

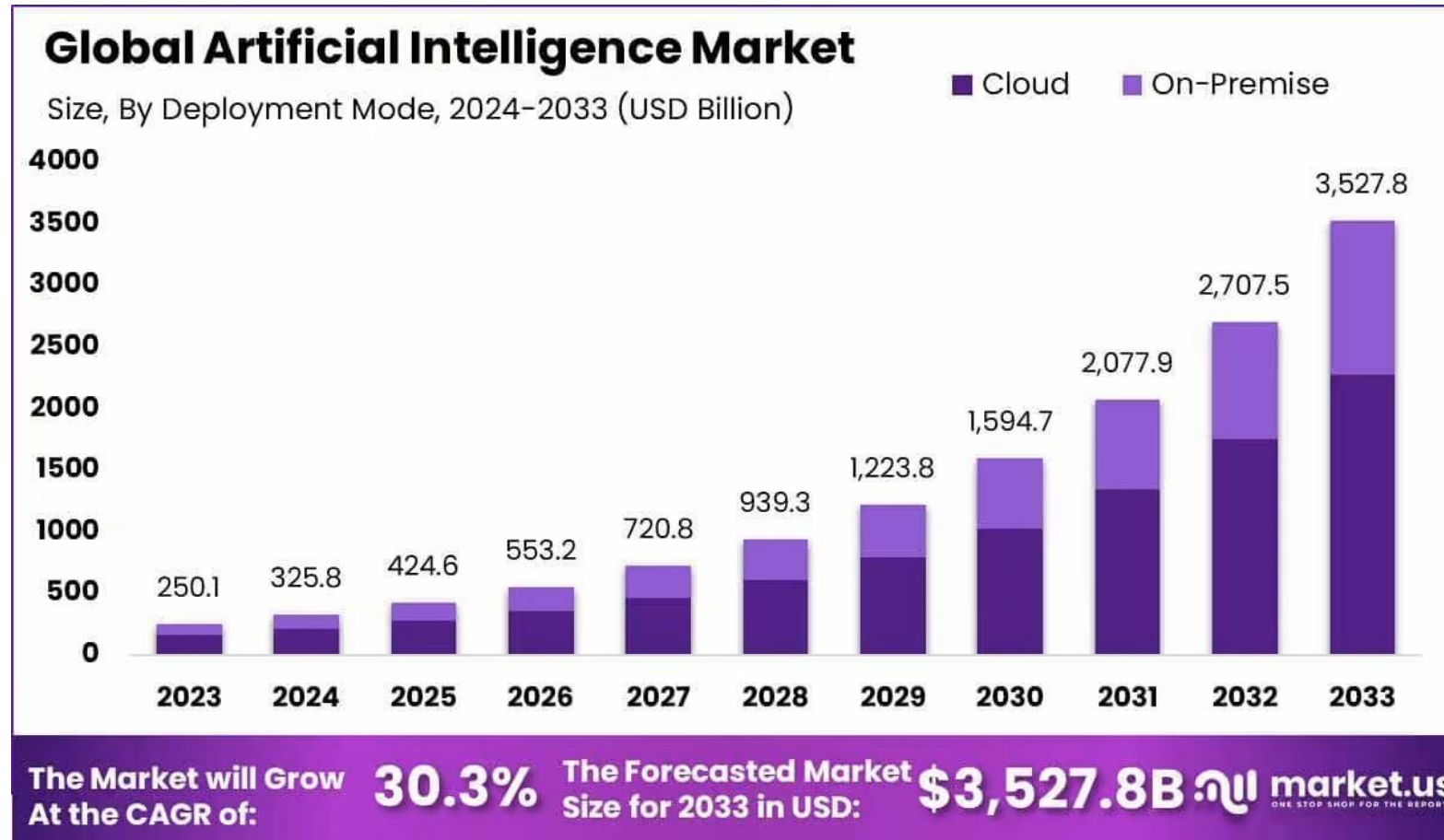
Mesterséges intelligencia a munkavédelemben

Fodor Ádám, 2025.10.15

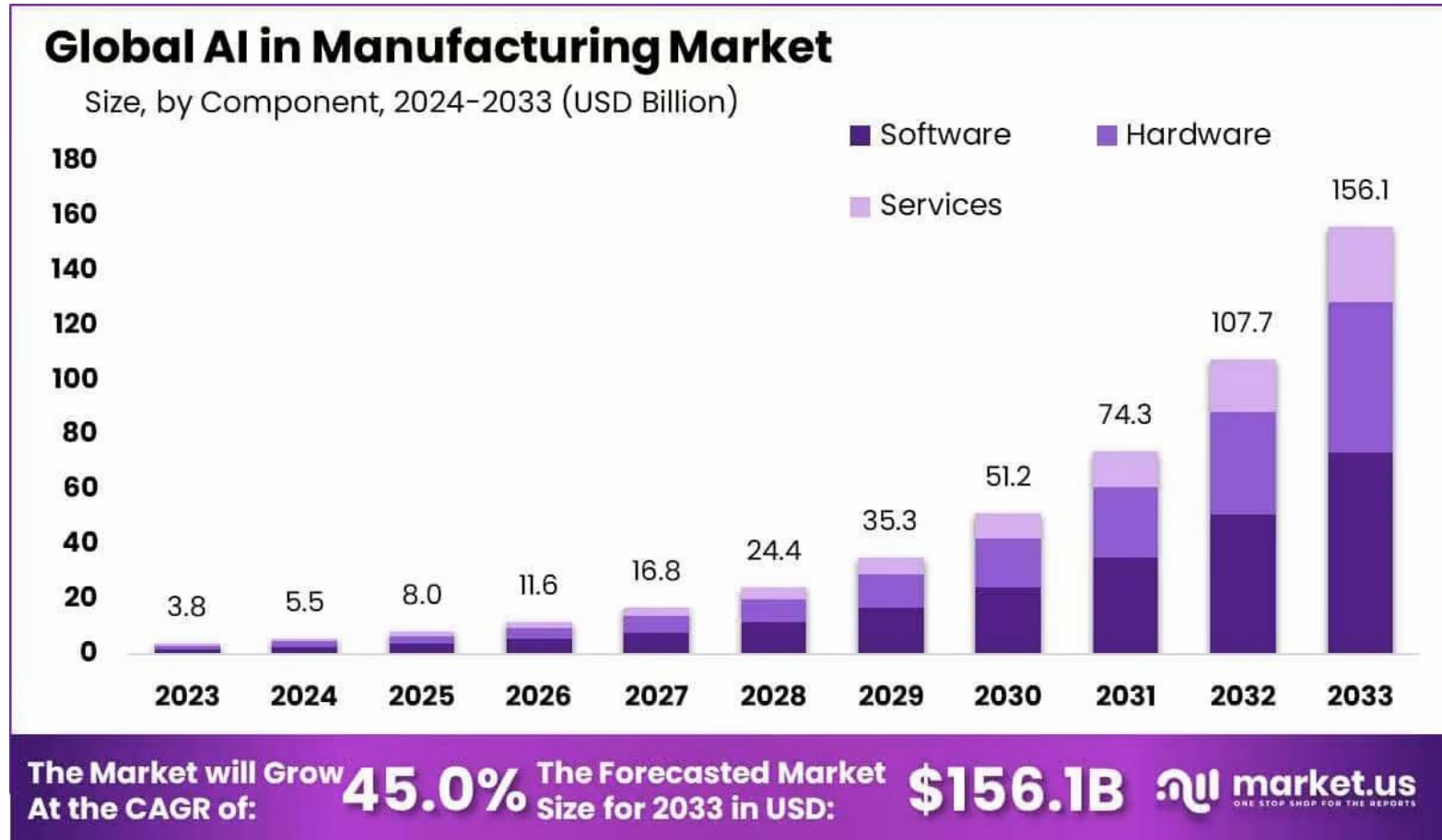


*„Artificial intelligence is the new
electricity.”
– Andrew Ng*

MI összetett éves növekedési ütem

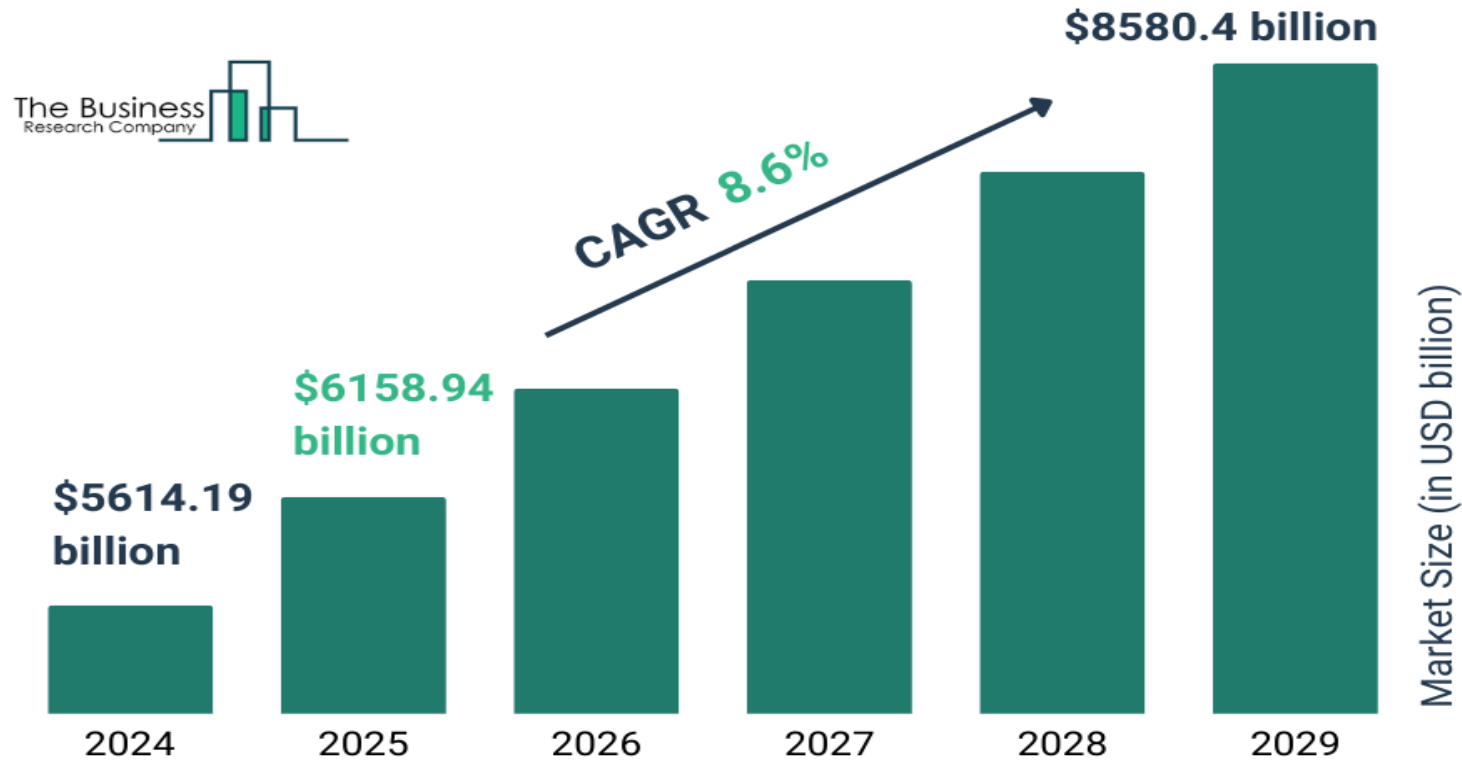


MI összetett éves növekedési ütem a feldolgozóiparban



Vegyipar összetett éves növekedési ütem

Chemicals Global Market Report 2025



MI fogalma

A témában kompetens szakértők között nincs egyetértés a pontos megfogalmazásban, így elfogadott definíciója sincs.

A mesterséges intelligencia olyan számítógépes rendszer, amely képes emberi gondolkodásra emlékeztető tevékenységekre:

→ tanulás, döntéshozatal, problémamegoldás, érzékelés (pl. képfelismerés, beszédfelismerés).

Fő célja: ne csak előre meghatározott szabályok szerint működjön, hanem önállóan tudjon alkalmazkodni, tanulni és fejlődni az adatokból.

Miből épül fel az MI?

1. Adatbázisok és adathalmazok:

Az MI rendszerek működésének alapja a nagymennyiségű, releváns adatgyűjtés. Az adatok szolgálnak tanulási alapként a modellek számára.

2. Algoritmusok és modellek:

Matematikai és statisztikai módszerek összessége, amelyek célja a minták felismerése, összefüggések feltárása, valamint predikciók készítése. A modellek az adatokból tanulnak, és képesek általánosítani új helyzetekre.

3. Tanulási mechanizmusok:

Olyan adaptív folyamat, amely során a rendszer tapasztalati úton, az adatok elemzésével optimalizálja saját teljesítményét. Az MI idővel képes javítani döntései pontosságát külső beavatkozás nélkül is.

MI típusai

1. Szűk mesterséges intelligencia (Narrow AI):

- Olyan rendszerek, amelyek egy meghatározott feladatra specializáltak.
- Ma szinte **minden létező mesterséges intelligencia rendszer** szűk MI.

2. Általános mesterséges intelligencia (General AI):

- Olyan elméleti rendszerek, amelyek emberi szintű intelligenciával rendelkeznek.
- Jelenleg **nem létezik**, kutatási szakaszban van.

3. MI szuperintelligencia:

- Az embernél sokkal fejlettebb intelligencia.
- Csak elmélet!

Az MI a munkavédelemben – alkalmazási lehetőségek és előnyök

Felhasználási területek

- Munkavállalók valós idejű informálása
- Munkavédelmi oktatások
- Munkakörnyezet és egyéni védőeszközök ellenőrzése
- Kockázatelemzések
- Jogszabályok nyomonkövetése, változásfigyelés, összefoglalók készítése
- Adataalapú döntések és jelentéskészítés

Előnyök:

- Folyamatoptimalizálás és időmegtakarítás
- Adataalapú, objektív döntéstámogatás
- Célzott, adaptív oktatás
- Valós idejű, folyamatos ellenőrzés

Mikor érdemes munkavédelemre specializált MI-t fejleszteni?

- Ha a **probléma pontosan meghatározható**.
 - Világos, hogy mit kell megoldani (pl. oktatások automatizálása, tűzjelzés tévés riasztásainak szűrése).
- Ha **rendelkezésre áll megfelelő mennyiségű és minőségű adat**.
 - Szenzorlogok, képek, baleseti statisztikák stb. → az MI csak abból tanul, amihez van adat.
- Ha a megoldás **mérhető hasznot hoz**.
 - Kevesebb baleset, kisebb kiesés, alacsonyabb biztosítási és kárköltés.
- Ha az **MI képes olyan előnyt nyújtani, amit más módszer nem**.
 - Valós idejű észlelés, előrejelzés, nagy adatmennyiség feldolgozása ember helyett.

Lehet-e jogszerűen alkalmazni? – A munkavédelem és az MI szabályozási környezete

EU szinten:

- GDPR (EU 2016/679)-> adatkezelés átláthatósága, jogszerűsége, minimalizálása
- Az **AI Act** az Európai Unió által kidolgozott első átfogó jogszabály a mesterséges intelligencia szabályozására. Célja, hogy biztonságos, átlátható és megbízható mesterséges intelligencia-rendszerek működjenek az EU területén

Az AI rendszereket a **használatuk jelentette kockázat szerint** kategorizálja:

1. **Elfogadhatatlan kockázat** – teljes tilalom alá esik (pl. társadalmi pontozás Kínához hasonló módon).
2. **Magas kockázat** – szigorúan szabályozott (pl. arcfelismerés, egészségügyi vagy munkaerő-felvételi rendszerek).
3. **Korlátozott kockázat** – átláthatósági kötelezettségek vonatkoznak rá (pl. chatbotok).
4. **Minimális vagy nulla kockázat** – nincs külön szabályozás (pl. spam szűrők, játék-AI-k).

Magas kockázat esetén követelmények: kockázatkezelési rendszer, magas színvonalú adatkezelés, technikai dokumentáció, átláthatóság és emberi felügyelet.

Lehet-e jogszerűen alkalmazni? – A munkavédelem és az MI szabályozási környezete

Hazai szinten:

- Bár említésre kerül jogszabályokban, de nincs konkrét szabályozása, de az uniós szabályozás közvetlenül alkalmazandó.
- A munkavédelmi törvényt figyelembe kell venni -> munkabiztonsági szaktevékenység

Összefoglalva:

Az MI munkavédelmi célú alkalmazása jogszerűen lehetséges, de:

- ✓ az **AI Act** szerint kockázati kategóriába kell sorolni,
- ✓ meg kell feleltetni a **GDPR** előírásainak,
- ✓ biztosítani kell az átláthatóságot, az adatbiztonságot és a munkavállalói jogok védelmét,
- ✓ továbbá **elengedhetetlen a munkavédelmi szakember biztosítása** az MI működése felett -> MI és munkavédelmi szakember kooperatív együttműködése!

Szabályozási és felelősségi kérdések

- **Jogi hiányosságok:** a jelenlegi munkavédelmi törvények emberi mulasztásokra és gépi meghibásodásokra épülnek, nem algoritmikus döntési hibákra.
- **Felelősségi problémák:** tisztázatlan, hogy baleset esetén a munkáltató, a rendszerüzemeltető vagy az MI-fejlesztő felelőssége áll fenn.
- **Auditálhatóság:** az MI rendszerek „black box” jellege miatt új módszerek (Explainable AI) szükségesek a döntések átlátható ellenőrzésére.
- **Adatvédelem és etika:** dolgozók folyamatos monitorozása GDPR-kompatibilis keretek között valósítható meg.

Paradigmaváltás a munkavédelemben

- Reaktív → Proaktív → Prediktív munkavédelem
 - Reaktív: balesetek utólagos kivizsgálása és tanulságok levonása
 - Proaktív: veszélyek előzetes feltárása, megelőző intézkedések
 - Prediktív: valós idejű adatok és MI segítségével előrejelzés és célzott megelőzés
- „Safety by Design”
 - Munkavédelmi szempontok integrálása már a rendszertervezés fázisában
 - MI támogatja a biztonsági funkciók beépítését a gyártósorokba, folyamatokba
- Új módszertani keretek
 - Megjelenhet az „AI Risk Assessment”
 - Algoritmikus döntésekből fakadó kockázatok értékelése (pl. hibás predikció, torzított adatbázis)
- Digitális audit
 - A jövő munkavédelmi ellenőrzése nemcsak helyszíni bejárás, hanem algoritmusok, logfájlok, prediktív modellek és MI-döntések vizsgálata is

MI vezérelt automatikus rendszerek kihívásai

Új típusú veszélyforrások:

- ember–gép interakció, kollaboratív robotok mozgásából eredő sérülések,
- algoritmikus hibák (hibás predikció, torzított adatok),
- kiberbiztonsági támadások, amelyek fizikai veszélyhelyzetet generálhatnak.
- Megjelennek a „láthatatlan” kockázatok: szoftverhiba, adatátviteli zavar, kiberbiztonsági támadás.

Rendszerszintű kockázatok:

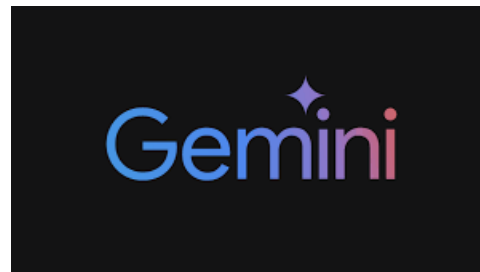
- Az MI optimalizáció során a termelékenységét előnyben részesítheti a biztonsággal szemben; ritka események kezelése hiányos lehet.
- Ha az algoritmus nem tanult kiemelt ritka eseményeket (pl. gép szokatlan meghibásodása), a modell nem biztosít megfelelő védelmet.

Munkavédelmi szakemberek új szerepe

- **Kompetenciafejlesztés:** adatelemzés, MI-alapú rendszerek értelmezése, kiberbiztonsági ismeretek.
- **Új feladatok:** az MI által generált előrejelzések validálása, algoritmusok auditja, digitális iker szimulációk értékelése.
- **Interdiszciplináris együttműködés:** IT-, termelésirányítási és jogi szakemberekkel közös munkavégzés.
- **Hamis biztonságérzet kezelése:** a dolgozók és vezetők számára is hangsúlyozni kell, hogy az MI nem tévedhetetlen, ezért az emberi kontroll nélkülözhetetlen.

Generatív MI modellek felhasználása munkavédelmi feladatokra

- A generatív MI olyan mesterséges intelligencia, **amely képes új tartalmakat létrehozni** – például szöveget, képet, zenét vagy programkódot – a korábban megtanult adatok alapján.
- A modell megtanulja az adatok mintázatait, majd ezeket felhasználva új, hasonló, de még sosem látott tartalmat generál.
- **Nem másol**, hanem alkot, az emberi kreativitás gépi megfelelőjeként.



Generatív MI modellek felhasználása munkavédelmi feladatokra

Mire használhatjuk a generatív MI modelleket napi munkavédelmi feladatokhoz?

- Jogszabályok összefoglalása, magyarázata, gyors keresés
- Oktatási anyagok gyors létrehozása, testre szabása
- Kommunikációs tartalmak készítése
- Dokumentáció létrehozása (ellenőrzési listák, jelentések, összefoglalók, és akár szabályzatok)
- Adatok értelmezése és elemzése -> Diagramok, vizualizációk, KPI-ok
- ChatGPT „projektek” funkció:
 - Egy áttekinthető felületen lehető teszi a „folyamatos” munkavégzést az MI-vel,
 - A rendszer megjegyzi a munkafolyamat állapotát, így bármikor visszatérhetsz és folytathatod.
 - Alkalmas nagy mennyiségű, változatos formátumú dokumentum (pl. szöveg, táblázat, kód) kezelésére és értelmezésére.

Generatív MI modellek felhasználása munkavédelmi feladatokra

Rossz prompt: „generálj képet: "munkavédelem az építkezéseken"



Jó prompt: Generálj egy képet. Témája: "munkavédelem építési területen". szerepeljenek rajta a legfontosabb munkavédelmi szabályok építési területre vonatkozóan. Stílusban legyen kihelyezhető az építési terület határára.



Munkakörnyezet ellenőrzése MI-vel

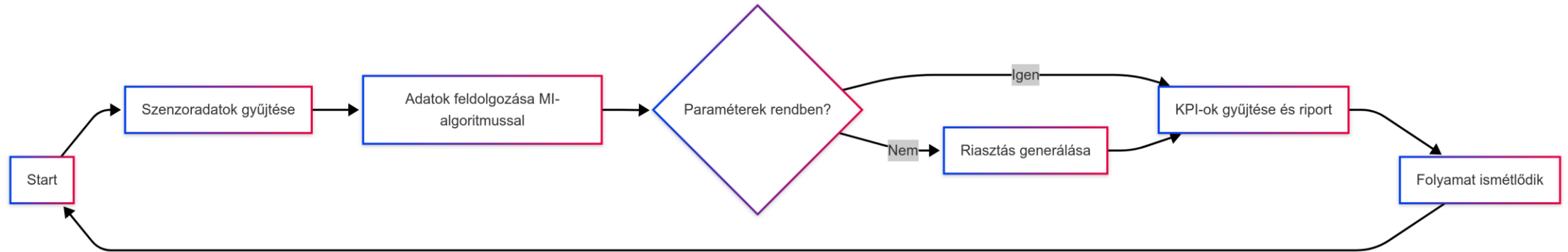
Cél: A munkakörnyezet állapotának automatikus ellenőrzése és riportálása

A szenzorokkal kombinált MI-alapú rendszerek képesek valós időben mérni és értékelni a munkakörnyezet fizikai paramétereit, mint például:

- Légszennyezettség (gázkoncentrációk)
- Páratartalom és hőmérséklet
- Zajszint
- A munkavégzés helyének megfelelősége

Az MI nemcsak az adatok gyűjtését végzi, hanem mintázatokat is képes felismerni, és automatikusan **riasztást** generálhat, ha a munkakörülmények indokolják.

Munkakörnyezet ellenőrzése MI-vel



Munkavállalók pszichés állapotának nyomon követése

A rendszer célja a dolgozók mentális és érzelmi állapotának folyamatos, diszkrét és objektív megfigyelése, mely segíti a stressz, fáradtság, kiégés vagy figyelemzavar korai észlelését — ezáltal megelőzhetőek a hibák, balesetek, és javítható a munkakörnyezet minősége.

Hogyan működhet egy ilyen rendszer?

1.Érzékelők / viselhető eszközök

- Pulzus, hőmérséklet, izzadás, szemmozgás, testtartás stb.

2.Kamerák (opcionálisan)

- Mikro-arckifejezések, szemhéjmozgás, figyelem

3.MI-algoritmus értékeli az adatokat

- Érzelemfelismerés (emotion AI), neurális hálózatok

4.Eltérés észlelése esetén:

- Figyelmeztetés / operátor értesítése
- Pihenőidő javaslata

5.Adatok naplózása, riportálása

- Trendek felismerése (pl. kiégési kockázat, teljesítményromlás)-> pszichoszociális kockázatértékelés



Munkavállalók informálásának új megközelítése

- A dolgozók tájékoztatását és biztonság tudatosságát szolgáló, jogszabályokra és belső szabályzókra épülő digitális rendszer, amely valós idejű információt nyújt, miközben minden interakciót naplóz és riportál.

Működési elve:

- Tabletek a munkaterületen – dolgozói kérdésindítással
- MI chatbot hanggal/szöveggel válaszol
- Jogszabályok és belső szabályzók alapján működik
- Minden kérdés és válasz riportálva – visszakereshető
- Felügyeletet a munkavédelmi szakember gyakorolja

Munkavállalók informálásának új megközelítése

Előnyök:

- Növeli a dolgozók tudatosságát és jogkövetését
- Előzményalapú tanulás: a rendszer felismeri a gyakori kérdéseket
- Bizonyítható felelősségmegosztás: minden interakció naplózva van
- Személyre szabható tartalom: munkakör és jogosultság alapján
- Valós idejű működés: időt takarít meg a munkavédelmi szakember számára
- Azonnali és releváns információhoz jut a munkavállaló
- Költséghatékony és könnyen bevezethető megoldás
- Integrálható más belső rendszerekkel – további folyamatok automatizálhatóak



Munkavédelmi jellegű felülvizsgálatok – MI által támogatott rendszer

Ciklikus működésű, tanulásra képes rendszer, amely figyelmeztet a lejárat előtt



Előnyeök:

- Megelőzhető a lejárt, érvénytelen eszközhasználat
- Csökken a feledésből fakadó mulasztások aránya
- Könnyen skálázható több telephelyre, üzemre
- Költségmegtakarítás és biztonságosabb működés

MI alapú munkavédelmi oktatások

Cél: A munkavédelmi oktatások hatékonyságának növelése és automatizálása mesterséges intelligenciával, miközben a **munkavédelmi szakember kontrollja megmarad**.

▪ Működési folyamat:

1. Adatbázis létrehozása

- Jogszabályok + belső szabályzók alapján
- Munkavédelmi szakember közreműködésével

2. Tematika hozzárendelése munkakörökhöz

- Veszélyforrás-specifikus oktatási anyagok

3. Külön felhasználói felületek

1. 🧑 **Munkavállaló:** oktatási előzmények, lejáratok
2. 🧑 **Munkavédelmi szakember:** szerkesztés, riport, nyomon követés

4. MI kezdeményezi az oktatást

- Tartalom bemutatása (videó, szöveg, hang)
- Kérdezhető a tananyag közben: **interaktív MI-asszisztens** válaszol
- Tesztkitöltés → automatikus értékelés

5. - Platform: Tablet és/vagy online

6. Eredmények mentése és riportálás

- Automatikusan eljut a munkavédelmi szakemberhez
- Egyszerűen visszakereshető

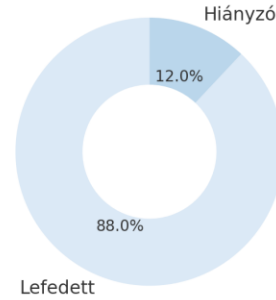
7. - Lehetőséget nyújt mélyreható elemzések elvégzésére

MI-alapú munkavédelmi rendszer előnyei

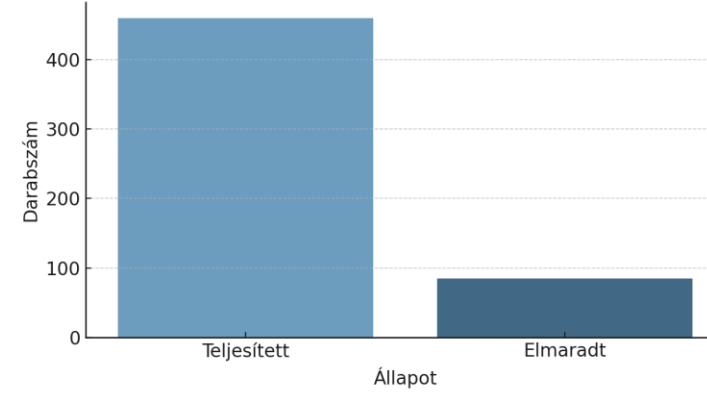
- ✓ Tanul a válaszokból és más oktatási stratégiát alkalmaz
- ✓ Oktatási folyamat automatizálása → időmegtakarítás
- ✓ Munkavédelmi szakember közreműködése az adatbázis létrehozásában és az utóellenőrzésnél kielégítve ezzel az Mv. követelményeit



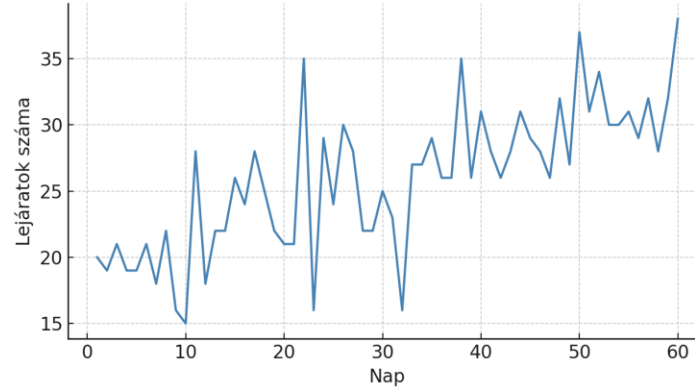
Oktatási lefedettség



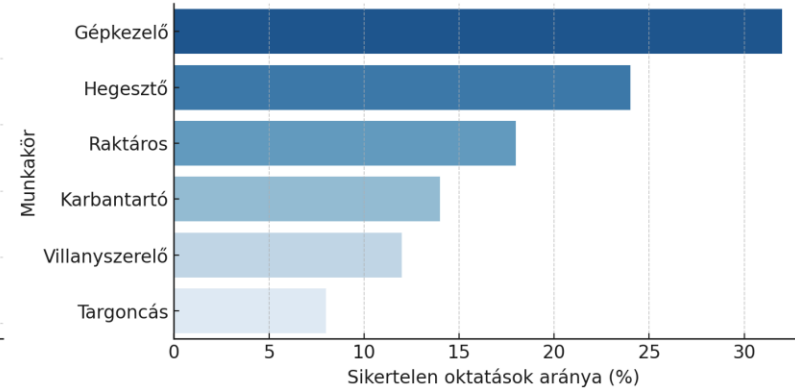
Elmaradt vs. teljesített oktatások



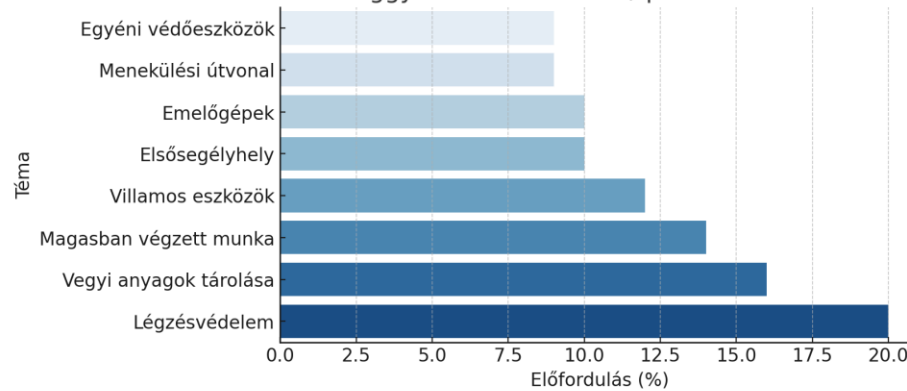
Lejáratok tendenciája (60 nap)



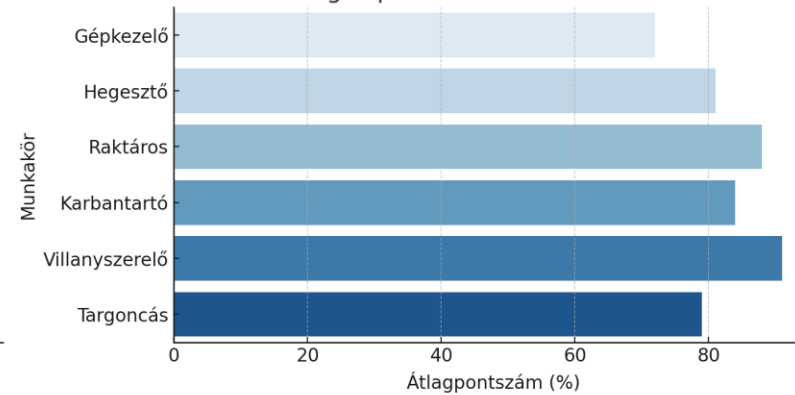
Sikertelen oktatások munkakörökhöz viszonyítva



Leggyakoribb kérdések / problémás témák



Átlagos pontszám munkakörönként



Gyakorlati munkavédelmi oktatások

. Gyakorlati munkavédelmi oktatásokkal kapcsolatos kihívások:

- Változó munkavégzési helyen történő munkavégzés kezelése
- Monoton, rutinszerű munkavégzés
- Időkényszer alatt végzett munka
- Termelési folyamatok és gyakorlati oktatások közötti összhang hiánya

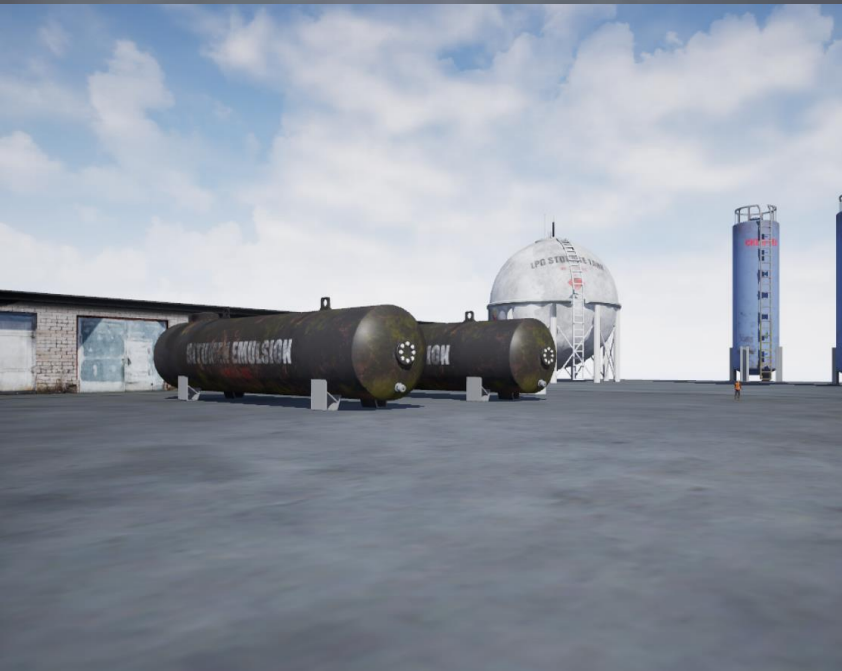
Hogyan végezzük el úgy a gyakorlati oktatást,
hogy ne akadályozzuk a normál termelést?



Gyakorlati
munkavédelmi
oktatások VR
környezetben



Végezzük el egy virtuális környezetben



Gyakorlati munkavédelmi oktatások az intelligens virtuális valóságban

- A szimulációs rendszer a beszállással kapcsolatos munkafolyamat előkészítésének feladatait valósítja meg.
- A felhasználó a szimuláció során három feladatot kap, amelyek szorosan kapcsolódnak a munkafolyamat kritikus részeihez.
- Az **NPC karakter** egy intelligens karakterként funkcionál a szimulációban, amely kiosztja a feladatokat, és végigkíséri a felhasználót a feladatok végrehajtása során.
- A rendszer végül kalkulációkat végez a baleseti eséllyel kapcsolatban, párhuzamot állítva a valós munkavégzési körülményekkel, ezzel segítve a felhasználók biztonságos munkavégzésének elősegítését.

Gyakorlati munkavédelmi oktatások az intelligens virtuális valóságban

- A mozgásalapú interakciók megvalósítása megerősítő tanulóssal történt.
- Az események kezelése döntési fák segítségével történik.
- Az animációs helyzeteket animációs gráfok vezérlik.
- A valósághű kommunikáció érdekében LLM-alapú modelleket alkalmaznak.

Előny:

Gyakorlati oktatások hatékonyságának növelése

Hátrány:

Több szakterület együttes közreműködését igényli, rendkívül időigényes, ezáltal költséges.



MI a téves tűzjelzések kiszűrésére

- A rendszer célja a tűzjelző központ által generált riasztások előtti időszakok automatikus vizsgálata, és az esetleges **téves riasztások előrejelzése** az időfüggő szenzor- és egyéb tűzjelző adatok alapján.
- A modell tanulás után minden eseményt numerikus **anómália pontszám** értékkel lát el, amely meghatározza annak valószínűségét, hogy az adott riasztás nem valós.
- LSTM-alapú Autoencoder, amely a bemeneti szenzor- és rendszeradatok időbeli mintázatát tanulja meg visszaépíteni. A rekonstrukciós hiba alapján dönti el, hogy az adott bemenet „normális” vagy „szokatlan”.

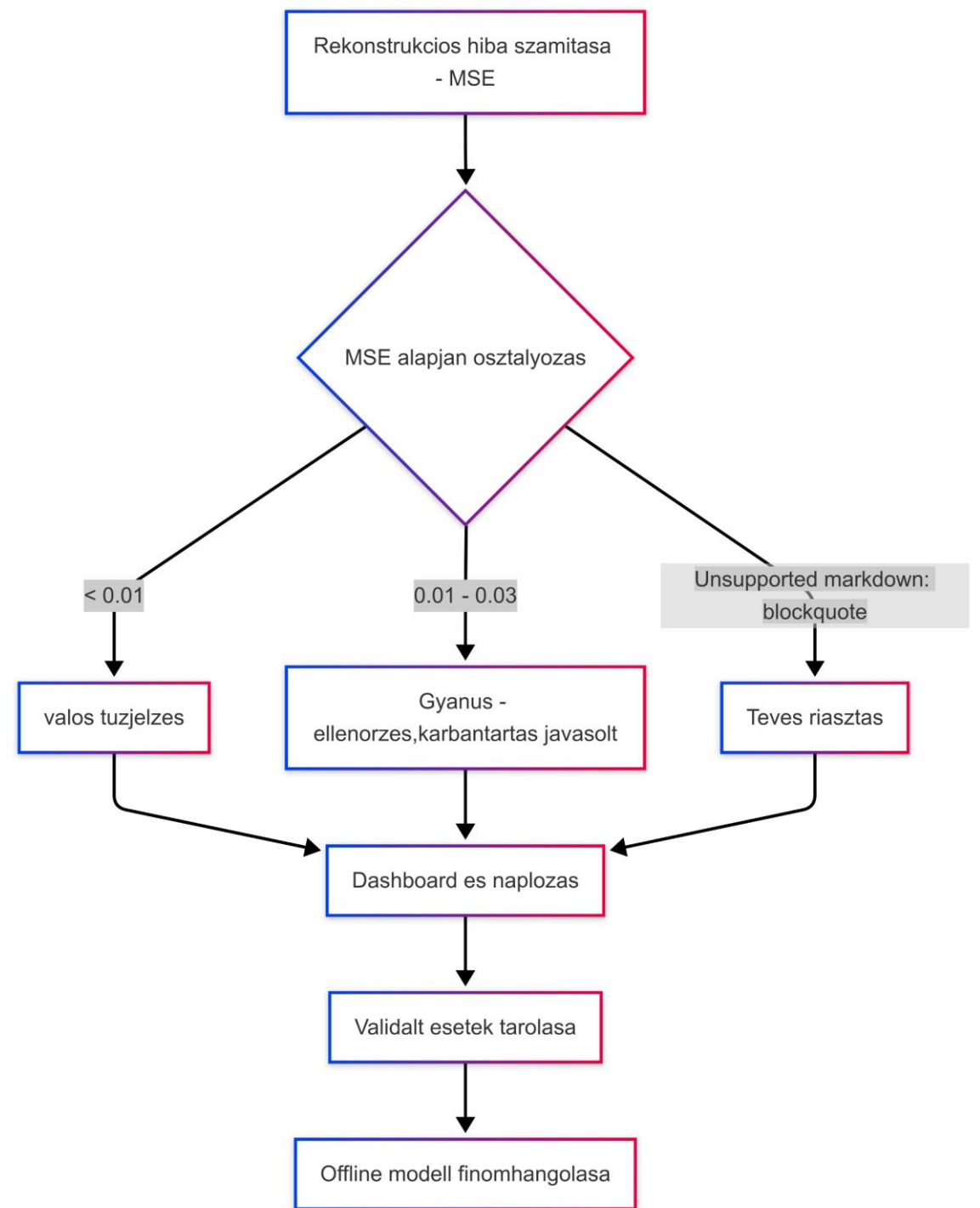
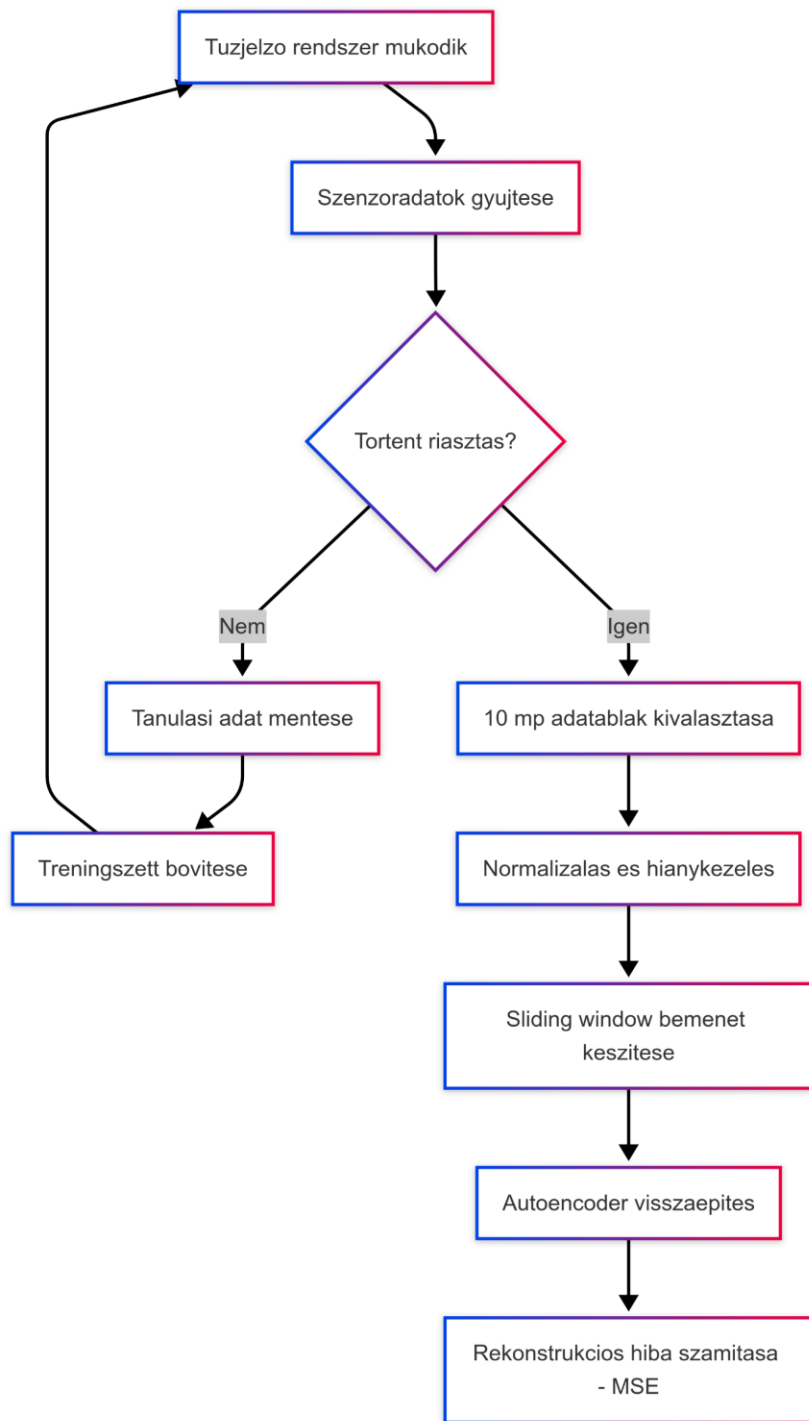
MI a téves tűzjelzések kiszűrésére

Modell felépítése: LSTM Autoencoder

- **Bemenet:** 10 másodperc $\times$ 10 jellemző a tűzjelzőből
- **Encoder:** tömörített idősoros reprezentáció tanulása
- **Decoder:** eredeti adat visszaépítése
- **Kimenet:** rekonstrukciós hiba

Működés folyamata:

1. Tűzjelzés bekövetkezik
2. Modell megkapja az azt megelőző 10 másodperc szenzoradatot
3. Kiszámítja a rekonstrukciós hibát
4. Magas hiba $\rightarrow$ szokatlan viselkedés $\rightarrow$ téves jelzés



Morális és etikai kérdések

Adatvédelem: A munkavállalók viselkedéséről, teljesítményéről gyűjtött adatok kezelése szigorú szabályozást igényel.

Felelősség kérdése: Ki a felelős egy hibás MI-döntésért vagy előrejelzésért – a rendszer fejlesztője, az üzemeltető vagy a munkavédelmi szakember?

Magánszféra védelme: A dolgozók jogos elvárása, hogy ne figyeljék meg őket túlzott mértékben -> pszichoszociális kockázat!

„Személytelenség” érzete: Az MI-vel való interakciók csökkenthetik az emberi kapcsolatokat a munkavédelmi kommunikációban, ami a bizalom rovására mehet.

Hogyan viszonyulnak a munkavállalók az MI rendszerekhez a munkavédelem területén?

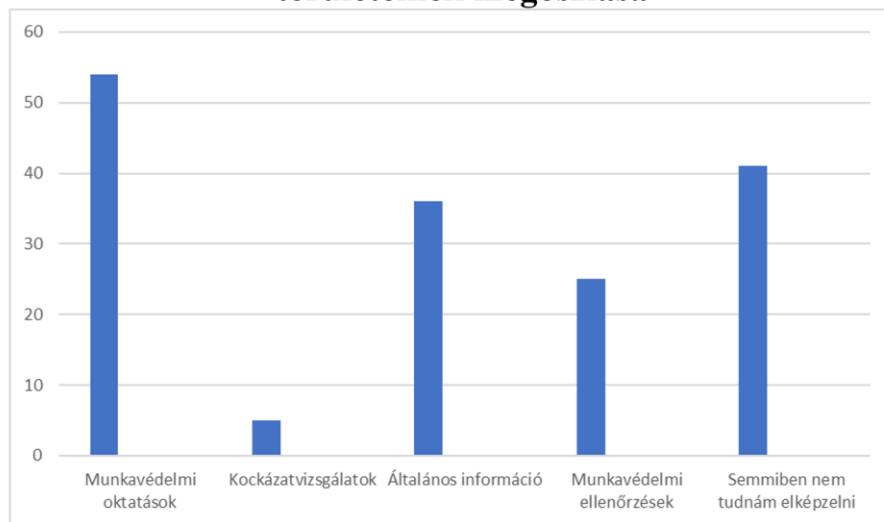
Kérdőíves felmérés:

- 127 munkavállaló vett részt a felmérésben
- 16 kérdést tartalmazott a kérdőív. 15 zárt és egy nyitott kérdéssel.

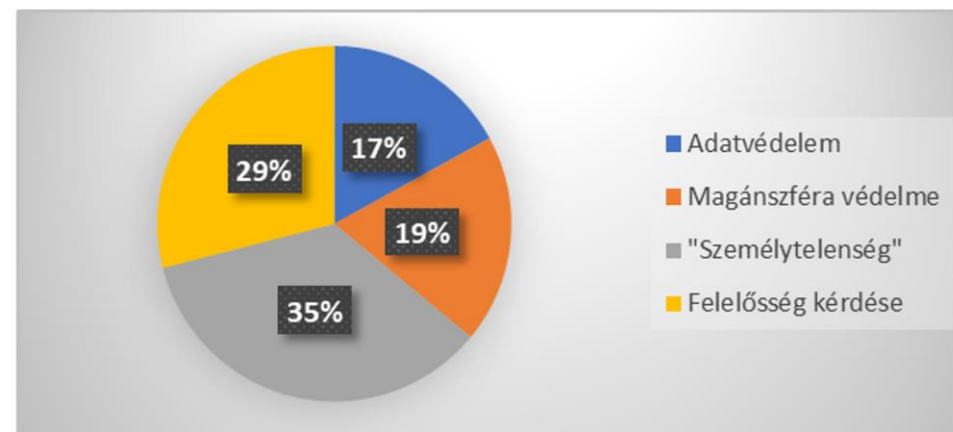
Felmérés eredménye:

- A válaszadók megosztottak az MI munkavédelmi használatával
 - A fiatalabb korosztály több lehetőséget lát benne
- Vannak aggályok az alkalmazásával kapcsolatban

Munkavállalók véleménye szerint az MI alkalmazási területeinek megoszlása



Morális és etikai aggályok vizsgálata a munkavállalók véleménye alapján



KÖSZÖNÖM A MEGTISZTELŐ FIGYELMET!

Fodor Ádám

adamfodor@outlook.hu

06302070952