

Kovács Ferenc[✦]

Mesterséges intelligencia az építőipar és a kritikus infrastruktúra területén

DOI 10.17047/HADTUD.2026.36.2.149

A nemzetgazdaság egyik meghatározó ágazata az építőipar és a társadalom alapját képező infrastruktúra és ezen belül is a kritikus infrastruktúra hatékonysága és működés biztonsága alapvető nemzeti érdek. Mindkét átfogó terület megjelenését követően bátorítanul, de integrálni kezdte a mesterséges intelligenciát termelési, szolgáltatási területeibe. Fontos tudni, hogy ez a folyamat hol tart, és merre fejlődik. Ezen cikk célja, hogy bemutassa a folyamat jelenlegi állapotát, rámutasson a hiányokra és vázolja a jövő lehetséges fejlesztéseit. A mesterséges intelligencia nem csak egy eszköz, hanem új gazdasági logika is.

KULCSSZAVAK: mesterséges intelligencia, építőipar, kritikus infrastruktúra, reziliencia

Artificial Intelligence in Construction and Critical Infrastructure

One of the defining sectors of the national economy is the construction industry and the infrastructure that forms the basis of society, and within this, the efficiency and operational safety of critical infrastructure is a fundamental national interest. After the emergence of both comprehensive areas, they began to integrate artificial intelligence into their production and service areas, albeit timidly. It is important to know where this process is going and where it is developing. The aim of this article is to present the current state of the process, point out the shortcomings and outline possible future developments. Artificial intelligence is not only a tool, but also a new economic logic.

KEYWORDS: artificial intelligence, construction industry, critical infrastructure, resilience

Bevezetés

A mesterséges intelligencia (AI) ma már mindenkit érint – nem fordíthatjuk el tőle a fejünket, nem takarhatjuk be a szemünket és a fülünket, nem érünk rá majd később megérteni. El kell kezdeni tudatosan használni, magánemberként, befektetőként és

✦ Címzetes egyetemi tanár, Nemzeti Közfoglalmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Aktuál Mérnökiroda ügyvezető igazgató – Ludovika University of Public Service, Military Technical Doctoral School, Aktual Engineering Office, executive director;
e-mail: drkftud@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9017-9731>

vállalkozóként is – különben semmivel nem fogunk tudni lépést tartani. A mesterséges intelligencia nemcsak a jövő, és nem csak annyit jelent, hogy a macskás videóról nem tudjuk eldönteni, vajon valódi-e? Gazdasági kihatásai ma még felmérhetetlenek. Technológiai váltást igényel és hatása nagyobb lesz mint az interneté.

A nemzetgazdaság egészének jelentős részét teszik ki az építőipari termelés és az infrastrukturális szolgáltatások. Az építőipar a magyar GDP kb. 5–7%-át jelenti. Erősen ciklikus: állami beruházásoktól, EU-s forrásoktól és az ingatlanpiactól is függ. Az építőiparon belül az infrastruktúra-beruházások aránya kb. 30–50%, ez a teljes GDP-re vetítve nagyjából ~2–3%. Az infrastruktúra, mint a társadalom alapszerkezete a gazdaság gerincét adja, az egyes szektorok ezekre épülnek. A főbb infrastrukturális ágazatok és súlyuk a GDP termelésben:

- szállítás és raktározás (közúti, vasút, légi szállítás és logisztika) kb. 5–7%
- energia ellátás (villamos energia, gáz, távhő) kb. 2–4%
- információ és kommunikáció (távközlés, internet) kb. 4–6%
- közműszolgáltatások, víz-szennyvíz és hulladék 1–2%

Infrastrukturális szolgáltatások összesen a GDP 12–18%-t teszik ki. Fejlett gazdaságokban ez eléri a 20%-ot is.

A nemzetgazdaságok 20–25%-át kitevő szektor esetében nem mindegy tehát, hogy milyen a technológiai szint, milyen fejlesztések indultak és indulnak, melyek a fejlődés horizontjai, hol és hogyan alkalmazzák a mesterséges intelligenciát.

Az építőipar és az infrastruktúra szektor komplexitása, a projektek hosszú távú fenntarthatósági követelményei és a gazdasági, környezeti, biztonsági kihívások új megoldásokat igényelnek.

Jelenleg nem a geopolitikai helyzet az igazi kihívás a cégek számára, hanem a technológiai váltás. Mivel több szakértő szerint új ipari forradalom jön, hatása nagyobb lesz, mint az interneté volt. Ezért lényeges ismerni, hogy hol tart Magyarországon a mesterséges intelligencia alkalmazása ezen két szektorban. Az AI¹ nem csak eszköz, hanem *új gazdasági logika* is.

A mesterséges intelligencia gyors terjedése az építőiparban és az infrastruktúra szektorban új lehetőségeket teremtene a hatékonyság növelésére, a költségek csökkentésére és az emberi munka tehermentesítésére. Az AI képes nagy mennyiségű adatot feldolgozni, előre jelezni a karbantartási igényeket, optimalizálni a projektmenedzsmentet, valamint biztonságosabb munkakörnyezetet teremteni. Emiatt a jövőben azok az országok és vállalkozások lehetnek versenyképesebbek, amelyek időben felismerik és beépítik ezeket a technológiákat mindennapi gyakorlatukba, hiszen „aki nem halad, az lemarad” – tartja a magyar közmondás is. Vázlatosan tekintsük át a magyarországi helyzetet a következőkben.

Mesterséges intelligencia az építőipar területén

A magyarországi építőipar területén az AI alkalmazása még nem elterjedt. Elsősorban a tervezés és a beruházásszervezés szektorban vannak kezdeti eredmények, a kivitelező építőipar ma még csak kóstagatja, ismerkedik a lehetőségekkel. A kivitelezőknél

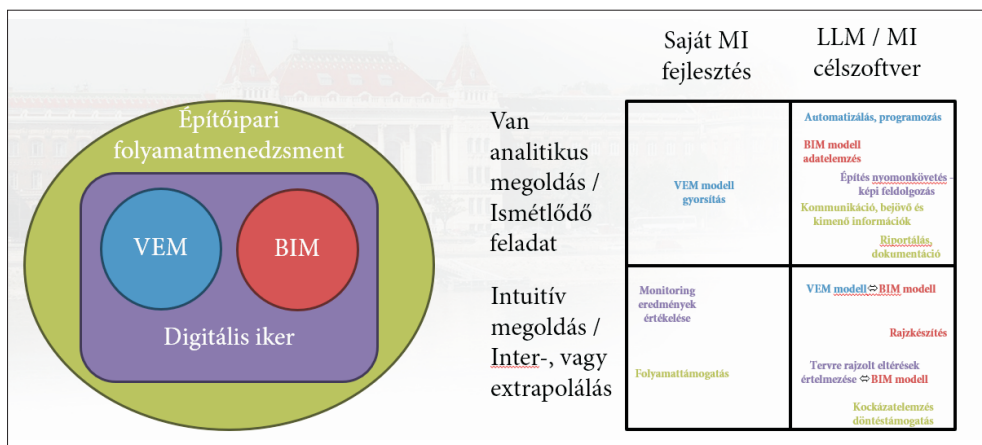
1 AI: az angol Artificial Intelligence rövidítése, magyarul mesterséges intelligencia.

elsősorban az ügyfélkommunikáció és a projektasszisztensi funkciók működnek jelenleg, annak ellenére, hogy a munkaszervezés-kivitelezésszervezés, a kockázatelemzések, az anyag- és energioptimalizálás területe lenne a legeredményesebb fejlesztési irány.

A műhold és drón felvételek AI alapú kiértékelése a kivitelezők részéről a jövő zenéje.

Az AI adat alapú döntéseket hoz, az emberi érzelmi alapú döntések helyett, ezért az építéskivitelezés területén a jelenleginél sokkal kiterjedtebb alkalmazás lenne a kívánatos. A nagy cégek ha bevezetik az AI-t, akkor jelentősen növekedni fognak, hatékonyság növekedés következik be. A későbbiekben kitérek ezen lehetőségek elemzésére.

A tervezési terület előrébb jár az AI alkalmazásában, a digitalizáció magasabb szinten volt a mesterséges intelligencia megjelenése előtt is, mint a kivitelezőknél. A tervező intézetek esetében komoly digitális alapokkal kell rendelkezni, és célszerű AI menedzser alkalmazása is, aki a mesterséges intelligencia gyakorlati bevezetését alkalmazását segíti, és járatos a mérnöki szakmákban is. Az AI képességek alapjain szakmaspecifikus modelleket kell kidolgozni és betanítani a tervezőknek. A tervezési területen ma már elvárás a BIM² alkalmazása. A végeelem módszert VEM³ és a BIM-et digitális ikerként kezelik egyes tervezők.



1. ábra.

Digitális technológiák a tervezésben és az AI osztályozása

(Dr. Joó Attila László egyetemi docens BME 2025. évi MHTT AI előadása alapján)

- BIM: Building Information Modeling kifejezés rövidítése, magyarul leggyakrabban Épületinformációs Modellezésként nevezhetjük.
- VEM: VEM a Végelem-módszer rövidítése (angolul FEM). Ez egy olyan számítógépes numerikus módszer, amelyet bonyolult mérnöki feladatok és fizikai folyamatok szimulálására, illetve közelítő megoldására használnak. A lényege, hogy a vizsgált összetett szerkezetet vagy tartományt sok apró, egyszerű geometriájú részre (úgynevezett véges elemre) bontják fel, amelyeket matematikai egyenletekkel már könnyebb leírni.

Az egyes mérnöki területekre kifejlesztett célszoftverek értelmé a hatékonyságnövelés, költséghatékonyság, nagyobb biztonság, de osztályozni kell a feladatokat AI alkalmazás szempontjából is. Az eddigi tapasztalatok szerint az AI tévedhet, mindent ellenőrizni kell, mivel a felelősség az emberé marad.

Vázlatosan ismertetek néhány AI funkciót, melyet már alkalmaznak az építészeti tervezésben. A legtöbb magyar iroda nem külön AI-szoftvert használ, hanem AI-t a klasszikus tervezőprogramokon belül, például Auto CAD, Autodesk Revit, Autodesk Forma.

- Generatív AI tervezés: tervváltozatokat hoz létre paraméterek alapján. Amire használják:
 - » műszaki leírások, dokumentációk írása, szabványok értelmezése, e-mailek ajánlatok,
 - » programozás (pl. Dynamo, Python BIM-hez).
- Anyag és energia optimalizálás: anyagkombinációk és hatékony energetikai megoldások.
- BIM elemzés és hibadetektálás: felismeri a BIM modellekben a hibákat, ütközéseket és hiányokat.
- Látványtervezés (vizualizáció) itt az AI nagyon látványosan jelenik meg: koncepcióképek generálása ügyfélprezentációk gyorsítása, hangulatképek (nem végleges terv!) Eszközök például a 3Ds Max, Midjourney.
- Dokumentumkezelés és jelentés készítés: szövegeket értelmez és összefoglalást készít.
- Digitális ikrek és karbantartási predikció: szenzoradatok alapján működés és karbantartás előrejelzés. Ez már erősen áttekint az üzemeltetés területére is.

Az AI alkalmazások előnyei a tervezés területén összefoglalóan: gyorsítja a rajzolást és modellezést, automatizálja az ismétlődő feladatokat, segít a dokumentáció készítésében, vizualizációt generál, elemzi és kontrolálja a BIM adatokat.

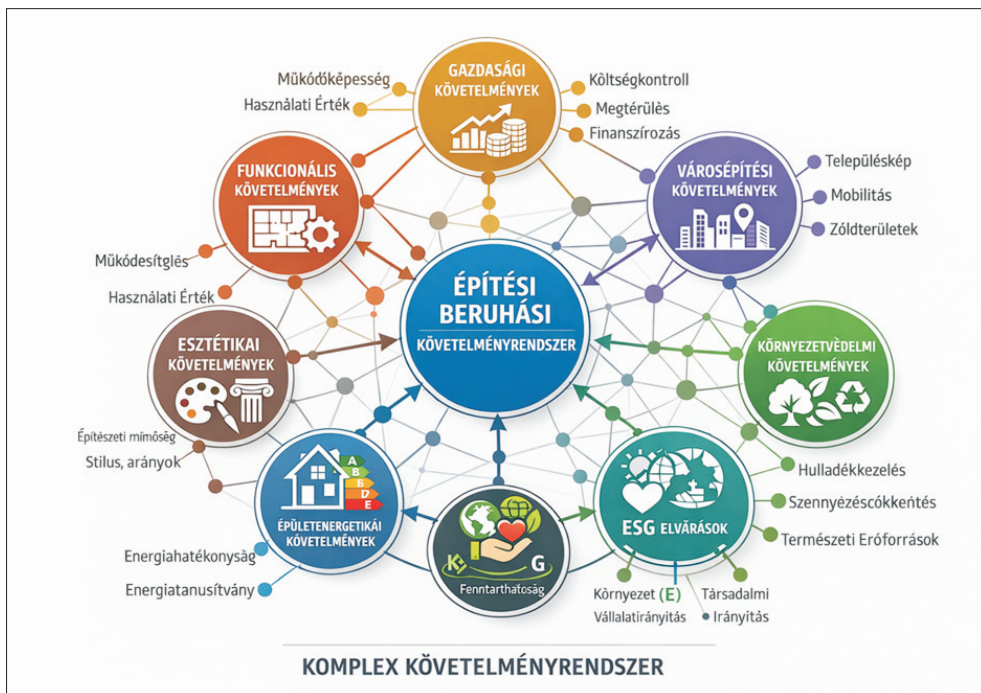
Magyarországon az „AI-t élen használó” tervezőcégek valójában BIM + parametrikus tervezés + automatizáció + generatív eszközök kombinációjában járnak elől. Tisztán „AI-first” iroda még kevés van, de több cég már nagyon közel van ehhez a szinthez.

Az alábbiak az AI alkalmazásban leginkább élenjáró magyar szereplők⁴: CÉH Zrt. bim.GROUP Kft. BIMeXpert Kft. BIMCO Hungary Kft. Brick+Data Kft.

A következő alapvető kérdés, hogy a beruházók, a projektmenedzserek hogyan fejlődnek, hogyan veszik át a technológiákat, alkalmazzák-e az AI-t? Beruházói oldalról fontos szempont, hogy kontrolálni tudják a tervezők munkáit, és az időközben bekövetkezett változásokat át tudják-e vinni műszakilag és gazdaságilag a nekik dolgozó tervezőknél, kivitelezőknél. Tudnak-e az alternatívák között dönteni, sokirányú információk birtokában?

Az építési beruházók munkája sokszorosan összetett követelményrendszerben zajlik: funkcionális gazdasági esztétikai városépítési épület energetikai környezetvédelmi, ESG és egyéb követelmények rendszerében kell döntéseket hozni, melyek során támaszkodhatnak a mesterséges intelligenciára.

4 Ezek a cégek vagy elérték, vagy közelítik az „AI-ready” minősítést.



2. ábra.

Komplex követelményrendszer és gráfok az építésberuházások területén

(Készítette a szerző)

Magyarországon elsősorban a nagyberuházók használják a mesterséges intelligenciát nemzetközi projektek, az infrastruktúra és az ipari projektek esetében. A beruházók és projekt menedzserek főleg adatfeldolgozásra, előrejelző rendszerként és az adminisztráció csökkentésére alkalmazzák.

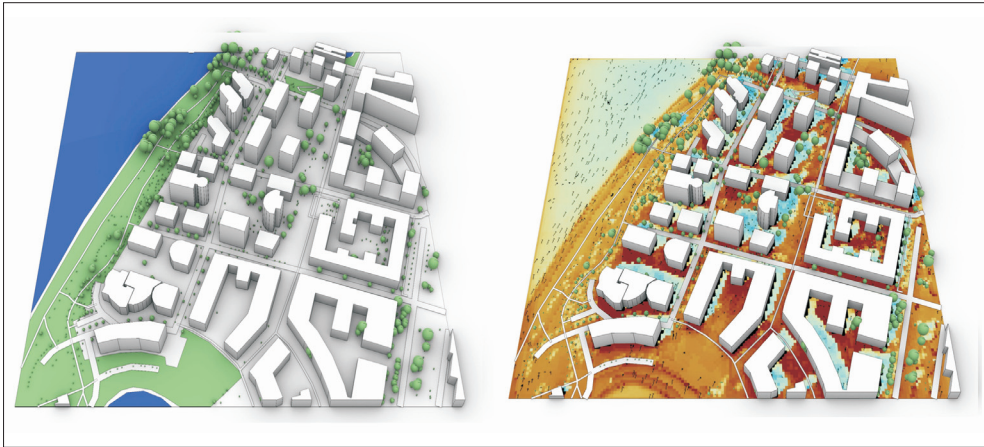
Az egyik legfontosabb funkciója a költségbecslés és a költségkontroll, mellyel a költség túllépéseket előre lehet jelezni, a vállalkozói ajánlatokat, árakat össze lehet hasonlítani.

Másik hasznos felhasználási terület az ütemtervek, a gráfok elemzése, a kritikus út újra számítása, mellyel a csúszások előre jelezhetők.

A kockázatelemzés fontos feladata a projektmenedzsment szervezeteknek (*risk management*), az AI folyamatosan újra számolja a kockázatokat. Magyarországon a tervezőkhöz hasonlóan a beruházó szervezetek jelentős része az adminisztráció automatizálására és jelentések készítésére már használja az AI-t. Ugyancsak jelentős hatékonyságot eredményez a kivitelezés követése, mely során a fotók, drónképek elemzésével elkészíti BIM és a valóság összehasonlítását és a készültségi fok becslését. A projekt egy élő modell lesz, nem pedig statikus terv.

A sokszereplős beruházások esetében a koordinációra is jól használható, például kiosztja a feladatokat szereplőnként követve a kivitelezés menetét. Döntéstámogatási funkciójában pedig javaslatokat ad és előrejelzéseket készít.

Vizsgáljuk meg milyen konkrét programokat használnak? Klasszikus PM/BIM szoftver + AI, Autodesk Construction Cloud, Procore, Primavera P6, ezekbe egyre több AI funkció épül be. Nagyon elterjedt a Generatív AI: ChatGPT és a Microsoft Copilot.



3. ábra.

Mikroklíma szimuláció AI alkalmazásával

(Szivák Béla tudományos konferencia előadása alapján, 2025. MHTT AI konferencia)

A projektmenedzser cégek esetében az AI jelentős időmegtakarítást jelent, és előre jelzi a projekt problémás pontjait, kockázatait.

A 3. ábra mutatja egy városrész mikroklímájának elemzését AI segítségével. A sötétebb területek magasabb hőmérsékleti tartományt jeleznek.

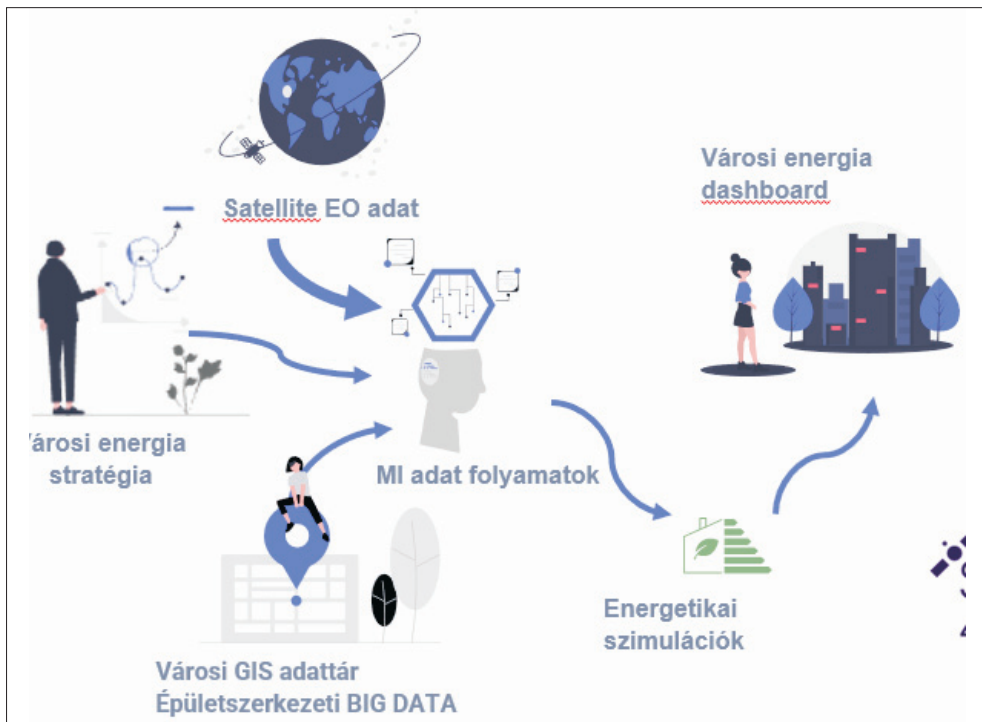
Az úrból történő földmegfigyelés (műholdak) és az AI együtt ma már az egyik legerősebb adatforrás a várostervezésben. A lényeg: a műhold képet és adatot ad, az AI pedig értelmezi, felismeri és előrejelzi a problémákat. A gyakorlatban már működő alkalmazások: automatikus várostérképezés (alapréteg) beépítettség és terjeszkedés elemzése, zöldfelület és klímaelemzés hő- és energiaelemzés közlekedési mintázatok funkciók felismerése az úrból ESG és fenntarthatóság (CO₂) hatás, környezeti terhelés zöld infrastruktúra) Óriási előnye a műhold felvételeknek és az AI kiértékelésnek, hogy azonnali friss adatokat kapunk a városi területekről.

Mesterséges intelligencia a kritikus infrastruktúra területén

Az AI használata napjainkban már jelen van az infrastruktúra, de még inkább a kritikus infrastruktúra területén, de nem integrált rendszerként működik, hanem sziget-szerűen és nagyon eltérő szinteken. Az egységes stratégiai megközelítésre kevés példát találni jelenleg.

Az infrastruktúrát üzemeltető szervezetek mintegy 85%-a használ jelenleg AI-t, de kevés a rendszerszintű beágyazás.

A következőkben, a teljesség igénye nélkül néhány infrastruktúra ágazat felhasználási területeit mutatom be vázlatosan:



4. ábra.

AI-alapú pipeline segítségével modellezzük a városi energiamixet, épületgeometriák és tetőformák alapján

(Szivák Béla tudományos konferencia előadása alapján, 2025. MHTT AI konferencia)

1. Energia infrastruktúra, egyben a Kritikus infrastruktúra egyik legfontosabb alágazata.

Jelenlegi fontosabb felhasználási területek: fogyasztás előrejelzés, hálózat terhelés optimalizálása, hibák előrejelzése. Például villamosenergia-hálózat „okosítása”, megújuló integrálása (napenergia), mely szerepel a magyar AI-stratégiában is mint kiemelt terület.

Hazánkban az energetikai szektorban az AI-t például az okos hálózatok (*smart grid*) optimalizálására használják. Az EON Hungária Csoport egyes pilot projektjeiben mesterséges intelligenciával elemzik a fogyasztói szokásokat, előrejelzik az energiaigényt, és így hatékonyabban tudják szabályozni az áramelosztást, csökkentve a felesleges energiafelhasználást és javítva a hálózat stabilitását. Ez lehetővé teszi, hogy gyorsabban reagáljanak a fogyasztói igények változásaira, illetve megelőzzék az esetleges túlterheléseket vagy kieséseket. További példa, hogy a paksi atomerőműben AI-alapú prediktív karbantartási rendszereket vezetnek be, amelyek szenzoradatok elemzésével előre jelzik a berendezések meghibásodását. Így a karbantartást célzottan, időben végezhetik el, növelve az üzembiztonságot és csökkentve a leállások számát, az AI ebben segíti az energetikai cégeket.

2. Közlekedési infrastruktúra az egyik legbonyolultabb infrastruktúra ágazat, melyben a változók száma rendkívül sok (hálózatok, járművek, forgalmi adatok, fejlesztések, üzemeltetők stb.) Jelenleg leggyakoribb felhasználása az AI-nak: forgalom-optimalizálás, torlódás-előrejelzés, közlekedési rendszerek vezérlése, intelligens lámpák, forgalmi adatok elemzése.

A közlekedési infrastruktúrában az AI-t forgalomirányításra és dugók előrejelzésére használják. Budapesten már működnek olyan rendszerek, amelyek valós idejű kamerák és szenzorok adatai alapján automatikusan szabályozzák a lámpák működését, optimalizálják az útvonalakat, ezzel csökkentve a torlódásokat és javítva a közlekedés hatékonyságát. Emellett az AI képes felismerni baleseti kockázatokat, és előre figyelmeztetni az üzemeltetőket.

3. Közművek üzemeltetői egyre gyakrabban igénylik az AI szolgáltatásait a vízellátás-csatornázás, gázellátás és hulladékgazdálkodás területén. AI felhasználás konkrét területei: szivárgás detektálás, fogyasztási minták, karbantartás optimalizálása, elosztói hálózatok műszaki állapotának detektálása.

A Fővárosi Vízműveknél a mesterséges intelligenciát elsősorban az ivóvízhálózat működésének optimalizálására és a vízvesztések korai felismerésére alkalmazzák. Az AI-alapú rendszerek képesek nagy mennyiségű szenzoradat folyamatos elemzésére, így gyorsan észlelik a csőtöréseket vagy szivárgásokat, amelyekre az üzemeltetők azonnal reagálhatnak. Ez nemcsak a vízpazarlást csökkenti, hanem a szolgáltatás biztonságát is növeli, a korai beavatkozás jelentős megtakarítást eredményez a városi vízellátásban.

4. Városi és országos monitoring rendszerek működtetése egyrészt a közlekedés a forgalomfigyelés, másrészt a környezeti adatok (zaj, levegő tisztaság) és a városok működésének optimalizálása területén.

A városok működésének optimalizálása azt jelenti, hogy mesterséges intelligencia segítségével a városi rendszerek – például közlekedés, energiafelhasználás, hulladékgyűjtés vagy közművek – hatékonyabban és gyorsabban reagálnak az aktuális igényekre. Például egy „okos városban” az AI folyamatosan elemzi a közlekedési adatokat, automatikusan módosítja a lámpák működését, felismeri a dugókat és alternatív útvonalakat javasol a lakosoknak. Emellett képes előre jelezni az energiafogyasztás változásait, így a szolgáltatók időben tudnak alkalmazkodni. Esetleg a hulladékgyűjtő autók útvonalát optimalizálja, hogy minél kevesebb üzemanyag fogyjon el, és gyorsabban legyen elszállítva a szemét. Amint látható ezek már összetett rendszerek, nagyon sok adattal, melyet az AI le tud kezelni speciális alkalmazási programokkal.

5. Kiemelt szerepe van és még inkább lesz a kritikus infrastruktúra területén a mesterséges intelligenciának. A kritikus infrastruktúra szervezetei és azok KI⁵ elemeinek védelme a reziliencia növelését követeli meg, azért hogy működőképesekek maradjanak minden szélsőséges igénybevétel és környezet esetén is.

5 KI: kritikus infrastruktúra rövidítésére általánosan használt rövidítés.

Egy konkrét példa a kritikus infrastruktúra rezilienciájának erősítésére, ahol már bevetették az AI-t, a magyarországi villamosenergia-hálózat védelme. Az MVM Csoport pilot projektjeiben mesterséges intelligencia segítségével valós idejű monitoring rendszereket alkalmaznak, amelyek képesek gyorsan felismerni és reagálni a hálózati anomáliákra, például kibertámadásokra vagy váratlan túlterhelésekre. Ez a rendszer automatikusan elemzi az adatokat, és proaktív intézkedéseket javasol, hogy a szolgáltatás minél kevésbé sérüljön, ezzel növelve a hálózat ellenálló képességét.

6. Védelmi szektor kritikus rendszereinek fejlesztése, rezilienciájuk erősítése nem képzelhető el az AI nélkül. Az új KI törvény⁶ és a végrehajtására kiadott Korm. Rendelet⁷ nem vonatkozik a honvédelmi és közigazgatási ágazatokra. Ezek az említett szervezetek és infrastruktúrák az ország védelme és biztonsága szempontjából *jelentős szervezetekké* és infrastruktúrává jelölhetők ki, de gyakorlati jogaik még kiterjedtebbek, mint a kritikus szervezeteleké.

A mesterséges intelligenciák alkalmazása jelenleg az alábbi funkciókban érhető tetten: megfigyelés, kockázatelemzés és az infrastruktúra védelme. Mint ismert a KI szervezetek kritikus elemeinek védelmére a hon- és rendvédelmi erők is bevetethetők, így ezen szervezetek által használt AI rendszerek áttételesen a védelmi szektorban is jelen vannak.

A védelmi infrastruktúrában a mesterséges intelligencia alkalmazására jó példa a katonai objektumok védelmének automatizált felügyelete, ahol AI-alapú rendszerek képesek drónok mozgását, behatolási kísérleteket vagy szokatlan aktivitásokat azonosítani valós időben. Ezen túlmenően a határvédelemben is használják az AI-t, például okos kamerarendszerek és szenzorhálózatok segítségével, amelyek képesek felismerni gyanús mintázatokat, és automatikusan riasztást küldeni az illetékes szerveknek. Az ilyen megoldások nemcsak a gyors reagálást segítik elő, hanem növelik a védelmi infrastruktúra rezilienciáját és biztonságát is.

A kritikus infrastruktúrák területén meglévő AI alkalmazással jelenleg a következő problémák vannak: nem egységes rendszerek, sok a különálló megoldás, kevés az integráció. Nincs elég megbízható adat, vagy nincsenek összekötve. Jelentős a szakember hiány, aki tudja használni az AI-t. Mivel az AI rendszerek sebezhetőek, így magas a kockázat a kritikus infrastruktúra területén. Előzőket a következő oldalon lévő ábrán szemléltetem.

A kritikus infrastruktúra egyéb területein is alkalmazás szinten van az AI, így például a mezőgazdaság-élelmiszeripar területén, azon szervezetek, melyek alapvető szolgáltatásokat nyújtanak az élelmiszer-ellátás, az ellátási láncok, a feldolgozás és a logisztika területén. Jelentős mértékben használják: nagy agrárcégek, integrátorok, élelmiszeripari nagyvállalatok.

Az űrből vagy drónok által történő megfigyeléseket AI segítségével dolgozzák fel: termésbecslés, kártevők elterjedése, gyomirtás és egyéb funkciókat biztosítva. A mezőgazdaságban a termelés optimalizálás, az élelmiszeriparban a minőség, a logisztika és az automatizálás területén jelent meg és terjed nagy gyorsasággal a mesterséges intelligencia.

6 2024. évi LXXXIV. törvény a kritikus szervezetek ellenálló képességéről.

7 474/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet a kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló törvény végrehajtásáról.

MAGYARORSZÁG: AI A KRITIKUS INFRASTRUKTÚRÁBAN



5. ábra.

Mesterséges intelligencia a kritikus infrastruktúrában

(Készítette a szerző 2026)

A közeli jövő

Az építőipar és a kritikus infrastruktúra területén a mesterséges intelligencia alkalmazása a következő 5–10 évben nem egyszerű technológiai fejlődést, hanem működési paradigmaváltást hoz. A változás lényege nem az, hogy egyes részfeladatokat automatizálnak, hanem hogy a teljes rendszer – a tervezéstől az üzemeltetésig – adatvezéreltté és előrejelezhetővé válik.

Az építőiparban a fejlődés fő iránya a BIM-alapú, digitális iker rendszerek és az AI integrációja. A tervezés során egyre inkább generatív modellek jelennek meg, amelyek több száz alternatívát képesek előállítani különböző szempontok – költség, energiahatékonyság, fenntarthatóság – szerint optimalizálva. A kivitelezésben az AI szerepe a valós idejű monitoring és az előrejelzés irányába tolódik: a rendszerek nemcsak követik a projekt állapotát, hanem képesek előre jelezni a csúszásokat, költség túllépéseket és kockázatokat. Az adminisztratív terhek jelentős része automatizálódik, így a projektmenedzserek szerepe egyre inkább stratégiai döntéshozóvá alakul.

A kritikus infrastruktúrák – különösen az energia, közlekedés, vízgazdálkodás és digitális rendszerek – esetében a fejlesztések fő iránya a reziliencia és az integráció. Az AI itt elsősorban előrejelzésre és optimalizálásra szolgál: fogyasztási minták elemzése, hálózati terhelés kiegyensúlyozása, hibák előrejelzése és a megelőző karbantartás. Egyre nagyobb szerepet kapnak az úgynevezett országos vagy ágazati adatplatformok, amelyek különböző rendszerek adatait integrálják. Ez lehetővé teszi, hogy az infrastruktúrák ne elszigetelten működjenek, hanem egymással összekapcsolt, adaptív hálózatként. Ez esetben alapvető követelmény az interdependencia feltárása, melyben alapvető szerep jut az AI-ra.

A jövő egyik kulcseleme a gráf-alapú és hálózati szemlélet megerősödése. Mind az építési projektek, mind az infrastruktúrák komplex rendszerek, ahol a különböző elemek közötti kapcsolatok legalább olyan fontosak, mint az egyes elemek önmagukban. Az AI ezen kapcsolatok elemzésével képes azonosítani a szűk keresztmetszeteket, a kritikus pontokat és a láncreakciók kockázatokat.

A fejlesztések másik meghatározó iránya a valós idejű adatfeldolgozás. Szenzorok, műholdas megfigyelés, IoT⁸ eszközök és digitális platformok révén folyamatos adatáramlás jön létre, amelyet az AI azonnal értelmez. Ez a várostervezésben, az infrastruktúra-üzemeltetésben és az építési folyamatokban is megjelenik, és lehetővé teszi a gyors beavatkozást.

Ugyanakkor a fejlődés korlátai is jól láthatók. Az egyik legnagyobb kihívás az adatminőség és az adatmegosztás hiánya, a másik a szakemberhiány, különösen az AI és a mérnöki tudás metszetében. Emellett a biztonsági és adatvédelmi kockázatok – különösen kritikus infrastruktúrák esetében – egyre nagyobb jelentőséget kapnak.

Összességében a fő fejlesztési irány nem az „AI bevezetése”, hanem az adatvezérelt, integrált és előrejelző rendszerek kiépítése. Azok a szervezetek és országok lesznek versenyelőnyben, amelyek képesek az adatokat egységes rendszerbe szervezni, és az AI-t nem külön eszközként, hanem a működés alapjaként alkalmazni. A jövő sikerének kulcsa a humán és a gépi intelligencia összehangolt alkalmazása.

8 IoT: Internet of Things (Dolgozok Internete) „okos” eszközök, amik kommunikálnak egymással és rendszerekkel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

2024. évi LXXXIV. törvény a kritikus szervezetek ellenálló képességéről.
474/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet a kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló törvény végrehajtásáról.
- ANL/GSS-15-4. 2015. Analysis of Critical Infrastructure Dependencies and Interdependencies. Risk and Infrastructure Science Center Global Security Sciences Division. 2025. 05. 02. Online:
<https://publications.anl.gov/anlpubs/2015/06/111906.pdf>
- Bakos Tamás, Kovács Ferenc 2024. Az interdependencia dimenziói és a kritikus szervezetek vizsgálata. *Hadtudomány*, 35 (3): 106–119.
<https://doi.org/10.17047/HADTUD.2025.35.3.106>
- Benkei Sándor (Óbuda Group) 2025. *AI építőipari mindennap – a lopakodó és a feketeöves AI*. PPT előadás a Mesterséges intelligencia az építőiparban és az infrastruktúra területén c. tudományos konferencián 2025. 11. 26. MHTT Budapest.
- Cedergren, Alexander; Johansson, Jonas; Rydén Sonesson, Tove 2021. Governance and interdependencies of critical infrastructures – Exploring mechanisms for cross-sector resilience. *Sweden Safety Science*, vol. 142. 2021. 06. 21. Online:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753521002277>
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105383>
- Az építőipari termelés volumene. <https://www.ksh.hu/epitoipar?lang=hu>
- Dr. Joó Attila László (BME Építőmérnöki Kar) 2025. *Építőipari AI alkalmazások osztályozása*. PPT előadás a Mesterséges intelligencia az építőiparban és az infrastruktúra területén c. tudományos konferencián 2025. 11. 26. MHTT Budapest.
- Kovács Ferenc 2005. *Az infrastruktúra kritikus elemeinek felmérése, védelmének és helyreállításának megszervezésére vonatkozó intézkedési javaslatok*. Budapest: Gazdasági és Közlekedési Minisztérium (GKM).
- Kovács Ferenc 2024. A kritikus infrastruktúra stratégiai szerepe az orosz-ukrán háborúban. *Hadtudomány*, 34 (3): 29–39.
<https://doi.org/10.17047/HADTUD.2024.34.3.29>
- Kovács Ferenc, Földes Tibor 2026. A CARVER mátrix alkalmazása a kritikus infrastruktúrák területén. *Hadtudomány* megjelenés alatt.
- Kriszbacher Gergő (KMBSZ) 2025. *Infrastruktúra hálózatok megértése tudásgráfok és a generatív mesterséges intelligencia révén*. PPT előadás a Mesterséges intelligencia az építőiparban és az infrastruktúra területén c. tudományos konferencián 2025. 11. 26. MHTT Budapest.
- Szívák Béla Paulényi Partners Innovations 2025. *AI alapú automatizált tervezési és beruházási döntéstámogatás*. PPT előadás a Mesterséges intelligencia az építőiparban és az infrastruktúra területén c. tudományos konferencián 2025. 11. 26. MHTT Budapest.