

ÖNKORMÁNYZAT VAGYONFELÜGYELET TÁVÉRZÉKELÉSRE ÉPÍTETT MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁVAL *MI – HASZNA VAN?*

MIKE SZABOLCS¹



Abstract

A Mesterséges Intelligencia (MI) az '50-es évek után újra felkapott fogalomvá vált ebben az évtizedben. Számos gerjesztett tévhit, félreértés övezi – ezért fontos a fogalom „demisztifikálása”, helyzetétele. Azok az MI-hez köthető technológiák, melyek az utóbbi időben valóban sokat fejlődtek számos területen nagy hasznot hozhatnak, elsősorban olyan munkafolyamatok automatizálásában, ahol magas az emberi tévedés esélye, túl monoton, vagy feleslegesen sok erőforrást igényel. Ehhez egyrészt meg kell ismernünk azt, hogy melyek is ezek a technológiák, mik a korlátaik, hová fejlődhetnek, hogyan viszonyulunk hozzájuk? Másrészt kapcsolatot kell keresnünk konkrét üzleti igényekhez – találnunk kell olyan területeket, ahol valóban hasznosulnak! Leginkább hatékonyan ezt működő példákön keresztül, valós alkalmazási területek bemutatásával érhetjük el.

Tudjuk-e használni az MI paradigmát például a közigazgatásban, az önkormányzati életben is? Milyen távol állunk ettől, mi kellene hozzá? Ebben a cikkben az önkormányzati vagyongazdálkodás racionalizálását vizsgáljuk meg, azon belül is a vizuális távérzékelés által gyűjtött adatok feldolgozását, értelmezését és az adatvezérelt folyamatok létrehozását.

Először röviden ismertetjük az MI és azon belül a gépi látás, gépi tanulás technológiák alapjait, majd bemutatjuk az önkormányzatok vagyonnal kapcsolatos feladatait – azaz az üzleti igényeket, végül felvázolunk lehetséges megoldásokat ezekre az igényekre építve.

City asset management using AI based remote sensing – *WhAI we need it?*

After the '50-s AI is peaking again in this decade. There are many misbelief around it – so it is very important to demystify it! We can benefit a lot from AI related technologies in optimization and automatization of processes which are too monotonic, or where there is a high risk of human errors. In order to use it properly, we need to get to know these technologies, see their limitations and understand how they evolve. On the other hand we need to understand the business requirements – find areas where AI can efficiently be utilized. Working examples from real life can help us in this!

Can we use AI in civil administration, in local governments? How far are we from this? What do we need? In this article we try to present a how these technologies can help in rationalizing the problem of city asset management with remote sensing and AI. We show how a data driven approach should look like.

We shortly introduce MI history, especially the basics of machine vision and machine learning, then we define the city asset related duties of local governments – i.e. the business needs. At the end we sketch possible synergies.

¹ MI szakértő, Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács. Optika és Statisztika szakirányon végzett mérnök-fizikus. 2003-2005 között doktori iskolát végzett az amerikai Santa Fe Institute-ban gazdaságfizika és komplexitás témákban. 2006 óta foglalkozik mesterséges intelligenciával, azon belül főleg gépi látással, képfeldolgozással. Számos cikk és szabadalom szerzője. 2017-től a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács mesterséges intelligencia szakértője.

"Before we work on artificial intelligence why don't we do something about natural stupidity?"²

1. Hol tart ma a mesterséges intelligencia?

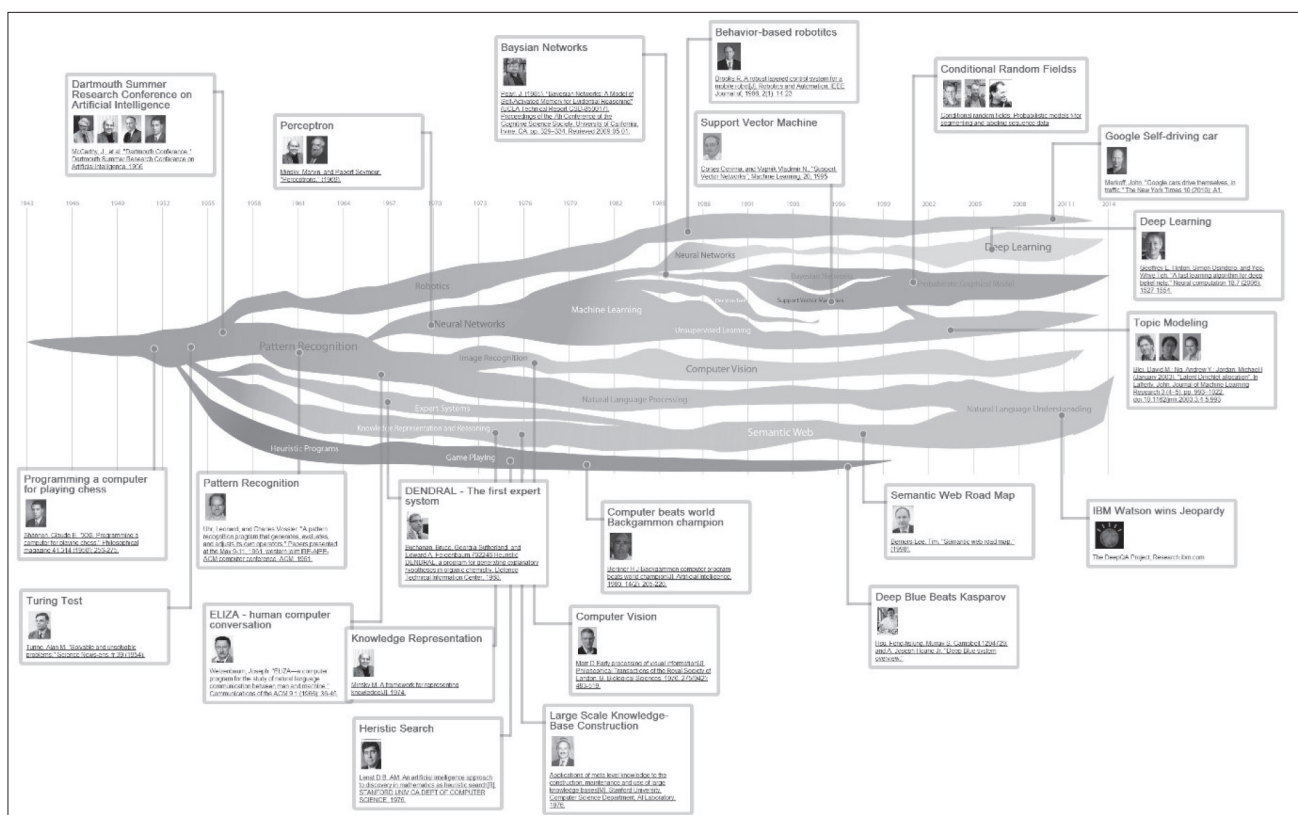
Mesterséges intelligenciának egy gép által létrehozott, adott esetben tudatosnak, értelmesnek látszó viselkedést nevezünk. Fontos kitétel itt a látszat fogalma, hiszen ez a gyengítés a definícióban megengedi, hogy ne kelljen reprodukálni az emberi megnyilvánulások és reakciók minden aspektusát ahhoz, hogy intelligensnek mondjunk egy gépi tevékenységet. Ahogyan az emberi intelligencia, úgy a gépi intelligencia sem egy konkrét, mérhető mennyiségi fogalom. Az IQ mérési metodológia megpróbálja számszerűsíteni ezt, de magát az intelligencia „érzetét” csak korlátozottan tudja leképezni. Emiatt nehéz összehasonlításokat tennünk különböző intelligensnek mondható entitások között akár az emberek esetében, akár ember-gép viszonylatban. Az utóbbi relációban nyilvánvaló, hogy a mai számítógépek, hálózatok adattárolási és adatkeresési képessége messze felülmúlja az emberi kapacitást, és főleg a neurális hálózatoknak köszönhetően, már a fogalomalkotás területén is bizonyos szempontból megelőznek minket a gépek. Ellenben a fogalmak közötti összefüggések megtalálása, a látszólag nem kapcsolódó fogalmainkból fakadó intuíció az embereknél működik sokkal jobban.

1.1. Miben különbözik a mesterséges intelligencia az emberi intelligenciától?

Erre a kérdésre feltétlenül szükséges kitérnünk, hiszen itt vannak a legnagyobb félreértések. Anélkül, hogy filozófiai fontolgatásokba merülnénk, kijelenthető, hogy míg az emberek esetében az intelligens viselkedés célja egyfajta evolúciós előny szerzése, addig a gépi intelligencia célja az azt létrehozó emberek elképzeléseinek megvalósítása. Egyelőre nem létezik öncélú gépi tudat, és a mai digitális architektúrákban nem is nagyon képzelhetők el olyan algoritmusok, amelyek saját végső(!) célokat találnak ki maguknak. Emiatt az algoritmusokat létrehozó, azoknak célfüggvényét adó emberek a felelősök ezen intelligencia „tetteiért” – azaz az ő céljaikon múlik, hogy mennyire válik veszélyessé a mesterséges intelligencia.

Szerencsére a legtöbb esetben mesterséges intelligencia alatt konkrét, jól meghatározható célt megvalósító automatákat értünk. Például sakkozó szoftvert, daganat diagnosztizáló orvosi rendszert, önvezető autót. Az úgynevezett erős mesterséges intelligencia, amely nemcsak specifikus területeken, hanem általános értelemben is emberi módon viselkedik, még eléggé gyerekcipőben jár, és inkább több szűk területen működő rendszer összekapcsolásából keletkezik.

Ezzel ellentétben a specializálódott gépi intelligencia látványos eredményeket ért el, és a mindennapi életben, vagy ipari termelésben is használható megoldások sora jött létre.



1. ábra
A mesterséges intelligencia fejlődésének főbb állomásai az '50-es évektől³

² Idézet Steve Polyaktól.

³ <https://aminer.org/ai-history>

Egy jól körülhatárolható problématerben, ahol a rendelkezésre álló input adatok és célok kellően precízen definiálhatók, remekül működő problémamegoldó, racionális ágenseket (specifikus intelligenciát megvalósító egységeket) hozhatunk létre. Ágens lehet bármi, ami a szenzorai segítségével érzékeli a környezetét, és beavatkozási segítségével megváltoztatja azt. Elsősorban ezek az automaták azok, amelyekre manapság a köznap beszédben mesterséges intelligenciaként hivatkozunk. A saját területükön ezek az ágensek felül tudják múlni az emberi teljesítményeket. Például a Facebook arcfelismerő rendszere hatékonyabb tud lenni pár százaléknál az ismerős arcok megtalálásában, mint maga a felhasználó. Az embert konkrét feladatokban felülmúló gépek létrejöttét a technológiai fejlődéseknek köszönhetjük.

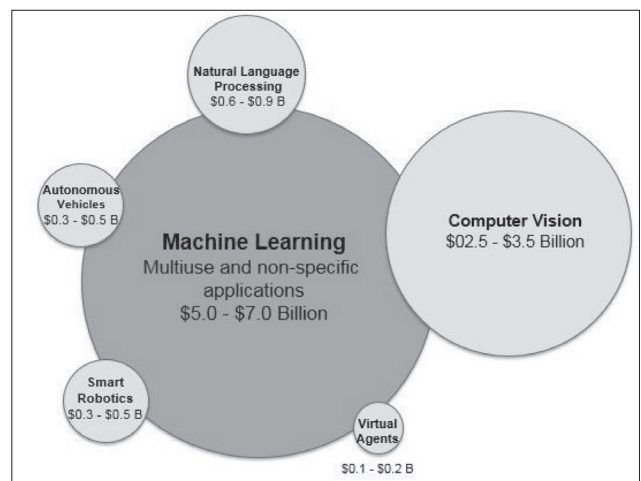
1.2. Történelmi áttekintés

Az 1950-es évekre tehetőek a Mesterséges Intelligencia, mint önálló tudományos paradigma első komolyabb kutatási eredményei. Alan Turing megalkotta a Turing-teszt koncepcióját (*Computing Machinery and Intelligence* c. cikkében²), vagyis, hogy egy adott gépezet adott helyzetben képes-e olyan válaszokat adni, mint egy ember. A gép akkor állja ki a próbát, ha az emberi tesztelő néhány írásos kérdés feltevése után nem képes eldönteni, hogy a válaszok egy embertől vagy egy géptől érkeznek-e. A látszólag egyszerű próba számos kérdést vet fel, mint például a szövegértés, a tudásbázis tárolása és elérése, szimbólumkezelés, stb. Korántsem triviális feladat egy gépi tesztalany létrehozása, holott a fentiek egy átlagos ember számára nem jelentenek problémát.

A következő évtizedekben több részre váltak az MI kutatási irányai, különböző célokkal. A kognitív pszichológia elsősorban az emberi tudatosság, a belső mentális folyamatok irányából vizsgálódik. Ezen a területen *Noam Chomsky*-t tekintjük úttörőnek. Ugyanakkor a robotika adaptívan viselkedő elektro-, vagy biomechanikus gépek és értelmek létrehozására fókuszál, és érdekes módon egy sci-fi író, *Isaac Asimov* által terjedt el először a köztudatban. A számítástechnikai megközelítésben pedig intelligens, tanulni képes algoritmusok létrehozása a cél, melyek egy-egy intelligensnek mondható emberi tevékenységet tudnak imitálni.

Az 1980-as években a szakértői rendszerek evolúciója adott nagy lökést a mesterséges intelligencia alkalmazás szintű terjedésének a korábbi, inkább tudományos eredmények után. Az első üzileg sikeres szakértőrendszert, az R1-et a Digital Equipment Corporationnél (McDERMOTT, 1982) alkalmazták. A fejlesztés az új számítógépes rendszerek megrendeléseit segített konfigurálni, és 1986-ra évi mintegy 40 millió dollár megtakarítást hozott a cégnek. Ezután hamarosan majdnem minden nagyobb amerikai cég saját MI-csoporttal rendelkezett. A szakértői rendszerek elsősorban emberek által összeállított, programozott tudásbázist és összefüggésrendszert tartalmaznak.

2011 körül történt meg az újabb, máig tartó áttörés az MI alkalmazásában, elsősorban a Big Data és a Deep Learning (mélytanulás) technológiák elterjedésével. Körülbelül ekkorra tehető, hogy a programozók, kutatók széles rétegei számára vált elérhetővé az a számítási és adattárolási kapacitás, amellyel már komplex problémák is megoldhatóvá váltak. Ezek a technológiák főleg a digitális képfeldolgozás – gépi látás (machine vision), a szövegértés (NLP – Natural Language Processing) és a különböző játékokban a játék mesterei ellen elért sikerek révén törtek be a mindennapi emberek életébe is. 2016-ban sikerült a Google AlphaGo rendszernek legyőznie az aktuális Go világbajnokot, pusztán azért, hogy saját maga ellen játszva, öntanuló módon készítették fel. Szintén ebben az évben született egy tanulmány, amelyben egy kínai tudósokból álló csapat, élén a Kínai Tudományos Akadémia kutatójával, *Yong Shivel*³, azt akarta kideríteni, hogy hol tartanak a mesterséges intelligenciák az ember értelmi képességéhez viszonyítva. Vagyis mennyi az MI IQ-ja. A tudósok mérései szerint a Google MI-jének 47,28-as volt az IQ-ja 2016-ban, vagyis kifejezetten intelligens, de még nem annyira, mint egy hatéves gyerek (ott 55,5 az átlag), egy átlagos 18 évesről (97) pedig még messzebb van. És erre az eredményre még büszke is lehet: a kínai keresőmotor, a Baidu 32,92-es, a Microsoft Bingje 31,98-as, az Apple Sirije pedig mindössze 23,94-es IQ-val rendelkezett 2016-ban. Természetesen ezen tudományos eredmények módszertana is számos helyen kifogásolható, mégis segít bizonyos szempontok szerint emberi skálára helyezni a gépi intelligenciát.



2. ábra
Artificial Intelligence: The next Digital Frontier?
Forrás: MGI (June 2017)

A filozófiai és pszichológiai aspektusoktól eltekintve manapság elsősorban a gépi tanulás (machine learning) alapú rendszereket társítjuk az MI-hez, de fontos tudatosítani, hogy a gépi tanulás csak egy részhalmaza az MI eszköztárának! A két fogalom gyakran összeemosódik, mint ahogy a neurális hálózatok a gépi tanulással, pedig rengeteg más tanuló algoritmus is létezik. A gépi tanulást használó alkal-

² TURING, Alan (October 1950): *Computing Machinery and Intelligence* (PDF), Mind, LIX (236): 433–460, doi:10.1093/mind/LIX.236.433

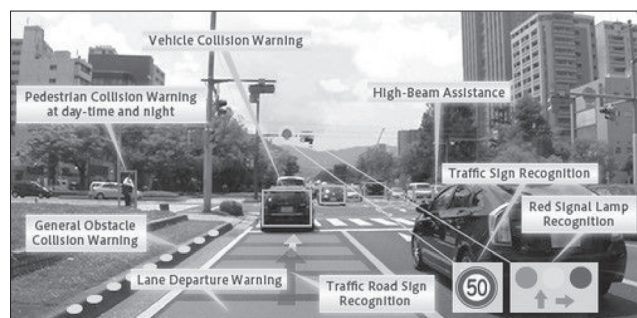
³ FENG LIU, YONG SHI: *A Study on Artificial Intelligence IQ and Standard Intelligent Model*, arXiv:1512.00977

mazásoknak viszont messze a legnagyobb a piaci részesedése az egyéb MI megoldások között. Az alábbi ábra a 2017-es arányokat mutatja.

1.3. Technológia

Az utóbbi években, főleg 2010 után óriási technológiai áttörés történt a mesterséges intelligencia területén, elsősorban a gépi tanulást megvalósító eszközök számítási és tárolási kapacitásának jelentős növekedésével. Olyan folyamatokat lehet már automatizálni, amelyek komplex fogalmi struktúrák meglétét feltételezik, mint például az ügyfélszolgálati operátori munka (chat-botok), orvosi diagnosztika, járműipari minőségbiztosítás, vagy a logisztikai optimalizáció.

A gépi tanulás alapvetően a matematikai statisztika és optimalizáció elméleteiből, módszertanából fejlődött ki, és komplex adatokból robusztus mintázatok kinyerésére és felismerésére alkalmazható. Az adatok komplexitása miatt más, heurisztikusabb módszerekkel ezek a minták már nem megtalálhatóak. Ellenben a manapság elérhető számítási kapacitás, és a jól megtervezett „tanuló” algoritmusokkal hatékonyan lehet a látszólag kezelhetetlen adathalmazból előállítani a felhasználó számára fontos esszenciát. A gépi tanulás során



3. ábra

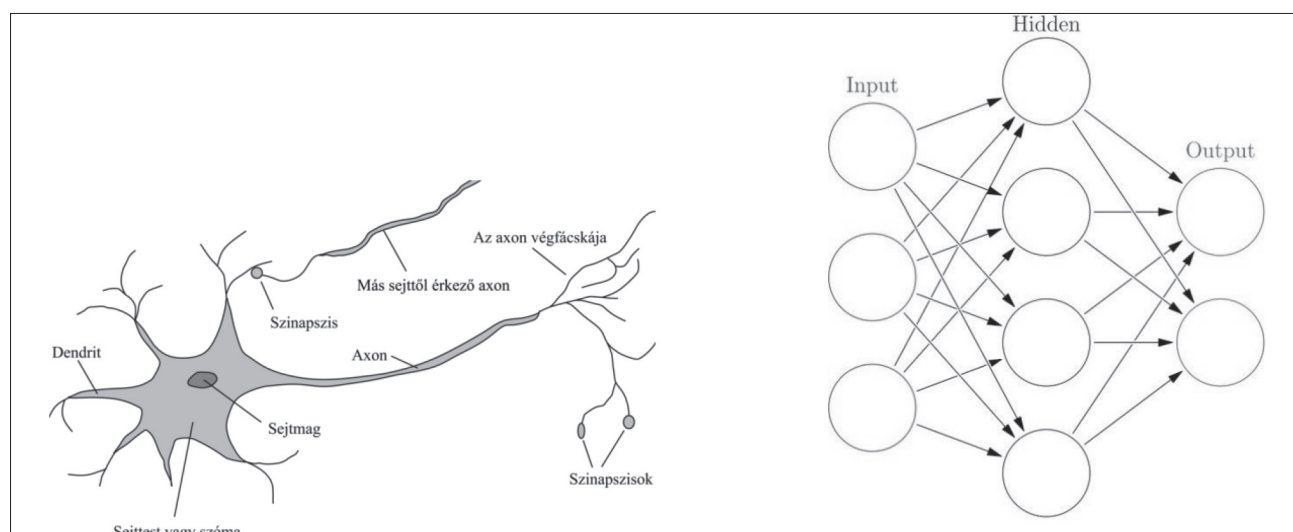
Közlekedési események detektálása – Toshiba research

mindössze annyi a feladat, hogy kellő számú mintát adjunk az algoritmusnak, és a mintákhoz tartozó magas szintű fogalmakat definiáljunk – azaz címkézzük a tanításra használt adatokat. Az egyik legintenzívebben kutatott terület a közlekedési események, objektumok optikai felismerése. Annak a tudásnak a beprogramozása, hogy melyek ezek a detektálendő információk sokkal nehezebb, mint ahogyan intuitívan gondolnánk. Emberi szemmel nem tűnik nehéznek a feladat, mégis, ha tudatosan kellene összegyűjtenünk azokat az apró jellemzőket, amelyek alapján meg tudjuk különböztetni egymástól a forgalom objektumait, nagyon bonyolult megfontolásokig jutnánk. Ezek leprogramozása korántsem triviális. Itt fontos megjegyezni, hogy az emberi agy sem ezeket a logikai utakat járja be, amikor megállapít valamit egy képről, amelyhez hasonlólt már sokat látott.

Ám ha egy megfelelő tanuló algoritmusnak nagyjából 100 000-es nagyságrendű, adatbányászati szempontok szerint válogatott, címkézett képhalmazt mutatunk, amelyek valós közlekedési körülmények között készültek, akkor meglepően jól működő objektum detektáló és klasszifikációs modell jöhet létre, amelynek hatékonysága felül tudja múlni az emberi képességeket.

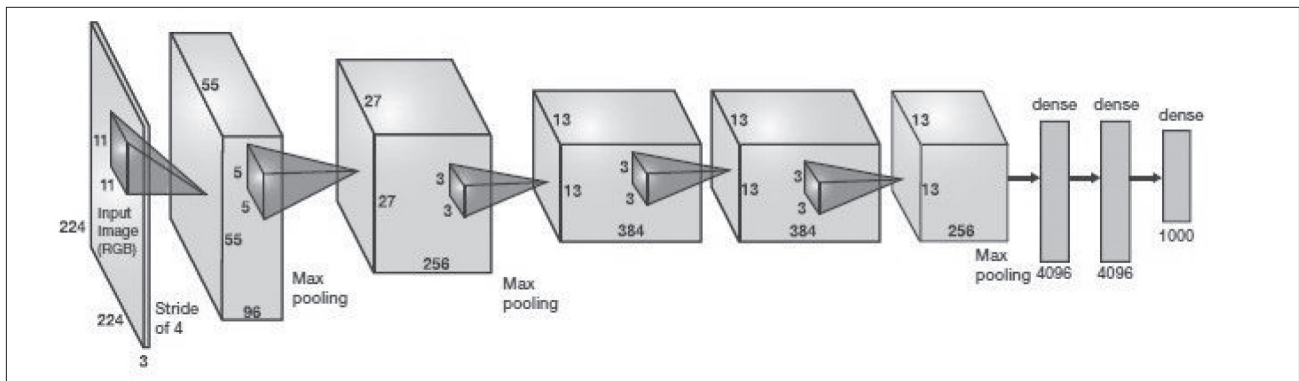
Számos algoritmikus statisztikai módszer képes tanulásra és modellalkotásra, de ezek közül a legnagyobb sikereket az úgynevezett neurális hálózatok érték el, amelyeket az emberi agy működésének analógiájára fejlesztettek ki. 1951-ben a Princeton Egyetem matematika tanszékén két végzős hallgató – Marvin Minsky és Dean Edmonds – megépítette az első neurális számítógépet Snarc néven, amelyben 3000 elektroncső és a B-24 bombázó automatapilóta mechanizmusa egy 40 neuronból álló hálózatot szimulált. Minsky volt később az, aki nagy hatású tételeivel kimutatta a neuronháló kutatás korlátait is.

A neurális hálózatok alapegysége a neuron, amely képes adatokat fogadni, átalakítani és továbbítani egyszerű módon. Ehhez hasonló sejtekből nagyjából 100 milliárd található az emberi agyban, és valószínűleg csillagászati mennyiségű kapcsolattal rendelkeznek.



4. ábra

Agyi neuron sematikus ábrája és egy egyszerű neurális hálózat rétegszerkezete



5. ábra

AlexNet: az egyik első sikeres mélytanuló konvolúciós neurális hálózat, melyet képek tartalmának felismerésére használtak⁵

A mesterséges neurális hálózatok (ANN – Artificial Neural Network) az agyi neuronok működését próbálják modellezni. Minden mesterséges neuron egy-egy mini függvény, amelynek paraméterei változtathatók. A tanulási folyamatok során ezen paramétereket optimalizálja egy algoritmus, a célnak megfelelően. A neuronok rétegekben helyezkednek el, és egy-egy réteg neuronjainak kimenete általában a következő réteg neuronjainak bementére van csatolva⁴. A neuronok hálózatba szervezése, azaz a hálózati topológia határozza meg, hogy milyen komplexitású feladatokat oldhatunk meg a hálózat segítségével. A ma divatos mélytanulás (deep learning) esetében számos egymásra épülő, visszacsatolt neuronréteget használhatunk, nagyságrendileg 100 ezer neuronnal és 100 millió optimalizálandó paraméterrel. Ennyi paraméter algoritmikus betanulása komoly számítástechnikai erőforrást igényel. Manapság már szerencsére, mindenki számára elérhetőek ilyen kapacitások, célhardverek vagy felhő alapú szolgáltatások formájában.

A neurális hálózatokon kívül vannak más tanulni képes algoritmusok, mint például a döntési fák, Bayes klasszifikálók, SVM-ek, evolúciós (genetikus) algoritmusok, Markov folyamatok, stb. Bizonyos feladatokra ezek is hatékonyan alkalmazhatóak, de aktuálisan a neurális hálózat alapú mélytanulás az a terület, ahol valóban látványos eredményeket lehet elérni.

1.4. Hol használható?

A mesterséges intelligencia irányú kutatásokat az utóbbi években főleg a gépi tanulás területén elért eredmények helyezték újra fókuszba. Ezeket az eredményeket pedig a hozzáférhetővé vált számítási és tárolási kapacitások, technológiák tették lehetővé. A mélytanuló eljárások használatához kezdetnek elegendő egy nagyjából egy millió forint értékű asztali számítógép is – itt elsősorban a videó kártya (GPU) minősége befolyásolja a teljesítményt, mivel a tanulási folyamat erősen párhuzamosítható, és ilyen típusú feladatok elvégzésére egye-

lőre ezek az eszközök a legalkalmasabbak. Igénybe vehetőek felhő alapú számítási kapacitások is, amelyeknek nagy előnye a skálázhatóság, és a használat alapú fizetés. Egy ilyen környezet havi díja, használatától függően, pár tízezer forintról milliós nagyságrendig terjedhet, az adott feladatot megoldó modellek tanításának idejére.

Az MI technológia fejlődése elsősorban a GAFA (Google, Amazon, Facebook, Apple) óriások és a kínai akadémiai intézmények által vezérelt, de a publikussá tett algoritmusok és az elérhető infrastruktúrák miatt, számos más szervezet is hasznélvezője lehet az MI lehetőségeinek – persze mindig pár lépéssel lemaradva a nagyok mögött.

A főbb ipari területek, amelyeken az MI gyorsan tör előre:

- Energetika – infrastruktúra fenntartás
- Vagyongazdálkodás
- Biztosítások kockázati elemzése
- Orvosi diagnosztika
- Fintech (pénzügy)
- Önvezető járművek
- Anyagvizsgálati technológiák
- Logisztika, optimalizáció
- Adatbiztonság
- Mezőgazdaság

Magyarország számára a kitörési pont az MI technológiák élvonalbeli használata lehet, fókuszált területeken. Az ország gazdasági és szociális adottságai miatt elsősorban a **vagyongazdálkodás** (Facility Management – FM, Building Infrastructure Management – BIM), **orvosdiagnosztika** (e-Health) és a **járműipar** (Ipar 4.0) területén látunk lehetőséget a hatékony fejlesztésekre állami segítséggel, megfelelően kialakított kormányzati stratégiával.

Elsősorban olyan területeken érdemes keresni a hasznosíthatóságot, ahol nagy és komplex adatstruktúrák jönnek létre, amelyek feldolgozásából profitálni lehet. A nem feltétlenül pénzben mérhető profit létrejöhet:

- termelékenység növekedése révén,
- emberi feladatok kiváltása révén,
- életminőség, biztonságérzet növekedése révén.

Kifejezetten a közigazgatás „nonprofit” feladatait tekintve lehet a legfontosabb a harmadik pont a fentiek közül, tehát mindazok az alkalmazások, ahol a jólét, elégedettség és biztonság növelhető.

⁴ Ezek az ún. feed-forward neurális hálózatok. Rajtuk kívül vannak visszacsatolt architektúrájú hálózatok is.

⁵ Alex KRIZHEVSKY: *ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks*

2. Etikai megfontolások

„The development of full artificial intelligence could spell the end of the human race. Once humans develop artificial intelligence, it will take off on its own and redesign itself at an ever-increasing rate. Humans, who are limited by slow biological evolution, couldn't compete and would be superseded”⁶.

2.1. Félelmek

A közelmúltban a világ egyik legintelligensebb emberének tartott *Stephen Hawking* a mesterséges intelligenciát jelölte meg az emberiség pusztulásának egyik lehetséges okaként. *Stephen Hawking* fent idézett sötét jövőképe sokakat elbizonytalanít a mesterséges intelligencia megítélésében, úgy, hogy tulajdonképpen magával az MI pontos definíciójával sem vagyunk tisztában. Az alábbiakban bemutatunk egy olyan megközelítést, amely az emberrel való kooperációra épít, vagyis a közös feladatmegoldásra – így oldva fel a félelmeket és aggályokat.

A mesterséges intelligencia értelmezésével kapcsolatban számos elképzelés látott már napvilágot, de ahogyan az intelligenciát, úgy a mesterséges intelligenciát sem sikerült még egységes definícióba foglalni. Annak érdekében, hogy definiálható legyen mivel is foglalkozunk, az alábbiakban egy lehetséges körülírását adjuk meg a mesterséges intelligencia fogalmának.

Kiindulva az emberi intelligenciát mérő eljárásokból, lezögezhető, hogy az intelligenciát mérő feladatok jellemzően a problémamegoldás képességét mérik, és ebből származtatják az intelligenciára jellemző mérőszámot. Némiképp konzisztensen azzal a köztudatba ívódott feltételezéssel, miszerint azokat a fajokat vagy egyedeket tartjuk intelligensebbnek, amelyek képesek a magasabb komplexitású problémák megoldására is.

A fenti példából kiindulva empirikusan elmondható, hogy csakúgy, ahogyan a természetes intelligenciától, a mesterséges intelligenciától is az várható el, hogy magas szintű problémák megoldására legyen képes és/vagy magas szintű problémák megoldásában segítsen az embernek a problémamegoldásban.

Ha a gépeknél is mérnénk az intelligenciát, akkor két dolog kellene tapasztalnunk. Egyrészt azt, hogy egy intelligens gép magas szintű problémákat képes megoldani akkor is, ha eleinte nem ismert számára minden körülmény, ami a hatékony problémamegoldáshoz szükséges. Másrészt azt, hogy egy ilyen intelligens gép az emberrel való kooperáció során hathatós segítséget tud nyújtani az embernek csakúgy, mint egy magas szintű, természetes intelligenciával rendelkező munkatárs.

A mesterséges intelligencia mindezekből adódóan egy olyan tudományos/technológiai terület, amely célját tekintve azzal foglalkozik, hogy hogyan lehet a problémamegoldás hatékonyságát növelni önállóan a gépek/robotok szintjén, vagy kooperatív esetben a gép-ember páros szintjén. A mes-

terséges intelligencia empirikus definíciója ezzel meghatározottá válhat.

Amennyiben a fenti empirikus módon definiáljuk a mesterséges intelligenciát, azaz az ember számára fontos problémák megoldásában segítő, bizonyos fokig autonóm eszközként, úgy kikerülhetjük azokat a félelmeket, amelyek az öncélú, esetleg az emberi létet fenyegető entitásként tekintenek a mesterséges intelligenciát megvalósító gépekre, algoritmusokra. Ezen algoritmusok fontos építő eleme a minta alapú (gépi) tanulás, amely eljárásnál egy célfüggvény optimalizálása során épül fel az absztrakt „*gépi tudás*”. Alapvető biztonságot ad az, ha a célfüggvényt úgy definiáljuk, hogy az az emberekkel való kooperációt és az ezáltal elérhető hatékonyságot maximalizálja. Így ez a megközelítés tekinthető a leginkább humánusnak és követendőnek.

2.2. Felelősség

A mesterséges intelligencia új etikai és jogi kérdéseket is felvet a felelősséggel és a döntéshozatal esetleges elfogultságával kapcsolatban. Ugyan valószínűleg az algoritmusok kevesebb hibát követnek el és hatékonyabbak, mint az ember egy-egy speciális területen, mégis a bekövetkezett hibákat sokkal „személytelenebbnek” érezzük, és nem tudunk kit okolni érte. Különösen súlyos probléma ez az orvosi alkalmazások esetén, vagy az önvezető autóknál, ahol emberéletekbe is kerülhet a tévedés.

Számos etikai bizottság vizsgálja a kérdést, és zajlik a magas szintű jogi szabályozás előkészítése.

Az Európa Bizottság 2018 végéig konkrét etikai iránymutatásokat terjeszt majd elő a mesterséges intelligencia fejlesztésére és felhasználására vonatkozóan. A Bizottság emellett iránymutatást is kidolgoz majd a termékfelelősségről szóló irányelv értelmezéséről, hogy a hibás termékek tekintetében jogi egyértelműséget biztosítson a fogyasztók és a gyártók számára. Valószínűleg hosszas szabályozási ciklusok elé nézünk, és elkerülhetetlen egy társadalmi szemléletváltás ezen a területen, de a folyamat már elkezdődött!

2.3. Elveszik a munkát?

A mesterséges intelligencia munkaerőpiacra gyakorolt hatásáról mindenki mást gondol: van, aki szerint nem kell aggódni, hiszen az ipari forradalmat is átvészeltük valahogy, de van, aki úgy gondolja, hogy ez most teljesen más helyzet, és igencsak átalakul majd a piac, amire nem tudunk elég gyorsan válaszolni. Azt, hogy kinek lesz igaza, valószínűleg csak az idő dönti el, de úgy tűnik, hogy egy dologban mindenki megegyezik: a könnyen automatizálható, adatokon alapuló munkakörök vannak a legnagyobb veszélyben.

Érdekes módon épp a munkaerő közvetítés is egy jól automatizálható folyamat, hiszen rengeteg dokumentált, kiértékelte adat van erről a HR cégeknél – azaz egy tipikusan jó környezet a gépi tanulás számára. Meg tudjuk találni így azokat a rejtett összefüggéseket, amelyek alapján egy cég és a munkaerő összepárosítható. Ilyen jellegű start-up próbálko-

⁶ Stephen HAWKING

zások az USA-ban már kiléptek a HR piacra, és olyan vezető toborzóktól veszik a viselkedési és gyakorlati információkat, akik a Google és a Facebook számára is találtak már alkalmazottakat.

A mesterséges intelligencia megjelenésével számos új munkakör jön létre, ezért az Európa Bizottság arra kívánja ösztönözi a tagállamokat, hogy korszerűsítsék oktatási és képzési rendszereiket, és támogassák a munkaerőpiaci átmenetet, amely így feltehetően zökkenőmentesebb lesz. Mint minden átmenetnek, ennek is lesznek kárvallottjai és nyertesei. Azok a szereplők, akik képesek átállítani a gondolkodásukat az új technológiák irányába, és használni is azt, nagyobb eséllyel találhatják magukat a nyertes oldalon.

Egy, a Microsoft által az Egyesült Királyságban, nemrégiben készített felmérés⁷ szerint a cégek alkalmazottainak körülbelül a fele félti a munkáját az MI-től, és a cégvezetők szintén nagyjából felének nincs terve arra, hogy hogyan kezelje ezt a problémát, vagy hogyan húzzon hasznot az MI előretöréséből. Magyarországon valószínűleg sokkal rosszabbak az arányok. A közigazgatásban pedig talán még ennél is kevésbé felkészültek a szereplők...

2.4. GDPR

A gépi tanulás, és ezáltal az MI is erősen adatfüggő. Az adatok felhasználhatóságának is komoly etikai vonzatai vannak, amelyek szabályozása folyamatban van, még nem kifarrott.

Az adatbiztonsági kérdések a GDPR (General Data Protection Regulation)⁸ magyarországi, 2018 május 25-én élestedt bevezetése óta uniós szintű szabályozást kaptak. Ez komoly megköteket jelent: egyrészt az adatokat megfelelően anonimizálva lehet csak kiadni a fejlesztők számára, másrészt a fejlesztőknek is meg kell felelniük az adatkezelési minősítéseken. MI projektek tervezésekor tehát a GDPR megfelelést is figyelembe kell venni.

3. Az önkormányzat vagyona és feladatai

Az MI önkormányzati alkalmazhatóságát érdemes az önkormányzatok feladataiból levezetni, melyek törvény által meghatározottak. A jelenleg hatályos Magyarország helyi önkormányzatairól szóló 2011. évi CLXXXIX. törvény 13. §-a szerint a helyi közügyek, valamint a helyben biztosítható közfeladatok körében ellátandó helyi önkormányzati feladatok különösen:

1. településfejlesztés, településrendezés;
2. **településüzemeltetés (köztemetők kialakítása és fenntartása, a közvilágításról való gondoskodás, kéményseprő-ipari szolgáltatás biztosítása, a helyi közutak és tartozékainak kialakítása és fenntartása, közparkok és**

egyéb közterületek kialakítása és fenntartása, gépjárművek parkolásának biztosítása);

3. a közterületek, valamint az önkormányzat tulajdonában álló közintézmény elnevezése;
4. **egészségügyi alapellátás, az egészséges életmód segítését célzó szolgáltatások;**
5. környezet-egészségügy (köztisztaság, települési környezet tisztaságának biztosítása, rovar- és rágcsálóirtás);
6. óvodai ellátás;
7. kulturális szolgáltatás, különösen a nyilvános könyvtári ellátás biztosítása; filmszínház, előadó-művészeti szervezet támogatása, a kulturális örökség helyi védelme; a helyi közművelődési tevékenység támogatása;
8. gyermekjóléti szolgáltatások és ellátások;
- 8a.* szociális szolgáltatások és ellátások, amelyek keretében települési támogatás állapítható meg;
9. **lakás- és helyiséggazdálkodás;**
10. a területén hajléktalanná vált személyek ellátásának és rehabilitációjának, valamint a hajléktalanná válás megelőzésének biztosítása;
11. **helyi környezet- és természetvédelem, vízgazdálkodás, vízkárelhárítás;**
12. honvédelem, polgári védelem, katasztrófavédelem, helyi közfoglalkoztatás;
13. helyi adóval, gazdaságszervezéssel és a turizmussal kapcsolatos feladatok;
14. a kistermelők, őstermelők számára - jogszabályban meghatározott termékeik - értékesítési lehetőségeinek biztosítása, ideértve a hétévi árusítás lehetőségét is;
15. sport, ifjúsági ügyek;
16. nemzetiségi ügyek;
17. közreműködés a település közbiztonságának biztosításában;
18. **helyi közösségi közlekedés biztosítása**
19. **hulladékgazdálkodás;**
20. **távhőszolgáltatás;**
21. **víziközmű-szolgáltatás, amennyiben a víziközmű-szolgáltatásról szóló törvény rendelkezései szerint a helyi önkormányzat ellátásért felelősnek minősül**

Törvény a helyi közügyek, valamint a helyben biztosítható közfeladatok körében ellátandó más helyi önkormányzati feladatot is megállapíthat.

A felsorolt feladatok közül kiemelt azokat, amelyek esetében elképzelhető a mesterséges intelligencia konkrét alkalmazhatósága. A jelölt feladatokat alapvetően három csoportba sorolhatjuk az alapján, hogy mely területeken van lehetőség MI technológiák bevonására:

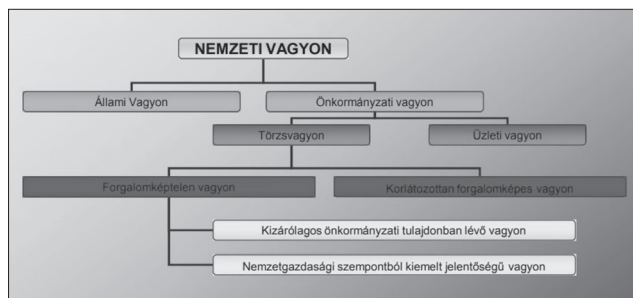
- önkormányzati vagyongazdálkodás (2,9,11)
- egészségügyi szolgáltatás (4)
- ügyfélszolgálat (18,19,20,21)

A helyi önkormányzatok vagyoni és vagyongazdálkodási jogait, feladatait a Nemzeti vagyonról szóló 2011. évi CXCVI. törvény önkormányzatokat érintő rendelkezései szabályozzák. Ebben a törvényben definiálják az önkormányzati törzsvagyont, melynek a nem forgalomképes elemei a következőkből állnak⁹:

⁷ <https://www.cnn.com/2018/10/31/nearly-half-of-uk-firms-think-their-business-models-wont-exist-in-5-years-because-of-ai-study-says.html>

⁸ GDPR szövege: <https://www.adatvedelmirendelet.hu/a-rendelet-szovege/>

⁹ [kormanyhivatal.hu honlap alapján](http://kormanyhivatal.hu/honlap/alapjan)



6. ábra

Nemzeti Vagyon felosztása (dr. Horváth Enikő¹⁰)

- amit a Nvtv. annak minősít,
- a helyi közutak és műtárgyaik,
- a helyi önkormányzat tulajdonában álló terek, parkok,
- a helyi önkormányzat tulajdonában álló nemzetközi kereskedelmi repülőtér, a hozzá tartozó légitforgalmi távközlő, rádiónavigációs és fénytechnikai berendezésekkel és eszközökkel, továbbá a légitforgalmi irányító szolgálat elhelyezését szolgáló létesítményekkel együtt, valamint
- a helyi önkormányzat tulajdonában álló – külön törvény rendelkezése alapján részére átadott – vizek, közcélú vízi létesítmények, ide nem értve a vízi közműveket.

Ezeket felül az önkormányzat rendelkezhet számos forgalomképes vagyoni elemmel is. A vagyongazdálkodás tekintetében nem csak a „jó gazda” kötelei, hanem törvényi szabályozások is meghatározzák a teendőket:

- közép- és hosszútávú vagyongazdálkodási terv,
- vagyonelemek nyilvántartása,
- rendelet-felülvizsgálati kötelezettség,
- átláthatósági követelmények betartása az önkormányzati részesedéssel bíró gazdálkodó szervezeteknél.

A fentiek alapján jól körülhatárolható az önkormányzati vagyonfelügyelet „problématere”. Az önkormányzatok viszonylag nagy infrastrukturális és ingatlan vagyon felett diszponálnak számos kötelemmel terhelt. Elvárható, hogy a gazdálkodás hatékony, transzparens és racionális legyen. Ennek egyik fő pillére a vagyon állapotának folyamatos felmérése és felügyelete – főleg, ha ez meghatározott folyamatok mentén, formalizálva zajlik. Amennyiben ez megalapozott, úgy az önkormányzati döntéshozóknak valóban megvan minden információjuk ahhoz, hogy racionális vagyongazdálkodást folytathassanak!

4. Hogyan alkalmazható az MI az önkormányzati munkában

4.1. Város, mint IoT rendszer

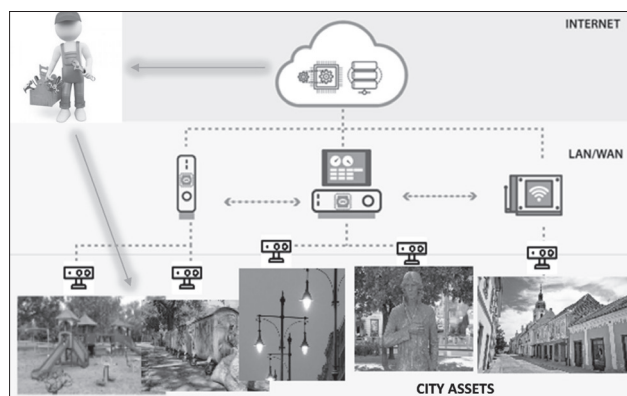
Az önkormányzatok általában jelentős épület- és objektumvagyon állapotáért felelősek, ide tartozik az állagmegóvás, javítási munkálatok kezdeményezése, de még a bűnmegelőzés is. Gondolhatunk itt a városi közutakra, parkokra, oktatási in-

tézményekre, közterületi szobrokra, stb. Ennek a felelősségnek jelentős része abból fakad, hogy észlelni kell az infrastrukturákban keletkezett változásokat. A távérzékeléssel összekötött mesterséges intelligencia kiválóan alkalmas arra, hogy ezeket a változásokat nagy biztonsággal nyomon tudjuk követni.

Mindössze annyi a feladat, hogy a szükséges helyeken megszervezzük az adatgyűjtést, és az adatokat egy jól megtervezett adatbázis struktúrába helyezzük el. Az adatok forrása lehet például:

- telepített kamerák, mikrofonok,
- lakossági bejelentések,
- rendszeres, ütemezett felmérések – például drónokkal, légi felvételekből, esetleg műholdas felvételekből.

Ezek az adatok egy „Smart City” megfontolásokon alapuló településüzemeltetés esetében egyébként is keletkeznek és rendszereződnek. Az infrastrukturális adatgyűjtő rendszer és a városi karbantartó erőforrások összehangolásával gyakorlatilag előáll egy hibrid IoT (Internet of Things) rendszer, amelyben a szenzorok a távérzékelő eszközök, az aktuátorok pedig a karbantartást végző emberek. A karbantartási folyamatokat egyelőre a legtöbb esetben nehéz automatizálni, de az adatgyűjtés és az adatok feldolgozása lehetséges!



7. ábra

Adatgyűjtés: városvagyon monitorozása és karbantartása

A mesterséges intelligencia segítségével végzett elemzések az adatgyűjtés során keletkezett adatvagyonra tudnak ráépülni. Az elemzések eredményei pedig egy tranzakciós réteg segítségével üzleti intelligenciává fordíthatóak, azaz konkrét ütemezett karbantartási feladatokká, gazdasági, riportokká, vagyis mindazzá, ami értéket tud létrehozni a döntéshozók és a lakosság számára.

Minden infrastrukturális objektum-típushoz meg lehet találni azt a monitorozási módot, amely a legtöbbet árul el annak állapotáról. A leginkább kézenfekvő megoldás a vizuális adatgyűjtés, amellyel azok az eltérések és események detektálhatóak, amelyek emberi szemmel is észrevehetőek.

A felgyűlt adatokon különböző eseményeket, mintázatokat, változásokat lehet automatikusan detektálni. A gépi látás és gépi tanulás – mint a mesterséges intelligencia specifikus ágai – épp ezeken a területeken hoztak az utóbbi években olyan megoldásokat, amelyekkel gyakorlatilag bármilyen vizuálisan megragadható dolgot jó hatékonysággal lehet felismerni. A teljesség igénye nélkül vizuális távérzékeléssel vizsgálhatóak például a következők:

¹⁰ <http://akadalymentes.kormanyhivatal.hu/download/5/de/20000/8%20Vagyont%C3%B6rv%C3%A9ny.pdf>

- gyanús események szűrése;
- gyanús, körözött személyek felismerése;
- közlekedési szabálysértések;
- forgalomszámlálás;
- épülethomlokzatok állaga;
- illegális közterület foglalás;
- szabad parkolóhelyek;
- közlekedési táblák állapota;
- járdák állapota;
- útkátyúk;
- gallyazási feladatok, űrszelvényvizsgálat;
- hirdetőtáblák kihasználtsága;
- forgalmi dugók, egyéb krízishelyzetek;
- közterületi szobrok állapota;
- illegális építkezések, beépíthetőség;
- városkép.

Számos olyan szabálysértési esemény is van a fentiek között, amelynek vonzata bírság kiszabása, azaz közvetlenül bevételt tud generálni az önkormányzat számára. A többi példa esetén a közbiztonság területén, vagy az életminőség javításában mérhető a megoldások hozadéka.

Az automatizált, távérzékelésen alapuló vagyongazdálkodás előnyei a hagyományos módszerekkel szemben:

- költséghatékonyság,
- objektivitás,
- emberi tényező bizonytalanságának kiküszöbölése,
- előrejelző képesség

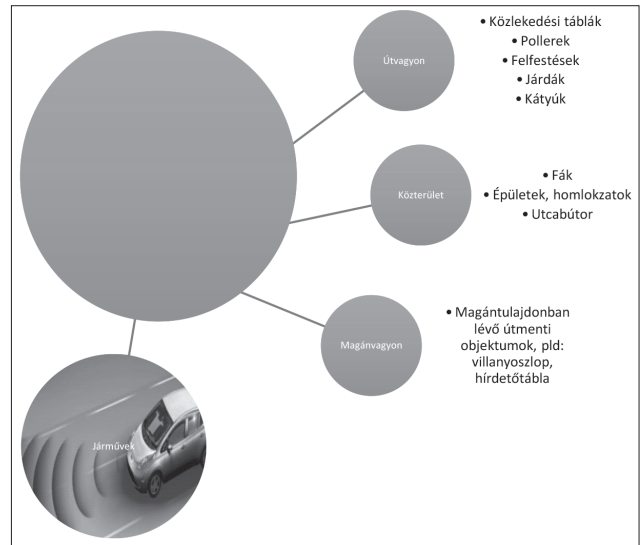
4.2 Mozgó adatgyűjtés

A vagyonelemekhez telepített szenzorrendszer (IoT hub) kiépítése viszonylag nagy egyszeri költséggel jár, és nem minden esetben kifizetődő. Kissé tovább gondolva a vizuális adatgyűjtés módozatait, eljuthatunk arra a megállapításra, hogy próbáljuk meg a szenzorokat időről időre eljuttatni a monitorozandó infrastrukturális elemhez. Ezt leginkább hatékonyan úgy tudjuk megtenni, ha olyan járművekre szereljük fel a főleg kamerából és pozíció meghatározó egységekből álló adatgyűjtő rendszert, amelyek egyébként is rendszeresen közlekednek a városban, és lehetőleg önkormányzati üzemeltetésű flottához tartoznak. Tipikusan jó megoldás lehet a személyszállítás, a hulladékkezelés bevonása a távérzékelésbe – azaz kamerák felszerelése a buszokra, villamosokra, szemétszállító autókra. Természetesen ebben az esetben csak a közútról „látható” infrastruktúra monitorozása jöhet szóba, de ebbe a kategóriába is számos vagyonelem tartozik:

- forgalomtechnikai objektumok,
- épület homlokzatok,
- közterek,
- utcabútorok,
- fák,
- stb.

A járműves adatgyűjtés mellett a közösségi fotózás felhasználása is jó irány lehet. A lakosság által irányítottan, vagy akár saját célra készült fotók megosztásából lehet adatbázist építeni.

Ez az előre mutató megközelítés sok szempontból hatékonyabb, mint a telepített szenzorrendszer. Jóval kevesebb



8. ábra

Példák vizuális távérzékelésre

szenzort kell üzembe helyezni és monitorozni. A szenzorok kihasználtsága sokkal magasabb – folyamatosan üzemben vannak. Sűrűn tudunk mintavételezni, hiszen egy-egy területről naponta akár többször is kapunk adatot – mindez robosztusabbá, hibatűrőbbé teszi a rendszert, és megengedi, hogy akár olcsóbb eszközöket is használjunk. Az adatok aktualizálásának üteme ellenben nehezen szabályozható, külső tényezőktől (menetrend, időjárás, stb.) függ.

A felvételek számos forrásból keletkezhetnek, többek között közúti járművek, drónok, vagy közösségi fényképezés által. A felvételi helyszín geopozíciójának meghatározása után az egyes hálózati elemek és azok részeinek azonosítása következik a képekből, majd mutatott, tanított minták alapján lehet hibákat detektálni. A térinformatika, gépi látás és gépi tanulás használata ebben az esetben egy robosztus, automatizált kockázatalapú vagyongazdálkodás alapjait adná.

A vizuális adatok rendszerezését mindenképp térinformatikai alapokra kell helyezni, az önkormányzatok vagyont elhelyezkedésük szerint is fel kell mérni, és egy téradatbázisba helyezni. Ez jelentősen megkönnyíti a vagyonylvántartást is. A mozgó adatgyűjtés nagy előnye, hogy akár ezt a téradatbázist is frissíteni tudja, hiszen a vizuális adatokhoz geolokációk is társíthatók, ezek alapján a vizsgált vagyonelemek helyzete is meghatározható fotogrammetriai módszerekkel. Elterjedőben van manapság teljes városok nagyfelbontású háromdimenziós felmérése (HD mapping). A felbontás akár centiméteres pontosságú is lehet. Erre jó példa a BKK Karesz (Közúti Adatgyűjtő Rendszer)¹¹ nevű projektje, amelynek során Budapestet lézerszkennerek segítségével digitalizálták. Az így kapott pontfelhő alapú téradatbázis akár mérnöki tervezésekre is alkalmas. Egyelőre egy teljes város felmérése költséges, de a technológiai fejlődésével egyre inkább elérhetővé válik. Kormányzati szándék is támogatja a felméréseket az ÁKÉK (Állami Középület Kataszter) és TKÉK (Település Középület Kataszter) programok keretében.

¹¹ <https://www.budapestkozut.hu/szakfelugyelet>



9. ábra
Egy kisváros valóságáéú „pontfelhője”¹²

Járművekre, esetleg drónokra szerelt kamerarendszer segítségével lézerszkennerekkel is elő lehet állítani hasonló pontfelhőket, ebben az esetben főleg a vizuális adatok utófeldolgozása munkaigényes. Ideális esetben a különböző időpontokban történt járműves bejárások és pontfelhő-rekonstrukciók eredményeként eltérések kereshetők, amelyeket az MI segítségével értelmezni, kategorizálni tudunk.

A gépi látás szerepe elsősorban pont a vizuális eltérések értelmezésében rejlik. Amennyiben a keresendő hibákat tipizálni tudjuk és kellő számú mintát tudunk mutatni a tanulálgörítmusoknak, úgy a hibák felismerése egy idő után automatizálható. A gépi tanulás sikerei mögött minden esetben meghúzódik az adatgyűjtés alaposága. Kellő mennyiségű és variabilitású tanító minta nélkül nem működnek az eljárások az elvárt szinten. Ez a mennyiség néha a több ezres elemszámot jelenti. Ez lenne tehát a vagyongazdálkodás „*mesterséges intelligenciájának*” alapja.

4.3 Működő példák, kezdeményezések

Egyelőre sem Magyarországon, sem külföldön nem terjedtek el a településeken, önkormányzati szinten a vizuális távérzékelésen alapuló megoldások, így konkrét példákat sem lehet hozni. A Smart City trend farvizén valószínűsíthető, hogy a következő években egyre több MI minta projekt indul be. Magyarországon, a 2017 évi végi kormányhatározat alapján a Monor – Okos Város Projekt már túljutott a megvalósíthatósági tanulmány szintjén, és 2018 végén elindulnak a közbeszerzések is. A „*Digitális Nemzet Fejlesztési Program*” település-központú kísérleti alprogramja Nyíregyházán és a Nyíregyházi járásban kezdődött meg 2016-ban. Az alprogram egyik eleme a kamerás megfigyelőrendszer kiterjesztése. A program Miskolcon is folytatódott, ahol intelligens térfigyelő rendszert építettek ki 450 végponton, mintegy 600 kamera kihelyezésével. Számos önkormányzat saját költségvetésből kezdett bele térmegfigyelő eszközök telepítésébe. Ennek ellenére bőven van még tennivaló az adatgyűjtés területén is, mivel egyelőre olyan adat nem nagyon keletkezik, amire MI megoldásokat lehetne integrálni.

Távol-Keleten, főleg Kínában, Szingapúrban és Észak-Amerikában már előrébb járnak. Megtörtént számos város térinformatikai felmérése, „okos” eszközök telepítése és

az adatok prediktív módon történő felhasználása a városüzemeltetésben. Nyíltadat-portálok hoznak létre, melyek az önkormányzati szervek, szolgáltatások által előállított (köz) adatokat teszik elérhetővé. Szingapúr esetében például az APEX már privát szolgáltatók adatainak, vagy a nyilvánosság bevonására épülő (crowdsourcing-alapú) adatforrásoknak az elérhetőségét is lehetővé tevő adatiactereként is szolgál.

A nagy infrastruktúrát üzemeltető ipari szereplőknél, mint például az áramszolgáltatóknál, vasúti társaságoknál, vagy építő vállalatoknál már találhatók működő távérzékeléses vagyonfelügyeleti megoldások, erre példa a norvég eSmart Systems, a dán és francia vasúttársaság, vagy a magyarországi E.On, ahol pilot projektek segítségével bizonyították a technológiai használhatóságát.

Megfelelő kormányzati akarat mellett a hátrányokból előnyök kovácsolhatóak – a fejletlen infrastruktúra miatti lemaradás behozható jól tervezett, előrelátó, hosszútávú programokkal. Ehhez persze szükséges az, hogy a döntéshozók valóban képbe kerüljenek a jelenlegi és a jövőbeli technológiákkal kapcsolatban, s ennek segítségével olyan víziókat alakítsanak ki, amelyek a jövőben is megállják a helyüket. A korábban felvázolt mozgó, vagy közösségi adatgyűjtés például lehetőséget ad arra, hogy ne kelljen a szenzortelepítés versenyébe belépünk, egy technológiai ugrással a világ élvonalába tudnánk kerülni...

5. MI kell hozzá?

Végezetül ki kell térnünk arra is, hogy a megvalósítói oldalon milyen képességekre van szükség ahhoz, hogy sikeres MI projekteket lássunk az önkormányzati életben is. A legfontosabb külső kényszer a technológia gyors fejlődése – ezzel lépést kell tartanunk. Ezt csak agilis, rugalmas, nyitott szemlélettel lehet követni – a hosszabb távú víziókat folyamatosan szem előtt tartva, és a korábbi tapasztalatokat felhasználva. Nem meglepő, hogy ezen a területen a sikerek nagy részét



10. ábra – „MI” kell hozzá?

¹² http://www.potree.org/potree/examples/cesium_retz.html

start-up és spin-off cégek érik el, amelyekben megvannak a fenti tulajdonságok. Magyarországon a start-up ökoszisztéma még sajnos nem túl erős, hiányzik az az erős összekötő háló, ami magányos harcosokból hangyabollyá szervezi a kis cégeket, és engedi, hogy csak a feladataikra koncentráljanak. Meg kell találni azokat a struktúrákat, megvalósító egységeket, amelyek a magyar viszonyok között tudnak jól teljesíteni. Szerencsére erre mind kormányzati szándék, mind alulról jövő igények, kezdeményezések is vannak!

Hivatkozások

Linkek (2018.11.01):

<https://aminer.org/ai-history>
<http://iprcorp.com/wp-content/uploads/2017/08/The-Intelligent-Cloud-Where-are-the-AI-enabled-Cloud-Opportunities.pdf>
<https://www.cnbc.com/2018/10/31/nearly-half-of-uk-firms-think-their-business-models-wont-exist-in-5-years-because-of-ai-study-says.html>

GDPR szövege: <https://www.adatvedelmirendelet.hu/a-rendelet-szovege/>
 kormányhivatal.hu honlap alapján
<http://akadalymentes.kormanyhivatal.hu/download/5/de/20000/8%20Vagyont%C3%B6rv%C3%A9ny.pdf>
<https://www.budapestkozut.hu/szakfelugyelet>
http://www.potree.org/potree/examples/cesium_retz.html
<https://www.forbes.com/sites/tomvanderark/2018/06/26/how-cities-are-getting-smart-using-artificial-intelligence/#49dba3983803>

Cikkek:

TURING, Alan (October 1950), „*Computing Machinery and Intelligence*” (PDF), *Mind*, LIX (236): 433–460, doi:10.1093/mind/LIX.236.433
 Feng LIU, Yong SHI: *A Study on Artificial Intelligence IQ and Standard Intelligent Model*, arXiv:1512.00977
 Alex KRIZHEVSKY: *ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks*, *Advances in neural information processing systems*, 2012