetne megvalósítani rajta keresztül az összes fentebb említett relációban, továbbá utat nyithatna a DI technológia irányába is az adatmodellben tárolt adatok felhasználásán keresztül. [3][4]

2.2.2. Dashboard – egyénekre (esetekre) testreszabott felület

Az első szakaszban a meglévő adatok, illetve egyszerű szimulációs modellek alkotnák az adat bemenetet, viszont a későbbiekben ehhez lehetne hozzáépíteni az imént taglalt DI technológiát.

Ahhoz, hogy differenciáltan, csak a saját adatait láthassa a beteg, szükség lenne egy bejelentkezésre, amit pl. TAJ-szám alapján lehetne megoldani egy erre a célra kialakított honlapon háromrétegű architektúrában, amelyen definiált felületet és a szolgáltatásokat akár egy mobil applikáció formájában is el lehetne érni a terveink szerint. [3]

Ezen a felületen jelennének meg a beteg ellátásával kapcsolatos személyes adatok, pl., hogy melyik ellátási lépésnél tart az adott beteg, továbbá, hogy milyen triázskategóriát kapott, melyik kezelőorvoshoz lett diszponálva az esete, így milyen átfutási időkre számíthat nagyságrendileg a soron következő vizsgálatig, valamint globálisan az eltöltött idő hol tart, eddig mire fordítódott ez az időtartam az ellátás tekintetében stb. Ezek mellett a kirendelt vizsgálatokról,

terápiákról is értesítést kaphatna a beteg. Mindemellett előzetesen az esettel célba vett SBO zsúfoltságaról is számot adna az alkalmazás, így akár előre online módon meg lehetne tekinteni mekkora várakozás, tömeg várható az adott osztályon. Célunk ezzel akár preemptív módon csökkenteni az SBO-k terhelését. [3]

2.2.3. Közösségi felület

Több itthoni intézményben találkoztunk azzal, hogy a váróban kijelzők függenek a falon, amelyek legtöbb esetben sajnos kikapcsolt állapotban vannak (pl. **5. ábra**). Az ilyen kijelzőket kihasználva, beruházás nélkül lehetne implementálni ezt a felületet, amely javíthatna az ellátási színvonalon. [3]



5. ábra- Kihasztnátlan kijelzők egy hazai SBO-n, forrás: [3]

A kivetítőn olyan adatok megjelenítése szükséges, amely vizuálisan, könnyen érthetően sok információt tud a betegeknek szolgáltatni. Azonban, mivel általános adatokról van szó, így személyes információk nem szerepelhetnek a kijelzőn, csak az osztályon zajló folyamatok egészéről adhat átfogó tájékoztatást a paraméterhalmaz. Ilyen paraméterek lehetnek az osztályon egyszerre tartózkodó betegek száma, a laborvizsgálatra várakozók száma (ugyanis ennél a műveletnél történik jellemzően a legtöbb várakozás, félreértés), a képalkotó vizsgálatra várakozók száma, a konzíliumra várakozók száma, az elbocsátás előtt álló betegek száma, az adott műszakban feldolgozott esetek száma, illetve az átlagos átfutási idő és az összesített átlagos várakozási idő az adott műszakban. Emellett azt is érdemes lehet a betegek felé közölni, hogy az adott kezelőorvos egyszerre milyen számosságú beteget lát el adott pillanatban, mutatva a leterheltségét, és azt, hogy miért kell várni a vizsgálatra. [3]

Ezen információk segíthetnek a várakozás során olyan információkat nyújtani a betegnek, amelyek a bizonytalanságát csökkentik, illetve elősegítik a felkészülést az SBO-n töltött időszakra. Azért fontos ez a kommunikációs réteg, hiszen nem mindenkinek van lehetősége mobilalkalmazás formájában, illetve interneten hozzáférni a személyes adatokhoz, így ezeknek a betegeknek, illetve hozzátartozóiknak is segíthetne ez a megoldás. [3]

2.2.4. Betegellátó munkát támogató dashboard felület

Végül a harmadik felület az orvosok, illetve ápolók támogatására készül. A projekt első szakaszában erre a platformra került a fókusz. Egy olyan testreszabható, dinamikus dashboardot képzelünk el, amely az egyes felhasználóknak a saját preferenciáik szerint releváns információkat a lehető leghatékonyabban adja át anélkül, hogy elveszne a közölni kívánt adat. Emellett zárt szerveren tárolt adatok képezik a bemenetét, amelyből kimenetként egy átfogó vizuális menedzsment eszköz mutat rá esetleges szűk keresztmetszetekre, trendekre az adott SBO-n. Végezetül mindezt úgy valósítja meg, hogy a dolgozóknak ne kelljen többlet energiát fordítaniuk az adatok gyűjtésére. Mielőtt rátérnénk a pilot szoftverre, rá szeretnénk mutatni arra a tényre, hogy milyen minőségű és mennyiségű ehhez hasonló szoftveres megoldás létezik a hazai és külföldi egészségügyi ellátásban.

3. Piackutatás

A következőekben már meglévő digitális megoldásokat és az azok alkalmazásához tartozó nehézségeket szeretnénk bemutatni. Elsődlegesen a dashboard szoftverek, illetve a digitális iker technológiához kapcsolódó kutatási eredményeket mutatjuk be, majd pedig a használatban lévő gyakorlati megoldásokkal foglalkozunk.

3.1. Fontos tényezők az egészségügyi dashboardok bevezetésében

A [5]-os esettanulmányban taglalt három alap „princípium”, amit a dashboardokkal kapcsolatban fogalmaztak meg úgy véljük, hogy nem kizárólagosan, viszont az egészségügyben különösen fontosak. Mi is hasonló elveket fogalmaztunk meg az előző dolgozatban, [3] így ezek megerősítésre is találtak.

3.1.1. *Bármikor, bárhol egy pillantásra*

Függetlenül attól, hogy a vizualizált adatok statikus vagy dinamikus módon állnak a rendelkezésre, alapkövetelmény egy ilyen rendszerben, hogy minél gyorsabban és egyszerűbben közöljön minél több információt. Az [5] esettanulmányban egy statikus felület alkottak meg, mert több orvos használta egyszerre, és mindenki számára relevánsnak kell maradnia a dashboardnak, ezért nem módosítható a UI². Így nem kellett azzal időt tölteni, hogy megkeressék amire szükségük van, hanem egy teljes átfogó képet kaptak egy pillantásra az osztály állapotáról. Lényegében egy egyszerű „whiteboard” vagy mágnes tábla digitalizálásáról van szó, amely megvalósítja a vizuális menedzsmentet és amely folyamatosan frissül a valós idejű adatokkal.

3.1.2. *Minimális zavar a munkamenetben*

Kifejezetten igaz ez az elv egy SBO-n, mivel nem szabad, hogy extra feladatot jelentsen egy ilyen információs rendszer használata. A dashboard úgy tudja támogatni a folyamatot, hogy ne igényeljen többletfeladatot, miközben fontos információt közöl az orvosokkal. Mindezt a szoftver munkafolyamatba történő integrálásával, a használatáról szóló képzéssel, illetve a vizualizálandó adatok automatikus kinyerésével lehet elérni. Emiatt nagyon fontos szerepet

² UI = User interface

kapnak az okos adatgyűjtési megoldások, amelyekhez még akár vonalkód leolvasása sem szükséges. [5]

3.1.3. Betegjogok, személyes adatok megőrzése

A 2016-ban az egész Unióban hatályba lépett GDPR-rendelet, illetve az orvos-beteg titoktartás komoly követelményeket támaszt minden olyan szoftverrel szemben, amely szenzitív személyes adatot rögzít vagy továbbít. Ennek megfelelően az adatok tárolása kizárólag zárt, biztosított szervereken történhet, és a dashboard használata közben is korlátozni kell, hogy milyen információt jelenít meg a szoftver. Ez különösen fontos lesz, ha a projektünk abba a stádiumba kerül, hogy megvalósuljon a személyes és a közösségi felület is, amely kifejezetten a betegeknek lesz dedikálva. Ennek fényében a személyes adatok vizualizációja nem lehet visszavezethető a betegre, mint egyénre. [5]

3.1.4. A szükséges adatok minőségi követelményei

Könnyen belátható, hogy nem szolgálhat alapjául egy dashboardnak, illetve bármilyen SBO-n használt szoftvernek, olyan adat, amely téves döntésekre készíteti az ott dolgozó szakembereket. Éppen ezért a szakemberek nem lesznek kiválthatóak a rendszerből, hiszen számos olyan tényezőt kell figyelembe venni egy döntés során, amely nem egzakt módon meghatározható, mint optimális döntés.

Emiatt nem lehet figyelmen kívül hagyni az adatminőség kérdéskörét. A következő táblázatban találhatóak azok az adatminőséggel foglalkozó, szakirodalomból összefoglalt, különböző dimenziókba csoportosított követelmények, amelyeknek meg kell felelnie a gyűjtött adatoknak. Többek között a Kanadai Egészségügyi Információs Intézet adatminőségi keretrendszerében foglalkoztak ezzel.

1. táblázat- A kanadai egészségügyi információs rendszerek adatminőséget vizsgáló keretrendszer, *forrás: [6]*

Dimenzió	Szétbontva	Leírás
Pontosság	Pontosság	Az adat pontosságának mértéke.
	Teljesség	A szükséges adat rögzítésének standardizáltsága; Az adat mögötti dokumentáció mértéke.
Időbeliség	Frissesség	A különbség a referencia időszak és aközött az időpont között, hogy az adat elérhetővé váljon.
	Aktualitás	A különbség a referencia időszak és aközött az időpont között, hogy az adat elérhetővé váljon riportálható formában.
Összehasonlíthatóság	Konzisztencia	Az adatokra vonatkozó standardok és definíciók mennyire maradnak konzisztensek idővel.
	Integritás	Ha bárminemű változtatás mögötti indok alátámasztott és feljegyzett.
Felhasználhatóság	Megfelelősség	Az irányelvek és szabványok helyes értelmezésének eredményeként bevitt adatok megfelelnek az elemzési és beszámolási követelményeknek.

Többféle példát lehet felhozni a fenti dimenziókra bontott követelményekre egy SBO működését tekintve, azon belül is a kezelést tekintve található néhány példa a következő táblázatban.

2. táblázat- Példák a kezelés során fellépő adatok minőségi problémáival kapcsolatban, *forrás: [6]*

Perspektíva	Probléma	Dimenzió
Technikai	Amikor az SBO és a beteg felvevő rendszer nem egy kereskedő által van fejlesztve adat integrációs problémák merülhetnek fel. (gyakran manuális adatátvitelt jelent)	Integritás; Konzisztencia; Pontosság
Szervezésbeli	Különböző szolgáltatási területek / a kórházon belül más rendszert is használhatnak.	Konzisztencia; Megfelelősség
Humán	A beteg nem feltétlen biztosítja az összes szükséges adatot. Például a biztosítási adatait nem hozta magával.	Pontosság; Időbeliség; Integritás; Teljesség

Mint ahogy az a keretrendszerből is kiderül, nagyon fontos, hogy értelmezhető, jól definiált mérőszámok legyenek az adatok mögött. Önmagában lehet bármilyen minőségű az adat, hogyha nincsen megfelelő kontextus, egymáshoz hasonlítható mérőszámok. [6]

3.2. Digitális iker bevezetésének problémái az egészségügyben, a jelenállapot

A felvázolt minőségi kritériumok, amelyeknek meg kell felelniük a gyűjtött adatoknak, nagymértékben változhatnak attól függően, hogy mire kívánjuk felhasználni azokat az adatokat, legyen szó digitális ikerről vagy egy dashboard rendszerről.

Egy rendszert akkor nevezhetünk digitális ikernek, ha olyan szenzorizáltság fedi le a fizikai rendszert, hogy valós időben minden entitást nyomon tudunk követni a rendszerben. Mindez automatikusan történik, így nem igényel erőforrást a használata, illetve elkerülhetők az adatgyűjtési inkonzisztenciák. Emellett prediktív algoritmusokat lehetne integrálni a rendszer intelligenciájába, amelyek a valós adatok alakulása alapján megadott időközönként újraszinkronizálnak, és így pontos előrejelzéseket adnak a jövőbeli betegszámok alakulásáról. Például egy ARIMA vagy SARIMA modell beépítésével előre lehetne jelezni a „keresletet”, azaz a betegek számának időbeli alakulását, amely nagy segítséget jelentene a műszakvezetőknek a műszakok tervezésében. [3]

A nyomonkövetés fontos lehet továbbá az LWBS³ betegek észrevételében, a betegek szolításához egy-egy vizsgálatra, de emellett abban, hogy irányíthatóvá és ezzel együtt tervezhetővé tegyük ezt az igencsak volatális rendszert. [3]

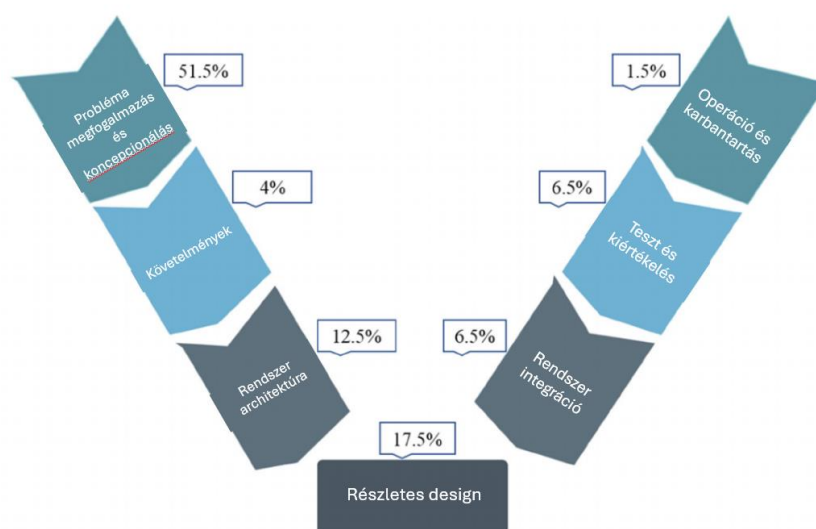
Mivel egyre többen ismerik fel a technológiában rejlő potenciált, egyre több tudományos cikk foglalkozik a témával. Egy 121 publikációt áttekintő szakirodalmi cikk szerint a DI (digitális iker) használata a legtöbb kórházban még „gyermekcipőben” jár, azonban az utóbbi években egyre több publikáció született a témában. A cikk 2023-as, így elég friss, és átfogó képet nyújt a tudományos szféra alakulásáról ebben a témában. [7]

A kutatók arra is rámutattak, hogy az eszköz- és létesítménymenedzsment területén kiforrottabb megoldások léteznek, mivel a termelői szektorból áthozott tapasztalatok nagymértékben megkönnyítik a DI átültetését. Kevés alkalmazás és keretrendszer áll rendelkezésre, és nem találtak olyan bejelentett DI-t, amely egy teljes kórházra vonatkozna. [7]

³ LWBS = Leave without being seen

Egy másik, idén januári szakirodalom áttekintő cikk, amely a digitális ikerrel kapcsolatos kutatási trendeket és hiányosságokat vizsgálta hasonló képet mutatott. Ebben a tanulmányban végül 135 olyan publikációt vizsgáltak meg, amelyek megfeleltek a kritériumoknak. [8]

A következő ábra a tárgyalt cikkek kutatási fókuszait és azok megoszlását mutatja. Jobb oldalon azok a cikkek láthatók, ahol már validálták a DI-t, bal oldalon pedig azok, ahol a DI integrációja még a kezdeti életciklusban volt. Mint látható, az esetek csekély százalékában találtak olyan projektet (14,5%), amely már a rendszer bevezetésével és tesztelésével foglalkozott. [8]



6. ábra- A vizsgált cikkek fókusza, *forrás: [8]*

Egy nagy probléma az ebben a cikkben vizsgált konceptuális fejlesztésekben, hogy nem definiálják és dokumentálják pontosan az ehhez a komplex rendszerhez szükséges adatbemenetet. Konkrét megfogalmazás hiányában a változók nincsenek érthetően meghatározva, így nem világos, hogy a DI (digitális iker) primer vagy szekunder adatokból táplálkozzon-e, milyen gyakori legyen a szinkronizáció, valamint sok más hasonló kérdés is megválaszolatlan marad. Továbbá, mivel több szenzor adja az adatok alapját, ezeket valamilyen módon egybe kell integrálni. [8]

A különböző berendezésekből kapott adatokat standardizálni kell, értelmezésüknek egyértelműnek kell lennie. A mértékegységekből származó hibák pedig inkonzisztenciákhoz, és így rosszul levont következtetésekhez vezethetnek. [8]

Emellett a korábban említett „princípiumok” egyike sem maradhat ki a tervezésből, miszerint a szervernek, amin tárolva vannak az adatok biztonságosnak kell lennie, hogy ne kerüljenek szenzitív adatok illetéktelenek kezébe.

A következőkben egy olyan forrást szeretnénk bemutatni, amely már egy bevezetett pilot projektet mutat be. Az alkotók „tükör világgént” nevezték a digitális iker projektjüket, amelyet implementálni is tudtak egyrészt a prehospitális környezetben, másrészt egy trauma menedzsment központban. Az adatkapcsolat REST API szoftverarchitektúrával van megoldva, és már a mentőautók is adatokat szolgáltatnak, előre jelezve a súlyos esetek érkezését. Az osztályon belül a beteg vitális paramétereit vizsgáló eszközök, a sokkalanító, illetve diagnosztikai orvostechnikai eszközök vannak rákötve a kórház privát hálózatára. Viszont itt is egy kezdetleges verziója valósult meg a koncepcionális modelljüknek, és még számos nehézségre kell megoldást találniuk. [9]

Fontos megjegyezni, hogy ezekben a tanulmányokban a tudományos szféra került előtérbe, és a publikált eredményeket vizsgálták meg. Azonban lehetséges, hogy az iparban már léteznek olyan elszigetelt megoldások, amelyek nem, vagy csak nehezen érhetők el az interneten.

3.3. Hazai egészségügyben alkalmazott szoftveres megoldások

A tudományos cikkek mellett olyan megoldásokat is kerestünk, amelyek elérhetők a piacon. Először is magyar vonatkozású oldalakat kutattunk fel, hogy átfogó képet tudjunk alkotni az egészségügyi szoftverek és alkalmazások jelenlegi helyzetéről. Elsősorban dashboard szoftvereket kerestünk, de figyelembe vettünk olyan alkalmazásokat is, amelyek kisebb mértékben támogatják az egészségügyi intézményeket, vagy akár a mindennapi életben nyújtanak segítséget magánszemélyeknek. Ez azért volt szükséges, mert jelenleg nincs számottevő program, amely kifejezetten az állami egészségügyre irányul, és a digitális ikerrel támogatott megoldások szinte nem léteznek, néhány külföldi magánkórházat leszámítva.

Előjáróban azonban elmondható, hogy a legtöbb intézményben adminisztratív, illetve pénzügyi vonatkozású dashboardok dominálnak, nem pedig azok, amelyek az általunk fókuszált operatív, mindennapi működést és a szolgáltatási színvonal növelését támogatják.

A következő táblázatban összegyűjtöttünk néhány szoftveres megoldást, amelyek valamilyen digitális megoldással támogatják a magyar SBO-kat, illetve kórházakat. A bemutatott példák nem teljeskörűek, ezek voltak a legrelevánsabbak, amelyek a keresés során felmerültek. A táblázat első oszlopában a hivatkozott link található, a második oszlopban pedig pár gondolat ahhoz a forráshoz, amely releváns a jelen kontextusban.

3. táblázat- Magyar, egészségügyet támogató szoftveres megoldások

Hazai linkek	Számunkra releváns információ
https://egeszsegvonal.gov.hu/	FMH dashboard, otthoni adminisztratív app: Főleg egészséges életmódot támogató, és időseknek szánt segélykérő alkalmazások.
https://mi.nemzetilabor.hu/hu	Mesterséges intelligencia megoldásokat építenek számos egészségügyi alkalmazás, például képalkotó diagnosztika területén. Adatok segítségével nyomon követik a digitális betegutakat többek között megelőzési, illetve hatékonyság-vizsgálati célból.
https://www.app-arak.hu/blog/top-5-orvosi-diagnosztikai-alkalmazas/	Itt diagnózist előállító alkalmazások vannak.
https://www.nexthealth.app/#Szolgáltatások	Egészségügyi adatokat gyűjt, integrál egy alkalmazásba, csak vitális paramétereket gyűjt, majd kiértékeli azokat.
https://www.eszfk.hu/e-medsolution	Átfogó digitális adminisztráció támogatása, feladatok kiadása.

A fókusz ezeknél az alkalmazásoknál leginkább a diagnózis felállítása, és az egészségmegőrzés kérdésköre. Az utolsó megoldás, a MedSol az, amit egyébként Pécssett, és emellett számos hazai SBO-n is használnak az esetek dokumentálására. Azonban ez a szoftver az átfutási időket csak, mint melléktermék naplózza, egyes lépések időbélyege nem megbízhatóan kerül rögzítésre. Erről bővebben a 3. fejezetben lesz szó.

Olyan jellegű SBO-n (vagy akár az egészségügy összességén) is használatos dashboard szoftver, amely az esetet követi végig az ellátási folyamaton hazai viszonylatban nem ismeretes a számunkra.

3.4. Külföldi szoftveres megoldások az egészségügyben

Az SBO-k (Sürgősségi Betegellátó Osztályok) szoftveres támogatása, mind a hatékonyság, mind a betegélmény növelése érdekében, nem számít újdonságnak, hiszen már léteznek ilyen megoldások, ahogy az a következő táblázatból is kiderül. Azonban, még külföldön is ritkaságnak számítanak azok az egészségügyre kifejlesztett dashboard felületek, amelyek nem

elsősorban a pénzügyi és menedzsment aspektusokat támogatják az SBO-k működésében, hanem kifejezetten az operatív folyamatokra fókuszálnak.

4. táblázat- Külföldi, egészségügyet támogató szoftveres megoldások

Nemzetközi linkek	Számunkra releváns információ
https://www.sisense.com/dashboard-examples/	Exceles megoldások, amelyek a folyamatot írják le. Az oldal sajnos nem elérhető ingyenesen.
https://www.osfinnovation.org/about-osf-innovation/case-studies/ed-dashboard	Hasonló külföldi dashboard, viszont betegoldali felület nincs. A betegek láthatóak a rendszerben, mint ahogy a státuszuk, illetve az, hogy hányan térnek vissza az SBO-ra.
https://www.templateMonster.com/	Dashboard sablonok pénzügyi, adminisztratív és pénzügyi fókusszal.
https://www.sahealth.sa.gov.au/	Ausztrál dashboard átlagos átfutási idővel, különböző pontokon feltorlódott betegszámokkal.
https://www.inetsoft.com/	Halálzási arányokról szóló interaktív dashboard.
https://appsource.microsoft.com/	Eszközmenedzsment, beszerzés, illetve ágy kihasználás.
https://www.intersystems.com/hu/termek/healthshare/	Management fókuszú különböző szoftveres megoldások.
https://vital.io/solutions/emergency	Itt van beteg felület, de nem dashboard, így orvos-beteg kommunikációs csatornát támogat.
https://www.gehccommandcenter.com/digital-twin	Digitális iker megoldásokat nyújt amerikai magánkórházakban. Az alapján, amit kifelé mutatnak a beteg oldalt támogatja elég eredményesen.

Szeretnénk kiemelni az utolsó előtti linket, amely ugyan nem dashboard szoftver, viszont egy teljes felületet biztosít a betegek számára, amely megvalósítja az orvos-beteg kommunikációt, amit mi is említettünk [3]. Egy amerikai magánkórház számára fejlesztett szoftverről van szó. A rendszer értesítést küld a betegnek, amint megérkezik az eredmény, amely digitálisan is elérhetővé válik. Ezen kívül „emlékeztetőt” küld, ha az algoritmus úgy érzékeli, hogy a beteg hosszabb ideje várakozik egy munkafolyamatban, így biztosítva, hogy foglalkoznak az ügyével. A beteg jelezheti az orvosnak vagy ápolónak, ha bármilyen probléma merül fel. Ehhez pedig még regisztrációra sincs szükség, csupán internetkapcsolatra, és a rendszer egy SMS-ben kapott link által irányítja az adott beteg esetéhez.

3.5. Összegzés

Miután alaposan megvizsgáltuk a ma létező tudományos és alkalmazott megoldásokat, arra a következtetésre jutottunk, hogy bár külföldön már léteznek ilyen technológiák és módszertanok, még sincsenek olyan releváns előrelépések, amelyek megfelelően megalapoznák egy hasonló szolgáltatás technológiai alapját és keretrendszerét. Vannak elszigetelt fejlesztések, de hiányzik az a kiforrott keretrendszer, amely széles körben alkalmazható lenne, akár kész szolgáltatásként. Emellett nem található olyan szoftver, amely egy dashboard, vagyis látványos adatvizualizációs eszközt ötvözne orvos-beteg kommunikációt támogató csatornával, és egy digitális ikerrel. A legtöbb vizsgált megoldás amerikai magánkórházakban valósult meg, ahol számos modern eszköz és erőforrás áll rendelkezésre. Magyarországon azonban közel sincs olyan szoftveres megoldás, amely túlmutatna az adminisztrációs funkciókon és az egészséges életmód tippeken.

Természetesen a kutatás nem teljeskörű, és elképzelhető, hogy vannak olyan megoldások, amelyek nincsenek közzé téve az interneten. Azonban mivel egy periférián lévő, multidiszciplináris projektről van szó, nem kizárt, hogy még nem létezik olyan komplex szolgáltatás, mint amelyet ebben a dolgozatban felvázolunk.

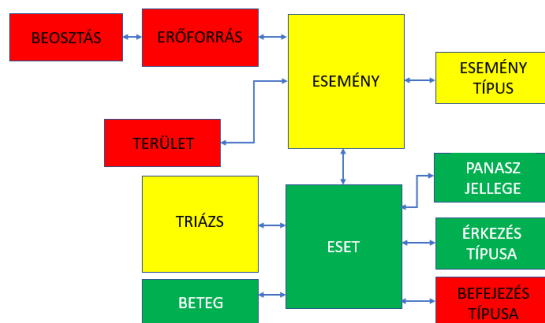
Mindemellett hangsúlyoznánk, hogy nyilvánvalóan nem egy egyszerű feladatról van szó. Ez nem csak egy egyszerű szoftverfejlesztési projekt, hiszen a hazai SBO-k digitális átláthatósága sajnos elég alacsony színvonalú. Előző dolgozatunkban [3] kitértünk arra, hogy nagyon sok dolgot a mai napig papíron vezetnek, vagy éppen abszolút nem is rögzítenek adatokat, hiszen a működéshez is alig elegendő az erőforrás egy-egy intézményben. Éppen ezért egyrészt az infrastruktúra és így a hardver oldali fejlesztésekkel egybekötve lehet bármilyen előrelépést elérni az SBO-kon. Emellett fontos szerepe van az adatvédelemnek, a szerverkapcsolatoknak és a különböző szoftverarchitektúrák alkalmazásának. Mivel a megfelelő minőségű adatok még nem állnak rendelkezésre, a digitális megoldások felé tett első lépés akár szimulációs modellek felépítése is lehet.

Összegezve úgy véljük, hogy egyre nagyobb szükség van egy olyan hiánypótló komplex szolgáltatásra az egészségügyben, különösen a sürgősségi betegellátásban, amely magába foglalja a szükséges hardverfejlesztéseket az adatok gyűjtésére/ rögzítésére, valamint a biztonságos adatkapcsolat felépítésén keresztül az információ differenciált és érthető közvetítését a különböző felhasználói csatornákon keresztül.

4. Adatszűrés, a kapott adatok minősége

A PTE SBO-jának átfogó vizsgálatát egy mélységi adatelemzéssel kezdtük. Ennek legfontosabb célja az volt, hogy megvizsgáljuk, vajon milyen mennyiségű és minőségű adatok állnak rendelkezésre a folyamatok elemzéséhez, illetve ezáltal milyen mélységű a PTE SBO-jának digitális átláthatósága. Ehhez egy, a releváns adatokat leíró adattábla struktúrát hoztunk létre, majd ezt elküldtük a PTE SBO-jára abból a célból, hogy töltsék fel az adatstruktúrát a rendelkezésre álló adatokkal.

Az alábbi ábra az általunk készített adattábla egyszerűsített változatát mutatja be, illetve azt, hogy a kapott adattáblák milyen formában felelnek meg az eredeti elképzeléseknek, és hogyan lehet azokat felhasználni az elemzési folyamatokban. A zöld színnel jelölt táblák olyan adatokat tartalmaznak, amelyek teljes mértékben alkalmasak a tervezett elemzések támogatására. A sárga szín pedig azokat a táblákat jelöli, ahol ugyan kaptunk adatot, de valamilyen probléma vagy hiányosság merült fel az adatok gyűjtése során. Ezek az adatok felhasználhatók elemzésekhez, de nem feltétlenül olyan mélységben vagy pontossággal, ahogyan azt eredetileg terveztük. Végül pedig a piros jelzésű táblák azok, ahol valamilyen probléma miatt egyáltalán nem felhasználhatóak az adatok.



7. ábra- A kapott adatok felhasználhatósága

A középpontban az eset és esemény tábla állt, egyedi azonosítók segítségével jött létre a kapcsolat az altáblák között. A vizsgálat helyszíne nem úgy került rögzítésre, ahogy gondoltuk, hanem lényegében azt jelölte, hogy a váróban található-e a beteg, vagy a fektetőben, egyféle disztinkciót jelentve a járó és fekvőbetegek között. A négy jellemző „befejezés_típus”-ból csak kettőt dokumentáltak, hiába volt külön azonosítójuk a négy külön eshetőségre. Emellett, a triázsvizsgálatok hosszát sem rögzítették, a dolgozók beosztás táblája pedig redundanciát tartalmazott, ugyanis az egész intézmény erőforráslistájában (536 dolgozó) 425 külön beosztástípust alkalmaznak.

Az elemzett adatokban 18.867 egyedi látogatást rögzítettek az SBO-n a fél éves időszak alatt. Ezek közül 14.945 különböző beteg fordult meg, ami azt jelenti, hogy többen is visszatértek az SBO-ra az időszak alatt. Egyik eset sem tartózkodott 24 óránál tovább az SBO-n, hiszen a sürgősségi osztályon a betegek hosszú ideig való tartózkodása nem megengedett, ezért nem voltak kiugró értékek a teljes átfutási idők tekintetében.

Az események között viszont előfordultak olyan adatok, ahol az adatrögzítési hibák miatt az adatok irreális eredményeket mutattak. Például voltak vizsgálatok, amelyeket hamarabb fejeztek be, mint ahogyan elkezdtek, vagy olyan események, amelyek alapján a vizsgálat akár napokig vagy hetekig tartott, ami nyilvánvalóan adatrögzítési hiba. Ezek az anomáliák torzítják az elemzés eredményeit, ezért szükség van az adatok megtisztítására.

Az eredeti adatsor, bárminemű adattisztítás nélkül használhatatlan volt a folyamatok érdemi feltárására. A kiugró értékek jelentős mértékben torzítják az adatokat, ami az elemzés során átláthatatlansághoz vezet. Az ilyen jellegű kiugró értékek eltávolítása és az adatok szűrése kulcsfontosságú a pontos eredmények érdekében.

A következő lépésben az adatok **szűrése** és **tisztítása** következik, hogy kizárjuk ezeket az adatrögzítési anomáliákat, és így pontosabb és hasznosabb elemzési eredményeket kapjunk. Az elemzések pontossága nemcsak azért fontos, hogy egyes jelenségekre rávilágíthassunk, hanem azért is, hogy amennyiben bizonyos folyamatlépéseket vagy folyamatokat algoritmizálni kívánunk – például a korábban említett vizsgálati sorrendek felállítása során –, minden lépésnek pontosan kell szerepelnie a rögzített adatokban. Akármilyen digitális fejlesztéshez elengedhetetlen a jó minőségű adat, amely hozzáadott munka nélkül értelmezhető, és valóságos jelenségeket mutat be. A jelen dolgozatban található megoldások alapjául szolgáló bemeneti adathalmaz intenzív szűrések, átalakítások, néhol közelítések végterméke, amely a folyamat tüzetes tanulmányozása és orvosi szakemberekkel történő folyamatos konzultáció eredményeképp jöhettek létre. Azonban ahhoz, hogy ez hatékonyan reprodukálható legyen először az **adatok rögzítésének minőségén kell javítani**.

Az egyik fő inkonzisztencia abból adódik, hogy az orvosok nem mindig azonnal rögzítik a vizsgálati eseményeket. Ez többféle torzuláshoz vezethet, például az orvosi dokumentációk nem mindig tükrözik a valós időpontokat, ami az elemzés során problémákat okoz. Ugyan érthető, hogy életveszélyes eseteknél az azonnali adatrögzítés nem prioritás, ez mégis aláhúzza egy **automatikus adatrögzítő rendszer** fontosságát. Egy ilyen rendszer segítene csökkenteni az orvosok terheit, és biztosítaná, hogy minden lényeges adat időben és pontosan legyen rögzítve, minimalizálva az adatkezelési hibákból eredő inkonzisztenciákat.

5. Intelligens adatgyűjtő rendszerek

A dolgozat kiemelt célja a pontosan és megfelelő módszerekkel gyűjtött adatok technológiai megalapozása, valamint ezek SBO-kon való hatékony alkalmazásának fontosságára való figyelemfelhívás. Az elemzések rávilágítottak arra, hogy a hazai viszonylatban kiemelkedő intézményekben rögzített adatok is képesek torzítani a valós folyamatokat, így nem feltétlenül megbízhatók a teljes folyamat részleteinek pontos megértésében.

A hatékony adatgyűjtés megvalósításához alapvetően szükséges bizonyos sztenderdek bevezetése, amelyek biztosítják az adatrögzítési folyamat konzisztenciáját és megbízhatóságát. Az SBO-n dolgozó orvosok számára azonban nem reális elvárás, hogy egyéb teendőiket megszakítva, azonnal minden releváns adatot rögzítsenek. Ebből adódóan a gyűjtendő adatok célját és felhasználási területeit előre, egyértelműen kell meghatározni. Amennyiben például a teljes ellátási folyamat és a vizsgálatok idejének alakulása a vizsgálat fő fókusza, nem célszerű az a gyakorlat, amely az időpontokat csak az esetek informatikai lezárásakor, akár napokkal később rögzíti.

A minőségi adatrögzítés folyamatának gördülékeny működése érdekében elengedhetetlen olyan technológiai megoldások bevezetése, amelyek a szükséges hardverfejlesztések révén támogatják az automatikus adatgyűjtést, ezáltal jelentősen csökkentve az orvosi személyzet adminisztratív terheit.

5.1. A technológiai háttér

Az **OCR** (optikai karakterfelismerés) a dokumentumok szövegének, betűinek és szimbólumainak egyszerű, pontos rögzítésére fókuszál, egyirányú folyamatként működik, ahol a cél az adatbevitel.

Ezzel szemben a **SDC** (intelligens adatgyűjtés) egy összetettebb, multimodális rendszer, amely nemcsak a szöveg felismerésére képes, hanem adatot von ki félig strukturált és strukturálatlan forrásokból is. Az SDC nemcsak rögzíti, hanem az adatokat azonnal feldolgozza, értelmezi és megjeleníti, így **kétirányú folyamatként** működik (adatgyűjtés és megjelenítés). Ez lehetőséget ad az azonnali, gyakorlati információk biztosítására a rögzítés pillanatában. [11]

Az utóbbi években itthon is történtek fejlesztések az egészségügyön belül, amelyek a betegek identifikációján keresztül segítik a folyamatok gördülékeny működését. Lényegében bármilyen technológiát is alkalmazunk, szükség lesz egyrészt magukra az adathordozókra,

amelyek akkor a leghatékonyabbak, ha a betegekre került karszalagokon találhatóak, olvasó berendezésekre, amelyek ezeket az adatokat információvá alakítják, illetve szoftveres támogatásra, amely konszolidálja a rendszer működését.

5.1.1. Adathordozók

A legelterjedtebb megoldások, amelyek a karszalaghoz és az esethez hozzárendelt adatokat tárolják azok az 1D-s, 2D-s, illetve rádiófrekvenciás adathordozók. Az auto-identifikációs megoldások között megtalálható még a biometrikus azonosítás is, azonban nincs szükség egy SBO-n belül konkrét személyekhez kötni az esetekkel járó adatokat, elég, ha az ő egyedi azonosítószáma kerül rögzítésre.

Az első csoportba a **vonalkódok** tartoznak, amelyek a logisztikai és kiskereskedelmi szektorokban a legelterjedtebb azonosítórendszerek közé sorolhatók, mivel költséghatékonyak és viszonylag egyszerűek. A vonalkódok korlátja, hogy csak limitált mennyiségű karaktert képesek tárolni, így főként rövid, numerikus vagy alfanumerikus adatok, például cikkszámok vagy termékkódok átvitelére alkalmasak. További hátrányuk, hogy a leolvasásukhoz közvetlen és közletről történő manuális beolvasás szükséges, amely emberi közreműködést igényel, és bizonyos helyzetekben időigényes lehet. [12]

A második csoportot a **kétdimenziós (2D) kódok** alkotják, ide tartoznak például a **QR-kódok** és **Data Matrix** kódok. Ezek az azonosítók már lényegesen több adat tárolására képesek, így nagyobb mennyiségű információ – például URL-ek, kapcsolati adatok vagy leírások – közvetítésére is alkalmasak, és ezért előszeretettel alkalmazzák őket okostelefonokkal vagy speciális olvasóberendezésekkel történő gyors információátadásra. Annak ellenére, hogy ezek a kódok nagyobb adatmennyiséget képesek tárolni és széles körben használhatók, leolvasásukhoz még mindig manuális közreműködés szükséges, amely bizonyos alkalmazásokban korlátozó tényező lehet. [12]

Az RFID (rádiófrekvenciás azonosítás) vezeték nélküli technológiát használ tárgyak címkézésére és azonosítására. Az RFID olvasó és a címke rádióhullámokkal kommunikál: ha a címkézett tárgy belép az olvasási zónába, az olvasó továbbítja az adatokat a vezérlőnek, ami különböző feladatokat végezhet, például rögzíti a tárgyat egy adatbázisban vagy meghatározott helyre irányítja. [12]

Az RFID rendszerek előnye a vonalkódokkal szemben a gyorsabb, pontosabb és időben megbízhatóbb adatgyűjtés, így gyakran alkalmazzák olyan helyeken, ahol a sebesség és

pontosság kritikus, és így az SBO-kon is kiemelkedő szerepet kaphatnak. Hátrányuk ugyan, hogy magasabb a beruházási költségük. [12]

5.1.2. IPS

Az RFID technológia megfelelő választás lehet egy belső helymeghatározó (IPS) rendszer kialakítására az SBO-kon, hiszen amellett, hogy automatikusan rögzít egy időadatot a beteg adott helyiségbe való belépésekor, lehetővé teszi az ellátórendszeren belüli helyzetének folyamatos követését is. Jelenleg az IPS rendszerek többféle technológiai megoldással működhetnek, de egyetlen, dominánsan kiforrott megoldás még nem létezik. Az SBO-kon az RFID különösen praktikus lehet, mivel az ellátás helyszínén nincs szükség a beteg cm vagy mm pontos helymeghatározására; elegendő, ha a technológia néhány méteres pontossággal, illetve adott helyiségre szűkítve követi a beteg tartózkodási helyét. Ezt a követelményt az RFID mellett Wi-Fi és ultra-wideband alapú rendszerek is teljesíthetik, amelyek így alkalmasak lehetnek az SBO környezetéhez igazodó, pontos és megbízható helymeghatározásra. [13]

5.1.3. Az azonosítandó entitások

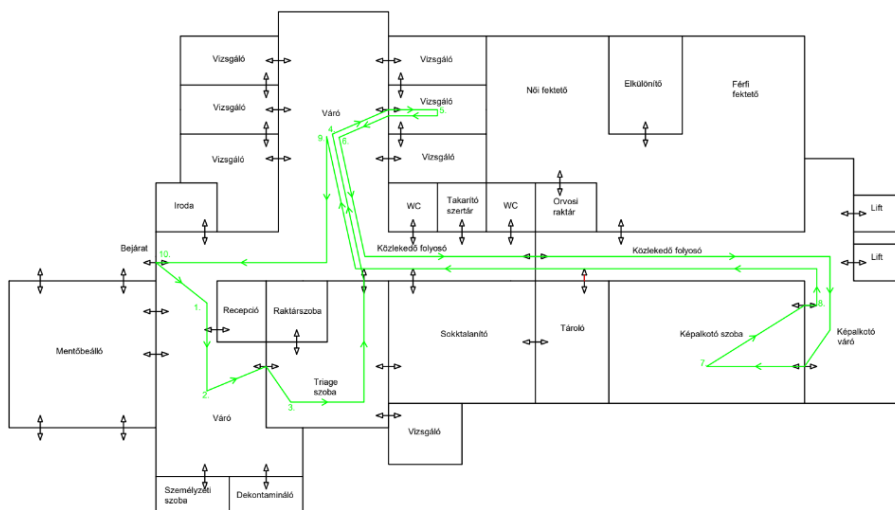
A betegellátás értékteremtő folyamatában számos fontos entitást szükséges megkülönböztetni, illetve a fentebb is bemutatott technológiákat alkalmazva automatikusan azonosítani. Mindegyik esetében meg kell találni a megfelelő módszert, illetve az ezekhez kapcsolódó kódolási rendszert is (pl. egy optikai elvű azonosítás esetén a megfelelő adattartalmat tárolni képes kódot). Az alábbiakban a legfontosabb **entitásokat** soroljuk fel:

- betegek, azaz az esetek;
- ellátó személyzet (pl. orvosok, ápolók, betegmozgatásban résztvevő személyzet, adminisztrátorok);
- ellátásban alkalmazott fontosabb eszközök (pl. vizsgáló berendezések, fektetőhelyek);
- zónák, lokációk (pl. váróterem, vizsgáló, kórtermek);
- feladatok, műveletek;
- az ellátásban felhasznált anyagok (pl. gyógyszerek, mintatároló eszközök);
- az ellátás során keletkező dokumentumok (pl. lelet, zárójelentés).

A digitális átláthatóság mértékét nagyban meghatározza, hogy a fent felsorolt entitások közül melyek azok, amelyek digitális „lenyomata” ilyen módon megjelenik az alkalmazott folyamatkövető informatikai rendszerben. Bár jelen dolgozatnak nem fókusz, de fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy ezek nélkül a SBO-k folyamatainak magasabb fokú digitalizációs megoldásait bevezetni lényegében lehetetlen.

5.1.4. Zónák kialakítása

Az értékteremtő folyamatok követése, illetve az ezekkel kapcsolatos adatok rögzítése szempontjából alapvető fontosságú a fizikai rendszer **topológiai modellje** alapján egy olyan diszjunkt **zónarendszer** kialakítása, ami térben teljes mértékben lefedi az érintett területeket. Ezt a modellt alkalmazva, illetve külön-külön azonosítva az egyes zónákat automatikusan követhetővé válnak az ide belépő, vagy onnan kilépő, térben szórtan elhelyezkedő, és – az alkalmazott azonosítási technológiától függően – akár a mozgásban lévő entitások. A zónarendszert minden esetben annak függvényében célszerű kialakítani, hogy milyen „mélységben” kell azonosítani az egyes helyeket, lokációkat, ahol az értékteremtés zajlik. A belépések és kilépések helyadatai, valamint az ezekhez tartozó időbélyegek fontos időbeli határoló pontjai lehetnek az egyes műveleteknek.



8. ábra- A zónarendszer kialakításához felhasználható topológiai modell egy SBO esetében, *forrás:* [2]

6. Adatelemzés

Az adattisztítási folyamat lezárultával és a kapott adatok struktúrájának részletes bemutatása után fontos rávilágítani azokra az értékes és jelentőségteljes megállapításokra, amelyek az adatelemzés során kirajzolódtak. Az adattisztítási lépések során sikeresen eltávolítottuk az anomáliákat és az irreleváns adatokat, valamint biztosítottuk az adatok konzisztenciáját és reprezentativitását, amely elengedhetetlen a következetes elemzéshez. A továbbiakban az adatstruktúra elemzése során feltárt összefüggéseket és mintázatokat empirikus példákkal illusztráljuk, ezáltal alátámasztva azokat az új és releváns következtetéseket, amelyek a vizsgálat szempontjából relevánsak. Ezek az eredmények nemcsak az adott szakterület fejlődéséhez járulnak hozzá, hanem gyakorlati szempontból is értékes információkat nyújtanak a későbbi döntéshozatal és optimalizálási folyamatok számára. Mindemellett alapjául szolgálnak a kapott eredmények a későbbi fejezetben bemutatott szimulációs modellhez, és így a folyamat digitális leképezéséhez.

6.1. Érkezések

A folyamat első és talán legnagyobb befolyással rendelkező szegmense az az igények, vagyis a betegek érkezése. Mivel, hogy a kiszolgálási ráta adott az egyes panaszokkal rendelkező betegekre, így az érkezési intenzitás az, amely, ha tudatában vagyunk annak időbeli megoszlásával, akkor meg lehet határozni a szükséges minimális csatornaszámot, jelen esetben humán erőforrás mértékét az egyes műszakokra. A PTE által szolgáltatott historikus adatok alapján az érkezési rátát a különböző tulajdonságú esetekre vetítve vizsgáljuk.

6.1.1. Az érkezés módjának arányszámai

Mint ahogy azt említettük, összesen 16.858 különböző esetet láttak el a vizsgált fél éves időszakban. A betegek az SBO-ra érkezhettek saját lábukon, mentőkocsival, illetve beutalóval vagy beutaló nélkül. A következő táblázatban található a részletes leírása az érkezés típusoknak.

5. táblázat- Érkezés típusok arányai

Érkezések	Érkezés_típus	Esetszám	Arány
Egyéni	1	6895	40,9%
Mentő, légimentő	2	8823	52,3%
Beutaló	3	873	5,2%
Beutaló, mentővel	4	229	1,4%
Más intézmény	5	38	0,2%

Amint az előző táblázatból látható, a beutalóval érkező betegek száma meglehetősen alacsony, ezért a továbbiakban összevonjuk az 1-es és 3-as típust, mint saját lábón érkező betegeket, valamint a 2-es és 4-es kategóriát, mint mentővel érkezetteket. Ezzel a módosítással közel azonos betegszámot kapunk mindkét kategóriában. Mivel a más intézményből küldött eseteknél nem specifikálták az érkezés módját, és mindössze 38 ilyen esetről van szó, ezeket a további elemzések során elhanyagoltuk.

A következő ábra szemlélteti az egyes panaszok megoszlását az érkezési módok függvényében. Érdekes megfigyelés, hogy a mentővel érkezett betegek jelentős többsége (90,5%) belgyógyászati panaszokkal kereste fel az SBO-t. Előzetesen azt feltételezhattük volna, hogy a mentővel szállított esetek között nagyobb arányban találhatók a baleseti ellátást igénylő betegek. Továbbá az is látható, hogy összességében a belgyógyászati problémával érkezők száma meghaladta más panaszok arányát az SBO-ra érkező betegek körében.

6. táblázat- Panasz típusok arányai az érkezések függvényében

Panasz típusok [eset]	Saját lábán	Mentővel	Összes
Trauma	2244	845	3089
Bel	5524	8194	13718
Fast track ⁴	1	10	11
Türelmetlen	1	3	4

A következő táblázat az egyes érkezési típusok esetében az I-V triázskategóriák megoszlását szemlélteti. Megfigyelhető, hogy kizárólag a belgyógyászati panasszal érkező betegeknél jelent meg a legsúlyosabb, I-es triázskategória, és összességében is ők kerülnek nagyobb eséllyel a súlyosabb kategóriákba. Ezzel szemben a traumatológiai eseteknél gyakrabban tapasztalhatók kevésbé súlyos panaszok. A 'fast track' és türelmetlen esetek csoportjában a kis elemszám miatt (mindössze 15 eset) az eredmények nem tekinthetők reprezentatívnak, így az ebből adódó arányok alapján nem vonhatóak le messzemenő következtetések.

7. táblázat- Az érkezések és panaszok arányai a triázskategóriák függvényében

		MSTR I	MSTR II	MSTR III	MSTR IV	MSTR V
Trauma	Saját lábán	0%	0,40%	17,20%	74,02%	8,38%
	Mentővel	0%	0,83%	61,18%	36,33%	1,66%
Bel	Saját lábán	0,02%	1,61%	47,41%	44,10%	6,86%
	Mentővel	0,01%	4,45%	61,08%	26,04%	8,41%
Fast track	Saját lábán	0%	0%	100%	0%	0%
	Mentővel	0%	40,00%	30,00%	10,00%	20,00%
Türelmetlen	Saját lábán	0%	0%	100%	0%	0%
	Mentővel	0%	0%	33,33%	33,33%	33,33%

⁴ fast track = gyorsító betegút, bizonyos panaszegységek megosztott standard procedúra

Ahogy tovább vizsgáltuk az érkezésekből adódó arányokat arra lettünk figyelmesek, hogy jelentős eltérés van a külön panaszokkal érkező betegeknek elrendelt vizsgálatok arányaiban. Valahol kézenfekvő, hogy egy traumatológiai sérülést szenvedett betegnek nagyobb valószínűséggel rendelnek el valamilyen képalkotó diagnosztikai vizsgálatot, mint a belgyógyászati panasszal érkezőnek. Ezzel szemben a belgyógyászati panaszhoz laborvizsgálat a legdominánsabb vizsgálat típus. Emiatt az SBO bárminemű digitális leképezésében külön kell definiálni az egyes vizsgálatok valószínűségét panaszoktól függően, mert nagymértékben változhatnak ezek, mint ahogy az a következő táblázatban is látható.

8. táblázat- A szükséges vizsgálatok kiírásának aránya a panaszok függvényében

A szükséges vizsgálatok fellépésének aránya különböző panaszok esetében	Összes		Belgyógyászati panasz		Traumatológiai panasz	
	Esetszám	Az események aránya	Esetszám	Az események aránya	Esetszám	Az események aránya
Összes eset	17357	100%	13752	100%	3093	100%
Ebből triázs	16868	97,18%	13752	100%	3093	100%
Labor	15207	87,61%	12814	93,18%	1146	37,05%
Konzultáció	4243	24,45%	2463	17,91%	1072	34,66%
Képalkotó	11617	66,93%	8160	59,34%	2473	79,95%

6.1.2. Érkezési intenzitások

A következőkben a beérkező esetek érkezési időközzeit és az ezek alapján számított intenzitásokat ismertetjük részletesen. Az elemzéshez egy féléves időszak adatainak átlagát vettük alapul, amelyet a hét napjaira bontva vizsgáltunk meg az időbeli eloszlások feltérképezése érdekében. Ezt követően a napokat további két időszakra, délelőttre és délutánra osztottuk. A délelőtti időszakot a 0:00 és 12:00 óra közötti időintervallumként határoztuk meg, míg a délutáni időszakot a 12:00 és 24:00 óra közötti intervallumként.

Az intenzitási értékek meghatározása során, mivel az esetek számáról van szó, az eredményeket egész számra kerekítettük. A kerekítést az indokolta, hogy az értékek szórása elhanyagolható volt, így közel azonos eredményeket kaptunk az egyes időszakokban. Az intenzitás vizsgálata révén átfogó képet nyerhetünk arról, hogyan változik a betegek érkezési gyakorisága a nap különböző időpontjaiban, és ezáltal értékes információkat kaphatunk a betegáramlás napi mintázatairól.

9. táblázat- Érkezési időközök (bal), – intenzitások (jobb) délelőttre és délutánra bontva

Érkezési időköz [perc]	Délelőtt	Délután
Hétfő	14,24	8,89
Kedd	14,29	9,70
Szerda	17,03	9,63
Csütörtök	15,32	9,63
Péntek	14,49	9,63
Szombat	13,83	9,42
Vasárnap	13,67	9,69
Átlag	14,69	9,51
Szórás	1,16	0,29

Érkezési intenzitás [eset/óra]	Délelőtt	Délután
Hétfő	5,00	7,00
Kedd	5,00	7,00
Szerda	4,00	7,00
Csütörtök	4,00	7,00
Péntek	5,00	7,00
Szombat	5,00	7,00
Vasárnap	5,00	7,00
Átlag	4,10	6,31
Szórás	0,3	0,2

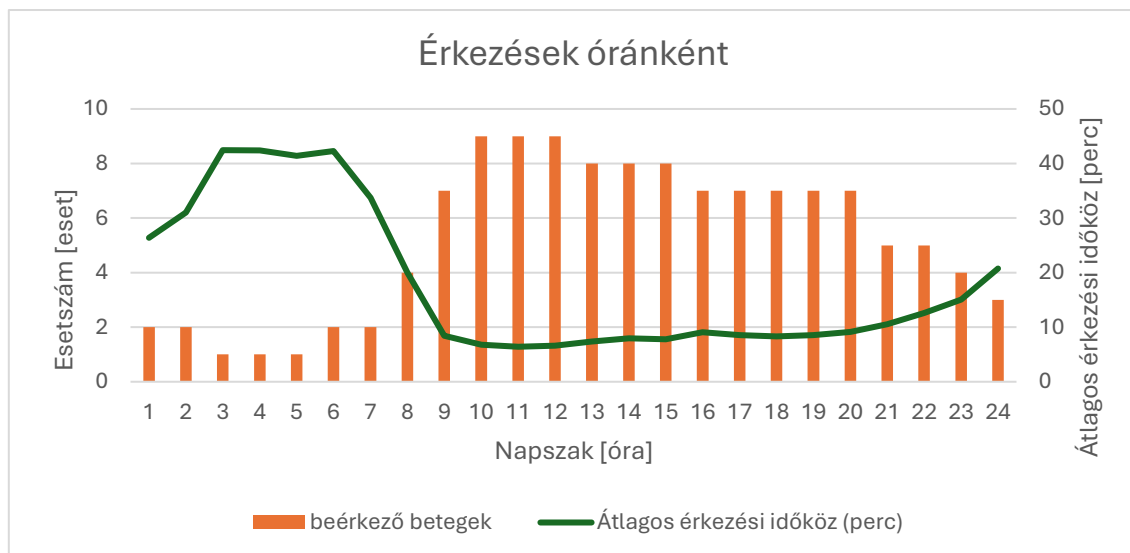
A következő táblázatban ugyanazt számoltuk ki, viszont az időbeli beosztást aszerint változtattuk, amilyen műszakok vannak az SBO-kon általában. Az eddig vizsgált SBO-kon, és így Pécsen is reggel 7:00 és 19:00 között volt a nappali műszak, 19:00-7:00 között pedig az éjszakai műszak. Ez a változtatás azt eredményezte, hogy a nappali műszakban nagyobb lett az intenzitás, míg az éjszakaiban pedig kevesebb.

10. táblázat- Érkezési időközök (bal), – intenzitások (jobb) nappali és éjszakai műszakokra bontva

Érkezési időköz [perc]	Éjszakai	Nappali
Hétfő	18,86	8,04
Kedd	20,60	8,17
Szerda	23,24	8,40
Csütörtök	21,31	8,67
Péntek	20,11	8,25
Szombat	19,15	8,11
Vasárnap	19,78	8,26
Átlag	20,43	8,27
Szórás	1,49	0,21

Érkezési intenzitás [eset/óra]	Éjszakai	Nappali
Hétfő	4,00	8,00
Kedd	3,00	8,00
Szerda	3,00	8,00
Csütörtök	3,00	7,00
Péntek	3,00	8,00
Szombat	4,00	8,00
Vasárnap	4,00	8,00
Átlag	2,95	7,26
Szórás	0,2	0,18

A következő ábrán az látható, hogy az adott órában hányan lépnek be az SBO-ra, illetve milyen átlagos érkezési időközzel érkeznek. Szépen kirajzolódik a már máshol is látott diagram, [2][3] miszerint a kora délutáni órákban megnő a belépő esetszám, majd ez stagnál, és éjszakára ismét lecsökken.



9. ábra- Az átlagos esetszámok és érkezési időközök órákra bontva

6.2. Normalitásvizsgálat QQ-plotokkal

Az egyes vizsgálatokhoz rendelt időtartam az eredeti adatsorban több ezer percet, vagyis több napot is elért, ezért ezeket a kiugró értékeket ki kellett szűrni a további vizsgálatok előtt. A normalitásvizsgálathoz az eredeti események hosszát 688 percnél korlátoztuk, ugyanis az összes vizsgálat 80%-a 688 percnél kisebb volt, ezzel a statisztikai értelemben vett outlier-eket kivettük az elemzésből.

A következőkben Q-Q plotokat alkalmazva hasonlítjuk össze a valós, empirikus adatokat különböző elméleti eloszlásokkal, hogy az adatok illeszkedését pontosabban megvizsgálhassuk. A Q-Q plot (Quantile-Quantile plot) olyan grafikus eszköz, amely két adathalmaz kvantilisének összevetésére szolgál, és lehetővé teszi annak megállapítását, hogy a megfigyelt adatok milyen mértékben követik az adott eloszlást. Az egyenes vonalhoz közeli pontok erős illeszkedést jeleznek az adott eloszláshoz, míg a jelentős eltérések arra utalnak, hogy az adathalmaz nem követi az elméleti eloszlást. Ezzel a módszerrel az adatok normalitása vagy bármely más eloszlással való összevetése objektív módon elemezhető, ami a statisztikai modellezés szempontjából alapvető fontosságú.

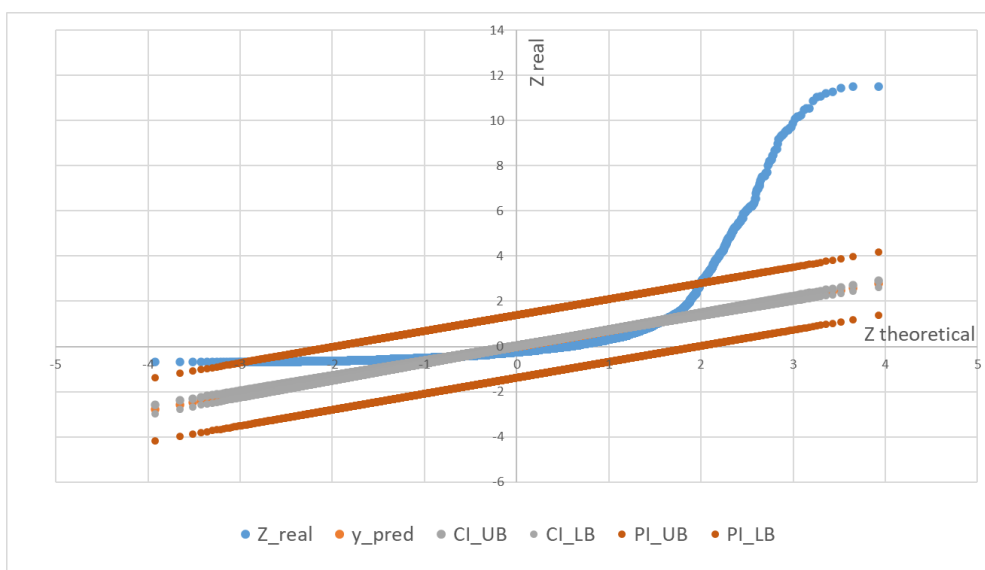
Ezen felül lineáris regresszió segítségével meghatároztuk azt a vonalat, amely a legjobban megközelíti a normális eloszlást közelítő pontokat. Ezen kívül segédvonalakként a CI (confidence interval) felső és alsó határát, illetve PI (prediction interval) alsó és felső határát vettük fel. Az előbbi, belső intervallum azt a sávot jelöli, amelyben 95%-os valószínűséggel a populációra legjobban illeszkedő egyenes megtalálható. A PI pedig egy bizonyos „x” értékhez

tartozó „y” értékét jelöli, amely 95%-ban ebben a lineáris regressziós egyenes körüli intervallumban lesz megtalálható.

6.2.1. Képalkotó vizsgálat

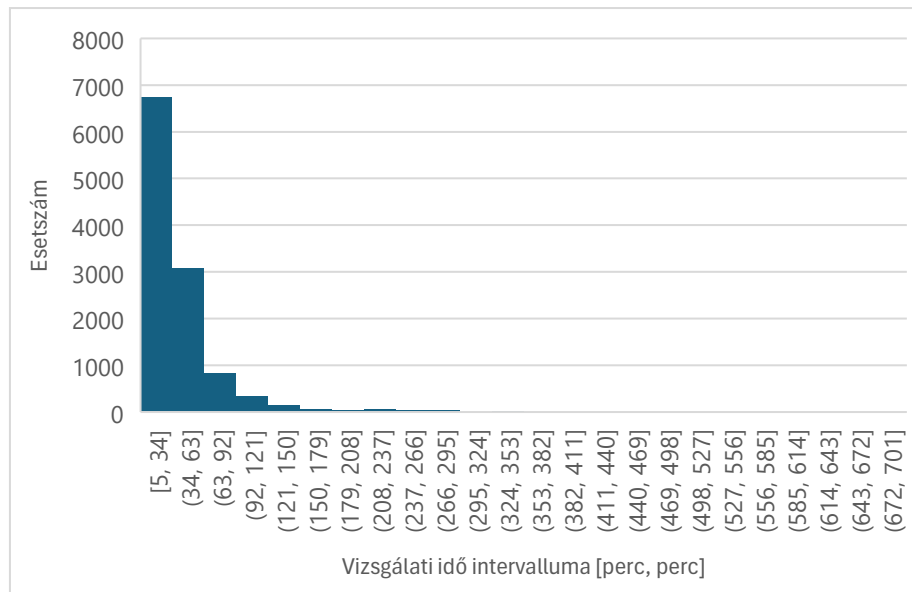
Pár gondolatban szeretnénk bemutatni két merően eltérő folyamatlépés megoszlását, amelyeknek a valós értékeit hasonlítottuk össze a normális eloszlással.

A valós adatok által felvett alakzat „U” alakúnak mondható, mind a két végén felfelé tér el a normális eloszláshoz tartozó vonaltól. Ez azt jelenti, hogy „vastag farokkal” rendelkezik az adatok megoszlása, ami arra enged következtetni, hogy több a szélsőséges érték, mint amit a normális eloszlás eredményezne. Ezen felül mivel markánsabb a jobb szélén az intervallumon kívüli szegmens, így az adatok jobbra nyúlnak el, vagyis pozitív ferdeséget mutatnak, amely az exponenciális eloszlás felé közelít. Legjobban azonban Weibull eloszlással lehet paraméterezni a magasabb szabadságfok miatt. [10]



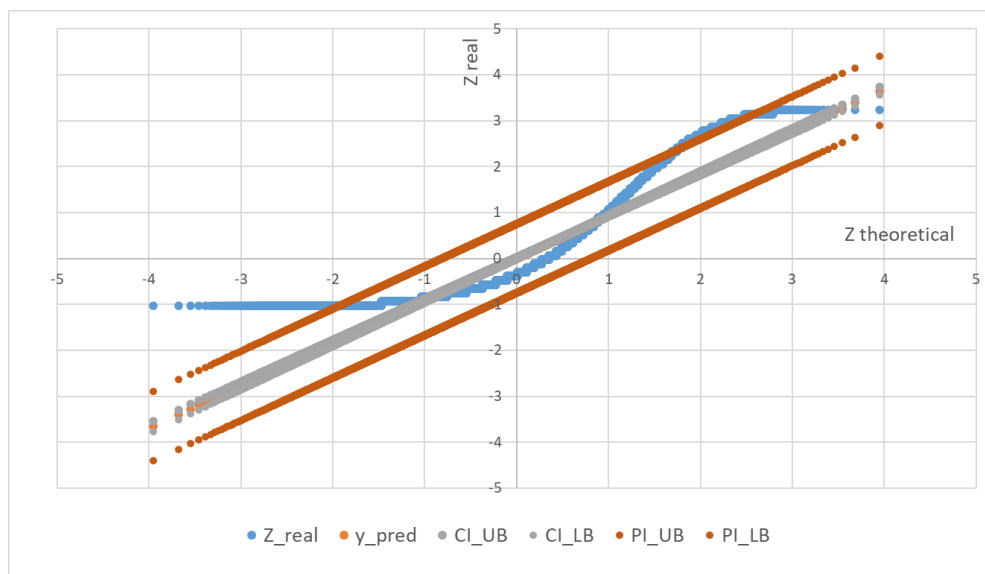
10. ábra- A képalkotó vizsgálatok ideje normális eloszláshoz illesztve

A következő ábrán látható hisztogram alátámasztja a QQ-plot alapján tett következtetéseket. Ugyan az adatok messzire elnyúlnak a jobb oldalra, (még a tisztított adatsor is) és statisztikailag megmagyarázható, hogy miért ezen a ponton húztuk meg a határt, a valóságban mégis szinte elképzelhetetlen egy több, mint 10 órás képalkotó vizsgálat, főleg úgy, hogy az átlagos ellátórendszerben való tartózkodási idő 4 órára tehető.



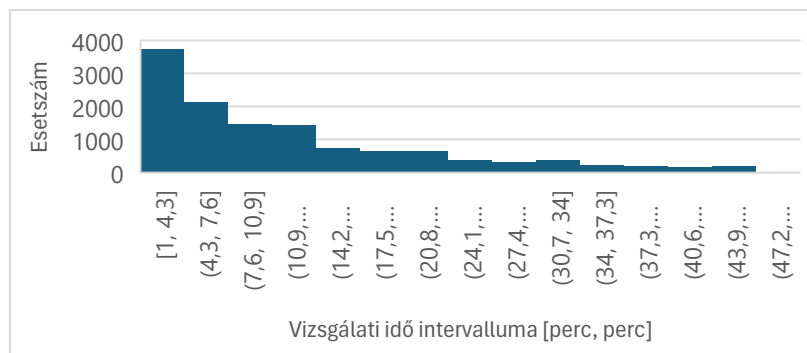
11. ábra- Hisztogram a képalkotó vizsgálatok hosszára

A következő ábrán a képalkotó vizsgálat igényének felmerülése és a vizsgálat tényleges megkezdése közötti időket vettük alapul a normalitásvizsgálathoz. Ebben az esetben a valós adatok „S” alakot vettek fel, amely arra utal, hogy az eloszlás középső értékei kiugróbbak.



12. ábra- A képalkotó vizsgálatig tartó várakozás normális eloszláshoz illesztve

Mivel az intervallumon kívüli értékek továbbra is felül helyezkednek el, így továbbra is jobbra nyúlik el az adatsor, viszont már „vékony farkú” az eloszlás, nem nyúlik olyan messzire a hisztogram, az átlag körül több érték található. A következő ábrán látható hisztogram alátámasztja a QQ-plot alapján tett következtetéseket.



13. ábra- Hisztogram a képkeltő vizsgálatokig tartó várakozások hosszára

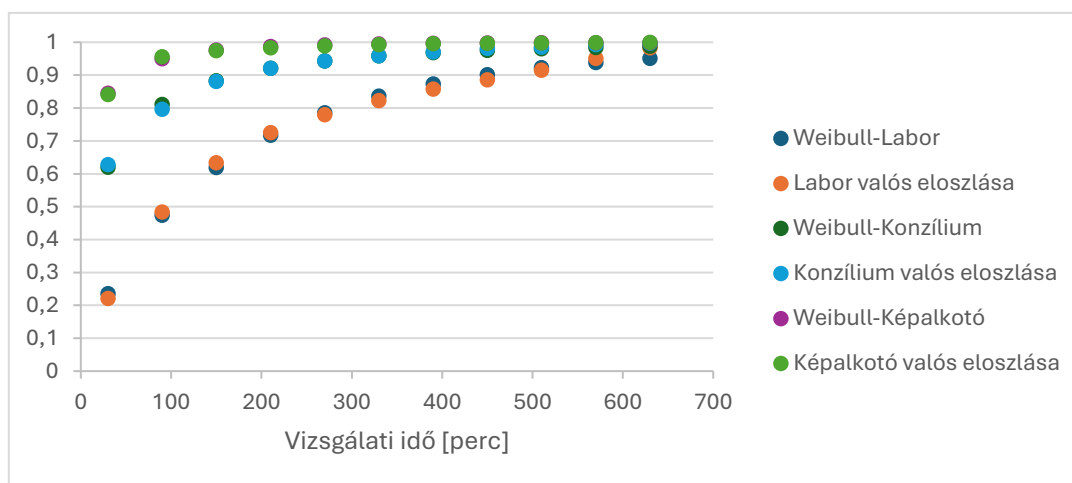
6.3. A számított időparaméterek a szimulációhoz

Az adatelemzés során, mind a QQ-plot, mind Khi-négyzet próba alapján exponencialitáshoz közelítettek a vizsgált adatok. Viszont a Weibull eloszlás két paramétere miatt kisebb négyzetes hibaösszeggel közelítette meg az empirikus eloszlást, ezért a szimulációs modell felparaméterezése során ezt az eloszlástípust alkalmaztuk. A paraméterek értékét az Excel Solver Nemlineáris ÁRG bővítményével határoztuk meg, „alfa” (alakparaméter) és „béta” (skálaparaméter) változók mellett minimalizálva a négyzetes hiba összegét. Az így kapott paraméterek értékei a következő táblázatban láthatóak.

11. táblázat- A Weibull eloszlás paraméterei a szimulációhoz

	Triázs	Labor	Képkeltő	Konzílium
Alfa	0,7344	0,7951	0,4336	0,4963
Béta	6,1750	156,7559	7,1411	32,1514
Négyzetes hiba összege	0,0002	0,0025	0,0001	0,0005

A következő ábra jól szemlélteti a Weibull eloszlás paraméterezésének sikerességét. Olyan minimális eltérés található a két eloszlás között, hogy lényegében teljesen egymásra simulnak.



14. ábra- A számított paraméterek illesztése a valós adatok eloszlásfüggvényéhez

7. Szimulációs modell realizációja AnyLogic-ban

Ebben a fejezetben bemutatjuk, hogyan valósítható meg egy, **a vizsgált SBO működését reprezentáló szimulációs modell** az **AnyLogic szoftver** segítségével. Részletesen ismertetjük a modell felépítésének lépéseit, az alkalmazott módszereket és eszközöket, valamint a különböző folyamatok modellezéséhez szükséges elemek beépítését. A cél az, hogy a valós rendszerek viselkedését minél pontosabban leképző modell készüljön, amely a későbbi kísérletek során létrejött adatok elemzésének alapjául szolgálhat.

Ismételten szeretnénk megjegyezni, hogy a már megszűrt adatok vélhetően továbbra sem feltétlen fedik le a valóságot, hiszen egy konzíliumi vizsgálatnál már egy órát beszélni sem életszerű az esetek többségében egy esetről. Azonban több mint az esetek 37%-ában több mint egy óráig tartott a PTE-n gyűjtött adatok szerint egy konzílium. Annak érdekében, hogy pontosan és a valóságnak megfelelően lehessen digitálisan leképezni a folyamatokat, sokkal **szigorúbb sztenderdek szerint kell gyűjteni az adatokat**. Sajnos tehát még egy ilyen modern és jól felszerelt oktatókórházban sem megfelelő az adattartalom.

Ennek megfelelően a további modellezés során a többi vizsgálat típusnál is lecsökkentettük a megengedett vizsgálati időket, a képalkotó vizsgálatoknál 2 óránál, a laborvizsgálatoknál pedig 3 óránál meghúzva a határt. Mindezt azért, hogy az ellátó rendszert modellező szimulációs modellben ne lépjenek fel a kiugró értékek miatt generálódó „hamis” torlódások.

7.1. Az AnyLogic-ban használt „agent”-ek ismertetése

A szimulációs modellben az eseteket követjük nyomon, nem pedig a betegeket magukat vagy azok mozgását. Az „eset” ágens (továbbiakban eset) olyan entitás, amely a beteg esetéhez kapcsolódó adatokat és vizsgálatokat reprezentálja a modellben.

Az ágens rendelkezik számos paraméterrel, amelyek a hozzá tartozó információkat hordozzák a modellben. Itt a valós folyamat során fellépő egyedi azonosítókra kell gondolni, ami alapján be lehet a későbbiekben határolni az esetet. Ezek közé tartoznak a triázs, az orvosi vizsgálat során keletkezett azonosítók, illetve a folyamat során hozzárendelt erőforrás azonosítója.

A triázsolás során rendeljük az esethez, hogy milyen kategóriába kerül, illetve az érkezésének kiváltó okaként fellépő panasztípust is. Ezek önmagukban meghatároznak egy prioritást, illetve egy ahhoz tartozó erőforrás foglalatást. A panasz függvényében egy korábban,

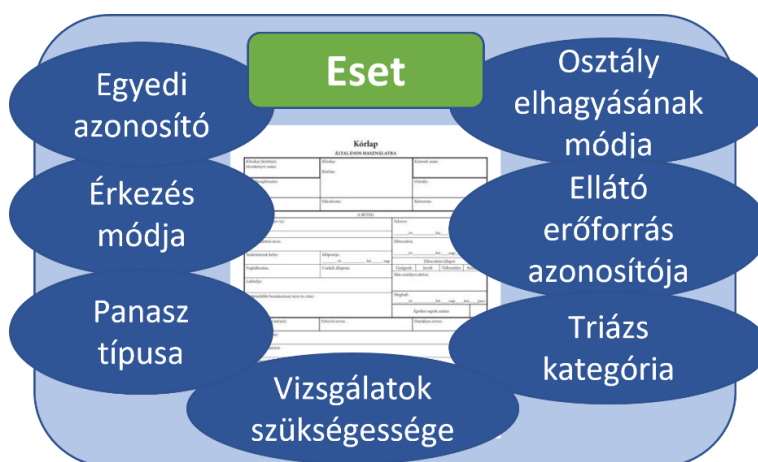
az adatelemzés során kapott eredmény alapján beállított valószínűséggel rendelnek el laborvizsgálatot ebben a stádiumban.

A további vizsgálat típusok az orvosi vizsgálat során rögzülnek az esethez. Az egyes vizsgálatokhoz tartozó boolean paraméter akkor változik igazra, ha szükséges az adott vizsgálat, majd ezek befejezte után küldenek egy üzenetet, jelezve a vizsgálati eredmény megérkezését.

Egy boolean típusú paraméter jelzi, ha az esetnek várakoznia kell a vizsgálati eredményekre, mielőtt a konzílium elkezdődhet. A befejezés típusának rögzítésére szolgáló paraméter tárolja, hogyan hagyta el a beteg az osztályt. Az egyes vizsgálatok (labor, képalkotó, konzílium) azonosítóit is külön paraméterek tartalmazzák, így minden esemény pontosan nyomon követhető a modellben.

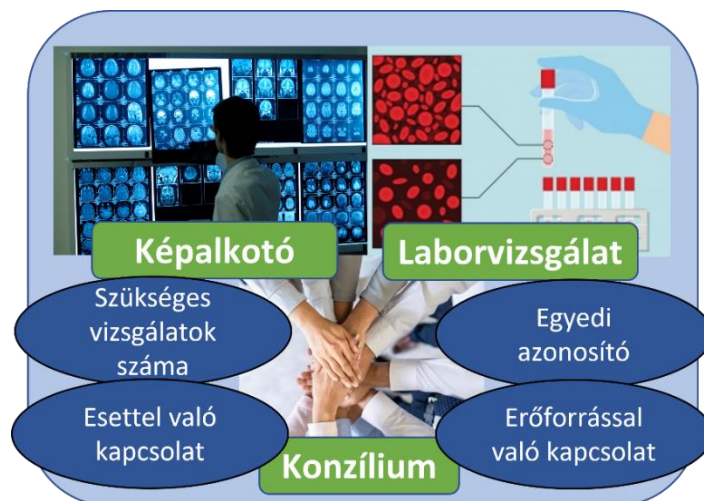
A modell ilyen módon történő felépítése lehetővé teszi az egyes esetek pontos követését és az SBO folyamatának leképezését a szimulációs modellben, mivel a különböző vizsgálati és ellátási események minden releváns részlete rögzítésre kerül a paraméterekben.

A következő ábra tartalmazza „eset” agent főbb tulajdonságait.



15. ábra- Eset agent tulajdonságai

A következőkben az egyes vizsgálatokhoz tartozó paramétereket szeretnénk bemutatni. Külön változók számlálják, hogy az esethez hány darab és milyen típusú vizsgálatot rendeltek. Továbbá külön paraméterben van meghatározva az adott vizsgálat során az eset ellátását végző erőforrás korábban rögzített egyedi azonosítója. A vizsgálatok főbb tulajdonságait a következő ábra mutatja.



16. ábra- Képkalkotó, konzílium és laborvizsgálat agent tulajdonságai

Az „ellatoEroforras” ágens esetében fontos rögzíteni az erőforrás szakterületére vonatkozó információt, azaz, hogy milyen panasszal rendelkező beteget képes ellátni. Az ellátó erőforrások nyomon követésére és azonosítására a modellben egyedi azonosítókat hoztunk létre.

Az esetszám azt jelzi, hogy az adott erőforrás hány aktív esethez van hozzárendelve. Ez a változó fontos a munkaterhelés nyomon követésében, hiszen egy erőforráshoz csak bizonyos számú aktív eset tartozhat. Boolean változó adja meg, hogy az erőforrás elérhető-e egy újabb feladat kezelésére, ha azonban elérte a beállított értéket az esetszám, akkor az erőforrás nem vehet fel több esetet.

Ez a felépítés lehetővé teszi a szimuláció során az erőforrások hatékony kiosztását és monitorozását, biztosítva, hogy mindig a rendelkezésre álló és megfelelő ellátók foglalkozzanak az esetekkel.



17. ábra- Az „ellatoEroforras” agent paraméterei

A szimulációs modellben további három agent játszik még szerepet a betegellátás folyamatának megvalósításában. A „triázsapolo” agent a triázsolást végző, az „adatfelvevo” pedig a beléptető erőforrást képviseli. Ezek az agent-ek nem rendelkeznek külön paraméterekkel vagy változókkal, kizárólag az erőforrásokat reprezentálják a szimulációban egyedi tulajdonságok nélkül.

7.1.1. Az AnyLogic-ban használt blokkok bemutatása

Az SBO-ra történő betegérkezés modellezéséhez első lépésként egy „erkezes” blokkot hoztunk létre, amelyben az esetek generálódnak, ezáltal modellezve a sürgősségi osztályra történő belépést. Az érkezési arány dinamikusan változik, amely lehetővé teszi, hogy az érkezési ráta az „Adatelemzés” fejezetben számított eredmények alapján folyamatosan változzon a szimulációs modell futása során. Ez a dinamikus modell tükrözi a valóságban megfigyelhető változó érkezési mintázatokat.

Ezen kívül az „erkezes” blokkban az esethez hozzá van rendelve egy érkezési típus, amely az eset egyik paraméterébe kerül rögzítésre és azt mutatja meg, hogy milyen módon (pl. egyénileg, beutalóval) érkezik a beteg az SBO-ra. Az érkezési típusok aránya az „Adatelemzés” fejezetben kiszámított százalékos megoszlások alapján van meghatározva, ami pontosabb képet ad az SBO-ra jellemző érkezési módok gyakoriságáról.

A következő lépésként az adatfelvételt modelleztük, ebben az esetben az eset sorba áll és várakozik, amíg elérhetővé nem válik egy adatfelvevő erőforrás. Ebben a sorbanállási folyamatban nem a hagyományos FIFO elvet alkalmazzuk, hanem egy testreszabható prioritási rendszert, amelynek megvalósításához egy változót hoztunk létre, amely lehetővé teszi az érkezési típusok alapján egyedi sorrend beállítását. Így a betegek előre meghatározott szabályok szerint kerülhetnek sorra az adatfelvételnél, attól függően, hogy milyen érkezési típussal érkeztek az SBO-ra. Az adatfelvétel blokknak a beállítása biztosítja, hogy a szimuláció során a különböző érkezési típusokhoz igazodva történjen az adatfelvétel sorrendje.

A triázsolás folyamatának modellezésére létrehoztunk egy blokkot. Amikor az eset ebbe a blokkba érkezik, először sorba áll és a sorban elfoglalt helyét az érkezés típusa határozza meg, hasonlóan az adatfelvétel során alkalmazott prioritási rendszerhez.

Amint a triázsolás folyamata megkezdődik, az esethez hozzárendelésre kerül egy triázs kategória, amely egy paraméterben kerül rögzítésre. Ezzel a modellben is nyomon követhetővé válik a beteg sürgősségi besorolása. A triázsolás után, a blokkból való kilépéskor az esethez

generálódik egy panasztípus is, amely szintén az esethez tartozó egyik paraméterben tárolódik, ezáltal modellezve az esethez tartozó főbb panaszt.

Továbbá, a kilépés során meghatározásra kerül, hogy szükséges-e laborvizsgálat elvégzése az orvosi vizsgálatot megelőzően. Ez a laborvizsgálati igény a panasztípus alapján beállított valószínűség szerint dől el. Amennyiben laborvizsgálatra van szükség, úgy egy paraméter „true” értéket kap, jelezve a laborvizsgálati igényt.

A „triázsolás” blokk paramétereinek beállításához szükséges adatok részletesen a korábban bemutatott fejezetekben találhatóak. Ezek a szakaszok tartalmazzák azokat az adatokat, amelyek a triázsolási folyamat paraméterezéséhez szükségesek.



18. ábra- Az SBO betegellátási folyamat modellezésének első szakasza

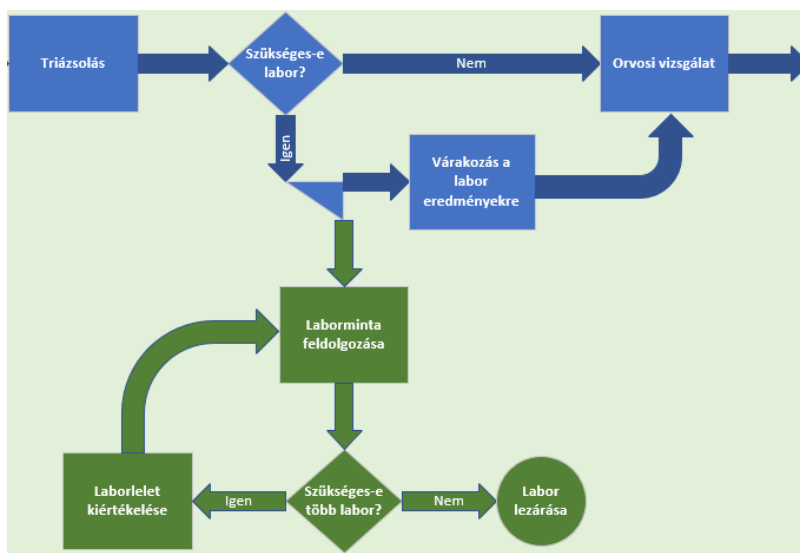
A következő blokk egy elágazás. Amennyiben a triázsolás során az a döntés született, hogy nincs szükség laborvizsgálatra akkor az eset egyenesen halad tovább, ha azonban szükséges laborvizsgálat, akkor lefelé megy tovább.

Amennyiben szükséges laborvizsgálat, akkor az eset létrehoz egy a laborvizsgálatot modellező ágens, amely lefelé halad tovább még az eset egy másik blokkban fog várakozni, addig ameddig a vizsgálat el nem készül. Ennek figyelése percenként történik és amennyiben valamelyik esethez tartozó laborvizsgálat befejeződött, akkor az eset tovább haladhat.

A létrejött laborvizsgálat egy blokkba érkezik meg ahol, ha nem áll rendelkezésre erőforrás akkor a sorban fog várakozni, azonban ha felszabadul egy erőforrás akkor megkezdődik a minta feldolgozása. Ha a minta feldolgozása véget ért, akkor a laborvizsgálat egy döntés blokkba kerül. Amennyiben szükséges újabb vizsgálat, akkor az ágens a laborminta kiértékelésének modellezésére szolgáló blokkba fog kerülni, amely azt reprezentálja, hogy az orvos átnézi a megkapott eredményeket, majd a minta hatására új vizsgálatot fog igényelni. Amennyiben már nem kell több laborvizsgálat, akkor az ágens tovább halad és a labor lezárásra kerül, valamint az eset egésze is továbbhaladhat.

Abban az esetben, ha legalább kétszer kell laborvizsgálatot végezni, akkor a minta kiértékelésekor fog először az ellátó erőforrás kapcsolatba kerülni az esettel, tehát itt történik meg az ellátó erőforrás esethez rendelése és az az erőforrás fog onnantól foglalkozni az esettel.

Annak számossága, hogy hányszor kell megvizsgálni (tesztelni) a mintát, a laborvizsgálat modellezésére szolgáló agent létrejöttkor generálódik egy paraméterben, melynek az értéke minden körben csökken eggyel és ha 0 értéket vesz fel, akkor zárul le a laborvizsgálat és mehet tovább az eset.



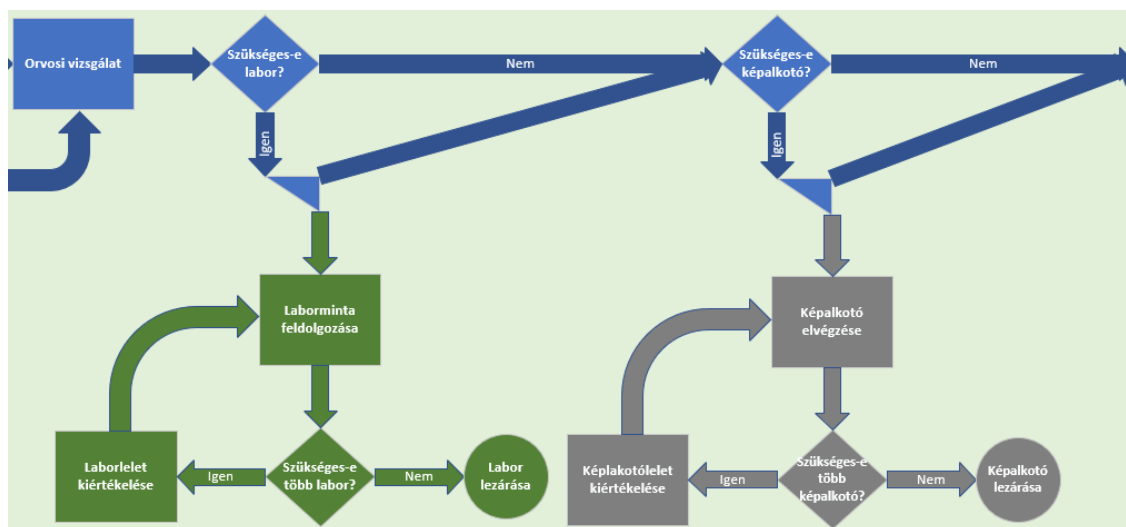
19. ábra: Az SBO betegellátási folyamat modellezésének második szakasza

Ezután az eset az orvosi vizsgálatra érkezik, ebben az esetben is amennyiben nincs szabad erőforrás, az eset egy várakozó sorba fog beállni, ahol a sorrendet a korábban kapott triázskategória fogja meghatározni és amint felszabadul egy megfelelő erőforrás, aki eltudja látni az esetet, akkor megkezdődik az eset orvosi vizsgálata.

A vizsgálat megkezdésekor a panasz típusától függően döntés születik, hogy milyen további vizsgálatokra van szükség, amennyiben a triázis után közvetlen készült laborvizsgálat, akkor abban az esetben csak képalkotó vizsgálat és/vagy konzílium lehetséges. Továbbá itt dől el, hogy amennyiben szükséges konzílium, abban az esetben megvárják-e a laborvizsgálat, illetve a képalkotó vizsgálat eredményét a konzílium megkezdésével. Mindezt a valós adatok alapján számított valószínűséggel közelítjük.

Az orvosi vizsgálat befejeztével az eset tovább halad egy döntés blokkba. Ha szükséges labor, akkor az eset lefelé halad, a laborvizsgálat feldolgozása pedig hasonlóan történik, mint az orvosi vizsgálat előtt, ahogyan azt korábban ismertettük. Annyi különbség lép fel, hogy itt már az esethez mindenképpen van rendelve ellátó erőforrás és az nem várakozik egy blokkban az eredményre, hanem automatikusan tovább halad mielőtt véget érne a laborvizsgálat.

Ezután az eset megint egy döntés blokkba érkezik, ahol eldől, hogy van-e szükség képalkotó vizsgálatra. Ez hasonlóan működik, mint a korábbi orvosi vizsgálat után lévő laborvizsgálat, csak itt a képalkotó vizsgálatot modellező ágens jön létre.



20. ábra- Az SBO betegellátási folyamat modellezésének harmadik szakasza

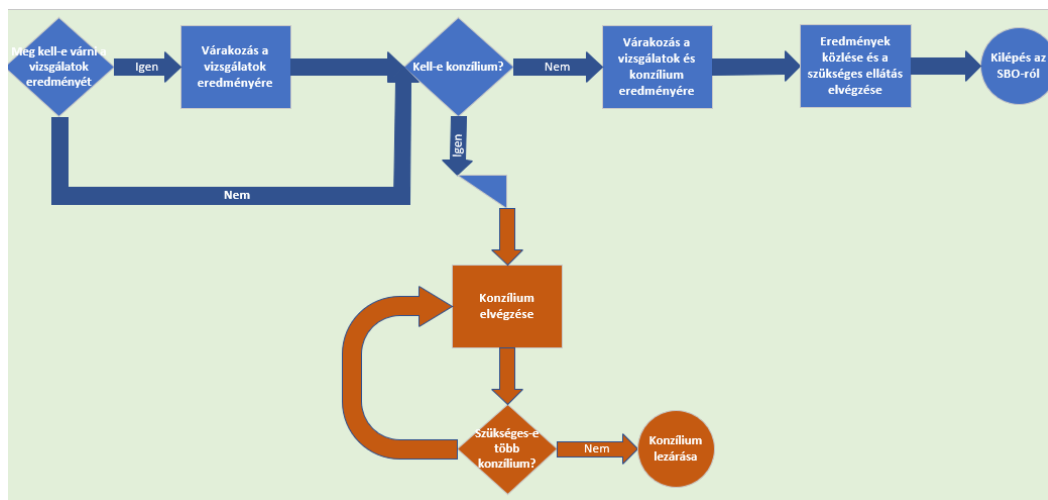
Ezután az eset ismétlen egy döntés blokkba kerül, ahol az dől el, hogy az esetnek meg kell-e várni a szükséges laborvizsgálat, illetve képalkotó vizsgálat eredményeit a konzílium előtt. Ha igen, akkor az eset egy blokkban fog várakozni, ameddig a szükséges vizsgálatok nem készülnek el. Ennek figyelése percenként történik, végigmegyünk a várakozó eseteken és amennyiben elkészül az összes szükséges vizsgálat, akkor továbbengedi azt. Ha nem szükséges megvárni a vizsgálatok befejezését, akkor az eset kihagyja a várakozó blokkot.

Ezután ismét egy döntés blokk következik, amennyiben szükséges konzílium, akkor az eset az „Igen” ágon halad lefelé, és egy blokkba fog kerülni, ahol létrejön a konzíliumot modellező ágens, valamint legenerálódik az, hogy hány konzíliumra van szükség. Az eset egy blokkban fog várakozni, az esetek monitorozása pedig percenként történik, amely azt figyeli, hogy az esethez tartozó összes laborvizsgálat, képalkotó vizsgálat, valamint konzílium befejeződött-e.

A konzílium modellezésére létrejött ágens egy várakozó sorba kerül, ha nem áll rendelkezésre a megfelelő erőforrás. Amennyiben felszabadul a megfelelő erőforrás, akkor megkezdődik a konzílium, melynek befejeztével egy döntés blokkba kerül az ágens. Ha szükséges további konzílium, akkor ismét elvégzik a konzíliumot. Ha nem, akkor kilép a folyamatból és lezárul a konzílium és az eset tovább haladhat.

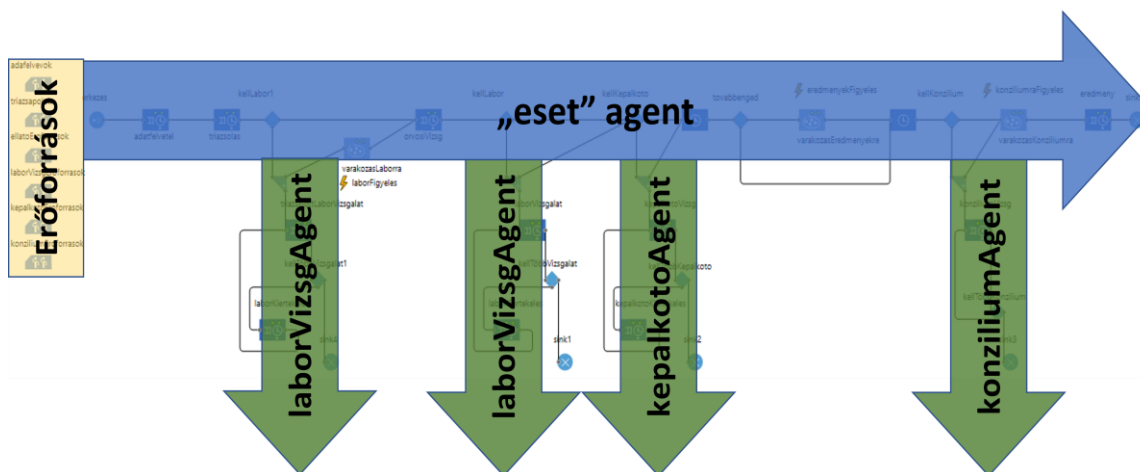
Ezek után az eset megkapja a szakszerű orvosi ellátást és megtörténik az eredmények közlése a beteg és/vagy hozzátartozói fele.

A legutolsó blokk, amibe az eset érkezik az az osztály elhagyását modellezi, itt generálódik az esethez egy befejezés típus, azaz, hogy a beteg milyen módon hagyja el az osztályt.



21. ábra- Az SBO betegellátási folyamat modellezésének utolsó szakasza

Természetesen a különböző vizsgálatok, mint ahogy a valóságban is, külön ún. erőforrás medenceként jelennek meg a modellben. Mind a három „medence” csak a saját vizsgálatátípusát tudja végrehajtani. Az alábbi ábra mutatja be agent-ek áramlását, valamint a fentebb ismertetett erőforrás medencéket.



22. ábra- Az agent-ek áramlása a szimulációs modellben

8. Adatbázis létrehozása a szimulációban, az adatok exportálásának módja és azok vizualizációja Power Bi környezetben

8.1. Az adatmodell bemutatása és az adatok exportálása

A szimulációs modellbe loggolási pontokat építettünk be, hogy a futtatás közben az adatokat vizualizálni tudjuk az általunk készített dashboard felületen. Első lépésként **adatbázis táblákat** hoztunk létre a szimulációs szoftver segítségével, amelybe a vizualizáláshoz szükséges adatok gyűjtését valósítottuk meg.

Az első lépésben létrehoztuk az „**eset**” nevű táblát, amely az esetekhez kapcsolódó legfontosabb információkat és időpontokat tárolja. Ebben a táblában található az „**eset_id**” attribútum, amely az adott eset egyedi azonosítására szolgál, így minden esemény és információ könnyen visszakövethető az adott esetre. Az esethez társított panasz típusát a „**panasz_id**” attribútum rögzíti, az érkezés típusa pedig az „**erkezes_id**” mezőben szerepel, így azt is rögzíthetjük, hogy a beteg milyen módon érkezett az SBO-ra.

A beteg érkezésének pontos időpontját az „**erkezes_idopont**” mező tartalmazza, amely lehetővé teszi az események sorrendjének elemzését, a várakozási idő meghatározását. Az osztályról való távozás időpontja pedig a „**befejezes_idopont**” mezőben kerül rögzítésre, amely az eset lezárásának időpontját mutatja, így az esetekhez tartozó teljes átfutási időt is vizsgálni tudjuk. Emellett az eset lezárásának módját, vagyis, hogy a beteg hogyan távozik SBO-ról, a „**befejezes_id**” attribútum tartalmazza.

A „**triazs**” nevű tábla az esetekhez kapcsolódó triázs vizsgálatok minden fontosabb adatát és időpontját tartalmazza. Az egyes triázs vizsgálatok azonosítására a „**triazs_id**” attribútum szolgál, amely minden vizsgálathoz egyedi azonosítót rendel, ezáltal lehetővé téve a triázs folyamat követését. A tábla „**eset_id**” attribútuma külső kulcsként működik, amely a „**triazs**” táblában szereplő triázs vizsgálatokat az „**eset**” táblában tárolt esetekhez kapcsolja. Ennek köszönhetően egy esethez több triázs vizsgálatot is társíthatunk, ha erre szükség van.

A triázs vizsgálat kezdő és befejező időpontját a „**kezdo_idopont**” és „**befejezo_idopont**” mezők rögzítik. Ezek az attribútumok nemcsak a triázs vizsgálat időtartamának meghatározását teszik lehetővé, hanem a vizsgálatok pontos időrendjét is segítenek nyomon követni.

Ezenkívül a „**katgoria**” attribútum rögzíti a triázsolás során meghatározott kategóriát, amely a vizsgálat során megállapított prioritási szintet vagy sürgősségi osztályt jelzi.

Az „**esemeny**” tábla az esetekhez kapcsolódó különböző típusú orvosi események részleteit tárolja, ideértve a konzíliumokat, laborvizsgálatokat és képalkotó vizsgálatokat, valamint azok időpontjait. A tábla első attribútuma, az „**esemeny_id**”, az események egyedi azonosítására szolgál, így minden egyes eseményt egyértelműen be lehet azonosítani. Az „**eset_id**” attribútum egy külső kulcs, amely az esetek és az események közötti kapcsolatot teremti meg, lehetővé téve, hogy az egyes események egy adott esethez tartozzanak, és így az orvosi folyamatok pontosan visszakövethetők legyenek.

Az „**igénykeletkezes**” attribútum rögzíti az esemény igényének keletkezési időpontját, amikor például az orvos vagy a triázs ápoló megkéri az adott vizsgálatot vagy konzíliumot. Ez az információ kulcsfontosságú, mert jelzi, hogy mikor indult el egy adott vizsgálati vagy konzíliumi folyamat. Az esemény tényleges kezdeti és befejezési időpontja, amelyek az eljárás megkezdését és lezárását jelzik, a „**kezdoiodopont**” és a „**befejezoidopont**” oszlopokba kerülnek rögzítésre.

Az események típusainak megkülönböztetése érdekében a „**tipus**” oszlop tárolja az esemény típusát, amely egy külső kulcs az „**esemeny_tipus**” táblára. Az „**esemeny_tipus**” tábla tartalmazza az eseménytípusok azonosítóit és megnevezéseit, lehetővé téve az események kategorizálását és az egyes típusokhoz rendelt információk könnyű elérését. Ezzel a megoldással az „**esemeny**” táblában tárolt adatokat strukturáltan, jól áttekinthetően és összekapcsoltan lehet kezelni.

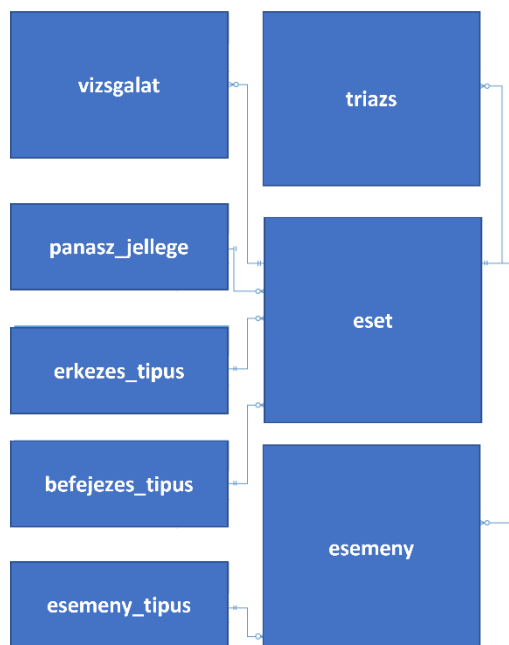
A „**vizsgalat**” nevű tábla az esetekhez kapcsolódó orvosi vizsgálatok adatait tartalmazza. A tábla első attribútuma egy egyedi azonosító, amely elsődleges kulcsként „**vizsgalat_id**” szolgál, ezáltal minden vizsgálat külön-külön azonosítható.

A második attribútum, az „**eset_id**”, egy külső kulcs, amely kapcsolatot teremt az „**eset**” táblával, így a vizsgálatokat az esetekhez egyértelműen hozzá lehet rendelni. Ez a kapcsolat lehetővé teszi, hogy egy esethez több vizsgálatot is társítsunk, és hogy az esetekhez tartozó vizsgálati folyamatok követhetők és elemezhetőek legyenek. A vizsgálat tényleges időbeli lefutását a „**kezdoiodopont**” és „**befejezoidopont**” attribútumok rögzítik, amelyek az adott vizsgálat megkezdésének és lezárásának időpontját tárolják.

A szimulációs modellben az „**insert**” parancsot használtuk az új sorok hozzáadására, míg a meglévő adatok módosítására az „**update**” parancsot alkalmaztuk, mindig az egyedi azonosítók alapján, hogy pontosan a megfelelő rekordok frissüljenek. Az adatok kimentése a szimulációból

a futás során bizonyos időközönként történik, amikor lefutnak az erre a célra létrehozott „Event”-ek, amik a korábban bemutatott táblákat különböző *.csv típusú fájlokba írják ki.

Az adatok rögzítésének teljes struktúráját a 23. ábra és a melléklet 1.1 fejezete mutatja.



23. ábra- A szimulációs modellben alkalmazott adatmodell

8.1.1. A paraméterek bevitelére szolgáló felület bemutatása

Az AnyLogic szoftverben lehetőség van egy **form-alapú felület** létrehozására, amely megkönnyíti a paraméterek kezelését azáltal, hogy alapértelmezett értékeket rendelhetünk hozzájuk. Ezáltal a paraméterek kitöltése gyorsabb és egyszerűbb, ugyanakkor a felhasználónak lehetősége van a futtatás előtt módosítani ezeket az értékeket. A bemutatott szimulációs modellhez készítettünk egy ilyen felületet, amely a modell futtatása előtt automatikusan megjelenik. Ezen a felületen a felhasználó átláthatóan látja az összes beállítható paramétert, és a megfelelő értékek kiválasztása után egy gomb segítségével elindíthatja a szimulációt, így biztosítva a testreszabott futtatás lehetőségét a kívánt beállítások szerint.

A felület két külön oldalt tartalmaz, amelyeken egy menü segítségével lehet navigálni. Az **első oldalon** a modellhez kapcsolódó alapvető adatok jelennek meg, ahol a szimuláció általános paramétereit lehet beállítani. A **második oldal** kifejezetten az erőforrásokkal kapcsolatos beállításokra összpontosít, lehetőséget adva az erőforrások mennyiségének és elérhetőségének testreszabására. A kétoldalas felépítés átláthatóvá és könnyen kezelhetővé teszi a beállításokat,

mivel a felhasználó egyszerűen, a menü segítségével válthat az általános és az erőforrás-specifikus paraméterek között.

A felület következő részén az érkezés típusának függvényében lehet beállítani az adatfelvételnél és a triázsba behívás prioritását, meghatározva, hogy az egyes típusú érkezések mekkora fontossággal bírnak a várakozósorban való rangsorolás során. Az egyes beviteli mezők lehetőséget biztosítanak, hogy a felhasználó minden érkezési mód esetén egy prioritási értéket rendeljen hozzá. A „1-es” érték magasabb prioritást jelöl a „2-es” értékhez képest, így azok a páciensek, akiknek az érkezési típusához alacsonyabb számértéket rendeltünk, hamarabb kerülhetnek sorra a triázsvizsgálat során.

Az érkezési mód alapján az adatfelvétel és triázsba behívás prioritásának beállítása (1-es fontosabb a 2-essel szemben):

Az egyéni érkezés:

A mentő, légimentővel érkezés:

A beutalóval érkezés:

A beutaló, mentővel érkezés:

A más intézményből érkezés:

A NULL érkezés:

24. ábra- Érkezés alapján a prioritási sorrend beállítására szolgáló felület

A fentebb bemutatott felülethez hasonlóan működik a form felület első oldala, ahol a különböző paraméterek és valószínűségek beállíthatóak.

A 25. ábra és a melléklet 1.2 része mutatja be a form-alapú felület **első** oldalát egészében.

Menü			
Szimuláció indítása			
Érkezés típusok valószínűsége	Érkezés típus alapján prioritási sorrend	Panasz típusonként a különböző vizsgálatok szükségességének valószínűsége	Kettő vagy három vizsgálat szükségességének valószínűsége
	Panasz típusok valószínűsége		Triázsnál a laborvizsgálat szükségességének valószínűsége
Triázskategóriák valószínűsége	Konzílium megkezdésének valószínűsége a vizsgálatok eredménye nélkül		Befejezés típusok valószínűsége

25. ábra- A form-alapú felület első oldala

A form felület **második oldala** a sürgősségi osztály különböző vizsgáló- és shocktalanító helyiségeinek elérhetőségét és azok használatának időbeli eloszlását mutatja be. Az első sorban láthatóak a különböző erőforrások, mint a "Vizsgáló 1", "Vizsgáló 2", "Vizsgáló 4", valamint a "Trauma vizsgáló" és "Shocktalanító" helyiségek. Mindegyik erőforráshoz meg van adva, hogy milyen típusú eseteket látnak el ott, beleértve a belgyógyászati, traumatológiai és fast track eseteket.

A táblázat a hét napjaira bontva mutatja meg az egyes vizsgálóhelyiségek és shocktalanítók elérhetőségét, amelyeket hétfőtől vasárnapig követhetünk nyomon. Az egyes napokhoz tartozó cellákban beírható értékek segítségével megadható, hogy adott napokon az adott vizsgálóban mennyi kapacitás áll rendelkezésre.

A következő ábra és a melléklet 1.3 része mutatja be a form-alapú felület **második** oldalát egészében.

Alapadatok	Erőforrások							
	Vizsgáló 1	Vizsgáló 2	Vizsgáló 4	Trauma vizsgáló 1	Trauma vizsgáló 2	Trauma shocktalanító	Shocktalanító 1	Shocktalanító 2
	☒ Belgyógyászat ☒ Traumatológia ☒ Fast track	☒ Belgyógyászat ☒ Traumatológia ☒ Fast track	☒ Belgyógyászat ☒ Traumatológia ☒ Fast track	☒ Belgyógyászat ☒ Traumatológia ☒ Fast track	☒ Belgyógyászat ☒ Traumatológia ☒ Fast track	☒ Belgyógyászat ☒ Traumatológia ☒ Fast track	☒ Belgyógyászat ☒ Traumatológia ☒ Fast track	☒ Belgyógyászat ☒ Traumatológia ☒ Fast track
Hétfő	-	-	-	-	-	-	-	-
Kedd	-	-	-	-	-	-	-	-
Szerda	-	-	-	-	-	-	-	-
Csütörtök	-	-	-	-	-	-	-	-
Péntek	-	-	-	-	-	-	-	-
Szombat	-	-	-	-	-	-	-	-
Vasárnap	-	-	-	-	-	-	-	-

26. ábra- A form-felület második oldala

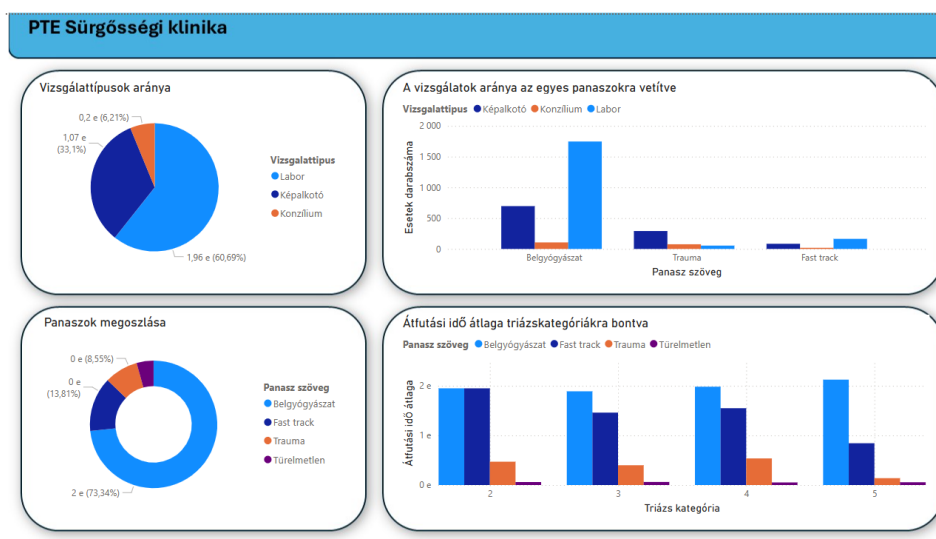
8.2. Adatvizualizáció

Ahogy az az előző fejezetben is látszódott, az adatok számos „szóbeszéd”-jellegű tapasztalást alátámaszthatnak vagy éppen meg is cáfolhatnak. Azon felül, hogy hasznos és érdekes utólag elemezni ezeket az adatokat, sok valós időben fellépő problémára megoldást, illetve támogatást adhatnak. Mindezt úgy, hogy a jelenlegi állapotban igencsak mérsékelt az az adatmennyiség és minőség, amelyet gyűjtenek a hazai SBO-kon. Mint ahogy az látható volt, még a Pécsen található modern és jól szervezett SBO-n rögzített adatok nagyrésze is használhatatlan volt, elég csak a példaként említett több órás konzíliumi időkre visszagondolni.

A bevezetőben említettek szerint folyamatban van egy erre a célra dedikált dashboard megoldás kifejlesztése, ami a szimulációs modellel összekötve, előre definiált indikátorok mentén vizualizálni képes az SBO mindennapos működését. Mivel egyelőre még fejlesztési stádiumban van a célszoftver, így a szimulátor tervezett működést a **Power BI alkalmazással** összekötve mutatjuk be.

A szimulációs modell több *.csv fájlba menti futás közben az adatokat, amelyek adatforrásként össze vannak kötve a vizualizációs eszközzel. Így előre meghatározható időközönként történő lekérdezéssel megoldható az, hogy a bemeneti adatok folyamatosan frissüljenek a Power BI-ban, ezzel a valós helyzetet reprodukálva és egyúttal modellezve azt, mintha az ellátási folyamat a valóságban „működne”, továbbá abban az egyes esetekkel kapcsolatos valós idejű adatgyűjtés megvalósulna.

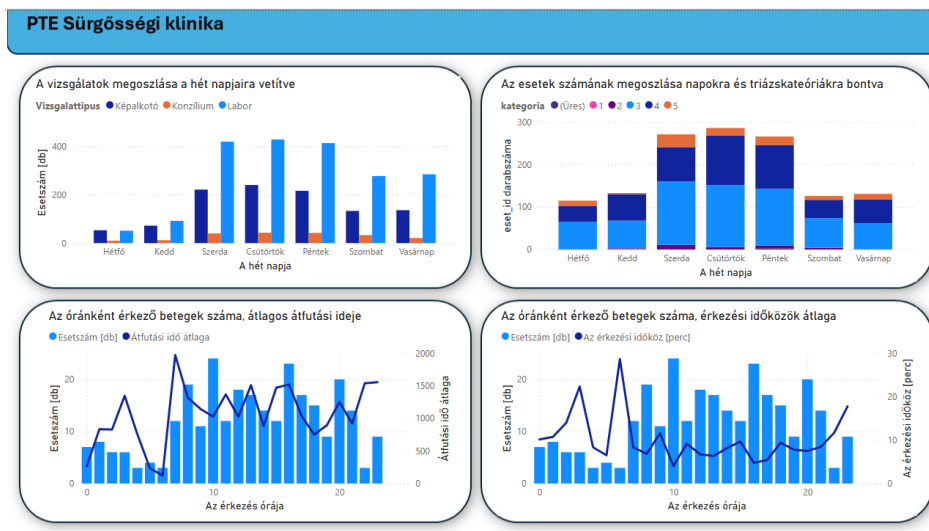
A Power BI-ban különböző méretű diagramokat lehet egy tetszőleges területű raszterhálón elhelyezni, a vizualizálni kívánt adatok függvényében. Az alábbi ábrán egy lehetséges elrendezés, illetve négyféle diagram látható. Az ebben a fejezetben látható ábrák a mellékletben nagyobb méretben is megtalálhatóak azonos néven.



27. ábra- Egy lehetséges felület a szimulációs adatok vizualizálására a Power BI környezetben (1)

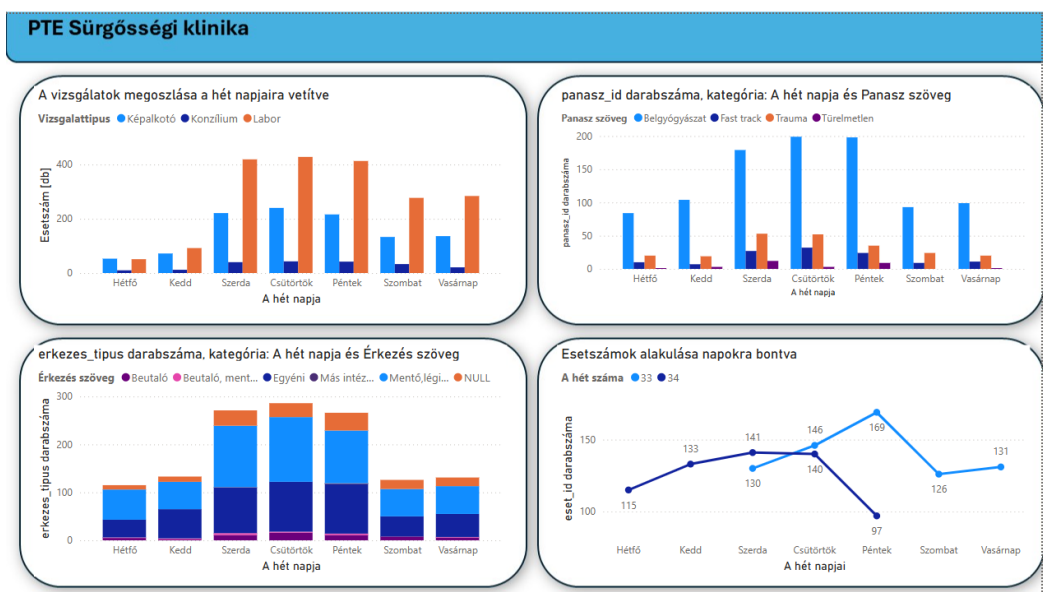
Különböző diagramtípusokkal többféle adatot lehet kivetíteni, amelyek napi vagy heti szintű bontásban mutatják például az érkezési intenzitásokat, illetve, hogy az adott időszakban milyen arányban várhatóak különböző panaszú, illetve triázskategóriájú betegek. Ennek fényében erőforrás szükségletet lehet tervezni, a meglévő feladatokat úgy ütemezve, hogy anticipálják a jövőbeli emelkedett terhelést. Mindezek mellett természetesen az orvosi, illetve ápolói igényekhez igazodva (akár minden fontos szereplőnek) más és más típusú diagram- és

indikátor-készlet jeleníthető meg. Elemezni lehet a pillanatnyi helyzetet, de egyúttal hosszabb időre visszatekintő összetettebb elemzéseket is meg lehet valósítani, ezzel a rendszer globális működésére vonatkozó anomáliákat, feltevéseket vizsgálni, igazolni, vagy elvetni, a kimeneti adatokból következtetéseket levonni.



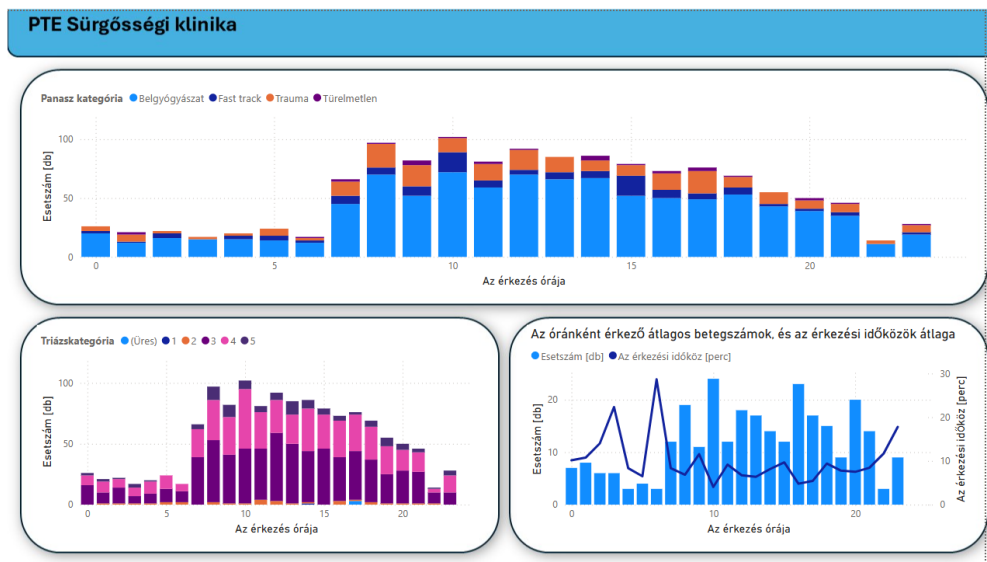
28. ábra- Egy lehetséges felület a szimulációs adatok vizualizálására a Power BI környezetben (2)

Össze lehet állítani kizárólag heti bontásban összesített diagramokat, amelyek különböző indikátorok mentén mutatják be az egyes napok közti különbségeket, a szimulátor pedig megfelelő ideig futtatva több hét átlagának segítségével simítja ki az eredményeket. Ezzel egy magasabb szintű elemzési mélységet nyújtva a dolgozók számára.



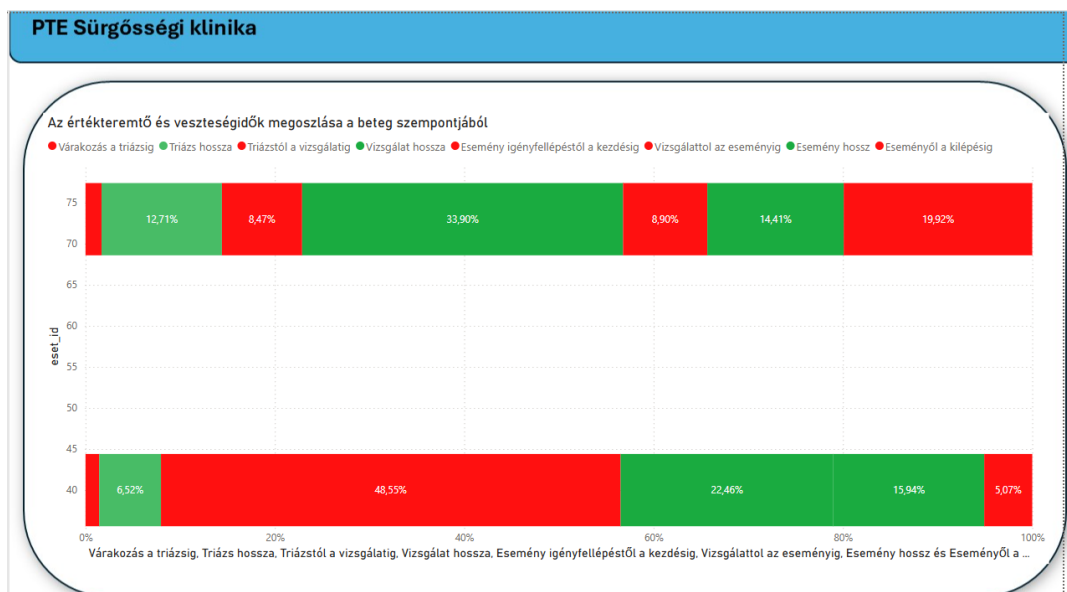
29. ábra- Egy lehetséges felület a szimulációs adatok vizualizálására a Power BI környezetben (3)

Továbbá abban az esetben, hogyha jobban ráközelített információhalmazt szeretne vizsgálni a dolgozó, akkor akár az összes diagramot órás bontásban is megtekintheti, ezzel - elegendő szimulált adat birtokában - becslést adva arra, hogy előző napok átlagából milyen trendekre lehet következtetni.



30. ábra- Egy lehetséges felület a szimulációs adatok vizualizálására a Power BI környezetben (4)

Továbbá akár a beteg által érzékelt értékteremtő és veszteségidőket is nyomon lehet követni az egyes esetekre vetítve, kisebb elemszámú csoportoknál akár egyes panasztípusokra összesítve is. Az alábbi ábrán látható, az előző dolgozatunkban [3] felvázolt szalagdiagramhoz hasonló felület a szimulált adatok alapján.



31. ábra- Egy lehetséges felület a szimulációs adatok vizualizálására a Power BI környezetben (5)

Emellett a Power BI lehetőséget nyújt egy alap koncepción keresztül bemutatni az esetekre testreszabott „személyes” felületet is, amelynek lehetőségét felvázoltuk a bevezetőben és alapvetően egy mobil eszköz (pl. telefon) képernyő felületén lenne célszerű megvalósítani. Mivel tehát az információs felület egy telefon kijelzőjére optimalizált megoldás, így diagramok elhelyezésével kevés releváns információt lehet megmutatni a beteg számára. Emiatt inkább egyes releváns időpontokhoz, illetve időtartamokhoz kapcsolódó adatok elhelyezése lehet a célszerű. Vagyis a felületre a jelenleg rendelkezésre álló adatokból egy-egy, az adott esettel kapcsolatos releváns értéket érdemes felhelyezni. Ilyen lehet például, hogy

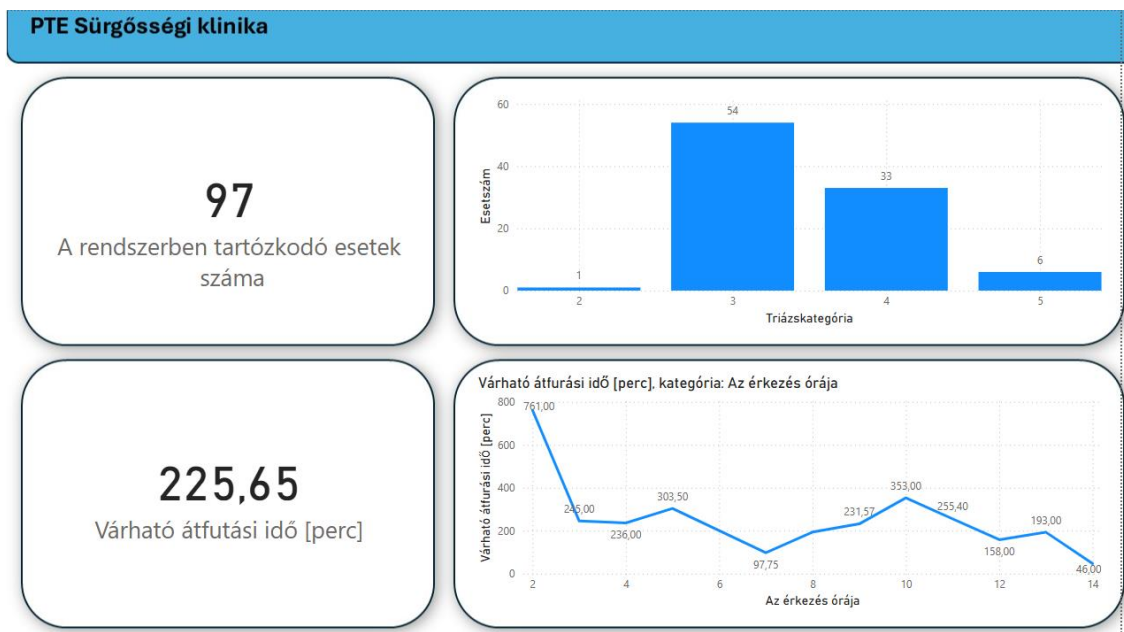
- milyen triázskategóriát kapott az eset,
- milyen szükséges vizsgálatokat írtak elő a betegnek,
- ezek milyen tervezett sorrendben kerülnek lebonyolításra,
- mikor adta fel az igényt az orvos vagy az ápoló az egyes vizsgálat típusokra,
- mennyi időt töltöttek már el az eset feldolgozásával az ellátó rendszerben.

A beteg maga szelektálhat a számára fontos információk között. Reményeink szerint ez a szolgáltatás a betegek körében is nagy érdeklődésre tartana számot. Ezáltal lehetne csökkenteni a várakozással járó bizonytalanságot, továbbá a beteg számos olyan információhoz juthatna az eset feldolgozásának előrehaladásával kapcsolatban, amelyet idáig nem, vagy csak sokszor az ellátási folyamatot megzavarva az ápolótól, vagy a kezelőorvostól tudott megérdeklődni, feltéve, hogy egyáltalán a megnevezett erőforrások ezen adatok / információk birtokában voltak. Ezzel a megoldással mind a beteg oldal számára, mind pedig az ellátói oldal részére rendelkezésére állhat folyamatosan a számára szükséges összetett információ halmaz. Az alábbi ábrán látható egy minta a fentebb említett telefonos nézetről.

2024.08.14. 5:05:55 Az érkezés időpontja	
2 Vizsgálat típus darabszáma	4 Kapott triázskategória
Képalkotó Következő vizsgálat	

32. ábra- Telefonos elrendezés az egyéni felület vizualizálására Power BI környezetben

Végül pedig a dolgozat elején említett közösségi felületet is szeretnénk felvázolni. Az előző dolgozatunkban [3] felvázolt koncepciót immáron valós adatok birtokában is meg tudjuk jeleníteni, szintén a Power BI segítségével. Ennek a felületnek a segítségével a váróban tartózkodó betegek tájékoztatást kaphatnak arról, hogy rajtuk kívül hány beteg tartózkodik az osztályon, továbbá akár megmutatható az így kialakuló várható átfutási idő is, akár az érkezés órájának függvényében, mindezzel rávilágítva az itt dolgozók leterheltségére és az átfutási idők emiatti esetleges megcsúszására.



33. ábra- A közösségi felület vizualizálása Power BI környezetben

9. Összefoglalás

Az adatrögzítési technológiák fejlődése új lehetőségeket nyit az SBO-kon belüli folyamatok javítására, ám a hazai SBO-k adatgyűjtése gyakran pontatlan és szabványok nélküli, ami hátráltatja a folyamatok pontos leképezését és az elemzéseket. A hiányos adathalmazok megbízható szimulációs modellek készítéséhez csak alapos validálás után használhatók, mivel a pontatlan adatgyűjtés könnyen torzíthatja a folyamatok valósághű ábrázolását, ezáltal félrevezető következtetésekhez vezethet.

Az automatikus adatrögzítés és az IPS technológiák pontos, folyamatos adatokat nyújtanának a betegek áramlásáról és a vizsgálatok időtartamáról, így feltárva a jelenlegi helyzetet és a digitális értelemben vett átláthatóságot képesek lehetnek megalapozni. Ezek a rendszerek tehát elengedhetetlenek a valósághű szimulációs modellek felépítéséhez, amelyek megalapozott döntéseket és hatékonyabb működést biztosíthatnak az SBO-kon.

Mint ahogy az a dolgozat elején is olvasható volt, nemzetközi szinten is kevés az olyan számottevő innováció az SBO-k informatikai támogatásának elősegítésére, amely kihasználná a folyamat során keletkező adatok digitalizált gyűjtését, illetve felhasználását. Az általunk felvázolt szolgáltatás, amely egy digitális ikertechnológiával augmentált, kulcsrakész dashboard szoftver SBO-kra történő integrálását és a hozzá tartozó adatrögzítéshez szükséges hardver infrastruktúra kiépítését valósítja meg, egyedülálló és hiánypótló lenne az egészségügy modernizálásában. Kutatásunkban és a kapcsolódó fejlesztésekben az ehhez szükséges adatelemzési és informatikai alapok felépítésével foglalkoztunk, ami utat nyithat a további innovációk irányába, és egy „éles” mintarendszer kifejlesztését alapozza meg.

Mivel a bemutatott technológiák beruházási költségei meglehetősen magasak, főleg egy jellemzően pénzügyi keretben nem dúskáló intézmény számára, így fontos megjegyezni, hogy a Pécsen gyűjtött adatok, az ott dolgozó szakemberek több évtizedes tapasztalatával együtt már most jó alapot nyújthatnak egy szimulációs modell és egy dashboard felület prototípusának bevezetéséhez, amelyből kiindulva további fejlesztésekkel előbb-utóbb a kívánt állapot, azaz egy digitális iker-alapú megoldás létrejöhet.

Ennek fényében szeretnénk megköszönni a PTE Klinikai Központ Sürgősségi Betegellátó Osztálya vezetőjének és ápolásszakmai igazgatóhelyettesének, Dr. Kanizsai Péternek és Deák Andrásnak a rengeteg segítséget és bizalmat, amelynek segítségével támogatták a kutatásunkat és amelynek köszönhetően ez a dolgozat elkészülhetett.

„Az EKÖP-24-2-BME-152 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a EKÖP-24-2 pályázati program finanszírozásában valósult meg.”

Irodalomjegyzék

- [1] Katona Boglárka, Szabó Judit Éva (2020): Szolgáltatás-logisztika az egészségügyben: analógiák keresése a sürgősségi betegellátás példáján keresztül az SBO-k hatékonyságának növelése érdekében, TDK dolgozat
- [2] Tóth Ádám (2022): Módszertani fejlesztések a sürgősségi betegellátás értékteremtő folyamatának vizsgálatában. BME-KJK, TDK dolgozat
- [3] Horváth Ádám, Tóth Ádám (2023): A sürgősségi betegellátó osztályok betegellátás-szervezési folyamatainak fejlesztése digitalizációs megoldások alkalmazásával. BME-KJK, TDK dolgozat
- [4] Dr. Bóna Krisztián, Tóth Ádám (2023): Út a digitális iker technológia alkalmazásáig a sürgősségi betegellátó osztályokon, Logisztikai Évkönyv 2024
- [5] Junsang Yoo, Kwang Yul Jung, Taerim Kim, Taerim Lee, Sung Yeon Hwang, Hee Yoon, Tae Gun Shin, Min Seob Sim, Ik Joon Jo, Hansol Paeng, Jong Soo Choi, and Won Chul Cha (2018): A Real-Time Autonomous Dashboard for the Emergency Department: 5-Year Case Study
URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6284143/> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.09.18)
DOI: [10.2196/10666](https://doi.org/10.2196/10666)
- [6] Andy Koronios, Jing Gao (2010): Data Quality for Emergency Department BI Dashboard
URL:https://www.researchgate.net/publication/266647382_Data_Quality_for_Emergency_Department_BI_Dashboard (Utolsó letöltés dátuma: 2024.09.26)
DOI: [10.2991/icebi.2010.47](https://doi.org/10.2991/icebi.2010.47)
- [7] Tatiana Mallet Machado, Fernando Tobal Berssaneti (2023): Literature review of digital twin in healthcare
URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023065982> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.09.23)
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19390>
- [8] Md Doulotuzzaman Xames, Taylan G. Topcu (2024): A Systematic Literature Review of Digital Twin Research for Healthcare Systems: Research Trends, Gaps, and Realization Challenges
URL:https://www.researchgate.net/publication/377132959_A_Systematic_Literature_Review_of_Digital_Twin_Research_for_Healthcare_Systems

- view of Digital Twin Research for Healthcare Systems Research Trends Gaps and Realization Challenges (Utolsó letöltés dátuma: 2024.09.23)
DOI: [10.1109/ACCESS.2023.3349379](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3349379)
- [9] Angelo Croatti, Matteo Gabellini, Sara Montagna, Alessandro Ricci (2020): On the Integration of Agents and Digital Twins in Healthcare
URL: https://www.researchgate.net/publication/343418098_On_the_Integration_of_Agents_and_Digital_Twins_in_Healthcare (Utolsó letöltés dátuma: 2024.09.26)
DOI: [10.1007/s10916-020-01623-5](https://doi.org/10.1007/s10916-020-01623-5)
- [10] Understanding Kurtosis: Exploring the Shape of Data Distribution and Interpreting QQPlots
URL: <https://pub.aimind.so/understanding-kurtosis-exploring-the-shape-of-data-distribution-and-interpreting-qq-plots-2d264fa2aa79> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.10.12)
- [11] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_data_capture (Utolsó letöltés dátuma: 2024.10.12)
- [12] Jiří ŠEBA, Roman HRUŠKA, Libor ŠVADLENKA (2016): Analysis of Automatic identification and data capture systems use in logistics
URL: <https://dk.upce.cz/server/api/core/bitstreams/8bb32260-31a9-4e39-a393-bd8616db436e/content> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.10.12)
- [13] Germán Martín Mendoza-Silva, Joaquín Torres-Sospedra, Joaquín Huerta (2019): A Meta-Review of Indoor Positioning Systems
URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/20/4507> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.10.12)
- [14] Ward Whitt, Xiaopei Zhang (2019): Forecasting arrivals and occupancy levels in an emergency department
URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211692318300407?casa_token=4FCbtY5_a6oAAAAA:eTokPSRzvWtRvZI48wa6k6_7Gan412OUZJeeUnYIOJjHBbsFdvqqAOyMJolX0Tj1yiUEXH3eOUg (Utolsó letöltés dátuma: 2024.10.15)
- [15] Farid Kadri, Abdelkader Dairi, Fouzi Harrou, Ying Sun (2022): Towards accurate prediction of patient length of stay at emergency department: a GAN-driven deep learning framework

- URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12652-022-03717-z> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.10.15)
- [16] URL: <https://egeszsegvonalt.gov.hu/> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.24)
- [17] URL: <https://mi.nemzetilabor.hu/hu> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.24)
- [18] URL: <https://www.app-arak.hu/blog/top-5-orvosi-diagnosztikai-alkalmazas/> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.24)
- [19] URL: <https://www.nexthealth.app/#Szolgáltatások> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.24)
- [20] URL: <https://www.eszfk.hu/e-medsolution> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.24)
- [21] URL: <https://www.sisense.com/ai-analytics-platform/healthcare/hospital-performance-dashboard/> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.26)
- [22] URL: <https://www.osfinnovation.org/about-osf-innovation/case-studies/ed-dashboard> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.26)
- [23] URL: <https://www.templatemonster.com/hu/category/medical-admin-dashboard-template/> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.26)
- [24] URL: <https://www.sahealth.sa.gov.au/wps/wcm/connect/public+content/sa+health+internet/about+us/our+performance/our+hospital+dashboards/about+the+ed+dashboard/emergency+department+dashboard> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.26)
- [25] URL: https://www.inetsoft.com/evaluate/bi_visualization_gallery/page.jsp?dbIdx=104 (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.28)
- [26] URL: https://appsource.microsoft.com/en-US/product/power-bi/powerapps_cxo.powerbi_healthcare?tab=overview&exp=ubp8 (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.28)
- [27] URL: <https://www.intersystems.com/hu/termek/healthshare/> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.28)
- [28] URL: <https://vital.io/solutions/emergency> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.28)
- [29] URL: <https://www.gehccommandcenter.com/digital-twin> (Utolsó letöltés dátuma: 2024.08.29)

Ábrajegyzék

1. ábra- A sürgősségi betegellátó folyamat leegyszerűsített váza, forrás: [3]	2
2. ábra- A betegfelvétel és a triázs külön perspektívákból, forrás: [3].....	3
3. ábra- Az orvosi vizsgálat és az azt megelőző műveletek külön perspektívákból, forrás: [3]	4
4. ábra- A vizsgálatok kiértékelésével járó teendők, forrás: [3].....	4
5. ábra- Kihasztnálatlan kijelzők egy hazai SBO-n, forrás: [3].....	7
6. ábra- A vizsgált cikkek fókusz, forrás: [8]	13
7. ábra- A kapott adatok felhasználhatósága	18
8. ábra- A zónarendszer kialakításához felhasználható topológiai modell egy SBO esetében, forrás: [2]	23
9. ábra- Az átlagos esetszámok és érkezési időközök órákra bontva	28
10. ábra- A képalkotó vizsgálatok ideje normális eloszláshoz illesztve	29
11. ábra- Hisztogram a képalkotó vizsgálatok hosszára.....	30
12. ábra- A képalkotó vizsgálatig tartó várakozás normális eloszláshoz illesztve.....	30
13. ábra- Hisztogram a képalkotó vizsgálatokig tartó várakozások hosszára	31
14. ábra- A számított paraméterek illesztése a valós adatok eloszlásfüggvényéhez	31
15. ábra- Eset agent tulajdonságai	33
16. ábra- Képalkotó, konzílium és laborvizsgálat agent tulajdonságai	34
17. ábra- Az „ellatoEroforras” agent paraméterei	34
18. ábra- Az SBO betegellátási folyamat modellezésének első szakasza	36
19. ábra: Az SBO betegellátási folyamat modellezésének második szakasza	37
20. ábra- Az SBO betegellátási folyamat modellezésének harmadik szakasza.....	38
21. ábra- Az SBO betegellátási folyamat modellezésének utolsó szakasza	39
22. ábra- Az agent-ek áramlása a szimulációs modellben.....	39
23. ábra- A szimulációs modellben alkalmazott adatmodell	42
24. ábra- Érkezés alapján a prioritási sorrend beállítására szolgáló felület.....	43
25. ábra- A form-alapú felület első oldala	43
26. ábra- A form-felület második oldala	44
27. ábra- Egy lehetséges felület a szimulációs adatok vizualizálására a Power BI környezetben (1).....	45
28. ábra- Egy lehetséges felület a szimulációs adatok vizualizálására a Power BI környezetben (2).....	46

29. ábra- Egy lehetséges felület a szimulációs adatok vizualizálására a Power BI környezetben (3).....	46
30. ábra- Egy lehetséges felület a szimulációs adatok vizualizálására a Power BI környezetben (4).....	47
31. ábra- Egy lehetséges felület a szimulációs adatok vizualizálására a Power BI környezetben (5).....	47
32. ábra- Telefonos elrendezés az egyéni felület vizualizálására Power BI környezetben	48
33. ábra- A közösségi felület vizualizálása Power BI környezetben.....	49

Táblázatjegyzék

1. táblázat- A kanadai egészségügyi információs rendszerek adatminőséget vizsgáló keretrendszer, forrás: [6]	11
2. táblázat- Példák a kezelés során fellépő adatok minőségi problémáival kapcsolatban, forrás: [6].....	11
3. táblázat- Magyar, egészségügyet támogató szoftveres megoldások	15
4. táblázat- Külföldi, egészségügyet támogató szoftveres megoldások	16
5. táblázat- Érkezés típusok arányai	24
6. táblázat- Panasz típusok arányai az érkezések függvényében	25
7. táblázat- Az érkezések és panaszok arányai a triázskategóriák függvényében.....	25
8. táblázat- A szükséges vizsgálatok kiírásának aránya a panaszok függvényében.....	26
9. táblázat- Érkezési időközök (bal), – intenzitások (jobb) délelőttre és délutánra bontva	27
10. táblázat- Érkezési időközök (bal), – intenzitások (jobb) nappali és éjszakai műszakokra bontva	27
11. táblázat- A Weibull eloszlás paraméterei a szimulációhoz	31