

# Nyomási fekélyek és sebek monitorozása, rizikóbecslése 3D modellezés és neurális hálók alkalmazásával

*Monitoring and risk assessment of pressure ulcer and injuries,  
using 3D modelling and neural networks*

Leleszi András<sup>1</sup>, Vass Dezső<sup>1</sup>, Polonkai Dávid<sup>1</sup>, Cseh Borbála<sup>1</sup>, Dózsa Csaba László<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Miskolci Egyetem Egészségtudományi Kar

✉ csaba.dozsa@med-econ.eu

Jelen közlemény a fekvőbetegosztályokon ápolott pácienseknél jelentős számban előforduló, nozokomiális ártalomként is értelmezhető nyomási és nyírási sebek informatikai eszközökkel történő monitorozásának, rizikóbecslésének jelenlegi eredményeit, nyitott problémáit és kutatási irányait foglalja össze. A cikk interdiszciplináris megközelítéssel, egészségügyi – ezen belül kiemelten ápolásszakmai –, gazdaságossági, és a megoldási lehetőségeket informatikai megközelítéssel vizsgálja, és szakirodalmi áttekintés alapján elemzi a további kutatás relevanciáját.

A cikkben áttekintésre kerülnek a témára fókuszáló nemzetközi gyakorlatok, a hazai ellátórendszer gyakorlata, valamint továbbfejlesztési lehetőségei. A kutatás illeszthető egy korábbi kutatási programhoz, amely a menedzsmenti szempontok és a szakmapolitikai döntések áttekintésével készített helyzetértékelést, és fogalmazott meg javaslatokat – a 2019-2023-as időszakot magába foglalva. A kutatás koncepcionális alapjairól több hazai és nemzetközi publikáció is született.

Jelen közlemény célja, hogy a nyomási és nyírási sebek felmérése és ellátása problémakörében megoldási fókusszal összefoglalja a jelenleg elérhető, a nyomási fekélyek rizikóbecslésére és monitorozására alkalmas informatikai eszközöket, módszereket, valamint a nemzetközi gyakorlat alapján meghatározza a további kutatási, fejlesztési irányokat, melyek a hazai implementálhatóságot célozzák. Jelen kutatás módszere: keresőszavas szakirodalmi áttekintés, eredmények összegzése, területi topológia megjelenítése.

A tanulmányban a tudományos szakirodalmi háttérrel rendelkező módszerek, technológiák és szoftveres megoldások alapján olyan ajánlások kerülnek megfogalmazásra, amelyek a hazai ellátási gyakorlatban is lehetséges megoldások lehetnek, illetve bevezetésük megfontolásra ajánlott. Elsősorban olyan, a betegágnál használható, az egészségügyi szakdolgozók által könnyen megtanulható és kezelhető mobil megoldásokra célszerű koncentrálnunk, melyek elfogadható találati pontossággal (>90%) képesek a sebek állapotának meghatározására.

**Kulcsszavak:** nyomási fekély, kockázatbecslés, 3D modellezés, klinikai döntéstámogatás, mesterséges intelligencia

This paper summarizes the current results, open problems and research directions of the monitoring and risk assessment methods using IT solutions for pressure ulcer and pressure injury (PU, PI), which occur in significant numbers in patients treated in inpatient wards and can also be interpreted as nosocomial harm. The article examines the healthcare – particularly nursing and economic – considerations with an IT approach at the frontier of science, with a multi-aspect approach, and analyses the relevance of further research based on a literature review.

The article reviews international practices focusing on the topic, the practice of the Hungarian healthcare system, and its further development opportunities. The research can be aligned with a previous research program, which prepared a situation assessment and formulated proposals by reviewing management aspects and policy decisions – covering the period 2019–2023. Several domestic and international publications have been published on the conceptual foundations of the research.

The aim of this publication is to summarize the currently available IT tools and methods suitable for risk assessment and monitoring of pressure ulcers in the area of chronic wound assessment and care, to determine further research and development directions based on international practice for future domestic implementation.

The method of this research was a keyword literature review, summarizing of results, display of the field topology. In the study recommendations are formulated that could be possible solutions in improving domestic care practice. We should focus primarily on mobile solutions that can be used at the patient's bedside, easy for healthcare professionals to learn and use, and capable to determine the condition of wounds with acceptable accuracy (>90%).

**Keywords:** pressure ulcer, risk assessment, monitoring, 3D models, clinical decision support, artificial intelligence

## BEVEZETÉS

A bizonyítékon alapuló orvoslásban és az ellátás számára finanszírozást biztosítók számára fontos a lehető legrészletesebbé tenni a döntéseket, hogy ezáltal maximalizálhassuk az érintett szereplők „hasznát”, mind az ellátó, mind a páciens oldalán. Különösen jelentős ez olyan területen, ahol a kockázatok korai felismerésével és a prevenció intézkedések meghozatalával jelentősen csökkenthetők az intézményi, társadalmi költségek, valamint nem utolsósorban a páciens szenvedései. Mind a kórházakban, mind a szociális ellátást biztosító bentlakásos otthonokban, vagy a páciens saját otthonában is főleg az idősebb, a nap túlnyomó részét ágyban töltő embereknél gyakori probléma a nyomási fekély (decubitus) kialakulása.

A megelőzés és az ápolás hatékonyságának javítása érdekében fontos, hogy a seb kialakulásának kockázatbecslése objektív, átlátható és visszakövethető módon történjen. Az adatgyűjtés és a napi ellátással kapcsolatos döntések az egészségügyi szakdolgozók, elsősorban az ápolók közreműködésével történhetnek meg. Fontos cél, hogy minimalizáljuk az adatgyűjtés miatti többletterhelést.

Az innovatív egészségügyi technológiák fejlődésének és a mesterséges intelligencia (MI) módszerek megjelenésének köszönhetően az adatgyűjtést lehet racionalizálni, a kockázatok becsléséhez, napi ellátási döntések meghozatalához olyan döntés-előkészítési információkat lehet szolgáltatni, mint pl. a sebek állapota, a stádium változása, valamint a prevenció csoportoknál a kockázatok becslése, a napi ellátási igény meghatározása.

A nyomási fekély (pressure ulcer, PU) / nyomási sérülés (pressure injury, PI) mint nozokomiális ártalmak – nyomási és nyírási sebek – prevenció és ellátási eseményeit informatikai kontextusba helyeztük, ennek megfelelően a kutatási irányvonalunk az elméleti egészségtudományokból indul ki, majd felhasználva a klinikai döntéstámogatás és diagnosztika informatikai módszereit, elvezet az alkalmazott ápolásmenedzsmenthez [1].

## MÓDSZERTAN

Az alábbi hívószavakat használtuk a keresésben: „Pressure ulcer wound assessment”, „Decubitus 3d imaging”, „Pressure ulcer 3d model”, „Pressure ulcer Artificial Intelligence”, „pressure ulcer artificial intelligence”, „Pressure Ulcer Prevalence Europe”, „Data-Driven Decision-Making in Healthcare Ulcer”.

A továbbiakban a scoping review módszertannal haladtunk tovább, törekedve arra, hogy a kutatásunk számára fontos kulcsszavak és témakörök esetében megfelelő számú tanulmányt tudjunk feldolgozni.

Célunk volt a vizsgált területtel kapcsolatos topológia felállítása. Tekintettel a találatok nagy számára, valamint arra, hogy kifejezetten nem statisztikai módszertani megközelítést kívántunk alkalmazni, a fókuszált szakirodalmi áttekintésünk során nem használtunk PRISMA módszert.

## EREDMÉNYEK

Szakirodalmi kutatásunkba a kórházi tartózkodás alatti rizikóbecslést, illetve a már kialakult nyomási fekély nyomon követésére, értékelésére, stádium, valamint a stádium változások detektálását meghatározó/támogató, a seb elemzését, modellezését segítő megoldásokat, illetve ezeket célzó tanulmányokat válogattuk be. Ezen túlmenően a fentiekkel kapcsolatos egészség-gazdasági hatásokra és a prevalenciára utaló cikkekre is fókuszáltunk. A keresések eredményeképp a Scopus ban összesen 888, a PubMed ben 1338, a ScienceDirect-ben 3717 találatot kaptunk, lásd 1. táblázat.

A további fejezetekben bemutatásra kerülnek a betegség elterjedtségével és gazdasági vonzataival kapcsolatos hatások, a jelenlegi hazai adatgyűjtési gyakorlat, valamint az innovatív informatikai megoldásokkal gyűjthető és elemezhető, további képi, 3D-feldolgozásra, rizikóbecslésre, az állapot nyomon követésére alkalmas, ezáltal az ápolási feladatok tervezését támogató adatok.

### Hazai helyzetkép

A fejezetben a hazai fekvőbeteg-intézmények nyomási fekély-detektálásához, prevenciójához és ellátásához fűződő adatgyűjtési gyakorlatát mutatjuk be, arra fókuszálva, hogy

Keresőszavak	Scopus	PubMed	ScienceDirect
pressure ulcer wound assessment	710	1090	1141
decubitus 3d imaging	31	32	1089
pressure ulcer 3d model	22	19	1339
pressure ulcer artificial intelligence	85	112	60
data-driven decision-making in healthcare ulcer	2	5	64
pressure ulcer prevalence europe	38	80	24
	888	1338	3717

1. táblázat  
Keresőszavak a szakirodalmi áttekintéshez (saját szerkesztés)

ebbe a folyamatláncolatba hogyan illeszthetők a legújabb adatgyűjtési gyakorlatot és döntéshozatali támogató, új informatikai módszerek és megoldások.

2024-ben több mint egy évtizedes hiátust követően hiánypótló jelleggel jelent meg az Egészségügyi Szakmai Kollégium szakmai irányelve: „A nyomási fekély rizikófelmérése, prevenciója és kezelése” címmel [2]. Az irányelv a nemzetközi PU-PI irányelv hazai adaptációja, melyben a kockázati tényezők (rizikó) felmérése kapcsán leszögezi: „A nyomási fekély megelőzésének klinikai gyakorlatának a központi eleme, és ezzel első lépése a kockázati tényezők felmérése. Ez magában foglalja a kockázatnak kitett egyének beazonosítását, valamint a nyomási fekély kialakulásában szerepet játszó különböző befolyásoló tényezőket.” Ennek megfelelően az 1. ajánlás így szól: „A kockázati tényezők felmérést és a nyomási fekély kialakulásában potenciálisan szerepet játszó tényezők azonosítását végezze el a beteg megérkezését követően a lehető leghamarabb, illetve a beteg állapotában bekövetkező kedvezőtlen változás után.” Ajánlásában kifejti, hogy „A beteg intézetbe, osztályra történő bekerülésekor a lehető leghamarabb, majd az ellátása során folyamatosan, meghatározott időközönként, illetve állapotának rosszabbodásakor el kell végezni az ismételt rizikófelmérést.”

Az irányelv részletesen előírja, hogy a nyomási fekély észlelése és ellátása során mely ellátási eseményeket és észleléseket szükséges dokumentálnia az egészségügyi szakembereknek. A nyomási fekélyek nyomon követéséhez és rizikóbecsléséhez, valamint elektronikus dokumentációjának előállításához, és a hazai ellátórendszerben jelenleg a 2023. december 15 én zárult EFOP-1.9.6 (Elektronikus egészségügyi ágazati fejlesztések) projekt [3] keretében fejlesztett, és a napi kórházi ellátásba bevezetett Ápolástámogatási Rendszert (ÁTR) használják.

Az ÁTR-ben a betegágy mellett (point of care) mobil eszközzel, úgynevezett Zebra mobil készülékkel rögzítik a rizikóbecslés eredményét, kialakult seb esetén az aktuális állapotot és annak változásait, melyek bekerülnek a rendszer adatbázisába. A rendszer jelenleg sebekkel kapcsolatos képi adatokat nem kezel.

Az Orvosi Hetilapban 2023-ban megjelent cikk összefoglalja a felfekvések ellátásával kapcsolatos hazai szakpolitikai és az EU-s fejlesztéspolitikai ajánlásokat, valamint a kórházak minőségmenedzsment-szemponjtait. A 86 válaszadó kórház – 2 intézmény kivételével – rendelkezik decubitus-ellátást szabályozó intézményi szintű dokumentummal, 39-nek van nyomásfekély-ellátási protokollja, 13-nak igazgatói szintű eljárási utasítása, és szintén 13-nak eljárási rendje. Az intézmények 83%-ában történik az első állapotfelmérést követő rendszeres vizsgálat, követés. 11 válaszadó intézmény más jelentés részeként rendelkezik adatokkal, további 11 pedig egyáltalán nem készít összesítést/jelentést. A cikkben fejlesztési javaslatként felvetik a nemzetközi jógyakorlatok és az innovatív technológiai vívmányok használatát [4]. A Nővér című újságban megjelent publikáció [5] ajánlásaiban megfogalmazza a hazai irányelv alapján elektronikus rögzí-

tésre ajánlott adattartalmat, és javaslatot tesz az ÁTR ezirányú fejlesztéseire.

### **Adatvezérelt döntéshozatal, döntéstámogatás az egészségügyben**

A gépi tanulás, a MI és az adatelemzés segít az egészségügyi szolgáltatóknak olyan adatminták és trendek megtalálásában, amelyek felhasználhatók az egészségügyi intézmények működését javító stratégiai döntések hatékony meghozatalához. A MI-t alkalmazó diagnosztikai technikák továbbá javítják a betegségek azonosítását és a személyre szabott terápiás rendszerek létrehozását, ami átalakítja a betegellátást [6]. Az adatvezérelt kockázatbecslés és sebek állapotának pontos meghatározása és követése egyrészt célozza a rizikóval rendelkező betegek számára nyújtandó prevencióis tevékenységeket, másrészt javítja a mégis kialakuló sebek ellátásának terápiás hatékonyságát, alacsonyabb stádiumban tartását, harmadrészt humán erőforrás-kímélő megoldásokat nyújt.

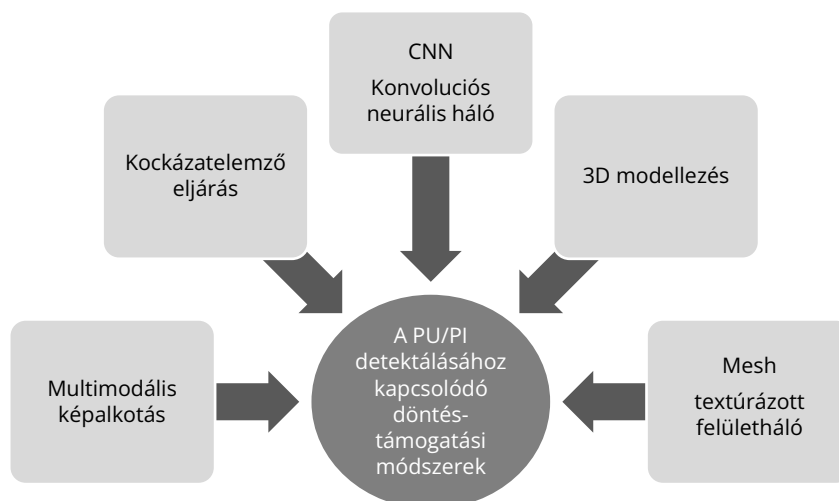
Az újabb alkalmazások szerves része az MI-modellek alkalmazása. A modellek alkalmazása több szinten lehetséges. A gépi tanulást (machine learning, ML) megvalósító modellek végezhetnek felügyelt tanulást (supervised learning), felügyelet nélküli tanulást (unsupervised learning) vagy mélytanulást (deep learning). A konvolúciós neurális háló (convolutional neural network, CNN) és a rekurrens neurális hálózatokat (recurrent neural network, RNN) olyan összetett feladatokhoz használják, mint a szív- és érrendszeri betegségek előrejelzése, képelemzések, mintázatok, összefüggések felismerése. A természetes nyelvi feldolgozás (natural language processing, NLP) modellek jelentések, szöveges dokumentumok (pl. radiológiai értékelések) elemzéséhez használhatók [7].

A neurális hálózaton alapuló mélytanulási modellek segítették a klinikai döntéshozatal folyamatának javítását azáltal, hogy az elektronikus egészségügyi nyilvántartások (electronic health record, EHR) adatait elemzik, ami a diagnózis pontosságát növelheti.

Az ápolás területén, ezen belül a nyomási fekélyek kockázatbecsléséhez, kialakult sebek azonosításához is léteznek adatfeldolgozó, predikciót végző megoldások, lehetővé téve a problémák korai felismerését, és szükség esetén az ápolási terv korrigálását, optimalizálását.

Az alábbiakban a publikált szakirodalom alapján a nyomási fekély detektálásához kapcsolódó diagnosztikai és döntéstámogatási módszereket határozzuk meg, ezen fogalmak felhasználásával érthető meg a problémakör és a lehetséges megoldások működése, alkalmazhatósága az egészségügyi intézményekben.

Az adatvezérelt klinikai döntéstámogató rendszerek olyan számítógépes rendszerek, amelyeket úgy terveztek, hogy befolyásolják a klinikusok döntéshozatalát az egyes betegekkel kapcsolatban, abban a pillanatban, amikor ezeket a döntéseket meghozzák [8].



1. ábra  
A PU/PI detektálásához kapcsolódó döntéstámogatási módszerek (saját szerkesztés)

Multimodális képkalkotás: több képkalkotó modalitás, beleértve az RGB (2D), 3D mélység-, termikus vagy multispektrális kamerákkal készült képek együttes felhasználása a seb modellezéséhez, elemzéséhez, értékeléshez [9].

Kockázatelemző eljárás: szabványosított klinikai értékelés, amely azonosítja az egyén kockázati tényezőit – mint például a mozgáskorlátozottság, a nedvességnek való kitettség, a tápláltsági állapot, az érzékszervi károsodás, a bőr állapota és az általános egészségi állapot –, és validált eszközök (pl. Braden, Norton, Waterlow) segítségével kockázati szintet rendel hozzá [10,11].

Konvolúciós neurális háló – CNN: a MI-megoldásokban alkalmazott neurálishálózat-típus, amelyet elsősorban képfeldolgozásra, mintafelismerésre és számítógépes látás feladatokra használnak [12].

3D modellezés sebérésekre: a seb 3D modelljének rekonstruálása. A seb geometriai mérései – beleértve a hosszúságot, szélességet, mélységet és felületet, térfogatot – közvetlenül elvégezhető [13].

Mesh: a mesh a 3D modellezés területén használt kifejezés, egy pontokból (vertex), élékből (edges) és felületekből (faces) álló háló, azaz textúrázott felületháló, amely egy 3D objektum geometriai formáját írja le [13].

### Informatikai megoldások

Ebben a fejezetben bemutatjuk az állapotfelméréshez, rizikóbecsléshez szükséges adatok körét, a hazai ellátórendszerbe már bevezetett ÁTR nyomási fekély modulját, valamint a képi adatgyűjtés lehetőségeit. Érdekes olyan szempontból megvizsgálunk ezeket az adatköröket és fejlesztéseket, hogy mely módszerek szolgálják a hatékonyságnövelő célok elérését, és hogyan illeszthetők bele a mindennapi ápolássiakmai gyakorlatba és munkafolyamatokba.

ÁTR-ben gyűjtött adatok felhasználása a diagnosztikához, ápolás tervezéséhez

A hazai kórházakban használt ÁTR nyomási fekély

modulja – leképezve a szakmai irányelv ajánlását – az alábbi rizikóskálákat és adatköröket kezeli:

- Bővített Norton skála: kooperációs készség, életkor, bőr állapota, kísérbetegségek, általános állapot, aktivitás, mobilitás, inkontinencia, rizikóbesorolás (bővített Norton skála alapján: alacsony / közepes / magas kockázat).
- Braden skála: szenzoros érzékelés, bőrdavesség, aktivitás, mozgékonyág, táplálkozás, súrlódás, rizikóbesorolás (alacsony, kockázatmentes / közepes kockázat / nagy kockázat).
- Glamorgan nyomási sérülés kockázatértékelés gyermekek számára (nincs vagy alacsony kockázat / nagy kockázat / igen magas kockázat).
- Braden QD-skála gyermekek számára (veszélyeztetettek tekinthető / nem tekinthető veszélyeztetettek).
- Újszülött bőrének felmérése (pontérték eredmény). További, a diagnosztikát segítő képi adatok

Multimodális képi adatok [9] (Magyarországon még nincs a napi gyakorlatban, a technológia rendelkezésre áll):

- Termokamera képe (infrared, IR)
- Multispektrális kamerák
- 3D modell (Mesh)
- RGB kép

Fontos kiemelni, hogy ezeket az adatokat Magyarországon még nem használják a mindennapi gyakorlatban, de a technológia globálisan rendelkezésre áll. Az adatgyűjtésnél az adatok egy része algoritmikusan átemelhető az ápolási, nyomási fekély kockázati besorolásához szükséges algoritmus input adathalmazaként. A sebek szenzoros elemzésének célja a kialakulás kockázatának mielőbbi felismerése, objektív adatok alapján.

Képi adatok

- 3D felvétel – Textúrázott felületháló, mesh, mely alapján mérhetővé válik a seb tényleges térbeli kerülete, területe

és térfogata, valamint meghatározható a legmélyebb pontja is [9].

- Hőkép – A testfelszín hőmérséklet-eloszlása, mely alapján felismerhetővé válnak az elhalt és a gyulladással szövetek [9].
- 2D/Optikai kép – Az ápoló által látott, a látható fénytartományban készült nagyfelbontású fénykép [9].

A sebterület kiterjedésének folyamatos detektálása fontos szerepet tölt be a klinikai vizsgálatok, patológiai elemzések és a napi betegellátás során. 2D-s módszerekkel nem megoldható a test görbületeinek és a különböző kamerabeállítástól függő szögeknek a kezelése. Liu és tsi (2019) [14] egy olyan 3D-s átalakítási módszert javasolnak az emberi testen elhelyezkedő seb méretének meghatározásához, ami ötvözi a mozgásból felépített struktúra (structure from motion, SfM), a legkisebb négyzetekkel való konformális leképezés (least squares conformal mapping, LSCM) és a képszegmentációs eljárásokat [14].

A képi felvételeket mobilapplikáció segítségével lehet elkészíteni, a 3D felvételek elkészítéséhez olyan mobiltelefon szükséges, mely LIDAR (Light Detection and Ranging) szenzorral rendelkezik [15]. A módszert megbízhatónak értékelik, de jelenleg nagyjából 75% pontosságú az észlelés.

### Képkalkotásra specializálódott informatikai megoldások

Ebben a fejezetben a PU/PI prevenciója és ellátása során használható informatikai fejlesztéseket, módszereket és technológiákat gyűjtöttük össze.

Egy, a JMIR Medical Informatics-ban megjelent 2025-ös közleményben CNN-alapú megoldás került bemutatásra, mely a modell megalkotása után folyamatos tesztelés, a megfelelő háló megtalálása útján tervezi megoldani a problémát [29]. Ennek lépései: sebkontúr meghatározása, seb lezárása (zárt geometriai alakzat kialakítása), 3D modellalkotás (Mesh háló), seb felszínének és térfogatának a kiszámítása. Műszaki szempontból a sebekről történő modellalkotás, a seb „lezárása”, a térfogat meghatározása nem triviális feladat. A sebek kontúrjának meghatározását befolyásolja, hogy gyulladással van-e a terület, valamint a seb környékén található elhalt (nekrotikus) szövetek nehezítik a körvonalak felismerését. Nem triviális az egymáshoz közeli sebek átfedésének kezelése, a kontúrok egymásba csúszása szintén kihívást támaszt a sebek azonosításakor és körvonalainak meghatározásakor. A térfogatszámításhoz fontos lépés a seb lezárása, ez a seb kontúrvonalának 3D-s Mesh hálóra történő vetítésével valósul meg.

### Infravörös képkalkotás

A multimodális képkalkotás része a termokamerás képek készítése. Érdekes klinikai dilemma, hogy a PU/PI kialakulásának szempontjából kockázatos pontok hőmérséklete hőkamerás vizsgálat során pozitív és negatív eltérést egyaránt mutathat [16] [17]. Bhargava és kollégáinak [18] sikerült magyarázatot találniuk erre a látszólagos inkonzisztenciára a mélyszöveti károsodásokra vonatkozó hőmérséklet transz-

fer modell segítségével. Megmutatták, hogy a mélyszöveti sérülések termokamerás vizsgálatának korábbi eredményeit mind ischaemiás (alacsonyabb bőrhőmérséklet), mind gyulladásos (magasabb bőrhőmérséklet) állapot fennállása magyarázhatja. Ebből következően a sebkialakulás kockázatának megítélésekor a hőkamerás felvételeken megfigyelhető hőmérséklet csökkenés, illetve -növekedés – a környező bőrfelületekhez képest – jelentőséggel bír [19].

### Multimodális képkalkotás

A Photonics-ban megjelent tanulmányban [9] kereskedelmi forgalomban kapható eszközök, például mobil eszközök és hordozható termográfia használatát javasolják a különböző hullámhosszokról származó információk 3D-modell felületére történő integrálásához. A szerzők a kutatásuk során kézi adatgyűjtést valósítottak meg, amelyben színes képeket használtak egy 3D-modell létrehozásához Structure from Motion (SfM) segítségével, és a termográfiát a 3D-felületbe egy pózbecslés (termokamera pozíciójának és orientáltságának meghatározása) finomításával építik be, amely a több nézet közötti hőmérséklet-korreláció optimalizálásán alapul. 40 db RGB fotó készítésével 3D-modellt (mesh és point cloud) készítettek fotogrammetriás módszerrel, valamint 8 db hőkamerás képet készítettek különböző perspektívákból. A hőképeket rávetítették a 3D modellre. A módszerrel bonyolult geometriájú sebeket is pontosan tudtak modellezni. Következő lépésként a létrejött modellből mennyiségi indikátorokat is számítanak: sebfelszín (cm<sup>2</sup>), seb körüli hőmérséklet (°C), hőmérsékletkülönbség az ágy és a seb között (°C). A módszer betegágy mellett használható, nem túl magas költségű eszközökkel elvégezhető. A kutatáshoz FLIR One Pro termokamerát, Samsung Galaxy Tab S4 mobil eszközt használtak [9].

### Gépi látás (YOLO – You Only Look Once)

A mélytanulás, az emberi agy által ihletett gépi tanulás altípusa, előrelépést jelentett a képi osztályozásban azáltal, hogy automatikusan tanul komplex mintákat. A számítógépes látás és a mélytanulás technikáit széles körben alkalmazzák számos területen, beleértve az orvosi képkalkotást és a képosztályozást.

Ezek a technikák képesek felismerni és osztályozni a nyomási fekélyeket olyan vizuális jellemzők azonosításával, mint a színintenzitás, a textúra, a térbeli adatok, lehetővé téve a korábbi kezelést és a szövődmények megelőzését. A YOLO gépi látási modell alapját az előzőekben megemlített CNN alkotja.

A hagyományos CNN-hez képest a YOLO gyors és hatékony, így jól alkalmazható valós idejű tárgydetektálásra orvosi képeken. A YOLO rácsra osztja a képet, és befoglaló kereteket (bounding box) és osztályvalószínűségeket (2. ábrán: ember, ló, kutya) prediktál minden cellához [12]. A modell akkor képes megfelelő eredmény elkészítésére, ha „példákkal” tanítjuk a felismerni kívánt területeket az egyes felvételeken. Az ilyen adatokat tanító adatoknak nevezzük, és ezek elkészítését manuálisan szükséges végrehajtani.



2. ábra  
YOLO objektumfelismerés folyamata [20]

### Szegmentációs hálózatok

A medikai képszegmentálás olyan képfeldolgozási eljárás, amelynek célja, hogy egy orvosi kép (pl. CT, MRI, ultrahang, röntgen, mikroszkópos felvétel) különböző részeit automatikusan vagy félautomatikusan elkülönítse egymástól. Az előzőekben bemutatott YOLO csak négyzetes körülhatárolásra képes, a szegmentációs hálók képesek pontos körvonalkövetésre. Nyomási fekélyek esetében a seb területét szükséges elkülöníteni, ehhez léteznek kis tanuló adatszettel dolgozó megoldások: U-Net és variánsai [21], a nagy adathalmazt használók: DeepLabV3/V3+ vagy a címkézett adatok nélküli megoldás, az Attention Diffusion Zero-shot Unsupervised System (ADZUS) rendszer. Ez egy újszerű, szövegvezérelt diffúziós modell, amely címkézett betanítási adatok használata nélkül végzi a seb szegmentálását. A modell lényege abban rejlik, hogy míg a YOLO esetében szükséges egy tanító adathalmaz létrehozása, ami hosszú és kritikus munka, ebben a modellben ezen halmaz létrehozása is automatikus. Krónikus sebek adatbázisán a detektálási hatékonyság 94,8%, de használata költséges, a tanításhoz GPU-clustert javasolnak [22].

### MI döntéstámogatás

Egy ICETM-ben megjelent 2025-ös cikkben [23] olyan intelligens kötszerrel ötvözött, szenzoros megfigyelő és gyógyszeradagoló rendszert mutatnak be, mely MI-támogatással elemzi és osztályozza a nyomási fekélyeket és sebészi sebeket, valamint azok gyógyulási folyamatát. Monitorozott adatok: hőmérséklet (T), pH-érték (pH), nedvességtartalom (M), baktériumok szaporodása (B), seb mérete (S). A sebet MI gépi tanuló modellek segítségével (döntési fa, CNN, RNN) elemzik, és összehasonlítják az előre rögzített ideális gyógyulási folyamat adataival. A rendszer a mért adatok alapján döntéseket hoz, és ez alapján automatikusan állítja be a gyógyszeradagolást 24 póruson keresztül [23]. A gyógyszeradagoló a kötés mikropórusain keresztül adagolja az előírt gyógyszereket, ami lehet antibiotikum, antibakteriális és antiszeptikus szer.

Egy, a BMC Medical Informatics-ban 2025-ben megjelent cikkben [24] egy MI-algoritmussal támogatott sebértékelési

módszert mutatnak be. Megfigyeléses vizsgálatot végeztek három nyugat-svájci egészségügyi intézményben, ahol a kutatók klinikai dokumentációkból származó retrospektív adatkinyeréssel nagyságrendileg 4000 sebkép hibrid adatkészletét állították össze. Ezek után szabványosított mobilalkalmazás segítségével végeztek prospektív gyűjtést. A képeket annotálták, a sebek képi megjelenését kézzel szegmentálták, meghatározták a sebhatarokat és a szöveti típusokat (hámosodás, granuláció, fibrin, hámréteg, nekrozis, csont/ín, egyéb). A szegmentáció határfoka DICE-skála szerint kb. 92%-os volt, IoU szerint kb. 85%, a rendszer a döntést 0,3 másodperc alatt hozta meg [24].

### Piacon elérhető megoldások

A piacon már elérhetők olyan szoftverek, amelyek segítenek a detektált sebek besorolásában.

#### SEM szkennerek (Sub-Epidermal Moisture Scanner)

A sebekről történő képalkotás elvén működő egyik klinikai megoldás a SEM szkennerek – a bőr és bőralatti szövetek nedvességtartalmában bekövetkező változásokat észleli 4 milliméteres szöveti mélységben. Az eszközzel kontakt mérés végezhető, koncentrikus elektródák segítségével kapacitásméréssel határozza meg a nedvességtartalmat. A készülékkel végzett méréssorozatok legmagasabb és legalacsonyabb értékeinek a deltája alapján lehet meghatározni a kockázatot (alacsony/magas). Az eszköz az amerikai Food and Drug Administration (FDA) által jóváhagyott, 1 db ára 5000–10 000 USD között alakul, a kiegészítő szolgáltatások függvényében (HIS-integráció, oktatás, kalibráció, karbantartás). A megoldás csak kockázatbecslésre alkalmas, és csak bizonyos testrészekre (pl. sacrum, sarok), a szöveti nedvességtartalom változása alapján, optikai képalkotás nem része, így a seb követésére, a stádiumok változásának követésére nem alkalmas.

Egy vizsgálat során a Waterlow skála eredményei és a SEM-mérés eredményei közti kapcsolatot elemezték [25]. A résztvevő betegek magas vagy nagyon magas kockázati csoporthoz tartoztak a Waterlow skála szerint, és ezért prevenciósz beavatkozások kezdődtek az előírásoknak megfelelően. A skálák, jellegük miatt, csak egy általános kockázati

szintet tudnak meghatározni. A gyakorlatban a SEM-szkenelés egyszerűbb, gyorsabb és praktikusabb módszerek bizonyult a napi értékelések elvégzésére a kockázatértékelési eszközökhöz képest. A cikk következtetése szerint a SEM-szkenner bevonása a beteg vizsgálatába kimutatta az egészségügyi szakdolgozóknak a korai károsodást, így beavatkozhattak, mielőtt a további romlás vizuális jelei megjelennek volna.

#### PURPOSE-T

Szintén a piacon elterjedt megoldás a PURPOSE-T – kockázatkezelő alkalmazás [26]. A hagyományos skálaalapú mérési, pontozási eszközökkel (Braden, Norton, Waterlow) ellentétben a PURPOSE-T az állapot meghatározásához nem használ numerikus pontszámokat. Kockázatprofil-megközelítést alkalmaz a klinikai megítélés és az egyéni ellátás megtervezéséhez. Támogatja az Egyesült Királyságban az NHS által jóváhagyott „NICE” útmutató szerinti követelményeket, strukturált dokumentum készíthető a segítségével [26]. Ez egy szoftveres megoldás folyamattervezéshez, kockázatbecsléshez és strukturált dokumentáció készítéséhez, nem tartozik hozzá képelemzést támogató érzékelő.

Az alábbi táblázatban összefoglaljuk a lehetséges megoldásokat, módszereket, költségvetésüket, hatékonyságukat.

#### MEGBESZÉLÉS

A nyomási fekély kezelése szempontjából mind a páciens állapota és az általa elszenvedett fájdalmak, mind az ellátó gazdasági érdekeit tekintve hasznos és napi szinten is hasz-

nátban van az adatalapú, informatikai megoldásokkal támogatott ellátás és követés.

A napi ápolási gyakorlat egységes szakmai ajánlásokon alapul, része az informatikai rendszerbe történő adatgyűjtés, de ezek manuálisan észlelt, szakdolgozói megállapításokon és a beteg által szóban közölt információkon alapuló adatrögzítések és értékelések. A jelenlegi technológiai környezetben fejlettebb, döntéstámogatást, diagnosztikát támogató megoldások is elérhetők különböző fejlettségi szinten, és különböző hatékonysági, költséghatékonysági mutatókkal. A jelenlegi ÁTR nyomásifekély-moduljának egyik legnagyobb hiányossága ápolásszakmai szempontból, hogy megreked a kockázatelemzés felvételénél, és nem kezezi le a PU/PI prevenció és ellátási folyamat lépéssorozatát. A 2024 decemberében a Nővér című újságban megjelent cikkben [5] a szerzők a hazai irányelvben rögzítettek alapján konkrét javaslatot tettek az ÁTR „Nyomási fekély kockázat, bőr állapot” modul adattartalmának fejlesztésére és kibővítésére. Ezen adatok monitoringja és riportolása elősegítheti a kórházi menedzsment döntéshozatali mechanizmusát, támogatja a megbízhatóságot és a költségracionalizálási folyamatokat.

- Nem minden fejlett eszköz lehet alkalmas gyors hazai bevezetésre, valamint a sikeres bevezetéshez szükséges tesztelni, mely módszert, eszközt lehet hatékonyan beépíteni az ellátási, ápolási folyamatokba, kialakítani használatának képességét.
- A seb stádiumának pontos meghatározásához szükség van a páciens állapotával kapcsolatos objektív adatokra, amelyek nem tartalmaznak kézi adatbevitelből származó tévesztési lehetőséget. Ezen adatok származhatnak az

Modalitás	Technológia	Cél/módszer	Pontosság	Költségvetés
Infravörös termográfia (IR)	Hőkép, MI	Szöveti vérellátási deficit korai felismerése	kb. 84,6%	Közepes (Infravörös kamera költsége a meghatározó)
RGB kép + MI (deep learning)	YOLOv5 / YOLOv8 CNN modellek	Stádium megállapítása	76-90%	Alacsony (okostelefon alapú)
Szegmentációs hálózatok	U-Net, DeeplabV3, ADZUS (Attention Diffusion Zero-shot Unsupervised System)	Szöveti állapot elemzése, kontúrdetektálás	99%	Közepes (MI-modell tanításához magas GPU-kapacitás szükséges)
Hiperspektrális képalkotás	Multispektrális érzékelő	Oxigenizáció, vérellátás meghatározása	Magas (klinikai vizsgálatok folyamatban)	Magas (speciális érzékelők)
3D Fotogrammetria	Sztereo kamera, speciális megvilágítás	Sebmélység, -térfogat-meghatározás	>95%	Közepes – magas (speciális megvilágítás, szkennerek)
3D Lidar	Lidarral rendelkező mobiltelefon	Sebmélység, -térfogat-meghatározás	kb. 75% (jelenleg)	Alacsony (mobiltelefon, szoftver)
Multimodális képalkotás	RGB + Hőkamera + Hiperspektrális képalkotás	Átfogó szöveti életképességvizsgálat	>90%	Magas (speciális hardver)
MI-döntéstámogatás	Magyarázó ML (gépi tanulás) értékelés	Kockázatbecslés, kezelési terv	kb. 80%	Alacsony – közepes (szoftver)

#### 2. táblázat

*Nyomási fekély képi diagnosztikai eszközök összefoglaló táblázata (saját szerkesztés)*

ellátó medikai rendszeréből (EHR-típusú adatok), valamint érkehetnek szenzoroktól (képi adatok, vitális paraméterek). Az egészségügyi szakdolgozók jelenleg is leterheltek, ezért fontos, hogy minél kevesebb kézi adatbeviteli feladatot kapjanak, ezért lehetőség szerint pilot projekt keretében szükséges meghatározni, hogy mely az a minimális adathalmaz, ami szükséges a pontos rizikóbecsléshez, a stádiumok változásainak követéséhez.

- A képi adatok rögzítésénél fontos szempont, hogy a betegágy mellett használható, könnyen kezelhető, vezetékek nélküli és mozgatható szkennert alkalmazzanak az ápolók, amellyel könnyen és viszonylag rövid idő alatt kivitelezhető a sebfelszín háromdimenziós digitalizálása.

Az elváltozások teljes körű követéséhez jelentős mennyiségű adatot szükséges rögzíteni, mely a kórházi ápolás során jelentősen megnövelheti a beteggel töltött időt, ez akár alkalmanként plusz 10-15 perc időráfordítást eredményezhet. Az adatbevitelt az ellátás keretein belül végrehajtott pilot projektben szükséges optimalizálni, és minimalizálni az ápolók adatbeviteli feladatait. A képi és az elemzésből származó adatokat az ápolásban használt szakrendszernek szükséges idősorosan tárolnia az ápolási adatokkal, valamint visszakereshetőnek kell lenniük az ápolás során, annak lezárásakor, és később archív adatként is el kell tudni érni.

A nemzetközi kitekintés alapján azt találtuk, hogy a nyomási fekély, mint egészségügyi probléma a becslések szerint évente 1,3-3 millió felnőttet érint az Egyesült Államokban. A COVID-19 pandémia alatt, 2020-ban a PI-arányok 41,8%-os növekedését jelentették. A fekély stádiumától függően a kezelés költsége 500 és 70 000 dollár között mozoghat, és az éves egészségügyi költségvetés legalább 3,6%-át erre a tételre fordítják. Egy 2019-es szimulációs modellezési tanulmány előrejelzése szerint a kórházban szerzett fertőzés költségei az Egyesült Államokban meghaladhatják az évi 26,8 milliárd dollárt. A kiadások közvetlen költségeknek tulajdoníthatók, mint például a hosszabb gyógyulási idő és az elhúzódó kórházi ápolási idő, valamint a gyógyszerek, kötszerek, ápolási idő, speciális ágyak és matracok, sebészeti ellátás és sebtisztítás, radiológiai és laboratóriumi vizsgálatok, valamint a megnövekedett visszakerülési arány. Egy 2019-es ausztráliai oktatókórházban történt felmérés szerint a PI-k a kórházi ellátás hosszát átlagosan 4,31 nappal hosszabbítják meg. Továbbá az is jellemző Egyesült Államokban, hogy a közvetett költségeket növeli, és a páciensek műhiba peres eljárásai közül a második leggyakoribb a PI-kialakulással és -ellátással kapcsolatos panasz [27].

Jelenleg is fut egy EU Interreg forrásokból támogatott nemzetközi projekt, a PROCAREFUL [28]. A projektben időseknek nyújtott hibrid (otthoni és intézményi) ellátásokat, támogatásokat fejlesztenek, egyik fejlesztési területe a sebmenedzsment digitalizációja. A konzorcium vezetője az olaszországi Faber – Fabbrica Europa, a megvalósítás ideje: 2023. február – 2026. február, a teljes program költségvetése 373 500 EUR. A projekt céljai közt szerepel, hogy applikációt fejlesztenek standardizált adatbeviteli űrlapok kitöltéséhez,

melyen rögzítik a seb elhelyezkedését a testen, a seb típusát, a kialakulása óta eltelt időt, a státuszát, a fájdalom mértékét (skála alapján), a gyógyulási folyamatát, a team feladatait és külső szereplők (pl. orvosok) számára jelentéseket. Szintén rögzítik a sebről készült képet. Az applikáció elvégzi a sebbel kapcsolatos méréseket, az adatokat az intézményi HIS-be továbbítja [28]. Fontosnak tartjuk ennek a projektnek a tapasztalatait is felhasználni a hazai fejlesztések során.

## KONKLÚZIÓ

Az innovatív informatikai megoldások használata előremutató, objektív adatgyűjtéssel pontosabb kockázatfelmérést biztosít, valamint a kialakult sebek követéséhez és az ápolási terv összeállításához nyújt döntéstámogatást. Ezek a megoldások akkor lesznek hasznosak, hatékonyak, ha beépülnek a diagnosztikai folyamatokba és szerves részei lesznek az egészségügyi dokumentációnak (ÁTR, EHR). Nagy volumenben a nem túl magas költségű, mobil eszközökkel megvalósítható multimodális képalkotás és MI-alapú döntéstámogatás bevezetése lehet az első lépés. Ezen eszközökkel a betegágynál végezhető a mérések, vizsgálatok, így a fájdalommal küszködő, kevésbé mozgatható betegek esetében is alkalmazhatók. A napi munkába való bevezetéshez szükség van a szakdolgozók képzésére, digitális kompetenciáik fejlesztésére, alkalmazásoldalon letisztult, könnyen kezelhető felület fejlesztésével. Ezen intézkedések hatására várható a súlyosabb (III-IV. stádiumú) nyomási fekélyek előfordulásának csökkenése, a digitális munkarutin beépülését követően az ápolók – sebbekezelésből eredő – munkaterheinek, valamint a sebek ellátásával kapcsolatos direkt költségeknek a csökkenése. A III-IV. stádiumú sebek számának és arányának csökkenése egyértelműen kisebb idő- és költségfordítást eredményez a szakápolók és orvosok részéről.

A fent részletezett módszerekkel gyűjtött objektív (szenzoros, képi) adatok kiértékelése támogatja a pontos helyzetértékelést és döntéseket az ellátás minőségének javítása érdekében, hozzávetőlegesen 80 hazai aktív kórház számára. A nyomási fekélyek ellátásához nyújtott digitalizációs lehetőségek napi rutinszerű beépülését követően az ápolók nyomásifekély-prevenációs gyakorlatának racionalizálása várható, a jelenlegi sebellátással töltött idő és költségek jelentős csökkenésével. A súlyos szövődmények elkerülésével közvetetten hatékonyság- és megbízhatóság-javító hatásokkal is számolhatunk.

Jelen tanulmányunk fölveti, hogy további, az ápolásszakmai munkát elősegítve gazdaságossági szemléletű kutatási irányokat érdemes folytatni a nyomási fekélyek prevenciójában és ellátási gyakorlatában, úgymint például: költséghatékonysági elemzések készítése, költségek és eredmények modellezése, valamint a hazai elterjesztés érdekében a betegágy mellett használható digitális és AI-támogatású módszerek használata.

## IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Cseh B: A kórházi menedzsment döntései és szervezeti tényezők a nyomási fekélyek prevenciójában és ellátásában. Doktori értekezés, Semmelweis Egyetem Doktori Iskola, Egészségtudományi Tagozat, Budapest, 2024. DOI: 10.14753/SE.2024.3048.
- [2] Belügyminisztérium – Egészségügyi Államtitkárság, Egészségügyi Szakmai Kollégium: A nyomási fekély rizikófelmérése, prevenciója és kezelése [szakmai irányelv]. Elérés: [https://static.pharmindex.hu/Pharmindex/additional/guideline/document/APOLAS\\_A%20nyomasi\\_fekely\\_rizikofelmerese\\_prevencioja\\_kezelese.pdf](https://static.pharmindex.hu/Pharmindex/additional/guideline/document/APOLAS_A%20nyomasi_fekely_rizikofelmerese_prevencioja_kezelese.pdf). Megtekintve: 2025.12.01.
- [3] Országos Kórházi Főigazgatóság (OKFŐ): EFOP-1.9.6-16-2017-00001 Elektronikus egészségügyi ágazati fejlesztések. OKFŐ / OKFO, <https://okfo.gov.hu/egeszsegugyi-fejlesztések/hazai-fejlesztések/2014-2020-fejlesztési-idoszak/lezarult-fejlesztések/efop-1-9-6-16-2017-00001> (Megtekintve 2025.11.22.)
- [4] Cseh B, Kincses G, Balogh Z, Dózsa CsL: A felfekvés (decubitus) ellátásának és megelőzésének szakmapolitikai megközelítése. *Orvosi Hetilap*, vol. 164, no. 21 (2023): 821–830. <https://doi.org/10.1556/650.2023.32761>
- [5] Cseh B, Dózsa CsL, Ujváriné Siket A, Balogh Z: A hazai nyomási fekély prevenció és ellátás felmérések eredményei az új szakmai irányelv ajánlásai szemszögéből. *NŐVÉR*. 2024;37 (6):4–11. doi:10.55608/nover.37.0024.
- [6] Surekha S, Vijayakumar GNS, Lourens M et al: Data-Driven Decision-Making in Healthcare Management: The Role of Computer Science. *African Journal of Biological Sciences*, vol. 6, no. 12, pp. 5284–5297, 2024, doi:10.48047/AFJBS.6.12.2024.5284-5297. <https://afjbs.com/uploads/paper/f7e35ae5a7598f71c44c4d1bbcc480b7.pdf>
- [7] Gupta R, Kakani TA, Vedula J et al: Learning for Accurate Disease Diagnosis in Proc. 2025 6th Int. Conf. Intelligent Communication Technologies & Virtual Mobile Networks (ICICV 2025), 2025. <https://ieeexplore.ieee.org/document/11085548>
- [8] Sutton RT, Pincock D, Baumgart DC et al.: An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success. *NPJ Digital Medicine*, vol. 3 (2020): 17. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0221-y>
- [9] Gutierrez E, Castañeda B, Treuillet S, Hernandez I: Multimodal and multiview wound monitoring with mobile devices. *Photonics*, vol. 8, no. 10, p. 424, Oct. 2021, <https://doi.org/10.3390/photonics8100424>
- [10] Belügyminisztérium – Egészségügyi Államtitkárság, Egészségügyi Szakmai Kollégium: A nyomási fekély rizikófelmérése, prevenciója és kezelése. 2024. [https://static.pharmindex.hu/Pharmindex/additional/guideline/document/APOLAS\\_A%20nyomasi\\_fekely\\_riziko\\_felmerese\\_prevencioja\\_kezelese.pdf](https://static.pharmindex.hu/Pharmindex/additional/guideline/document/APOLAS_A%20nyomasi_fekely_riziko_felmerese_prevencioja_kezelese.pdf). (Megtekintve: 2025.11.15.)
- [11] Sinka EA, Ugrin I, Pató E, Belicza É: A nyomási fekély kialakulásának okai a NEVES jelentési rendszerből származó adatok alapján és gondolatok a megelőzés lehetőségeiről. *IME – Az egészségügyi vezetők szaklapja – Tudományos folyóirat*, vol. XXI, no. 3, pp. 34–42, 2022, doi: 10.53020/IME-2022-304.
- [12] Aldughayfiq B, Ashfaq F, Jhanjhi NZ, Humayun M: YOLO-Based Deep Learning Model for Pressure Ulcer Detection and Classification. *Healthcare*, vol. 11, no. 9 (2023): 1222. <https://doi.org/10.3390/healthcare11091222>
- [13] Chang M-C, Yu T, Luo J et al: Multi-Modal Sensor System for Pressure Ulcer Wound Assessment and Care, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 14, no. 3, pp. 1186–1196, Mar. 2018. doi: 10.1109/TII.2017.2782213
- [14] Liu J, Feng Z, Yang L et al.: Extraction of Sample Plot Parameters from 3D Point Cloud Reconstruction Based on Combined RTK and CCD Continuous Photography, *Remote Sens.*, vol. 10, no. 8, p. 1299, Aug. 2018, doi: 10.3390/rs10081299.
- [15] „LIDAR.” Wikipédia. <https://hu.wikipedia.org/wiki/LIDAR> (Megtekintve: 2025.11.25)
- [16] Goller H, Sandrow M, Linden M et al.: Thermographic studies of human skin subjected to pressure: 113 (4), 749–754. *American Journal of Roentgenology* (1971): 749–754. <https://doi.org/10.2214/ajr.113.4.749>
- [17] Sprigle S, Linden M, McKenna D et al.: Clinical skin temperature measurement to predict incipient pressure ulcers. *Advances in Skin & Wound Care*, vol. 14, no. 3 (2001): 133–137.
- [18] Bhargava A, Chanmugam A, Herman C: Heat transfer model for deep tissue injury: a step towards an early thermographic diagnostic capability. *Diagnostic Pathology*, 2014;9:36. <https://doi.org/10.1186/1746-1596-9-36>
- [19] Cwajda-Białasik J, Filipiska-Blejder K, Mościcka P. Medical thermography in the diagnosis of pressure ulcers: a narrative review. *Journal of Wound Management*, vol. 26, no. 2 (2025): 100–110. <https://doi.org/10.35279/jowm2025.26.02.07>
- [20] Sang J, Wu Z, Guo P et al.: An Improved YOLOv2 for Vehicle Detection. *Sensors*, 18(12), 4272. (2018). <https://doi.org/10.3390/s18124272>
- [21] Xu Y, Quan R, Xu W et al.: Advances in Medical Image Segmentation: A Comprehensive Review of Traditional, Deep Learning and Hybrid Approaches, *Bioengineering*, vol. 11, no. 10, p. 1034, Oct. 2024, doi:10.3390/bioengineering11101034
- [22] Hamrani A, Leizaola D, Sousa R et al: Beyond Labels: Zero-Shot Diabetic Foot Ulcer Wound Segmentation with Self-attention Diffusion Models and the Potential for Text-Guided Customization. arXiv preprint arXiv:

2504.17628 (2025).

<https://arxiv.org/abs/2504.17628>

- [23] Das L, Pandey U, Uchoi E, Singh J: AI-Integrated Smart Bandage with Automated Wound Monitoring and Dynamic Drug Delivery System. 2025 International Conference on Engineering, Technology & Management (ICETM), Oakdale, NY, USA, 2025, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICETM63734.2025.11051581
- [24] Stefanelli A, Zahia S, Chanel G et al.: Developing an AI-powered wound assessment tool: a methodological approach to data collection and model optimization. BMC Medical Informatics and Decision Making, vol. 25 (2025): article 297.  
<https://doi.org/10.1186/s12911-025-03144-y>
- [25] Smith G: Improved clinical outcomes in pressure ulcer prevention using the SEM scanner. J Wound Care, vol. 28, no. 5 (2019): 278–282.  
<https://doi.org/10.12968/jowc.2019.28.5.278>
- [26] National Wound Care Strategy Programme (NWCSP), Pressure Ulcer Recommendations and Clinical Pathway,

Oxford Health NHS Foundation Trust, Oct. 24. 2023. Elérés: <https://www.oxfordhealth.nhs.uk/wp-content/uploads/sites/51/2025/01/NWCSP-PU-Clinical-Recommendations-and-pathway-final-24.10.23.pdf>. Megtekintve: 2025.12.01.

- [27] Mohammed HT, Mannion D, Cassata A, Fraser RDJ: Trends in pressure injury prevalence rates and average days to healing associated with adoption of a comprehensive wound care program and technology in skilled nursing facilities in the United States. Wounds, vol. 36, no. 1 (2024): 23–33.  
<https://doi.org/10.25270/wnds/23089>
- [28] PROCAREFUL. PRO.active CARE F.or U.sers Life: Interreg CENTRAL EUROPE, <https://www.interreg-central.eu/projects/procareful>. (Megtekintve: 2025.12.02.)
- [29] Lei C, Jiang Y, Xu K et al. Convolutional neural network models for visual classification of pressure ulcer stages: Cross-sectional study. JMIR Medical Informatics, 13, e62774. <https://doi.org/10.2196/62774>

## A SZERZŐK BEMUTATÁSA



**Leleszi András** műszaki informatikus üzemmérnök (1999) és okleveles közgazdász (2012). Egészségügyi informatikai fejlesztőként, kutatóként, szakmai vezetőként 15 éve vesz részt K+F, pilot és éles rendszerbevezetési projekteken. Szakmai vezetőként dolgozott az Országos Kórházi Főigazgatóságnál (OKFŐ) az EFOP-1.9.6 projekt Telemedicina országos pilot programjában, az Országos Mentőszolgálat (OMSZ) Mentésirányítási Rendszer (MIR) beveze-



**Vass Dezső** 1987-ben szerzett okleveles villamos üzemmérnöki (orvostech-nika ágazat), 1996-ban klinikai mérnöki, majd 1998-ban egészségügyi menedzseri diplomát. 1987-től 1992-ig a Diósgyőri Gépgyárban prototípus gépek vizsgálatával, illetve villamos és nem villamos mennyiségek extrém tartományokban történő mérésével foglalkozott.

Ezt követően 1999-ig a miskolci Semmelweis Kórházban műszermérnökként, gép-műszer osztályvezetőként dolgo-

tésében, valamint a Bay Zoltán Kutatóközpontnál alkalmazott kutatásokban, kísérleti fejlesztésekben az e-Health területén. Több egyetemen tart előadásokat vendégelőadóként. Jelenleg a Miskolci Egyetem Egészségtudományi Kar Egészségtudományi és Orvostech-nológiai Kutatóintézetének tagjaként vesz részt a K+F projekteken, valamint együttműködik a Nyíró Gyula Országos Pszichiátriai és Addiktológiai Intézet módszertani és kutatócsoportjával. Fő kutatási területek: MI alkalmazása az egészségügyben, telemedicina, humán 3D modellezés, költséghatékonysági modellezés.

zott. 1999-2024 között a (jelenlegi nevén) Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft. munkatársa, tudományos munkatárs, osztályvezető, vezető kutató munkakörökben. Számos hazai és nemzetközi eHealth projektben vett részt kutató, vezető kutató, projektvezető státuszban. Jelenleg a Miskolci Egyetem Egészségtudományi Kar Egészségtudományi és Orvostech-nológiai Kutatóintézetének kutatója. Fő kutatási területe: MI alkalmazása az egészségügyben, telemedicina, humán 3D modellezés, digitális biomarkerek kutatása.



**Polonkai Dávid** 2024-ben szerzett mérnökinformatikus MSc diplomát a Miskolci egyetemen. 2022 és 2024 között a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási és Közhasznú Nonprofit Kft. alkalmazásában fejlesztőként speciális kamerákkal kapcsolatos értékelő, vezérlő szoftverek elkészítésével foglalkozott. A tevékenységei részét képezték továbbá a

mesterséges neurális hálókkal és a gépi látással kapcsolatos kutatási munkák. 2025 év elejétől a CRU Hungary Kft. alkalmazásában kutató fejlesztőként orvosi területtel kapcsolatos projektek megvalósításában vesz részt. 2025 júniusától a Miskolci Egyetem Egészségtudományi Kar Egészségtudományi és Orvostechnológiai Kutatóintézet kutató csapatának tagja. Fő kutatási irányai közé tartozik a digitális biomarker, gépi látás, képfeldolgozás, 3D modellezés.



**Cseh Borbála** diplomás ápoló, egészségügyi menedzser és egészségügyi szakmenedzser, a Med-Econ Kft. ügyvezetője. Kórházi, közvetlenül a betegellátásban, így mellett eltöltött éveit ápolási intézményvezetőként fejezte be, majd 17 éven keresztül az egészségügyi igazgatásban intézményfenntartói szerepkörben tevékenykedett.

2017-2020 között a Nemzeti Népegészségügyi Központ Praxisközösségi Módszertani Központjának senior szakmai szakértője volt, jelenleg a Kulturális és Innovációs Minisztérium Iparfejlesztési Közhasznú Nonprofit Kft. szakmai szakértője. A Miskolci Egyetem mesteroktatója, több egyetem vendégoktatója. A Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Doktori Iskola végzős doktorandusza. 2018 novemberétől főállásban a Med-Econ Humán Szolgáltató Kft. senior egészségügyi elemzője.



**Dózsa Csaba László** egészségügyi közgazdász, egészségpolitikai szakértő. Egészség-gazdaságtani másoddiplomáját 1999-ben a barcelonai Univerzidad de Barcelonán és a Pompeu Fabrán szerezte. 1994 és 2005 között az OEP-ben dolgozott a Tervezési és költségvetési Főosztályon, majd a Gyógyító-megelőző ellátás területén, 2002-től főigazgató-helyettesként. 2005 májusa és 2006 júniusa között az Egészségügyi Minisztérium helyettes államtitkáraként felügyelte az ágazat közgazdasági és ágazatfejlesztési munkáit. 2010 szeptemberétől és jelenleg is főállásban a

Miskolci Egyetem Egészségtudományi Karának egyetemi docense, az Egészségügyi Szervezés Szak szakfelelőse. 2020 májusától a Fővárosi Önkormányzat egészségpolitikai tanácsadója. Doktori értekezését 2011 júniusában védte meg a Corvinus Egyetemen a hazai kórházak stratégiai menedzmentjének témakörében, majd 2022-ben egészség tudományi témakörben habilitált a Pécsi Tudományegyetemen. 2004-2006-ban, 2011-2012-ben, majd 2016-2017 között a Magyar Egészség-gazdaságtani Társaság (META) elnöke volt, a társaság egyik alapító tagja. 2006-tól az IME szerkesztőbizottságának tagja. 2006-ban hozta létre a Med-Econ Humán Szolgáltató Kft. tanácsadó céget.