

**GONDOLATOK A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA,
A GÉPI TANULÁS KAPCSÁN II. RÉSZ**

Szerző:

Gyarmati Péter (Prof. Dr.)
Simonyi Professor for the Public
Understanding of Science and Professor
of Mathematics on the Computer Science

Szerző e-mail címe:
gyarmati@gyarmati.dr.hu

Lektorok:

Mező Ferenc (PhD)
Eszterházy Károly Katolikus Egyetem

Szabóné Balogh Ágota (Ph.D.)
Gál Ferenc Egyetem

...és további két anonim lektor

Absztrakt

A tanulmány célja a mesterséges intelligenciáról már annyiszor megfogalmazott képünknek újra gondolatát elindítani – figyelemmel a legújabb eredményekre és technikai lehetőségekre. Időszerű azért is, mert soha nem látott támogatásban részesülnek a vele kapcsolatos tevékenységek, az életünket is már befolyásoló eredmények. Ez az írás különös hangsúlyt fektet annak megvilágítására, hogy a mesterséges intelligencia – bármilyen fantasztikus elvárások ellenére – céltudatos tevékenység, amely csakis az ember segítése, munkájának, életének támogatása lehet. A meglehetősen gyors fejlődés számos előnyt jelenthet, ugyanakkor számos kérdés merül fel az emberiségre gyakorolt hatást illetően. Ez a cikk rögzíti a folyamatos átdolgozás szükségességét, és néhány szempontot mutat ehhez. A nagy sebesség gyors változásokat, meghibásodásokat stb. okozhat. Ez a cikk ezekre is felhívja a figyelmet

Kulcsszavak: mesterséges intelligencia, gépi tanulás, nyelvek, formális logika

Diszciplínák: matematika, számítástudomány

Abstract

This study is a continuation of a study published under a similar title and aims to rethink our image of artificial intelligence by taking into account the latest results and technical possibilities. It is timely because receives support that has never been seen before and because the results highly affect our lives. This writing places special emphasis on the fact that artificial intelligence – despite any fantastic expectations – must be a purposeful activity, which should only be to help man, supporting his work and life. Rather fast development has many gains for the applicants, but at the same time arise many questions

about the effect on humankind. This paper states the necessity of continuous revision and shows some points for that. The high speed may cause fast changes and failures, etc. This paper also calls attention to these.

Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning, Human Intelligence, Language, Formal Logic, Automatic Decision

Disciplines: mathematics, computer science

Gyarmati Péter (2022): Gondolatok a mesterséges intelligencia, a gépi tanulás kapcsán II. rész. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, IV. évf. 2022/2. szám. 9-25. doi: 10.35406/MI.2022.2.9

Jelen tanulmány a Szerző hasonló címen megjelent tanulmányának (lásd: Gyarmati, 2019) folytatása a céltudatosság, az axiomaticus gondolkodás, s általában véve a gondolkodás és a mesterséges intelligencia aspektusából olyan szerzők műveire reflektálva, mint Cawsey (1998), Churchman (1977), Dürenmatt (1962), Escarpit (1964), Isacson (2014), Johnson (1994), Kindler és Kiss (1971), Low és Duffy (1962), McCarthy (1955), Neumann (1956), Ragett és Bains (1992), Selbst (2019), továbbá Stent (1974), Takefuji (2018), valamint Weizsächer (1971).

A céltudatosság

Az ember legnagyobb tragédiája, ha eléri a célját! Céltalanná válik, pedig az ember céltudatos lény, cél nélkül nincs értelme az életének! Van megoldás? Természetesen van: újabb cél kitűzése!

A céltudatosságot abból is megérthetjük, ha az ember eredendő tulajdonságának tekintjük a kíváncsiságot, az őt körülvevő környezet megismerésének a szándékát, amelynek forrása a lét egyik alapvető definíciója, a reagálás a környezetre. Mai felfogásunk szerint akkor nevezünk valamit élőnek, ha legalább az alábbi három dolog jellemző rá:

- reagál a környezet változásaira;
- energiaciklusa van (legalább egy): a működéséhez szükséges energiát anyagok felvételével és a maradékok leadásával maga állítja elő;
- utódot hoz létre, szaporodik a saját képére.

Ez az eredendő kíváncsiság is már cél, célkitűzés – a megismerés a lét, a létfenntartás, a túlélés, megoldása érdekében.

A tudományok feladata tehát olyan ismeretek, szabályok feltárása, amelyeket azután a technika segítségével célok elérésére

alkalmas eszközök készítésére használhatunk fel. Hosszú-hosszú a sora ezeknek, amelyeket az emberiség a története során alkotott: a természeti viszontagságok elleni védekezéstől, a táplálkozáson, a fegyvereken át, az energia kinyerésén keresztül, egészen a tudás technológizálásáig. Ez utóbbi jelen korunk legfőbbnek látszó ügye, ebben is az egyik központi fontosságú, a Mesterséges Intelligencia fejlesztése, technikájának az ember szolgálatába állítása.

Az axiomatikus gondolkodás

Mindig van olyan valóságképünk, amelyet bármilyen bizonyítási igény nélkül elfogadunk és tudásunkat, a tudományt erre építjük. Bizonyítás helyett – az ismert tudással talán nem is bizonyíthatók – ezeket az állításokat nyilvánvalónak tartjuk. Létezésük és igaznak tekintettségük (!) alapja az adott korban általánosan elfogadott, nem vitatott – a szakmai társadalom által helyesnek tartott, vélt – állítások, nézetek, axiómák.

A tudományok művelői igyekeznek ezek legegyszerűbb, logikus megfogalmazására, ugyanakkor ezek korról-korra változnak, változnak, mert függenek az adott korban a világról – vagy éppen egy tudományterületről – való legáltalánosabb ismerettől, tudástól. Az axiómák illetően alkotott rendszere kezdetben mindig biztosítja a tudomány haladását, amely – legalábbis eddig mindig – feltárja saját ellentmondásait, hibáit és változtatásokat tesz szükségessé, új gondolkodásmód

alakul. Az új paradigma, a megváltozott axiómáival a tudomány újabb rendszerét hozza létre, amelyet akkor tartunk igazán alkalmasnak, ha a korábbi az új speciális eseteként megmarad. Ez tulajdonképpen a tudomány haladása. A tudománytörténet megmutatja a szubjektum szerepét is e területen: az újabb paradigmákat mindenkori egy-egy világnagyság egyén foglalta rendszerbe, úgymint Galilei, Leonardo, Newton, Linné, Darwin, Hilbert, Einstein és mások.

Az axiomatikus gondolkodásnak most is kiterjedt irodalma van szinte minden tudományterületen. Legfőbb tárgya a saját határainak-, ellentmondásmentességének-, és a természethez való viszonyának vizsgálata.

A mesterséges intelligencia területe sem marad ki ebből. Példaként két könyvet említek, amelyek paradigmátikus célokból készültek és tükrözik az adott korszak felfogását: Ragett és Bains (1994) és Cawsey (2002) műveit.

A Mesterséges Intelligencia – Artificial Intelligency – korszak kezdetét a J. McCarthy által 1955. augusztus 31-én készített 'Proposal for Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence' alapján rendezett konferenciától számítjuk, ahol először hangzott el ez a kifejezés.

Relatív újdonsága és rendkívülien gyors fejlődése révén az axiomatikus meghatározások is állandó felülvizsgálatra kényszerülnek. Különösen fontos ez a technika veszélyeinek korlátozása érdekében. Ez a tanulmány is célozza ezt a feladatot.

A gondolkodás nyelvi természete

Az ember társas lény. Az emberek közötti kapcsolat egyik legfontosabb eszköze a beszéd, ami történeti folyamat során alakult ki, azaz nemzeti, kulturális hagyományokra épül és időben változó. A számos különböző nyelv keletkezése és létezése a természet sokféleségének egyik emberi oldala. A nyelv sajátossága, hogy elválaszthatatlan részévé vált az ember gondolkodásának is. A gondolkodásunk eredményének egy része a cselekvés, más része közlés, mely az embertársainkkal való együttműködéshez tartozik. Ahogy a cselekvés visszahat gondolkodásunkra, éppúgy teszi ezt a közlés is. Tehát a nyelv – a közlés eszköze – befolyásol és létrejön a nyelvi gondolkodás. A nyelv sokoldalúságával különböző módon hat, és az anyanyelven túl, a környezet nyelve is gondolkodás alkotó. A hivatal nyelve, a szleng, a gyerek, az írói, a tudományos, a gépi, és sok más. Gyakorlatból tudjuk, hogy a jogászok egészen más módon fogalmazznak, vagy az írókat műveik alapján meg tudjuk különböztetni. Mindezek nyilván a gondolkodásmódban is különböznek. Itt most három, számunkra legfőbb, formára térünk ki:

1. *Az anyanyelvi gondolkodás.* Az anyanyelv fontos tényező, evvel „szocializálódunk” – épülünk be a társadalomba. Tartalmazza a nemzeti, kulturális hagyományokat, kifejezésmódokat. Gondolkodásunkat alakítja és talán meg is alapozza. Mások nyelve jelentősen is eltérhet, érthetetlen is lehet, míg a történeti és földrajzi közelségben élők nyelve eléggé hasonló. Szívesen tipizálunk

népeket nemcsak szokásaik, de beszédük szerint is.

2. *A tudományos gondolkodás.* Kényszerűen, vagy éppen a tudósok meggondolásai miatt a tudományok nyelvzete már régóta túllépett bizonyos anyanyelvi korlátokon. Ennek legalább két jellemző oka van, egyrészt a tudós közösség szándéka egymás megértésére, másrészt a tudomány minél rövidebb, pontosabb és érthetőbb leírásának igénye. Így lett a latin évszázadokon át a tudósok nyelve, míg az eredmények leírásához a mindenkori matematikát alkalmazzák, és egyben fejlesztik. A tudományos gondolkodás és eredményei ebből kifolyólag nemzetközies, közkinccs a tudomány művelői számára. Az egységesség látszata mellett, mégis vannak, lehetnek eltérések. Közismert például a kínai, vagy indiai gondolkodás különbözősége, vagy éppen a valamilyen okból kifolyólag elzártaké – ilyen volt a hidegháború korszaka. Újabban egyre nagyobb követelmény az eredmények védelmi igénye, titkossága az ütköző érdekek miatt. Ez időlegesen korlátozza a tudományos gondolkodás nemzetközieségét.

3. *A gépi (gépies) gondolkodás.* Ez tulajdonképpen a formális logika automatizálását jelenti, vagyis annak a gépeken, gépekkel megvalósított módja. Legalapvetőbb az ún. gépi nyelv, amely a számítógépek bináris parancsnyelve. Minden program, amely a gép valamely alkalmazását célozza, csak ezt tartalmazhatja. A számítógép univerzalizációját ebben a vonatkozásban éppen az mutatja, hogy ennek a parancsnyelvnek lehetséges és vannak az emberhez köze-

lebb álló interpretációi is. Ezek a manapság egyre-másra születő programnyelvek, mindenkor célnyelvek és azt szolgálják, hogy az ember minél könnyebben, gazdaságosabban, pontosabban, stb. tudja a feladatát megfogalmazni a gép számára. Minél jobban közelít egy nyelv az anyanyelvekhez, annál jobban kiütköznek a lehetőségek határai és meghatározóvá válnak a hibák, a meghibásodások, a pontossági korlátok, az időtényezők, valamint az emberi tényező, nevezetesen az anyanyelv és a formális logika különbözősége.

Következmények: a sokféleség és a globalizáció ellentéte

A nyelvi gondolkodás sokfélesége tényezője a haladásnak, a sokféle világunk megismeréséhez a minél többoldalú vizsgálódás kedvez. A manapság szinte mindent elárasztó globalizációs hatásoknak éppen az egységesítés a szándéka, vagyis jelentős a sokféleséget korlátozó, irtó szándéka. Törekvés van az eltérő kultúrák egybeolvasztására is – multikulturalizmus. Mi ez, ha nem szimplifikáció nyelvi értelemben is! Ha egy nyelven beszélünk, kommunikálunk, akkor egy nyelven is gondolkozunk! Ez nyilván korlát! Más értelemben, például, ha egy hadsereg van, akkor az ki ellen szolgál – minek van? Ha megszüntetjük, akkor mit csinálnak a katonák? Mi lesz a sorsa a haditechnikának? Mi lesz a kapcsolódó tudománnyal? Nyilván csak a több- és sokféle hadnak van értelme, hogy egymásnak feszülhessenek. Ki mondhatjuk: a sokféleség a gondolkodás alanyi fontosságú része.

A gondolkodás és az intelligencia

Mi volt előbb, a gondolkodás, vagy az intelligencia? Klasszikus kérdés, a paradoxonok világába tartozik. Vajon lehet-e gondolkozni intelligencia nélkül és vajon intelligens-e valaki, ha képtelen gondolkozni? A tanulmány további részeiben kísérrelünk meg erre a Mesterséges Intelligencia aspektusából választ adni.

Gondolkodnak-e a gépek?

A téma régi, egyidős a kibernetika, a számítógépek világának kialakulásával. Izgalmas, máig nyitott kérdés, amely tulajdonképpen a Mesterséges Intelligencia címszó alatt elért eredmények elméleti megalapozása, valamint az ember és a gép viszonyának alakulása. Szóval gondolkodnak-e a gépek tesszük fel itt is a kérdést, miként azt ezen írás első részében is feltettük.

1. A feltételek adottak, rendelkezésünkre állnak a szükséges eszközök: érzékelők, memória, feldolgozó egység, befolyásoló kimenet, stb., amelyek elegendően gyorsak, pontosak, nagy kapacitásúak, kisméretűek.

Megjegyzendő, hogy ez így csak egy (vagy több) üres, univerzális gép; „semmit sem tud”, „semmit sem tesz”, de „sok mindenre képes”.

2. A tudást az ember teszi bele programok, eljárások, összekapcsolások útján: adatgyűjtés, adattárolás, adatfeldolgozás, értékelés, adatmódosítás, eljárás módosítás, közlés, stb.

Megjegyzés, a gép éppen annyit tud és annyit tesz, amennyire, és ahogyan az ember valamely cél elérésére programozza.

3. Fontos lehetőség, hogy az értékelés eredménye a programot magát is módosíthatja. Az univerzalitás révén nem látszanak elméleti korlátok és még az sem, hogy egy program befejeződik-e és hogyan.

Megjegyzendő, hogy ezt a lehetőséget a céltudatosság, valamint a kimeneti eszközök „hatékonyága” korlátozza.

4. A gép még energiát is beszerezhet a működéséhez, ha szükségét látja. A megoldási módok az embertől függenek, lehetséges mások által kikapcsolhatatlan megoldás is!

5. A gépek a programjaik igénye szerint egymással összekapcsolódhatnak, együttműködő közösségeket is alkothatnak, egymás működését befolyásolhatják.

6. Szaporodásnak tekinthetjük az eljárások újabb verzióját. A 3. pont alapján létrejöhet a gép saját maga szerinti változata is! Ha a hardware-t a működési környezetének tekintjük (felesleges eldobni, még használható), és feltesszük a további gépekre való átvitel lehetőségét, akkor ez már önálló szaporodás!

7. Nyitott kérdés marad, hogy a fenti szaporodás szerint lehetségesek-e olyan mutációk, amelyek új célokra alkalmas eszközt teremtenek? Magyarán az eredeti cél – amelyre létrehozták – helyett egy új, más cél szerint fog működni. Ha ez nem felel meg az embernek, akkor mi lesz?

A Mesterséges Intelligencia jelentése

Állítás 1. A MESTERSÉGES jelentése, hogy emberi.

Sokak szerint a 'nem természetes' – vagyis olyan, amiket a természet még nem

alkotott – a jelentése, ami persze téves és félrevezető. Egyrészt, mert nem vagyunk teljes ismeretében a természet alkotásainak, másrészt az ember is természeti lény, mindene a természetből fakad, tehát a cselekedetei és gondolatai is abban léteznek.

Az ember csak olyat alkothat, ami az őt körül vevő világban lehetséges lehet, hiszen ugyanannak a természetnek az elidegeníthetetlen része. Ebből következik, hogy bármiféle képzelet, virtualitás – még, ha eszközei oly bonyolultak is – természetes, csak a természetben képzelhető el, valósítható meg. Vonatkozik ez a természetrombolásra is.

Ez a meghatározás könnyedén megdönthető lenne, példaként pusztán fel kell tennünk, hogy az oxigénhez három hidrogén atom kapcsolódhat. Ha kimondjuk, hogy ennek és az ehhez hasonlóknak nincs az ember szempontjából értelme, vagy a természetben elő sem lehetne állítani, akkor visszajutunk a fenti meghatározáshoz. Azaz csak olyan emberi alkotás lehetséges, értelmes, létjogosult, amely a természetben jön létre és az hatás/visszahatás a természetre, benne az emberre saját magára is.

Az élet általánosan elfogadott axiómái szerint ez a reagálás a környezetre, még, ha esetenként oly bonyolult is. Nyilvánvalóan a jónak és rossznak itt nincs szerepe, mert ezek önkéntes és viszonylagos fogalmak és különböző célszerűségek esetén akár helyet is cserélhetnek.

Állítás 2. Az INTELLIGENCIA ember alkotta fogalom, tehát mesterséges (sic).

Legtöbbször valamiféle képességet, ügyességet, készséget, jártasságot értünk alatta, csupa olyat, amelyet mindenki – egy adott környezetben – tudni vél, érteni gondolja, megtenni képes. Ez annyira általános, hogy már triviális – nyilvánvaló minden magyarázkodás nélkül. Ez a megfogalmazás – állítom – nemcsak az emberre vonatkozik, hanem bármire, élőre és élettelenre egyaránt.

Például:

- a víz „tudja”, hogy 100 C°-on forrnia kell;
- a méhecske „tudja”, hogy virágpontot kell gyűjtenie – a mézhez – és nem próbálkozik mással, sőt visszatál a kaptárba;
- az ember, mert rá van utalva a többi emberre, a kapcsolathoz szükséges eszközt, a nyelvet „tudja”, tanulja meg;

Tehát az intelligencia az, hogy használja, alkalmazza a tudást. A tudás megalkotása, megismerése, továbbadása is intelligenciának látszik, legalábbis szükség van valamennyi (?) intelligenciára hozzá.

Akkor csak az intelligencia különböző szintjeiről beszélhetünk, mert valaminek a használatához és a létrehozásához egyaránt képesség, ügyesség, jártasság szükséges, és ez az intelligencia, miként azt itt állítjuk.

Ebben az értelemben akkor az intelligencia egy tovább nem vizsgálható állítás, axióma, a természetnek és benne az életnek bizonyos alaptörvénye, amely szerint, vagy amellyel alkalmazkodunk, adekvát viselkedünk.

Ugyanakkor azt is állíthatjuk, hogy az intelligencia kifejezés oly sokrétű, tehát általános, hogy bármiféle definíciója üres

állításokhoz vezet. Én is, sok mással egyetemben ez utóbbira hajlok, mert minden – az egész természet – valamilyen nyire intelligens.

Tehát ebben az értelemben az intelligencia valamiféle tulajdonságoknak, törvényszerűségnek egy önkényes halmaza?

Állítás 3. Az INTELLIGENCIA a környezettel való kapcsolatot jelenti, reagálás annak hatására.

Így is egy nagyon összetett fogalomhoz jutunk, amely a környezet érzékelésétől, hatásától a valamilyen célszerűségből fakadó viselkedésig, visszahatásig terjed. Ebben a közelítésben az eredetileg értelmezett képesség, ügyesség, jártasság mellett egy új elem lép fel: a célszerűség, azaz a reakciónak célja van, ami nem mindig ugyanaz, változhat is.

Egy célorientált példa: ha az ellenfél sokkal erősebb nálam menekülni kellene, de mégis maradok, mert a becsületem ezt kívánja: a menekülés az adekvát viszonyulás, míg a cél a becsület megvédelme.

Állítás 4. Az INTELLIGENCIA összefoglaló – post priori – fogalom.

Tulajdonságokból, törvényszerűségekből fakadó cselekvések gyűjteménye. Tulajdonképpen következménye a 3. állításnak, nevezetesen képesek vagyunk felsorolni mindazon reagálásokat, amelyek környezeti hatásra lehetségesek. Számos esetben a tudományok ezt megtették és teszik, amikor törvényszerűségeket állapítanak meg a természet tárgyairól, hogyan viselkednek változások, mozgások esetén. Ha

ezt az állítást elfogadjuk, akkor – legyen az bármilyen bonyolult, összetett – ez a gyűjtemény felsorolható, egy véges sokaságot alkot.

Önálló tudományos feladatnak tekinthető az így értelmezett halmaz vizsgálata, elemeinek rendezése, osztályozása, rendje, részalmazainak értelmezése, stb.

Állítás 5. Egyike állítás sem elbágyható a MESTERSÉGES INTELLIGENCIA vonatkozásában, mert a környezettel való kapcsolatok megfelelőisége és célszerűsége egyaránt feladat.

Mint láttuk a környezethez viszonyulni szükséges, és a viszonyulás kettős, mindig érzékelő és reaktív. Az érzékelés észreveszi a változásokat, míg a reakció beavatkozik, vagy alkalmazkodik az érzékelés függvényében. A beavatkozás a környezet változtatására irányul, míg az alkalmazkodás a belső állapotok változtatásáról szól. Mindkettő úgy, hogy az újabb érzékelések megfeleljenek valamiféle elvárásnak. A reakció mikéntje, a döntés, amelynek lényege a megfelelőiség, vagy a célszerűség. Alkossunk olyat, amelyet szeretnénk!

Az intelligencia és a tudás viszonya

Az intelligencia vonatkozásában eddig több állítást tettünk és fogadtuk el azokat. Ugyanezt meg kellene tennünk a tudás értelmezésével is. A korlátok és a tárgyalhatóság érdekében fogadjunk el egy itt megfelelő és a teljességnek egyáltalán nem ellentmondó definíciót: tudásnak a természet bármelyik résztvevője által kapott,

szerzett és bevált tapasztalatokat tartjuk. Az állítás történetileg is érvényes: A természeti törvények vonatkoznak az anyagra és az anyag minden előfordulására; valamint az örökléssel kapott tudás is eredetileg tapasztalat – talán a mutációk és az elődök kölcsönhatásából.

Tulajdonképpen a tudomány fejlődéséről van szó; az újnak tartalmaznia kell a régit, mint speciális eset – mondjuk. Mivel ez időben és másként is változhat, akkor vizsgálatok esetén mindig az adott helyzethez tartozót tartjuk annak.

Az intelligencia valami más, mert például úgy tartjuk, hogy a tudatlannak nevezett – nem tanult, képzetlen – ember is lehet intelligens. Akkor az intelligencia több mint tudás, mert a környezettel való adekvát kapcsolatot intelligenciának tekintjük. A tudással nem azonos fogalomról van tehát szó.

Az intelligenciának és a tudásnak mégis van viszonya, köze egymáshoz. Mivel az intelligenciát képességnek tartjuk, akkor ebbe a tudás megszerzésének képességét is beleértjük. Bizonyos anyagok intelligenciája természeti törvényszerűségekből fakad és állandónak tartjuk. Példaként vizsgálódzom a víz állapotait, mint viselkedést a hőmérsékelt változásaira, vagy közismert az élők reflexe.

Állítás 6. A tudás visszahat az intelligenciára. A tudás fokozhatja a képességeket, többszörözheti a viselkedési formákat, tehát változtathatja az intelligenciát is. Mégsem mondhatjuk ki, hogy a több tudás arányos az intelligencia fokával. Az összefüggést

más tényezők is befolyásolhatják – például a cél, a szándék, a pillanatnyi állapot, stb. Jól ismert a lámpaláz fogalma, amikor hiába a tudás, a képesség, az eredményt az idegi állapot alaposan befolyásolja. Hiába a tudás, ha nem tudunk élni vele, illetve lehetséges alkalmazkodás konkrét tudás nélkül is (talpraesett ember).

Több tudomány feladata ez utóbbi összefüggések vizsgálata, eredményeik inkább az ember természetének feltérképezése és kevésbé tárgya a mesterséges Intelligenciának. Ugyanakkor a tanulás – a tudás visszahatása – alapkövetelmény.

Az intelligencia és a logika viszonya

Állítás 7. Az intelligencia több mint a formális logika.

Kiemelt jelentőségű a mesterséges intelligencia tevékenységekben ez a viszony. A logika különböző területein közös, hogy eredménye mindenkor definitív, azaz akárhányszor ismételve mindig ugyanazt az eredmény adja. Ugyanakkor mindennaposan beszélünk megérzésről, első benyomásról, stb. amelyek nem elemei a formális logikának. Ilyenek mesterséges megalkotása még értékes is lehet, hiszen az ember sokszor él vele eredményesen. Ismét meg kell jegyezni, hogy a jó, vagy rossz fogalma itt is teljesen félrevezető, pedig nagyon nehéz elkerülni. Közismert az ún. fuzzylogika, amely a logikai változóhoz annak bizonyos valószínűségét is hozzárendeli. A módszer modellezéshez alkalmas, a célszerűség (!) mégiscsak a logika szabályait tartja elsőrendűnek. A véletlen alkalmazása nem

várt – és legtöbbször alig kezelhető – következmények miatt veszélyeket rejt magában!

Az intelligencia és a fogalmak viszonya

Állítás 8. Intelligencia nélkül nem léteznek fogalmak.

A fogalmak a természet megismerési folyamata során keletkeznek, tulajdonképpen a világ valamiféle visszatükröződése az emberben. A fogalom nem a valóság, hanem annak csupán modellje, amely természetesen pontos, de felületes is lehet, sőt ugyanarra a valóság részre több fogalom is lehetséges különböző elvárások, értelmezések miatt. Vele képesek vagyunk leírni dolgokat a tulajdonságaikkal, jellemzőikkel, korlátaikkal, stb., de ezen utóbbiak meghatározása is fogalom. Tehát a fogalom összetett „fogalom”. A fogalom alkotáshoz intelligenciára van szükség, mert ez a képesség az, amivel megkülönböztetjük a dolgokat és megnevezzük azokat. A fogalmak készlete, összessége a tudás része. Nyilvánvaló tárgyi fogalmak mellett, tehát léteznek más értelműek is, mert a különböző tulajdonságokat, vagy gondolati tényezőket, absztrakciókat is így nevezünk meg. De használhatjuk virtuális dolgok meghatározására is. Az intelligencia tehát egyrészt létrehozza, módosítja, javítja, kiegészíti a fogalmak készletét, valamint használja, alkalmazza ezt a készletet. A használathoz feltételezzük, de nem tudjuk, az agyunk hogyan rendszerezi ezeket. Talán valamilyen sorrendet alkot, elhagyja az érdektelent, észrevesz újabbakat, stb.

A Mesterséges Intelligencia szempontjából kézenfekvő a fogalmak – valamiféle jól használható módon – adatbázisba gyűjtése. Feltehetjük, hogy nincs szükség olyan adatbázisra, amelyik az összessel foglalkozik. Pedig vannak erre törekvések, például a Wikipédia, vagy a British Enciklopédia, a valóságban a teljesség eddig sohasem valósult meg! Talán a legsikeresebbek az ún. szaklexikonok – például a Stanford Encyclopedia of Philosophy. Az internet tulajdonképpen egy hatalmas fogalomtár, de számos más funkciója is van, így nem tekinthető a fogalmak adatbázisának. A rendszerezések és keresések sem optimálisak a fogalmakhoz. Nem könnyű egy adott feladathoz a létesítés, mindig vannak határterületek, ritkán használatosak, stb. További gondot jelent a gépi tanulás esetén eldönteni, hogy új fogalom keletkezett-e, és az tárgy, tulajdonság, stb., valamint a más fogalmakkal való kapcsolata.

Fontos itt kiemelni, hogy minden fogalom egyben nyelvi elem is, mivel a kommunikációban ezeket közvetítjük. Nyilvánvaló, hogy különböző nyelvekben eltérő módon értelmezik ugyanazt a fogalmat. Ez a forrása félreértéseknek, amely vígjátéka, avagy tragédiája az életnek. Más esetekben hibás döntésnek nevezzük és kimenetele, következménye kihathat az emberre.

Az intelligencia és a rendszer viszonya

Állítás 9. Minden rendszer intelligens, minden intelligencia rendszerez.

Ez talán a legnyilvánvalóbb viszony, mivel a megismerés során a megértéshez mindig valamiféle rendszerezésre van szükség; az intelligencia alapvető eszköze a rendszer, a rendszerezés.

Rendszerelméleti meggondolás szerint minden dolog, még a „legegyszerűbbek” is – például az atomok – valamilyen rendszert képeznek. Intelligenciánk igyekszik a rendszereket megismerni, működésüket megérteni azért, hogy ezeket felhasználhassa a saját védelmében, érdekében. Vagy egyszerűen csak eleget tegyen kíváncsiságának és évszázadok során azért is, hogy igazolja az ember istenadta természetfelettségét.

A megismerési folyamat során intelligenciánk képes olyan modellt alkotni, amely többé-kevésbé megfelel az eredetinek, a valóságnak. A kulskérdést a többé-kevésbé rejti, vagyis, hogy a modell mennyire adekvát, teljes, koherens. A megfelelés (elérhető matematikai apparátus és sokszor alkalmas módszer hiányában) csak ritkán bizonyítható. Legtöbbször megelégszünk avval, ha a modellünkről megállapíthatjuk, hogy bizonyos feltételek mellett és esetekben kielégíti az igényeket, elérhetünk vele egy kívánt célt. Sokszor az ellenőrzés során még az is kiderül, hogy ezek a modellezni kívánt valóságnak csak részmodelljei.

A mesterséges intelligencia vonatkozásában további követelmény a modell megvalósíthatósága az éppen adott módszerekkel, technikával. Ebben kiemelkedő jelentőségű az operációkutatás területe, mint a módszerek tudományos igényű

vizsgálója, feltárója. Legújabbán elterjedt a rendszertechnika (Systems Engineering) néven ismert alkalmazástechnikai irányzat, amely új rendszerek tervezésével és megalkotásával foglalkozik.

A rendszertechnika folyamata

A rendszertechnika rendszerek tervezésére szolgáló módszerek összessége. Röviden áttekintjük legfőbb vetületeit a megoldás igazolásához szükséges elméleti területekkel.

1. Specifikáció, avagy a célok, korlátok, és kritériumok figyelembevétele, a probléma megfogalmazása. Ennek a területnek nincs elmélete.

2. Modellelés, fogalmak definíciója. A modell változók és függvények meghatározása, a kapcsolati egyenletek felállítása. Elméleti területek ehhez: állapot, dinamikus egyenértékűség, szabályozhatóság, linearitás, statisztikai becslés.

3. Analízis, az egyenletek analízise. Elmélete a dinamikus válasz, a stabilitás területe. itt kezdődik a számítógép alkalmazása.

4. Szintézis, a teljes rendszer összeállítása az analízis során validált részekből. Az optimalizálási elmélet segít, ami a feltételek olyan elmélete, hogy vele a korlátozások figyelembevételével a rendszer optimalható lehessen. Ide tartozik például a lineáris, a nem-lineáris és a dinamikus programzás. Sokszor probléma marad a költség és a megbízhatóság területe, amelyekhez szuboptimális és közelítő megoldások is rendelkezésre állnak.

5. Tervezés. A szintézisben felállított rendszer lebontása fizikai összetevőkre,

azaz megfeleltetés a rendelkezésre álló technikához. Ehhez sincsen elméletünk, miként a folyamat kezdetéhez sem. Ez is intuíciókra, tapasztalatokra épül, vagyis inkább művészet, mint tudomány.

Természetes, mesterséges:

mi a különbség?

Állítás 10. A különbség pusztán mennyiségi.

Megállapítottuk tehát, legalább azt, hogy a mesterséges intelligencia is természetes. Akkor mégis mi a különbség? A természet minden szereplőjének van valamiféle intelligenciája – azt mondjuk, hogy meg van a magához való esze. Az ember képessé vált eszközök létrehozására a maga érdekében. Ezek java a saját erejének kiterjesztését jelenti – manufaktúrának nevezzük. Például a kalapáccsal nagyobbat lehet ütni, de csak az ember tudja hová.

Az automata eszközöket már valamiféle tudással kell ellátni a működéséhez. Például a szövőgépen a mintázat lyukkártyás programmal jön létre, vagy egy tartály túltöltésének megakadályozására szintmérőt használunk. Az autonómia nagyon sokrétű lehet, a legegyszerűbbtől akár milyen bonyolultságig terjedhet: a kibernetika ennek a tudománya.

A számítástechnika az ember szellemi tevékenységének meglehetősen régi segéd eszköze és sokszorta jobbnak bizonyult a jóslásnál, a táltosnál. A lehetőségek függvényében, már az elektronikus számítógép előtt is, minden korban sikerült szellemi technikákat alkotni, mint például az időszámláló óra, vagy a mechanikus számológépek, stb.

Az elektronikus számítógépek létrejötte ugrásszerűen változtatott a lehetőségeken – mára szinte korlátlan eszközöz jutottunk általa. Bármire képesek vagyunk vele intelligenciát alkotni, korlátja nem is látszik. Megállapíthatjuk tehát, hogy a természetesnek nevezett intelligenciától abban tér el, hogy a mesterséges intelligenciát az eszközeinknek adunk és folyamatosan kísérletezünk az emberi tulajdonságok utánzásával. A fordított eset is létezik, amikor az emberi természeti hiányosságokat pótoljuk, egészítjük ki mesterséges intelligencia segítségével. Például mozgásérültek, vagy sérültek protézisei, a gyengén látók, nagyot hallók készülékei, stb.

Szóval úgy néz ki, hogy a természetes intelligencia és a mesterséges társa csak abban különbözik, hogy a mesterséggel az ember néhány évtizede kísérletezik, míg a természet már sok évezrede alakítgatja. vajon mire jutna az ember, ha rendelkezésére állna ez a két nagyságrend közti különbség? Vajon csak ilyen mennyiségi az eltérés?

Ha megnyugszunk ebben és miért ne tennénk, akkor a mesterséges intelligencia címén teljes lendülettel munkálkodhatunk és eredményeinket máris alkalmassá tehetjük dolgok kezelésére, csak alkalmaznunk kell valamiféle ellenőrzési, felügyeleti, biztonsági módszereket, hogy túl nagy kárt, jóvátehetetlen hibát ne vétsünk. A természet nem céltudatosan – mi is lenne az – hanem mutációkkal és az embernek adott lehetőséggel – az agy – oldotta meg. Tehát a természetes intelligencia alakulása sem független az embertől? Ha így van,

akkor az is mesterséges – ember alkotta. Haladásnak – fejlődésnek – tekintjük az időben egymás után következő mutációkat, felfedezéseket, illetve megvalósításokat.

Néhány következmény és kérdés

1. Mi a különbség? Vizsgálják sokan: a gép működését jól ismerjük, mivel mi alkottuk. Az agy működése alig ismert. Kutatások révén egyre többet tudunk, ami még így is nagyon kevés a megértéséhez. További kutatási téma: lehetséges-e számítógép útján az emberi agyat utánozni, mely részeit, vagy azok mely tulajdonságait, képességeit és milyen mélységig?

A különbség abból az ellentmondásból ered, hogy a számítógép imperatív – amikor a számítógép tevékenységét utasításokkal vezényeljük. Ez a Neumann-féle – a ma használatos – számítógép működési elve.

Deklaratív esetről beszélünk, amikor a program állításokat tartalmaz, amelyekből a gép logikai úton következtetéseket von le. Ez áll az emberi természethez közelebb. Az agy tehát, inkább deklaratív működésű.

2. A kutatás módszere a különbség vizsgálata. Orvosi területen – és ilyen az agy legfőbb kutatási területe – ez az egészséges és a beteg agy közötti eltérés. Itt várnak áttörést az agyunkról szóló ismeretekben, ezért az agyi betegségek, elváltozások vizsgálata a leglátogatottabb terület jelenleg.

3. A tudatlannak nevezett – nem tanul, képzetlen – ember is lehet intelligens. A környezettel való adekvát kapcsolatot te-

kintjük intelligenciának. A tudással nem azonos fogalomról van tehát szó.

4. Weizsächer (1971) szerint a DNS és a növekvő egyed között kommunikáció van, oly módon, mintha a DNS beszélne és az egyed azt megértené. Ez a kommunikáció jellemzően egyirányú – parancskiadás – miként a program beszél a számítógéppel.

5. Szentgyörgyi professzor fejtette ki az 50-években már: a biológiai lényünk elmaradt a technikától. Lesz-e közelítés és hogyan? Hogyan befolyásolja a technika az embert? Alkalmazkodás, biológiai változás, mutáció, önpusztítás, stb.

6. Neumann (1956) szerint: „a számítógép másként működik, mint az emberi agy. Az emberi értelem sok olyan tulajdonsággal rendelkezik, amelyeket nem lehetséges automatikusan megközelíteni. A logika itt szereplő típusa, amelyet általában az „intuitív” szóval jelölnek, olyasmi, amiről még rendes leírásunk sincs. A legjobb, amit tehetünk, hogy felosztjuk az összes folyamatokat olyanokra, amelyeket a gépek, és olyanokra, amelyeket az emberek tudnak jobban elvégezni; s ezután kitálalunk módszereket, amelyekkel a kettő összekapcsolható”.

Tehát szó sincs azonosságról, mindenestre valamiféle partnerség létezik. Legalábbis abban, hogy az ember hozza létre a technikát, ugyanakkor a technika változtatja az embert. Ha a gép egyre emberibb lehet és az ember egyre gépiesebb, akkor ez valamiféle azonosulásnak látszik; egy idő után eltűnnének a különbségek, egyenjogúság jönne létre, miként képzeljük

a nők és a férfiak viszonyában. És vajon miként alakulna a hierarchia, a hatalmi, irányítói berendezkedés? Vagy képesek vagyunk „vigyázni” hogy a technika „csak kiszolgáló” lehessen? Vagy ez a folyamat még az ember-ember közötti különbséget is törvényesítené, miként azt az emberiség hatalmaskodói állandóan megkísérlik, hiszen a történelem minden eddigi társadalmi rendje ilyen. Vajon az agyutatótást ezért támogatják kiemelt mértékben?

Viszonyunk a számítógéphez

Mindazt, amit fel tudunk tárni, meg tudunk fogalmazni, értelmesen, pontosan leírni azokat képesek vagyunk megvalósítani, beprogramozni a számítógépen – írta Neumann János valamelyik tanulmányában.

Az így születő program egy verziója – változata – a megfogalmazásnak, illetve amit a programozó megértett belőle. A megfogalmazó és a programozó között kommunikáció zajlik valamilyen nyelven, a programozó és a gép között úgyszintén nyelvi kommunikáció van. Tehát a megfogalmazás pontossága függvénye a nyelvi lehetőségeknek, korlátoknak is!

Továbbá az intelligenciánk egyik tulajdonsága, hogy ugyanazon dolgot többféle, akárhány (?), módon vagyunk képesek előadni, megfogalmazni, megérteni, megvalósítani, elvégezni. Ez a célhoz vezető út sokfélesége.

Mindezek után még mindig kérdéses, hogy – ez a fenti feltételek mellett készített program – megfelel-e az elérni szándé-

kozott célnak és csak annak. A „puding próbája az evés” tartja a mondás és ez itt is igaz, tehát csak a program működtetésével mutatható ki. Feltétel akkor, hogy létezzen alkalmas szimuláció, vagy modellezés erre. Különben már csak a valóságban próbálkozhatunk. Meggondolandó, hogy az emberi intézkedéseknél is hasonló a helyzet.

Az így készült alkotás a környezethez alkalmazkodó eszköz lesz valamely cél szempontjából, annak megfelelően. Az alkalmazkodás kétféle lehet: vagy a környezetet szorítja megadott feltételek közé, vagy magát módosítja a környezeti változásokhoz illeszkedően. Tehát mindig változtat és a valóságban ez legtöbbször visszafordíthatatlan folyamat. Vajon a folyamat során beállott változások után az eredeti cél, vagy annak elérése nem kíván-e más megoldásokat. A programban lehetséges ilyen rugalmasság?

Csak mindezeket magába foglalva, tudomásul véve fogadhatjuk el Neumann tételét.

A fantázia, avagy a virtualitás lehetősége

A Neumann-tétel és a feltételek következményként azt állítjuk, hogy mindaz, amit kimondunk, elképzelünk, kigondolunk, kitalálunk, máris létezik, még akkor is, ha csak a fantáziánkban.

Hiszen a most elfogadott Neumann állítás szerint – ha elegendő pontosan fogalmaztunk, – akkor azt képesek vagyunk számítógéppel is megcsinálni, tehát megvalósítani. Vajon a tételhez fűzött feltételek,

kiegészítések a megvalósítás sokféleségét okozzák/teszik lehetővé? Vagy nem is befolyásolják az egészet, vagy abban van elrejtőzve az ördög? A lényeg a „pontosan” szóban van, mert minden félreértés új világot teremthet. Erről szól a világirodalom java, a félreértések vígjátéka, vagy éppen a tragédiája.

Következmény tehát, hogy képesek vagyunk ezáltal – természetes úton – eddig nemlétező világot is teremteni. Ilyen a virtualitás, a virtuális világ: ember által teremtett. Vajon lehetséges akkor „természetellenes”, a természetbe nem illő dolgokat is létrehozni? Egyáltalán van értelme ennek a kérdésnek? Feltétlenül van, még pedig két okból kifolyólag is:

1. A legjobb szándék mellett is kérdéses, hogy mennyire fedi a valót, az elérni szándékozott célt és milyen más kívánt, vagy nem kívánatos eredmények is előfordulhatnak.

2. A cél eltérítése más irányba szándékos is lehet – bármilyen érdek miatt. Ennek felfedezése talán nehezebb az emberek közöttinél is, mert kevesebb erre a gyakorlatunk.

Tehát akkor, képesek vagyunk bármilyen módon a természetet is leképezni, programozni? A határ „csak” a megfelelő megfogalmazás? Ezáltal mesterséges világ, benne tetszőleges lények, dolgok megvalósítása pusztán időbeli kérdéssé válna?

A mesterséges intelligencia gyakorlata

Tehát a MESTERSÉGES azt jelenti, hogy emberi alkotás. Az INTELLIGEN-

CIA pedig az emberi képesség és tudás bonyolult, összetett rendszerét alkotja.

Együtt tehát, a MESTERSÉGES INTELLIGENCIA gyakorlata olyan emberi alkotás eredménye, amely alkalmas leképezni, utánozni az emberi képesség és tudás rendszerének kívánt elemeit. A hangsúly ismételten a kívánt szón van, vagyis célszerű alkotásról beszélünk. Az alkotás tehát adott korlátok között jön létre. A korlátokat mindenkor a megvalósítandó alkotás céljai, valamint a rendelkezésre álló eszközök és a tudás határozza meg. Ez utóbbi a célon túli dolgokra vonatkoztatva véletlenszerűséget okoz, számítástechnikai kifejezéssel a DO NOT CARE beépülések is részei a programnak.

A számítógépen, mint legkisebb egységet, egy szót (16, 32, 64, 128 bit) köthetünk le valami tárolandó változó számára, még akkor is, ha csak kevesebb bitre van szükség. A többi résszel nem törődünk (ez a do not care) a programban. Vajon milyen hatással vannak a rendszerre az ott előforduló értékek és mitől, hogyan változnak?

A véletlenszerű részek nem célzott képességeket is hozhatnak, de hibát is okozhatnak, sőt a célt is eliminálhatják.

A gyakorlati mesterséges intelligencia alkotó elemei az alábbiak:

1. *Az érzékelés, adattárolás.* Az ember képessége a környezetének a megfigyelése. Az MI feladata ilyen érzékelők létrehozása

és azokról adatok gyűjtése, tárolása. Fontos még ezek valamilyen egységesítése, szabványosítása, emberszabásúvá alakítása.

2. *Adatfeldolgozás, variációk.* A gyűjtött adatok rendszerezése, átlagok, statisztikák készítése. Ezek alapján tapasztalatok leszűrése bizonyos képességek kialakítása, módosítása, változtatása céljából. Fontos elem a gépi tanulás.

3. *Visszabatás, befolyásolás.* Az ember képessége a környezetének és saját magának a befolyásolása. Az MI feladata olyan eszközök létrehozása, amelyekkel ezt megteheti. A feladat nemcsak fizikai, de főként – talán elsősorban – szellemi, mint például a beszéd és más kommunikáció. Fontos ezek emberi léptékű egységesítése, az ember-gép kapcsolatban.

4. *Döntés, célszerűség, biztonság.* Itt kell még szólni a DÖNTÉS technikájáról, amely – emberi mintára – céltudatos tevékenység. A döntés automatizálása valamilyen szinten és értelemben a ROBOTIKA feladata, ahol a döntés a gépre magára vonatkozik. A természetre, vagy az emberre visszaható megoldásoknál a döntés rendkívül veszélyes terület, és minden esetben erkölcsi, etikai, sőt létkérdéseket vet fel.

A legalapvetőbb ok az automatizmusban rejlik, nevezetesen a rendszer létrehozásakor elhatározott döntési módot, célt valósítja meg, pedig az már az első döntés után változtat a környezeten és az újban már egyáltalán nem bizonyos a megfelelés. Egy lépés ezen a területen az ún. ágens elképzelés, amely a visszahatás előtt „kiszámítja” a lehetséges következménye-

ket és a célirányosat választja. A back-chaining technika egy része ennek, ahol az elérendő célból kiindulva keressük az annak megfelelő lehetséges kiindulásokat. A veszélyek tárgyalása, a döntések hatásának vizsgálata és az óvatosság kiemelt feladat. Mérlegelendő a biztonsági, megbízhatósági és etikai kérdések kiemelt tárgyalása is.

Összefoglalás

A tanulmány célja számos alapvető kérdés felvetése a mesterséges intelligenciával összefüggésben, amelyek újra és újra megtárgyalandók a gyors haladás, fejlődés miatt keletkező új veszélyek elkerülésére. Szükség van rendszeres levelezésekre, találkozásokra, fórumokra. Az itt leírt, fogalmakat, kérdéseket ennek beindítására szánom.

Minden fejlődés – minél gyorsabb, annál inkább – motorja a gazdaság, amely az érdekein kívül mást nem ismer. A verseny immár teljesen gátlástalanná válik, nem törődik az emberi értékekkel, az erkölccsel, a szokásokkal, sőt magával az emberrel sem. Nem kevés esetben – például a hatalom megszerzésében, megtartásában – védtelenül áll az ember és válik a pénzszerzés áldozatává. Az egyetlen korlát a fogyasztás szintjének megtartása, mert a terméket el kell fogyasztani: annyit kapsz, hogy vásárolhass, és ha vásárolsz, élhetsz.

Digitális világunk nemcsak az egyes embernek változtatja meg az életét, hanem, ugyan más és más módon, de hat az emberek csoportjaira, társadalmaira, népekre, nemzetekre, államokra egyaránt. A hatá-

sok, a várható következmények vizsgálata, ellenőrzése folyamatosan szükséges, megakadályozandó a hatalmi és gazdasági érdekek egyoldalú érvényesülését!

A mesterséges intelligencia, mint technika és módszer ma egyik legfőbb eszköze a kapitalista versenynek. Az eredmények lehetnek hasznosak is a tömeg számára, de mindennaposak a hátrányok is. A mindent nyerni akarás még a Földünk elpusztításától sem riad vissza. Már egyáltalán nem a sci-fi világa az emberek lajstromozásos korlátozása, egész társadalmak félrevezetése, stb. Fontos tanulság, hogy csak olyanok kezébe kerülhessen a társadalmi rendszerek tervezése, akik elsősorban az embereket és azok rendszereit értik és érdekeik nem a gazdasági élethez kötődnek elsődlegesen. Az is ide tartozik, hogy az ember jellemzően adaptív lény – képes szélsőséges körülményekhez is alkalmazkodni – felveszi és használja a technika eredményeit. Alapvető fontosságú a határok – alkalmazkodó képesség, célszerűség, élet- és lét körülmények, stb. – állandó vizsgálata és természetesen figyelembe vétele az egyre jelentősebben változó technikai világban, amelyhez mindig kötődnek hatalmi és más érdekek. Eme tanulmánynak éppen ez a figyelemfelhívás a szándéka.

Irodalom

- Cawsey, A. (1998): *The Essence of Artificial Intelligence*. Prentice-Hall, 1998. ISBN 9635452853.
- Churchman W. (1977): *The Systems Approach*. Dell Publishing Co., 1977. ISBN 03245764.

- Dürenmatt F. (1962): *Die Physiker*. Die Archer Verlag, Zürich, 1962.
- Escarpit, R. (1964): *Le Litteratron*. Ed. Flammarion, Paris, 1964.
- Gyarmati Péter (2019): Gondolatok a mesterséges intelligencia, gépi tanulás kapcsán. *Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat*, I. évf. 2019/1. szám. 31–39. doi: [10.35406/MI.2019.1.31](https://doi.org/10.35406/MI.2019.1.31)
https://en.wikipedia.org/wiki/Stanford_Encyclopedia_of_Philosophy
<https://plato.stanford.edu>
- Isacson, W. (2014): *The Innovators, how a group of Hackers, Geniuses, and Geeks Created the Digital Revolution*. Simon & Schuster, New York, 2014.
- Johnson, D. (1994): Who should teach computer ethics and computer society? *ACM SIGCAS Computer & Society*, 24. 1994. (6-13).
- Kindler, J. és Kiss, I. (1971): *Systems Theory*. KJK, Budapest, 1971.
- Louw, E. és Duffy, N. (1962): *Managing Computer Viruses*. Oxford University Press, 1992. ISBN 0198539738.
- McCarthy, J. (1955): „*Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*”, Dartmouth Conference, 1955.
- Neumann, J. von (1956): The Impact of Recent Scientific Developments on Economics and Economics. Looking Ahead, No. 4, page 11, 1956.
- Ragett, J. és Bains, W. (1992): *Artificial Intelligence from A to Z*. Chapman and Hall, London, 1992. ISBN 9630567849.
- Selbst, A.D. (2019): Fairness and abstraction in sociotechnical systems. *Proc. of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. 2019. (59-68).
- Stent, G. (1974): The Dilemma of Science and Morals. *Genetics* 78 (41-51), 1974.
- Takefuji, Y. (2018): Connected vehicle security vulnerabilities. *IEEE Technology & Security Magazine*, 37. 2018. (15-18).
- Weizsäcker, C. F. (1971): *Die Einbeit der Natur*, Munich, 1971.