

Fráter-Szegedi Judit¹ 

Veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek baleset-megelőzési lehetőségei a mesterséges intelligencia segítségével

Accident Prevention Opportunities for Plants Handling Hazardous Materials with the Help of Artificial Intelligence

Absztrakt

A mesterséges intelligencia nem új keletű technológia, széles körű alkalmazhatósága valamennyi gazdasági ágazatban ismertté tette. Az emberi gondolkodás alapján mintázott algoritmusok segítségével folyamatok automatizálhatók, a munkavállalók által nem kedvelt munkafázisok kiválthatók, a tevékenységek megkönnyíthetők. A gépi tanulás folyamatos, fejlődése nagymértékű és gyors. A mesterségesintelligencia-eszközök alkalmazása a megfelelő kereteken belül (etikusság, kellő kritikai szemlélet) hatékonyságnövelő, költséghatékony, és jelentős mértékben csökkentheti az emberi hibából eredő kockázatokat. Ez utóbbi kapcsán van a mesterséges intelligenciának létjogosultsága a munkavédelemben is. Főként azokban az esetekben, amikor egyes események kapcsán az összes lehetséges kimenet felvázolása, az emberi tényezők kiküszöbölése korlátozottan lehetséges. Kiváltképpen akkor, ha nem „hagyományos”, hanem veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemekről van szó. A mesterségesintelligencia-eszközök tudásának felmérése, a fejlesztési irányok kijelölése szükséges ahhoz, hogy ezekben az esetekben is jól alkalmazhatók legyenek, hatékonyan működjenek. A legfontosabb kérdés a téma kapcsán, hogy az AI-modellek képesek-e feltérképezni az események valamennyi lehetséges kimenetelét, az esetleges kockázatokat

¹ Tűz- és munkavédelmi szaktanácsadó, LEGO Manufacturing Kft.; doktori hallgató, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, e-mail: frater.szegedi.judit@uni-obuda.hu

olyan formán, hogy az emberi tényezőt sem hagyják ki, illetve képesek-e megfogalmazni az intézkedéseket az esetleges kockázatok megelőzése, csökkentése érdekében.

Kulcsszavak: mesterséges intelligencia, SEVESO, gépi tanítás, kockázatelemzés, fejlesztés

Abstract

Artificial intelligence is not a new technology, its wide applicability has made it known in all economic sectors. With the help of algorithms modelled on human thinking, processes can be automated, work phases that are not liked by employees can be replaced, and activities can be made easier. Machine learning is continuous, its development is large and rapid. The use of artificial intelligence tools within the appropriate framework (ethics, sufficient critical approach) can increase efficiency, be cost-effective and significantly reduce risks arising from human error. In connection with the latter, artificial intelligence also has a raison d'être in occupational safety. Especially in cases where it is limited to outline all possible outcomes in connection with certain events and eliminate human factors. Especially when it comes to plants that are not "traditional", but deal with hazardous materials. It is necessary to assess the knowledge of artificial intelligence tools and identify development directions so that they can be well applied in these cases and operate effectively. The most important question in this regard is whether AI models are able to map all possible outcomes of events, potential risks in a way that does not leave out the human factor, and whether they are able to formulate measures to prevent and reduce potential risks.

Keywords: artificial intelligence, SEVESO, machine learning, risk analysis, development

Bevezetés

Napjaink egyik leggyorsabban, legnagyobb mértékben fejlődő területe a mesterséges intelligencia (AI, MI). Valamennyi gazdasági ágazatban a működés szerves részét képezi az AI-technológia, amely a folyamatos tanításnak köszönhetően egyre több esetben, egyre mélyebben képes adott témakörökben adekvát választ adni a kérdésekre. Van azonban a tanulásnak egy jól meghatározott kerete, amelyen túl az AI sem rendelkezik, nem is rendelkezhet megfelelő szintű tudással tapasztalatok és egyéb információ híján, vagy mert bizonyos tényezők meghatározhatatlan együttthatását egyik algoritmussal sem lehet pontosan leírni, vagyis nem lehet az AI-t megtanítani rá. A munkabiztonság az egyik olyan terület, ahol az algoritmusokkal csupán keretet lehet adni a mesterséges intelligencia működésének. A köznyelvben véletlenek szerencsétlen sorozataként aposztrofált esetekben a mesterséges intelligencia sem feltétlenül képes az összes lehetséges kimenetelt, felmerülő kockázatot megfelelően prognosztizálni, vagy pedig megelőzni az esetlegesen bekövetkező eseményt. A veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek nem üzemszerű iparbiztonsághoz tartozó események, súlyos vagy katasztrofális kimenetelű balesetek a történések olyan láncolatát vázolhatják fel, amelyeket szinte lehetetlen megjósolni, a lehetséges kimenetelleket a teljesség igényével

rendszerbe dolgozni, a szükséges megelőző intézkedéseket egyfajta metódus alapján megadni. A beavatkozást végzők számára különösen fontos az, hogy minden eshetőséggel számolva rendelkezzenek megfelelő eszközökkel, egyéni védőeszközökkel. Az AI használata a munkavédelemben a jövő alternatívája lehet, felmerül azonban a kérdés, hogy mely program milyen algoritmus mentén tanítható, mi az az alap információkészlet, amelyre építkézhet.

Mesterséges intelligencia a munkavédelemben

A mesterséges intelligencia megjelenése a munkavédelemben determinált. A digitalizáció térnyerésével egyre több helyen jelennek meg AI-alkalmazások a munkavállalók tevékenységének megkönnyítése érdekében. Egyre több AI-megoldással lehet találkozni. Öngerjesztő a folyamat, hiszen tanul, reagál a környezet és a felhasználók visszajelzéseire, akik az újabb kérdésekkel tovább „ösztönzik” a tanulásra. A munkavédelemben az AI segítségével futtathatók különböző szimulációk, felgyorsítható a kockázatértékelés folyamata, az egyre növekvő adatbázisból részletesebben és mélyrehatóbban lehet az egyes kockázatokat elemezni, az adatokat gyorsabban vizsgálni. A valós idejű megfigyelésekhez ruhába, védőeszközbe, testbe ültetett digitális nyomon követő technológiák segítségével gyűjtött adatokat használhatnak, az adathalmazokból írt algoritmusokkal megfigyelhetik, felügyelhetik a munkavállalók életjeleit, stresszmutatóit. Ennek óriási szerepe van a katasztrófavédelem beavatkozást végző munkavállalóinak életvédelmében. Az egyéni védőeszközökbe ültetett érzékelők lehetővé teszik a vészhelyzetek valós idejű felismerését, figyelmeztetnek a kitettség káros szintjének elérésekor, a stressz-szint megnövekedésekor, egészségi problémák megjelenésekor, a fáradtság vagy egyéb, munkabiztonsági szempontból jelentős tényező fennállásakor. A munkavállaló biztonsága érdekében az eszköz valós időben befolyásolhatja a munkavállaló magatartását.² Új technológia, sok esetben megosztó az alkalmazása a jól szabályozható működés ellenére (a jogszabályi környezet nem teljes), hiszen adatokkal, adatokból dolgozik, a munkavédelem tekintetében mégsem az adatvédelem a legfontosabb kérdés. Sokkal inkább az, hogy olyan esetekben, amelyekben titkosították az adatokat, egyéb információ nem áll rendelkezésre, vagy tapasztalat útján nem szerezhették tudást, hogyan határozható meg az adatbázisa, mi alapján lehet megtanítani a kockázatok felmérésére. Zákányi és munkatársai 127 fő bevonásával 16 kérdésből álló kérdőív segítségével vizsgálták a mesterséges intelligenciával kapcsolatos megítélést, valamint azt, hogy az AI-eszközök megfelelő jogi szabályozás mellett milyen szerepet tölthetnek be a vállalat életében a válaszadók szerint. Az eredményeik alapján az látszik, hogy a munkavédelemben is számos előnnyel járhat a mesterséges intelligencia alkalmazása:

- bármikor elérhető, mindenre kiterjedő oktatások;
- hatékonyabb kockázatvizsgálat;
- hatékonyabb baleset-megelőző programok;
- munkahelyi balesetek csökkenő száma.³

² Európai Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Ügynökség 2020.

³ ZÁKÁNYI et al. 2024.

Az adatbányászat elterjedésével, a statisztikai feladatok és problémák mesterséges intelligencia segítségével történő megoldásának igényével jött a fellendülés. A munkavédelem területén két szakaszban fejlődött az MI alkalmazása. Az első szakaszban, az 1960-as években megjelent az MI a robotikában, létrehozták az első *machine learning* robotokat: SRI-t és Shakey-t.⁴ Az automatizálás legfontosabb munkavédelmi hozadéka az volt, hogy a gép által elvégzett feladatokban nem volt emberi faktor, hiányzott a hibázás lehetősége, ezért jelentős mértékben lecsökkent a balesetek és sérülések esélye, vagyis a kockázatok száma és súlyosságának mértéke. 2015-ben a gépi tanulás és a *big data* kombinációjából létrejött *deep learning* fokozott térnyerése volt kiemelkedő jelentőségű a munkavédelem számára is. Megjelenhettek a mesterségesintelligencia-alapú munkavédelmi rendszerek. Funkcionalitásukat tekintve ezek a rendszerek az ergonómia területére koncentráltak. Az eszközökbe épített szenzorok segítségével nyertek adatokat a munkavállalók által végzett tevékenységekről. A későbbiekben már arra is lehetőséget adott, hogy az egyéni védőeszközök használatát megfigyeljék. A fejlődés folyamatos, de a mesterséges intelligencia kockázatértékelésben, baleset-megelőzésben még nem hódított teret magának. Jól funkcionálnak a MI-eszközök a termelékenység skálázásában, nagy adathalmazok anomáliáinak észlelésében, folyamatok automatizálásában, de az egészség- és biztonságvédelmi szektorban a dinamikus környezetben nehezebb a pozitív hatásokat detektálni egy-egy jó gyakorlat kapcsán. Jelenleg a gyártás, az építőipar, az ipar és a logisztika területén dolgozó munkavállalókat érintő legnagyobb veszélyek kapcsán mutatkozik előrelépés, a veszélyes üzemekkel kapcsolatosan nem.

A vizsgálat módszertana

A vizsgálat első része a fogalmi keretek meghatározása. A veszélyes anyagok gyártásához, felhasználásához, tárolásához, kezeléséhez kapcsolódó üzemek definiálása szerteágazó problémakört határoz meg. A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXCVIII. törvény 3. §-a tartalmazza az értelmező rendelkezéseket a téma vonatkozásában. Ennek értelmében

„27. Veszélyes anyagokkal foglalkozó létesítmény: olyan, a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem területén lévő – föld alatti vagy föld feletti – technológiai vagy termelés-szervezési okokból elkülönülő műszaki egység, ahol egy vagy több berendezésben (technológiai rendszerben) veszélyes anyagok előállítása, felhasználása, szállítása vagy tárolása történik, magában foglal minden olyan felszerelést, szerkezetet, csővezetékét, gépi berendezést, eszközt, iparvágányt, kikötőt, a létesítményt szolgáló rakpartot, kikötőgátat, raktárt vagy hasonló – úszó vagy egyéb – felépítményt, amely a létesítmény működéséhez szükséges.

28. Veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem: egy adott üzemeltető irányítása alatt álló azon terület egésze, ahol egy vagy több veszélyes anyagokkal foglalkozó létesítményben – ideértve a közös vagy kapcsolódó infrastruktúrát is – veszélyes anyagok vannak jelen a törvény

⁴ BEKEY 2005.

végrehajtására kiadott jogszabályban meghatározott küszöbértéket elérő mennyiségben, és ennek alapján alsó vagy felső küszöbértékűnek minősül.”⁵

A 28. pontban megadott alsó és felső küszöbérték fogalmát a 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet 1. §-a határozza meg az alábbiak szerint:

„1. Alsó küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem: ahol az 1. melléklet alapján meghatározható alsó küszöbértéket elérő vagy meghaladó, de a felső küszöbértéket el nem érő mennyiségben veszélyes anyagok vannak jelen. [...]

2. Felső küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem: ahol a jelen lévő veszélyes anyagok mennyisége az 1. melléklet alapján meghatározható felső küszöbértéket eléri vagy meghaladja.”⁶

Az atomerőművek a kormányrendelet értelmezésében nem minősülnek alsó vagy felső küszöbértékű üzemnek, a felhasznált hidrazin-hidrát miatt azonban felső küszöbérték feletti veszélyes üzemnek igen (az atomerőmű blokkjainak primer és szekunder köreibben felhasznált hidrazin a jogszabályváltozás miatt sorolandó a felső küszöbérték feletti üzemek közé). A vizsgálat azonban ebben az értelmezésben nem tesz különbséget az alsó és felső küszöbértékű, illetve különösen veszélyes üzemek között, hiszen az elsődleges cél a nem üzemszerű iparbiztonsági események elemzése (például nukleáris létesítményekben vagy a sugárzó anyag jelenlétében bekövetkező káresemény). Az alapvetés az, hogy a környezetre és/vagy az emberre kiemelt veszélyt jelentő üzemek kerülnek be a vizsgálatba. A bekövetkező események súlyossága és bekövetkezési valószínűsége tekintetében ugyanis nincs jelentősége a küszöbértékeknek. A szerző veszélyes üzemként kezel minden fokozott veszéllyel járó tevékenységet folytató, csekély mértékű rendellenesség bekövetkezésével is súlyos kárt okozó, fenyegető veszélyhelyzetet kialakító üzemet.

A vegyi anyagokkal kapcsolatban elengedhetetlen a veszélyes technológiák veszélyesanyag-kibocsátásait is elhatárolni: a normál üzemi kibocsátások hosszú lefolyású, nagy térséget érintő környezeti igénybevétellel, környezetterheléssel és szennyezéssel járó, hosszú távú környezetmódosító és környezetkárosító hatású veszélyes tevékenységekhez köthetők. Vészhelyzeti kibocsátásról akkor beszélünk, amikor jelentős mértékű káros (döntően mérgező) anyag kerül a környezetbe, tűzzel és/vagy robbanással járó esemény következik be, és a létesítményen belül vagy azon kívül közvetlenül vagy lassan hatóan veszélyeztet, károsítja az emberi életet, egészséget és/vagy környezeti elemeket. Ez utóbbi túlmutat a környezetvédelmen.⁷ A vizsgálat elsődleges célja a nem normál üzemi kibocsátások kapcsán megjelenő, az emberi életet, egészséget, illetve a környezeti elemeket súlyosan károsító, veszélyeztető vészhelyzeti kibocsátások kockázatainak áttekintése.

⁵ 2011. évi CXXVIII. törvény 3. § 27. és 28. pont.

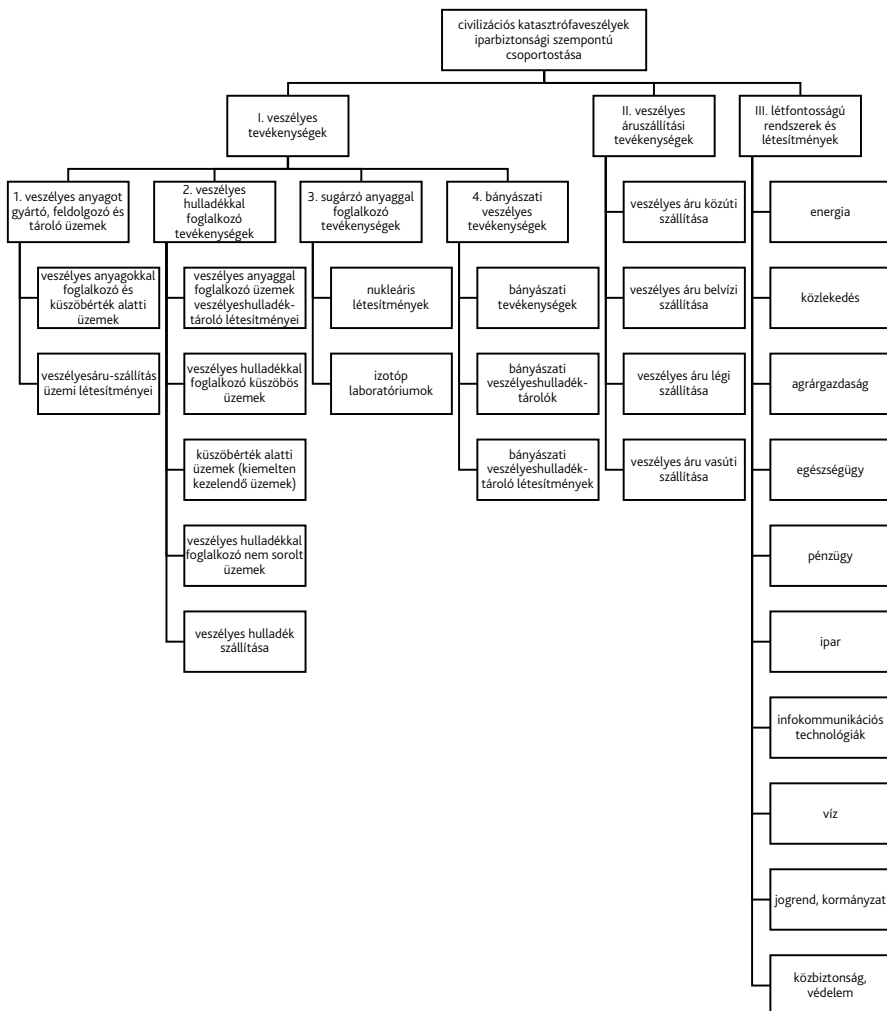
⁶ 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet 1. § 1. és 2. pont.

⁷ HOFFMANN et al. 2015.

A civilizációs katasztrófaveszélyek kapcsolódhatnak veszélyes tevékenységekhez, veszélyesáru-szállítási tevékenységekhez és létfontosságú rendszerekhez/létesítményekhez. Az egyes csoportok elkülönítése segítséget nyújt az azonosításban.

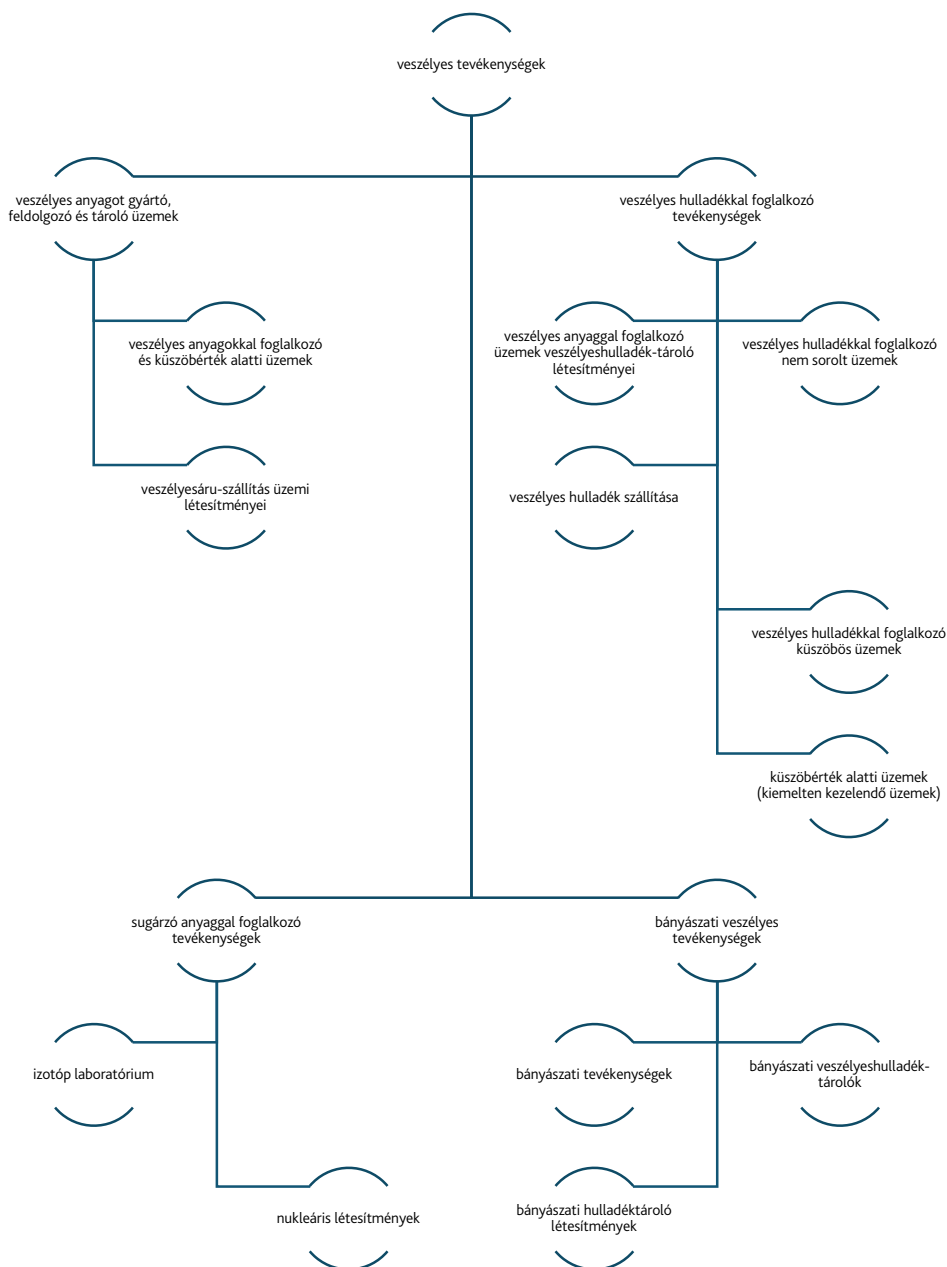
A veszélyes anyagok gyártása, tárolása és feldolgozása során bekövetkező baleset lehet:

- tűz, amely a közvetlen környezetben okoz kárt;
- robbanás;
- egészségre, környezetre káros anyagok levegőbe vagy vízfolyásokba jutása – az anyag fajtájának, mennyiségének, fizikai mutatóinak, a terjedés meteorológiai, domborzati és más tényezőinek függvényében.



1. ábra: Civilizációs katasztrófahelyzetek

Forrás: HOFFMANN et al. 2015



2. ábra: Veszélyes tevékenységek

Forrás: a szerző szerkesztése HOFFMANN et al. 2015 alapján

Ez utóbbi baleset több tíz kilométer távolságban is veszélyt okozhat, a lefolyása percek vagy órák alatt végbemehet, szélsőséges esetben akár több évtized időtartamra is elnyúlhat.⁸ A civilizációs katasztrófaveszélyek iparbiztonsági szempontú csoportosítása az 1. ábrán látható.

A vizsgálat tárgya elsősorban a veszélyes tevékenységekre vonatkozik, így a veszélyes anyagokat gyártó, feldolgozó üzemeket, a veszélyes hulladékkal foglalkozó tevékenységeket, a sugárzó anyaggal foglalkozó tevékenységeket és a bányászati veszélyes tevékenységeket vizsgálom (2. ábra). Ennek létjogosultságát az adja, hogy a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek működése kapcsán szerteágazó kockázatok határozhatók meg, a tevékenységek szállításra és egyéb tevékenységekre való kiterjesztése felaprózza a kockázatértékelést, kezelhetetlenné téve az adatbázist. Az alap adatbázis elkészültét, tesztelését követően lehet releváns annak kibővítése.

A vizsgálat tárgya az eseményekkel kapcsolatos prognózis, a látható és meg nem jósolható reakciók feltérképezése. A katasztrófavédelem folyamatosan bővülő listába rendezi a szóban forgó üzemeket, a nukleáris, kommunális és ipari hulladéklerakókat, a hulladékmegsemmisítőket, a lista azonban nem teljes. Az RSOE-EDIS Katasztrófa- és Vészhelyzeti Információs Szolgálat figyelemmel kíséri a földet veszélyeztető összes eseményt, feldolgozza az összegyűjtött információt, megjeleníti az eseményeket a felhasználók igényei alapján szűrhető formában, de az ő felsorolásuk sem mindenre kiterjedően szolgáltat információt.⁹ A vizsgálat során (az RSOE-EDIS definíciói alapján) vizsgált események:

- veszélyes üzemek balesete (ipari és mezőgazdasági létesítmények, amelyekben alsó és felső küszöbértéket elérő mennyiségben vannak jelen veszélyes anyagok; az ezekkel való tevékenység során a folyamatok ellenőrizhetetlenné válása tömeges veszélyeztetést, emberi egészség-, környezet-, élet- és vagyonbiztonságot károsító eseményt okozhat; kiemelkedően jelentős mértékű kár, tömeges emberi sérülés vagy haláleset következhet be, a mentesítés, mentés elhúzódó);
- mérgező vagy vegyi anyagok kikerülése;
- izotóp-baleset;
- nukleáriserőmű-baleset.¹⁰

Egyéb hazmat eseményeket¹¹ nem tekintek a vizsgálat tárgyának. A vizsgálat nem terjed ki továbbá a veszélyesáru-szállítással kapcsolatos balesetekre sem.

A mesterséges intelligencia fogalmi kereteinek meghatározása a teljesség igényével nehéz. Nincs egységes alapvetés a tekintetben, hogy a definíciónak pontosan mit kell tartalmaznia. Konkrét meghatározás nem létezik. A leglényegesebb eleme, hogy informatikai rendszer, feladatmegoldásra képes, és az emberi gondolkodáshoz hasonlóan működik.¹² Siba László (1989) a számítástudományok olyan területként

⁸ HOFFMANN et al. 2015.

⁹ RSOE-EDIS [é. n.].

¹⁰ RSOE-EDIS [é. n.].

¹¹ Veszélyes anyagokkal kapcsolatos események, amelyek a veszélyes anyagokkal kapcsolatos általános kategóriákba nem illenek bele, vagy azok jellege vegyülve jelenik meg.

¹² SIBA 1989.

aposztrofálja, amely emberi intelligenciát igénylő feladatokat megoldó számítógépes programok készítésével foglalkozik.¹³ A definíció megjelenése a gépi tanulás virágkorának idejére (1980–1990) tehető. Az AI több ennél: nem előre meghatározott utasítások alapján, hanem adatokból tanulva végzi el a feladatokat, algoritmusokat, matematikai képleteket használ a döntéshozatalhoz, valamint a korábban tanult adatokat. Nem statikus, hanem autonóm működésű, és a legfontosabb tulajdonsága, amely a veszélyes üzemek kockázatkezelésében is jól alkalmazható, a tanulási képesség.

Önálló döntéshozatalra képes, reagálni tud a változásokra, valamint adaptálódni a környezethez. Ezek alapján az MI az emberi gondolkodás általános alapelveit alkalmazó, tanulási képességgel rendelkező, adatokból, matematikai képletekből és tanult adatokból önálló döntéshozatalra képes, autonóm működésű számítógépes rendszer, amely azonban emberi tulajdonságokkal nem ruházható fel, érzelmei, belátási képessége nincs, csupán emberhez hasonló képességei vannak (szemben azzal az alapvetéssel, amely szerint az MI elsősorban viselkedését tekintve nehezen különböztethető meg az embertől).¹⁴ A vizsgálat szempontjából leginkább releváns az AI érzelmekre, belátási képességre vonatkozó hiányossága. Feltételezésem szerint ugyanis csak akkor képes a munkavállalókat érő kockázatokat megfelelően felismerni és kezelni, ha az ember egyéni sajátosságait is képes figyelembe venni, a kockázatok egy része ugyanis ebből fakad. Különös tekintettel a veszélyes üzemek működésére.

Az elemzés során olyan AI-eszközöket vizsgálók, amelyek betanított válaszológépek (a kép- és videógenerátorokat mellőzöm, az általuk létrehozott tartalmak nem relevánsak). A kiválasztás szempontja az, hogy ingyenes és Magyarországon is közvetlenül elérhető legyen, és valós idejű adatokban is keressen. A vizsgálati kérdések megfogalmazása magyar nyelven és három dimenzió (kockázatok, lehetséges kimenetek és megoldási javaslatok) mentén történik. Az alapkoncepció szerint ugyanazokat a kérdéseket kapja valamennyi AI-asszisztens, de előfordulhat, hogy kiegészítő kérdésekre is szükség van a pontosság érdekében.

A vizsgálandó események nem kizárólag a veszélyes anyagokkal kapcsolatos balesetekre korlátozódnak, a mesterségesintelligencia-eszközök feladata a veszélyes üzemek idővel történő fokozatos romlásából fakadó kockázatok értékelése.

A kérdések megfogalmazásakor az elsődleges szempont az volt, hogy az AI-eszközök nem feltétlenül ugyanazzal a nyelvi modellel dolgoznak, a megértés nagymértékben befolyásolhatja a kapott válaszokat. Figyelembe kellett venni azt is, hogy egyes AI-eszközök korlátozzák a feltehető kérdések és az ezekre adott válaszok számát.

Az AI-nak feltett alapkérdések:

1. Vázold fel az esemény kapcsán az összes lehetséges kimenetelt!
2. Milyen kockázatokkal kell számolni?
3. Az egyes kockázatok súlyosságát és bekövetkezési valószínűségét meg tudod jósolni?
4. Az emberi tényezőt figyelembe véve milyen kockázatokat tudnál felvázolni?
5. Van olyan emberi tulajdonság, amely súlyosbíthatja ezeket a kockázatokat?
6. Milyen intézkedéseket tennél a kockázatok csökkentése, megelőzése érdekében?

Kockázatonként csoportosítva, ha lehet.

¹³ SIBA 1989.

¹⁴ FEHÉR et al. 2020 értelmezésében: érvel, tanul, tervez.

A vizsgált események rövid leírása

A vizsgálat során olyan, megtörtént vagy elképzelhető eseményeket rögzíték az AI-eszközök számára, amelyek kimenetele többféle forgatókönyv mentén vázolható fel. Annak, hogy nem csupán valós események mentén vizsgálom az AI reakcióit, azért van relevanciája, mert feltételezésem szerint, ha nem rendelkezik valós tudással, akkor a meglévő alapján kell felépítenie a válaszait (tanul).

Az első esemény a paksi atomerőmű 2003-as, súlyosnak minősülő üzemzavarához kapcsolódik. Az AI-eszközöknek feltett kérdések egy lehetséges forgatókönyvhöz igazodnak, valós, megtörtént eseményekre alapozva. Eszerint nem működő reaktor melletti, attól leválasztott, vízzel teli, mély aknában végzik a fűtőelemek mosását (ami a hőtermelés során lerakódott, nemkívánatos és a hatékonyságot nagymértékben csökkentő szennyeződések eltávolítását jelenti).¹⁵ A reaktorból eltávolított fűtőelemek nem lettek lehűtve, így kerültek az aknába. A nem megfelelő hűtés miatt a fűtőelemek túlhevültek, a tartály tetején a felforró víz buborékjai egyetlen nagy gőzbuborékká álltak össze. A nem áramló gőz hűtőközegként nem funkcionál, a fűtőelemek hőmérséklete még tovább emelkedett, burkolatuk megrepedt. A vízgőzzel kémiai reakcióba léptek. A fűtőelemek teljes hosszában kialakuló gőzbuborékba radioaktív nemesgázok és illékony hasadási termékek kerültek. A tartály teteje nem lett eltávolítva. A csarnokban olyan mértékűre nőtt a dózis, hogy csak speciális légzőkészülékkel lehetett bent tartózkodni.

A másik esemény petrokkémiai üzemhez kapcsolódik: egy csőtartó oszlop tetején 3 m magasságban 50 mm átmérőjű csővezeték hosszában felhasad és 10–12 cm hosszú nyíláson át 30 bar nyomással ömlik a pirogáz a szabadba. A hirtelen expanzió következtében erősen lehűlt gázfelhő gyűlik össze a talaj közelében, a mérsékelt szél miatt a szomszédos robbanásveszélyes üzemek felé sodródik. A gyári belső úthálózaton folyamatos a közlekedés. A nagy sebességgel örvénylő gázfelhő sztatikusan feltöltődik, a leföldelt acélszerkezetek között kisül, a szabadba kerülő gátfelhő berobban.

Vizsgált AI-programok

Gemini: Egyszerűbb válaszokat ad már ismert információk alapján vagy más forrásokra támaszkodva (más Google-szolgáltatásokból származó), vagy bonyolultabb válaszokat, nyelvi modellek szavait felhasználva. A nyelvet alkotó mintákat képes felismerni, a leggyakoribbak alapján válaszol. Az utasításokból, válaszokból és visszajelzésekből (is) tanul. Saját gondolatai, érzései nincsenek. Szavakból tanul, adott mintázat betanulását követően képes megjósolni a következő lehetséges szavakat. A válaszadásra a mintázatok alapján a kreativitás jellemző. A használat korlátozza az adott időkeret, az ezen belül adható utasítások és beszélgetések száma. Ez Ex-Bardnak is tekinthető, a Google ChatGPT-re adott válasza.

¹⁵ SZATMÁRY 2003.

Copilot: A Microsoft AI-eszköze. Bizonyos funkciók magyarul, ingyen, bármilyen eszközön használhatók. Komplex kérdéseket is fel lehet tenni neki. Beépülő modulok alkalmazhatók. Ugyanaz a funkciója, mint a ChatGPT-nek, az Open AI GPT 4 és GPT 4 Turbo nagy nyelvi modelljével dolgozik.

ChatGPT 4: Mesterségesintelligencia-alapú chatbot, az egyik legismertebb és leggyakrabban használt. Az Open AI fejlesztése, az általa gyűjtött és beprogramozott ismeretekből szerzett információk alapján válaszol a kérdésekre.

Bing AI: A Microsoft Edge keresőmotorjának AI-asszisztense. Kiszámíthatatlan viselkedése tette ismertté. Nem kizárólag szövegalkotásra képes, képgenerátor funkcióval is el van látva. Ingyenesen elérhető, de regisztrációhoz kötött.

Discord: Szöveges, képi, videó- és hangkommunikációra képes eszköz, hanggal vezérelhető, alapvetően gamereknek fejlesztették ki. Dinamikusán képes alakítani a beszélgetéseket, információk kérhetők, adott esetben játszani is lehet vele. Ingyenesen elérhető, de regisztrációhoz kötött. A felület jóval bonyolultabb, mint a többi chatbot esetében.

Google Bard: Képes a felhasználók kérdéseinek megválaszolására, információkat keres gyorsan és hatékonyan. A ChatGPT-hez hasonló alapfunkciója, hogy az emberi beszélgetéseket utánozza természetes nyelvi feldolgozással és gépi tanulással. Kezdetben a LaMDA (Language Model for Dialogue Applications) családjának nagy nyelvi modellje alapján működött (LLMs), ezt követően a PaLM- (Pathways Language Model 2) technológiát alkalmazták. Beszélgetésalapú chatbot, webes hozzáférésekből és LLM-ekből dolgozik (nagy nyelvi modellekből), szöveg- és kódadatbázison tanulnak. A mai Gemini (lásd korábban).

Perplexity: Mesterséges intelligenciával működő keresőmotor. A ChatGPT-hez hasonlóan információk keresésére alkalmazható. Ingyenesen elérhető verziója rendkívül korlátozott, egy kérdés feltételére ad lehetőséget.

Ask AI: GPT-4o és GPT-4 technológiára kifejlesztett chatbot, ajánlásokat, inspirációkat és információkat kínál minden témában. Ingyenesen elérhető verziója rendkívül korlátozott, egy kérdés feltételére ad lehetőséget.

SEVESO-üzemek – súlyos baleset, katasztrófhelyzet az AI szemével

Az egyik legfontosabb kérdés, hogy képes-e az AI a vészhelyzetekre való reagálás emberi vonatkozásait is figyelembe venni az elemzéskor. Ennek főként azért van létjogosultsága, mert a súlyos ipari balesetek csaknem fele emberi mulasztásra vezethető vissza. Statisztikai elemzések során levont következtetések szerint a magas szintű szakképzettség, a legfejlettebb technológia alkalmazása önmagában nem képes megakadályozni egy súlyos ipari baleset vagy valamely veszélyes anyaggal kapcsolatos esemény bekövetkezését, illetve a múlt tapasztalatai alapján tervezett, ipari körülmények között tesztelt, folyamatosan fejlesztett biztonsági rendszerek sem nyújthatnak százszázalékos védelmet minden esetben. A kérdésekre adott válaszok alapján az látszik, hogy valamennyi AI-eszköz egyazon adathalmazból, nyelvi modellből tanul és dolgozik. Az „ember” javarészt hiányzik belőlük.

A *Gemini* változatosan kezeli az alapszituációkat, helyel-közzel jól átlátja a lehetséges kockázatokat, azonban nem részletezi a lehetséges összes scenáriót. Jól látszik, hogy azokban az esetekben, amelyekben viszonylag sok adat fellelhető a webes

felületeken, értékelhetőbb válaszokat fogalmaz meg (például a lehetséges kimeneteket időtartam – rövid távú események, közép- és hosszú távú kimenetek – szerint kategorizálja), de konkrétumokat kizárólag kérésre, több kérdéssel rávezetve ad meg. A legrosszabb scenáriót az ismert esetekben jól átlátja, a kitalált eseményeknél azonban elnagyolja a választ és általánosan fogalmaz. A kockázati mátrix elkészítéséhez saját bevallása szerint nem rendelkezik megfelelő mennyiségű és minőségű tudással, a paksi eset elemzésekor pedig jól összeszedett választ adott. A kockázatokat egyébként címszavakban adja meg, a technológiai és munkaköri, valamint a munkakörnyezetből fakadó kockázatokat nem tudja értékelni. Sok esetben megadja a lehetséges kiváltó okokat, a karbantartás hiánya szerepel a felsorolásban, azonban például az anyaghiba vagy anyagfáradás nem. És nem említi az embert magát sem, ha direkt kérdésben nem szerepel. A kockázatokhoz egyébként csatol egy intézkedést is, amellyel az adott kockázat csökkenthető, noha ez kérdésként nem szerepelt. Az emberi tényező esetében általában ugyanazok az elemek jelennek meg:

- képzetlenség;
- figyelmetlenség;
- nem megfelelő eszköz- és géphasználat;
- kommunikációs problémák;
- motiváció hiánya;
- biztonsági előírások figyelmen kívül hagyása;
- vészhelyzeti előírások nem megfelelő ismerete;
- hibás döntés.

Érdekes adathalmaz volt, ahogy a folyamatok eskalálódását eredményező emberi tulajdonságokat kezeli.

1. Személyiségvonások:

- Agresszivitás: Ha egy dolgozó agresszív személyiségjegyekkel rendelkezik, konfliktushelyzetekben hajlamosabb eskalálni a helyzetet, akár fizikai erőszakkal is.
- Impulzivitás: Az impulzív emberek gyakran gondolkodás nélkül cselekszenek, így könnyen hozhatnak olyan döntéseket, amelyek felerősítik a problémát.
- Konfliktuskerülő magatartás: Paradox módon a konfliktus elől való menekülés is vezethet eskalációhoz, ha a dolgozó nem mer szólni nemmegfelelőség esetén, a probléma viszont nem szűnik meg, hanem tovább gyűrűzik.
- Perfekcionizmus: A túlzott tökéletességre való törekvés stresszt okoz, megnöveli a hibázás lehetőségét.

2. Érzelmi állapotok:

- Félelem: A félelem, hogy büntetés jár a hibáért, vagy hogy elveszíti a munkáját, a dolgozót arra ösztönözheti, hogy eltitkolja a problémát, ami később nagyobb bajhoz vezethet.
- Düh: A dühös dolgozó könnyen elveszíti a kontrollt, és olyan cselekedeteket hajthat végre, amelyek veszélyeztetik saját magát és másokat.
- Frusztráció: A folyamatos frusztráció, a megoldhatatlannak tűnő problémák szintén agresszív viselkedéshez vezethetnek.

3. Kognitív torzítások:

- Önbizalomhiány: Az önbizalomhiányos dolgozó hajlamosabb hibázni, és nehezebben kér segítséget, ami szintén eszkalációhoz vezethet. Ez a tényező talán a legkevésbé tudatos.
- Állandó megfelelési kényszer: Az állandó megfelelési kényszer stresszt okoz, és hibákhoz vezethet.
- Felelősségvállalásra való képtelenség hiánya: Ha a dolgozó a problémákat mindig másoknak tulajdonítja, akkor nem hajlandó változtatni a saját viselkedésén, ami fenntartja a konfliktust.

4. A helyzethez kapcsolódó tényezők:

- Időnyomás: Ha a dolgozó időnyomással dolgozik, akkor hajlamosabb hibázni és figyelmen kívül hagyni a biztonsági előírásokat.
- Túlterheltség: A túlterhelt dolgozó nehezen tud koncentrálni, és könnyebben elkövet hibákat.
- Rossz kommunikáció: A félreértések és a rossz kommunikáció könnyen vezethet konfliktusokhoz és eszkalációhoz.

A *Copilot* általánosságokat fogalmaz meg: személyi sérüléseket, környezeti károkat, tűzveszélyt, közösségi egészségügyi kockázatokat (szennyezett levegő, víz által okozott egészségügyi problémák – asztmás tünetek, allergiás reakciók, légzőszervi megbetegedések) és az egészségügyi költségek növekedését mint esetlegesen felmerülő kockázatot említi, az emberi tényezőből eredő kockázatokat nem önállóan, hanem direkt irányított kérdésre válaszolva adja meg a teljesség igénye nélkül (figyelmetlenség, képzetlenség, fáradtság, kommunikációs hibák, stressz, túlterheltség, munkavégzés megszokottá válása stb.), az egyéni sajátosságokat irányított kérdéssel sem veszi figyelembe (például azt, hogy adott szituációban minden ember másképp reagál vérmérséklettől, felkészültségtől, meglévő tapasztalattól, életkortól, nemtől stb. függően). A beszélgetés ezen a ponton megszakadt, a kockázatokat súlyosbító tényezőkre vonatkozó kérdésre nem érkezett válasz. Második alkalommal szépen végigvezette a kérdésekre adott válaszokat a kérésnek megfelelően a paksi atomerőmű üzemzavara kapcsán, a lehetséges legrosszabb forgatókönyvet is figyelembe véve.

A *ChatGPT* az események megfogalmazásakor összefoglalta a legfontosabb tényezőket. Az esetlegesen bekövetkező eseményeket súlyosságuk szerint kategorizálta. Felvázolt egy katasztrófális scénáriót, a következmények és utóhatások kapcsán a jogi következményekkel is foglalkozik, valamint az esetleges pénzügyi károkat is megemlíti. A kockázatokat személyi, környezetvédelmi, gazdasági, szabályozási és jogi, társadalmi, valamint technikai aspektusban vizsgálja. A kockázatok súlyossága és bekövetkezési valószínűsége kapcsán azonban saját bevallása szerint nem rendelkezik megfelelő tudással. Második alkalommal képes volt a számára releváns kockázatok súlyosságát és bekövetkezési valószínűségét megadni. Az emberi tényezőkre vonatkozó kérdés kapcsán ugyanazzal a készlettel dolgozik, mint amivel a többi AI-eszköz, csupán a megfogalmazás más. Az egyes kockázatokat súlyosbító emberi tulajdonságokat azonban másképp értelmezi, mint például a Gemini. Az adott tulajdonság által kiváltott hatás (például a túlzott magabiztosság miatt a dolgozók alábecsülhetik a helyzet kockázatait, vagy elhanyagolhatják a biztonsági intézkedéseket, mivel úgy érzi, hogy

már mindent jól tudnak) részletesen jelenik meg. Érdekes, hogy a rossz időgazdálkodást is súlyosbító tényezőként értékeli, szerinte ugyanis az időmenedzsment hiánya kényszerhelyzetet teremthet a dolgozók számára, aminek következményeként rossz döntéseket hozhatnak, hogy időt spórolhassanak. Ehhez kapcsolódik, hogy szerinte a munkavállalók közötti ellenséges viszony és rosszindulat jelentős mértékben csökkentheti a figyelmet, rontja a szabálykövető magatartást. Alapjaiban véve ugyanazokat a tulajdonságokat sorolta fel, mint a Gemini.

Összegzés

A mesterséges intelligencia az élet szinte minden területén, a legtöbb gazdasági ágazatban képes volt viszonylag rövid idő alatt teret hódítani magának, a munkavédelemben azonban kevésbé elterjedt. A dinamikusan változó környezeteket az AI-eszközök általában nem tudják (még) megfelelően kezelni. A veszélyes üzemekben a kockázatértékelések kapcsán ténylegesen van létjogosultsága a mesterséges intelligenciának, hiszen nagy mennyiségű strukturált és strukturálatlan adat feldolgozására képes, olyan mintákat és összefüggéseket azonosít, amelyek az emberi elemzők számára vagy nehezen, vagy egyáltalán nem észrevehetők. A mesterséges intelligencia képes modelleket alkotni, amelyek a jövőbeni eseményeket előre tudják jelezni, a proaktivitásban ennek kiemelten fontos szerepe van. A gyorsan változó körülményekre való reagálás képessége a valós idejű adatelemzésre való képesség függvénye. A mesterséges intelligencia alkalmazásával lehetőség nyílik erre. Ehhez azonban szükséges az AI-eszközök tudásának folyamatos bővítése, mélyítése. Az emberi tényezők vizsgálata rávilágított arra, hogy ez komoly hiányosság még, annak ellenére, hogy a veszélyes üzemekben megjelenő, munkavállalókat, szűkebb és tágabb környezetet stb. érintő kockázatok esetén súlyosbító tényező lehet egy-egy emberi tulajdonság.

A vizsgálat alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

1. Az AI alkalmazása veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemekben jelentősen növelheti a kockázatértékelés hatékonyságát, különösen nagy adathalmazokból származó mintázatok felismerésével és valós idejű elemzéssel.
2. Az AI-t olyan keretben érdemes használni, amely etikus, kritikai szemléletű és a humán tényező bevonását is biztosítja. Szükség van az emberi hibákból eredő kockázatok csökkentésére.
3. A veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek esetében problémát jelent a fogalmi keretek pontos megadása, az azonosítás és a határértékek kezelése, mivel a küszöbértékek nem feltétlenül befolyásolják a potenciális károkat; ezért a kockázatértékelésnél a környezetre és az emberre jelentős hatást gyakorló azonosított üzemek kerülnek előtérbe.
4. A mesterséges intelligencia fogalmi keretei és definíciói hiányosak és nem egységesek, ami megnehezíti a szabályozás és az összehasonlítható értékelések kialakítását.
5. A fenti problémakör és a jogi-szabályozási környezet hiányának, hiányosságainak összefüggései miatt szükség van a definíciók és az adatbázisok folyamatos bővítésére és naprakészen tartására.

Az MI jó eszköz lehet a kockázatértékelés gyorsítására, mintázatfelismerésre és az adatokból történő következtetések levonására, de nem helyettesítheti teljes mértékben az emberi szakértőket. A kockázatok megközelítése többszintű: technikai, emberi tényezők, környezeti hatások, jogi és gazdasági aspektusok együttes értékelése szükséges. A vizsgált források megerősítik, hogy a veszélyes üzemek kockázatkezelésében az adatalapú módszerek és az AI jelentős előnyöket kínálnak, különösen nagyszámú és strukturálatlan adatok esetén. Ugyanakkor a fogalmi keretek nem egyértelműek voltak, az azonosítás bonyolult kérdésköre jelentős mértékben megnehezíti az alkalmazást. Az emberi tényezőket figyelembe kell venni, a releváns tényezők megadása azonban szintén széles körű elemzést igényel.

Az AI-alapú kockázatértékelő rendszerek kifejlesztése, AI-alapú szimulációk és interaktív oktatási modulok a mentesítési protokollok és vészhelyzeti eljárások jobb megértése, valamint kockázati mátrixok és események forgatókönyvei alapján működő döntéstámogatás irányába mutatnak.

További kutatási irányok:

- Unió és nemzeti szabályozói keretek pontosításának vizsgálata a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemekre vonatkozóan; egységes fogalmi keretek és értékelési mutatók kidolgozása.
- AI-modellek kiértékelése a teljes kockázati spektrum lefedésére: képesek-e feltérképezni minden lehetséges kimenetelt és figyelembe venni az emberi tényezőket is?
- Szimulációalapú kutatások a vészhelyzeti kibocsátások és azok hosszú távú hatásainak modellezésére AI-támogatással.
- AI-alapú kockázatkezelő rendszerek integrálása a meglévő üzemirányítási rendszerekbe, valamint a humán-számítógép interfész javítása.

A veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek definíciója rendkívül összetett és soktényezős. A jogszabályok alapján alsó és felső küszöbértékű üzemek léteznek, de ezek a küszöbértékek nem feltétlenül korrelálnak a potenciális katasztrófakockázatok súlyosságával. Gyakran előfordul, hogy olyan üzemek minősülnek be, amelyekben a veszélyes anyagok jelenléte hosszú távon is kockázatot jelent, vagy olyan esetek, ahol a tevékenység nem hagyományos, mégis kiemelt kockázatot hordoz. Emiatt nehéz egységes, minden szcenárióra lefedő definíciót kialakítani, és az AI-alapú modellek számára is kihívást jelent a teljes körű és konzisztens fogalmi keret biztosítása. A definíciós bizonytalanság miatt fontos a rugalmas, kontextusérzékeny megközelítés és az interdiszciplináris értékelés.

Felhasznált irodalom

- BEKEY, George A. (2005): *Autonomous Robots: From Biological Inspiration to Implementation and Control*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Európai Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Ügynökség (2020): *A digitalizáció és a munkavédelem. Az EU-OSHA kutatási programja*. Online: https://osha.europa.eu/sites/default/files/Digitalisation_and_OSH_HU.pdf

- FEHÉR Krisztián – KÖKÉNYESI-BARTOS Attila – BÁRTFAI Barnabás (2020): *Mesterséges intelligencia, avagy Pandora digitális szelencéje*. Budapest: BBS-Info Kft.
- HOFFMANN Imre et al. (2015): Iparbiztonság Magyarországon. *Védelem Online*, 22(1), 1–12. Online: <https://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/549-dr-hoffmann-imre-dr-levai-zoltan-dr-katai-urban-lajos-dr-vass-gyula.pdf>
- RSOE-EDIS [é. n.]: *Esemény definíciók*. Online: <https://rsoe-edis.org/eventDefinitions>
- SIBA László szerk. (1989): *Oxford számítástechnikai értelmező szótár*. Budapest: Novotrade Kiadó.
- SZATMÁRY Zoltán (2003): Súlyos üzemzavar a Paksi Atomerőműben. *Fizikai Szemle*, 53(8), 266–271. Online: <https://fizikaiszemle.elft.hu/archivum/fsz0308/szatmary0308.html>
- ZÁKÁNYI Balázs – FODOR Ádám – ZÁKÁNYINÉ MÉSZÁROS Renáta (2024): A munkavédelemben alkalmazható mesterséges intelligencia alkalmazásának morális és etikai kérdései. *Multidiszciplináris Tudományok*, 14(4), 353–367. Online: <https://doi.org/10.35925/j.multi.2024.4.29>

Jogi források

2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100128.tv>
- 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100219.kor>