

Ropolyi László

AZ INTELLIGENCIA HÁROM VÁLTOZATA. NÉHÁNY MEGJEGYZÉS NEUMAN PÉTER: „NAÍV GONDOLATOK GÖDEL NEMTELJESSÉGI TÉTELEI ÉS A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA LEHETETLENSÉGÉNEK KAPCSOLATÁRÓL” CÍMŰ DOLGOZATÁHOZ

Neuman Péter dolgozatában (Neuman 2020) azt a problémát tanulmányozza, hogy Kurt Gödel ún. nem-teljeségi tételeinek érvényessége vajon nem teszi-e lehetetlenné a mesterséges intelligencia létezését? A probléma felvetése nem teljesen szokatlan és ezúttal is érthető törekvés. Az elemzés hivatkozik is néhány releváns előzményre, például Lucas (1961) vagy Penrose (1994) írásaira – az viszont szokatlan, hogy nem referál Hofstadter ez ügyben fundamentális munkájára (Hofstadter 1979/1999). Természetesen lehetséges a probléma efféle tárgyalása is, és a szerzőnek bizonyára jó oka volt ezt választani. Éppen ezért a továbbiakban mi is arra törekszünk, hogy figyelmen kívül hagyjuk Hofstadter gondolatvilágát s megpróbálunk ragaszkodni a Neuman Péter által figyelembe vett szerzők, illetve az így tematizálható problémakörök kereteihez.

A dolgozathoz fűzött megjegyzéseink mindazonáltal nem érintik és nem vonják kétségbe a szerző fő konklúzióját, azt, hogy „pusztán Gödel tételéből nem következik” a mesterséges intelligencia lehetetlenségének tétele (Neuman 2020, 128). Valójában – lehetőleg ragaszkodva a dolgozat fölvetéseihez – inkább azon medítálunk, hogy vajon a szerző által választott módszertani előfeltevések mellett miért érvényes a konklúzió? Vajon a vizsgálódásba bevont gondolatkörök mennyire relevánsak, mennyire tűnik indokoltnak éppen ezekre alapozni a konklúzióhoz vezető gondolatmenetet? Megjegyzéseinket három téma köré csoportosítjuk: a logika és a matematika tudományos állásfoglalásokban játszott szerepével kezdjük, majd röviden szóba hozzuk a szabálykövetés és szabályalkotás jelentőségét a mesterséges intelligencia értelmezésével kapcsolatban, végül az intelligencia három változatának (természetes, mesterséges, emberi) azonosítását javasoljuk. A kifejtés természetesen szükségképpen vázlatos, sőt esetenként inkább csak jelzésszerű lesz – nem volna szép a dolgozathoz való szerény hozzászólásunk jelentőségét túldimenzionálni.

Érdemes-e tudományos alapelveket logikára, illetve matematikára alapozni?

E felvetés indokoltságát Neuman dolgozatának ama fő motívuma szolgáltatja, hogy Gödelnek a matematika, ill. a logikai alapjaira vonatkozó tételeiből következtetni szeretnénk egy kognitív tudományi (illetve esetleg világnézeti) ontológiai állaspontra. Világos persze, hogy ez nem kizárólag Neuman leleménye, hanem egy meglehetősen virulens hagyomány, amelyet egyaránt előszeretettel alkalmaznak eme konkrét probléma esetében, és sok más tudományos kérdés tanulmányozása során is. A kérdésre adható rövid válasz: nem. Nem érdemes. A helyzet megértésének a kulcsa a logika és matematika természetének, valamint

tudományokban játszott szerepének megértése lehet. Ezúttal inkább mellőznénk az ezekkel a kérdésekkel foglalkozó – érdemben a logika és a matematika filozófiájával rekonstruálható – szerteágazó nézetek felidézését, és csak néhány releváns összefüggést említünk meg. Ilyeneket is kizárólag a logika/matematika és a tudományok kapcsolatának kérdéskörében.

Ebben a vonatkozásban meghatározó jelentőségűnek tekintjük Tóth Imrének, korunk egyik legjelentősebb matematikafilozófusának a nézeteit (Tóth 2008, Tóth 2011, Tóth–Staar 1990, Ropolyi 2020b). Tóth – főként az euklideszi és nemeuklideszi geometriák viszonyának bemutatásával illusztrált – felfogása szerint „a matematika alapja, a szubjektum szabadsága” (Tóth 2008, 10), az ember szabad, nem a logika, a matematika foglya, hanem a logika, a matematika alkotója. Nem logikai vagy matematikai kényszerek határozzák meg tudományterületeink alapelveiben való állásfoglalásainkat, hanem világnézeti – mindenekelőtt filozófiaiak. A „szubjektum szabadsága” a tudomány alapelveibe foglalt filozófiai döntések szabadsága. Efféle filozófiai állásfoglalásainknak természetesen vannak logikai és matematikai következményei. Választhatunk olyan világokat, amelyekben van mesterséges intelligencia, és olyanokat is, amelyekben nincs – és kialakíthatjuk az ezekben a világokban érvényes logikákat és matematikákat.

Filozófiai állásfoglalásainkban természetesen figyelembe vehetjük a korábbi döntéseink nyomán keletkezett korábbi logika és matematika elemzéseit, eredményeit és javaslatait. Ezek használata segíthet tudományterületünk aktuális világnézeti döntéseiben is. Használatukkal megismerhetővé válhat szabadságunk feltételrendszere, s választható, eldönthető alternatívák tárulhatnak eléink. A tulajdonképpeni tudományos tevékenység részeként végzett filozófiai tájékozódásunk során alkalmazott logikai és matematikai gondolatmenetek olyan helyzetekbe juttathatnak, amelyekben világossá válnak a filozófiai dilemmák, amelyeket képesek vagyunk megérteni és készek vagyunk eldönteni. Ilyenformán a logika és a matematika a tudományos munka fontos eszközei – de nem a tudományos alapfeltevéseket (ontológiai feltevéseket, elveket, célokat) meghatározó tényezők.

Efféle nézeteket természetesen nem csak Tóth Imre képviselt. Hasonló módon gondolkodott a kérdésről pl. Neumann János, aki – szöges ellentétben iskolatársával és élethosszig tartó barátjával Wigner Jenővel – kijelentette, hogy a matematika empirikus tudomány, vagyis meghatározott tapasztalati kör elemzése nyomán hozza létre a matematikus. Még határozottabban képviselte a jelenségek adott köréhez konstruált matematika szerepét egy-egy fizikai tudományterület fontos eszközeként Tisza László – hogy csak éppen kéznél lévő példákkal illusztráljuk a helyzetet.

Mindezek nyomán talán joggal mondhatjuk, hogy érdemes ugyan logikai és matematikai összefüggéseket alkalmazni egy-egy meghatározó jelentőségű tudományos állásfoglalás előkészítése során, de nem érdemes döntéseinket ezekre alapozni. Mindenekelőtt azért, mert – mint Tóth Imrétől tudhatjuk – a tudományos kutató szabad, nem a matematika foglya. A logika és matematika tételeiből – Gödel tételeiből is – egyaránt „következtethetünk” a mesterséges intelligencia létezésére és létezésének lehetetlenségére is. Jobban mondvá: Gödel tételeinek ismeretében egyaránt elfogadhatjuk a mesterséges intelligencia létezésének és nem-létezésének ontológiai elvét is. A tételek hozzásegítenek, hogy megértsük miben is kell döntenünk – de döntenünk így is és úgy is tudunk. Nincsen logikai kényszer. Pontosan ennek

a szituációnak az átélését látjuk a téma kutatóinak körében: vannak, akik a Gödel tételek ismeretében arra a döntésre jutnak, hogy mesterséges intelligencia nem lehetséges, mint pl. (Lucas 1961, Penrose 1994), mások pedig arra, hogy igenis lehetséges, lásd pl. a (Penrose–Lucas argument 2020) összefoglalást. Az eltérő állásfoglalások nem logikai vagy matematikai, hanem kizárólag világnézeti/filozófiai nézetkülönbségeken alapulnak.

Mindazonáltal az is lehetséges, hogy Gödel tételeit – vagy más tudományos alapkérdéseket érintő logikai vagy matematikai megállapításokat – nem pusztán logikai/matematikai tartalmakat hordozó kijelentéseknek, hanem világnézeti, filozófiai tartalmú deklarációknak, filozófiai téziseknek is tekintsük. Ekkor amellet kell érvelni, hogy Gödel tételei igazából univerzális ismeretelméleti megállapítások. Ebbéli minőségükben filozófiai viták tárgya lehet, hogy a világ teljes megismerhetőségének lehetetlenségét „bizonyítják” (igazából a filozófiában nincsenek bizonyítások, így talán jobb azt mondani, hogy „mellette érvelnek”), vagy inkább a megismerési folyamat végtelenítésének lehetőségével a megismerés minden határon túl való folytathatósága mellett szólnak. Ezügyben ezúttal megelégszünk annak a tapasztalatnak a rögzítésével, hogy a mesterséges intelligencia létezésének tárgyában Gödel tételeinek ismeretelméleti értelmezését követve is – szabad gondolkodóként – sorozatos filozófiai döntésekre kényszerülünk.

Neuman dolgozatának jelentős részében a Gödel tételek fizikai témákhoz és elméletekhez való kapcsolódásait ismerteti. A részletek alapos ismerete híján sajnálatos módon nem mindig válik világossá, hogy esetenként a tételek matematikai/logikai vagy episztemológiai értelmezései, illetve esetleg a két értelmezés együtt jelenik meg a szóban forgó illusztrációkban. Holott ettől is függ a kérdéskörnek a mesterséges intelligencia lehetőségességével kapcsolatos relevanciája. Mindemellet aligha lehetséges – és nem is érdemes – a fizikai megismerés sokféle aktuális korlátozottságát Gödel tételeire „visszavezetni”, vagy valamiféle közvetlen viszonyukat keresni. A fizikai megismerés korlátait számos különböző (diszciplináris, tapasztalati, elvi, ismeretelméleti, stb.) összefüggés determinálja. Gödel tételeinek közvetlen hatása jószerivel elenyésző – közvetett, világnézeti jelentősége már inkább jelen van. Ugyanakkor aligha volna egyszerű hatásosan érvelni amellet, hogy Gödel tételei bármely más tudományterülethez viszonyítva a fizikában fontosabb vagy világosabban érthető szerepet játszanak.

Szabálykövetés vagy szabálysértés szükséges-e az intelligencia létezéséhez?

Gödel tételei világossá tették, hogy meghatározott (általában észszerűen fennálló) feltételek mellett formális rendszerek nem lehetnek egyszerre teljesek és konzisztensek (következetesek, ellentmondásmentesek). Minden rendszerben megfogalmazható olyan kérdés, amelyet a rendszer szabályait követve nem tudunk megválaszolni. Megválaszolhatjuk azonban a rendszeren kívül állva, ilyenformán válaszhoz, valamint ennek igénybevételével egy új rendszerhez juthatunk s e procedúra folyhat tovább. Természetesen máris eltávolodtunk a tételek eredeti aritmetikai kontextusától és valamiféle ismeretelméleti konklúzió érdekében Gödel matematikai megállapításait filozófiai tartalmak hordozóiként értelmezzük. Ez az

eljárás alkalmas kritikai szemléletmód mellett lehet hasznos és sikeres – ezúttal azonban megelégszünk a tételek szerényebb mértékű általánosításával, annak érdekében, hogy a mesterséges intelligencia lehetőségéről mondhassunk valamit.

Ebből a szempontból hasznosnak tűnik a gödeli formális rendszert rögzített szabályaival jellemezni s a kijelentések értékelését, „bizonyítást” szabálykövető eljárásként elképzelni (ez a felfogás egyesekben felidézheti az ún. Turing gép metaforát). A számunkra érdekes kérdés ezek után úgy is megfogalmazható, hogy problémák megoldására törekedve vajon a szabálykövető („algoritmikus”) folyamatokhoz, vagy éppenséggel az egyes „érzékeny” esetekben a „megoldás” érdekében az ezektől való kényszerű és szükségyszerű eltérésekhez érdemes az intelligencia értelmezését telepíteni? Szabálykövetés vagy szabályszegés és új szabályok elfogadása (vagy létrehozása) az intelligencia tünete? Sem a helyzet, sem a helyzetben való állásfoglalás nem tűnik egyszerűnek. Különbféle rendszereink és a hozzájuk asszociált különféle műveleteink (nyugodjon békében Luhmann) az értelmezések sokaságát tartja napirenden. Vegyük észre, hogy ezekben az esetekben is arról van szó, hogy Gödel matematikai érvelése nem válaszol az intelligencia adott rendszerekben való létezésének vagy nem-létezésének kérdésére, hanem „csak” világosabbá teszi, hogy miben kell döntenünk, valamint, hogy milyen világnézeti következményei vannak döntéseinknek.

Számos klasszikus esetben foglaltunk úgy állást, hogy a szabálykövetés a mesterséges intelligencia tipikus eljárása: a sakkprogramok, alakfelismerő algoritmusok, hang- és képfelismerő eszközök, automatikus diagnosztikai eljárások, robotok számtalan változata működik így. Úgy tűnhet, hogy ezekben a szituációkban a teljesség és következetesség – a rendszerek rendeltetészerű működése mellett egyszerre érvényesülő elvek. Ám, ha ezek a rendszerek csődöt mondanak, akkor azt mondjuk: elromlottak, a rendszer tönkrement (azaz megváltozott), ily módon sérül a „következetessége”. Külső hatásra (felkészült programozó vagy műszerész igénybevételével) a (tulajdonképpen megváltoztatott rendszernek a) „következetessége” ismét érvényesül. Némileg profán megfogalmazásban azt is mondhatnánk, hogy Gödel tételei érvényesek gépeink karbantartásának értelmezésére is (nyugodjon békében Pirsig is).

Más rendszerek – pl. élőlények – esetében nehezebb helyzetben vagyunk. Ezekben az erősen összetett rendszerekben szabálykövető (pl. élettani) és szabálysértő (pl. természetes vagy kényszerített genetikai mutációk) folyamatok egyaránt zajlanak. Sem az élő rendszerek, sem az életjelenségek nem szoríthatók egykönnyen bele szabályok keretei közé, ha végül valahogyan mégis sikerül, akkor csakis (egy környezetnek tekintett) másik rendszerrel való kölcsönhatás révén értelmezhetők a szabályok: Ezek a nyílt rendszerek olyanok, mintha – az előbbi hasonlatnál maradván – folyamatos karbantartásra szorulnának. Talán azt is mondhatnánk, hogy a nyílt rendszerek eleve „tudják és alkalmazzák” Gödel tételét. (Dolgozatában Neuman is érdemben reflektál a zárt/nyílt rendszer dilemmájára.) Evidensnek látszik az is, hogy ha a klasszikus rendszerek esetében intelligenciáról beszéltünk, akkor ezt a nyílt rendszerek esetében is fenn kell tartanunk. Leírásához hasznosnak találjuk a természetes, vagy természeti intelligencia fogalmának alkalmazását.

Nyilvánvaló, hogy a szabálykövetés, szabályszegés, szabályalkotás szituációinak szerkezete és értelmezésük keretei tovább bonyolódnak az emberi élet, a társadalmi lét körülményei

között. Ilyenkor nagyon sok rendszer együttlétezéséről van szó, amelyek között a rendszerek minden említett változata előfordul, méghozzá nagy változatosságban és változékonyságban. Ilyenformán itt már nem is folyamatos karbantartásra van szükség, hanem folyamatos létesítésre, azaz az emberi életet és társadalmi létet létesítő (rendszerekbe szervezhető) viszonyok folyamatos konstrukciójára. A konstrukció követelménye Gödel tételeinek dilemmáit olyan mértékben meghaladja, hogy az emberi élet fenntartásának evidenciájaként gondolhatunk rájuk. Mindezek nyilvánvalóan értelmezhetők valamiféle intelligencia (pl. emberi, kollektív, „mesterséges”) megnyilvánulásának.

Végül Hegel szellemének adózva felismerhetjük a szabálykövetés, szabálysértés és szabályalkotás szerepét az emberi/társas megismerés fogalmi rendszereiben – ezzel egyúttal vissza is térünk gondolatmenetünk kiindulópontjához. Ismét világosabban értelmezhető formában állnak előttünk Gödel tételeinek megállapításai és következményeik. De vegyük észre, hogy nem minden fogalmi rendszer formális rendszer. Ha tekintetünket a megismerés valóságos folyamataira vetjük – mondjuk direkt ismeretelméleti, vagy kognitív tudományi szituációkat tanulmányozva az intelligencia értelmezésének számos dilemmájába ütközünk. Mit kezdjünk például a tudatosság, az intencionalitás, az intuíció, a képzelet, az érzelem – vagy akár a mindenütt jelen lévő értelmezés fogalmaival? Mindezekről most nyilván nem lehet szó – ehelyett mintegy illusztrációként megemlítünk két olyan problémakört, amelyek gyakori témái a mesterséges intelligencia kutatóinak.

A mesterséges intelligencia konstrukciói kapcsán régóta súlyos gondokat okoz a logikai indukció problémája. Egy formális rendszerben csak szabálykövető eljárások, vagy esetleg szabályalkotó folyamatok is végbe mehetnek gépesített, automatizált formában? Utóbbihoz arra van szükség, hogy a „program” magától felismerjen a működésének bázisát alkotó adathalmazban érvényesülő valamilyen univerzális összefüggést. Hogy képes legyen az induktív általánosításra, képes legyen „felfedezésre”. Sokan tekintenek erre a követelményre úgy, mint a mesterséges intelligencia létezésének tulajdonképpeni feltételére. Ez igazán ambiciózus törekvés, tekintetbe véve a bármiféle indukció érvényességét vitató népszerű ismeretelméleti pozíciókat. Ezügyben az első fecske a Simon és munkatársai által létrehozott BACON program volt – amelyik állítólag képesnek bizonyult korabeli csillagászati adatokból a Kepler törvények felismerésére (Simon 1977). Mindazonáltal az indukciós kritérium azóta is riasztóan hangzik.

Számtalan gondolatmenetben megjelenik a gondolkodó gépek problémája, mint a mesterséges intelligencia eminens problémaköre. Képesek-e a gépek gondolkodásra, milyen értelemben és milyen feltételek mellett, milyen változatban és milyen következményekkel? (Selinger 2003, Selinger-Dreyfus-Collins 2007, Csepeli 2020) Itt és most nincs lehetőségünk ezt a témát érdemben bemutatni – annak viszont talán van értelme, hogy felhívjuk a figyelmet egy általunk alapvetőnek tekintett különbségre: a gondolkodás és a gondolás különbségére. (Ropolyi 1997/98, Ropolyi 2012) Ezeket eltérő mentális tevékenységeknek tekintjük: a gondolkodás egy mentális térben zajló, szabálykövető folyamat, a gondolás (az állapot, hogy én most ezt és ezt gondolom, erre gondolok), viszont nyugalom, a megérkezés és azonosulás állapota. A gondolkodás az ész műve, a gondolás a személyiség egészének terméke. Összefüggenek, kölcsönösen konstruálják egymást, amiként állapotok fűzére egy folyamat és

folyamatok összefonódása az állapot. Igénybevételükkel differenciáltabban tudjuk értelmezni a gépi gondolkodást: a gépek gondolkodása (mint a gépi rendszer állapotain futó „gödeli” algoritmus) valamilyen formában akkor is lehetséges, ha a személyiség létéhez kötött gondolás nem. Legalábbis mindaddig, amíg nem jönnek létre személyiséggel rendelkező gépezetek.

Vannak-e az intelligenciának különféle változatai?

A fentebb előadottakból evidensen kitűnik, hogy a válasz: igen. Az intelligencia különféle rendszerek különféle összetevői és problémái, ill. különféle folyamatai az intelligencia sok változatának értelmezésére vezetnek. Az eddigiekből talán kitűnt, hogy Gödel tételeinek tanulmányozása éppen abban segíti az intelligencia kutatóját, hogy világossá váljon számára: az intelligencia létezése, illetve nem létezése, fajtáinak és formáinak azonosítása saját világnézeti állásfoglalásán múlik. Mindazonáltal fennáll a veszélye, hogy ha pragmatista alapon választunk definíciót (Neuman 2020, 124), akkor éppen a Gödel tételek mondanivalóit mellőzzük. Indokoltabbnak tűnik talán a szabálykövetés/szabálykonstrukció megfontolásai nyomán definíciókat keresni.

A feladat megoldásának körvonalait a (Ropolyi 2020a), valamint a (Fehér 1993), (Bayer 2020), (Gerencsér 2020) és (Csepeli 2020) írások alapján a következőképpen képzelhetjük el.

Hasznosnak látszik az intelligencia 3 változatát világosan megkülönböztetni. Mindenekelőtt beszélnünk kell *természetes* (természetadta, vagy természeti) intelligenciáról amelyik az élővilág létezői által hordozott adottság. Alaposan megfontolva a természetes és mesterséges fogalmak értelmezésének változatait és lehorgonyozva Arisztotelész álláspontja mellett, beszélnünk kell *mesterséges* intelligenciáról is, amelyik nem hordozza magában a mozgás és nyugalom elvét, amelyik nem terem, hanem amelyiket létrehoznak, termelnek, konstruálnak, mesterségesen állítanak elő. Ilyen intelligenciával rendelkezhetnek az ember által létrehozott képződmények és organizmusok, gépek, robotok, intézmények, közösségek, és effélék. Antropológiai előfeltevéssük szerint az ember önteremtő lény: természetes, természetadta meghatározottságait (amelyek maguktól jönnek létre) célszerű tevékenységének tárgyává teszi – folyamatos munkával állítja elő saját magát. Az ember tehát természetes és mesterséges meghatározottságokkal egyaránt rendelkezik, paradox módon mesterséges természete van. Ez azt is jelenti, hogy az intelligencia harmadik változata, az *emberi* intelligencia természetes és mesterséges egyszerre. Triviális parafrázissal élve: az ember nem születik, hanem azzá teszi magát. Éppen ez a kettős identitása, kettős meghatározottsága teszi képessé az élővilág és a mesterséges konstrukciók világa közötti – végtelen sok elemzés tárgyát képező – közvetítésre. Emiatt a világ mindig és csakis az ember világa. Nem csak arról van szó, hogy az embernek van világa, hanem arról is, hogy a világ az így felfogott emberen nyugszik.

*

A talán túlságosan is magasztos gondolatvilágból alighanem célszerű visszatérni az aktuális feladathoz és Neuman Péter dolgozatára utalva elköszönni az olvasótól. Ezt a következőképpen képzeljük el. A dolgozat elején találkozunk Alan Sokal véleményével, amelyben jól le akarja

leplezni a konstruktivista tudományfelfogást – végül is mindenféle konstruktivizmust. Rövid gondoltmenetünket azzal szeretnénk zárni, hogy álláspontját kinevetjük és hitet teszünk a konstrukcióknak az emberi világban betöltött meghatározó és nagyon is értelmes jelenléte mellett. Sokal azt mondja, hogy „akik úgy gondolják, hogy a fizika törvényei társadalmi konvenciók csupán, próbáljanak meg kilépni ezekből a konvenciókból a 21. emeleti lakásom ablakán át.” Mulatságos, hogy nem veszi észre: a tudományokban érvényesített konvenciók nem a gravitáció létezésére és törvényszerű összefüggéseire, hanem értelmezése és természete adott módjára vonatkoznak. Bizony mondom, jól elhibázta. Haszontalan és megtévesztő a feltétlenül és változatlan formában érvényesülő, és az fizikus számára ekként feltáruló természeti törvényekről beszélni. Arisztotelész, Newton és Einstein egészen mást „konstrukciókat” látott a testek közötti kapcsolatok világában, de ennek ellenére egyikőjük se volt bolond, sőt, még csak nem is tévedett. Amiként haszontalan és megtévesztő volna az intelligencia valamiféle örök és változatlan, és mondjuk a Gödel tételek révén feltáruló meghatározottságairól beszélni. Nem. Egy élőlény, egy számítógép, egy ember számára az intelligencia más – annak ellenére, hogy identitásuk és integritásuk forrása.

Irodalom

- Bayer József (2020): A „második gépkorszak” társadalmi kihívásai. *Szabad Piac* 2020/1, 20-37.
- Csepeli György (2020): *Ember 2.0. A mesterséges intelligencia gazdasági és társadalmi hatásai*. Kossuth & Felsőbbfokú Tanulmányok Intézete, Budapest.
- Fehér Márta (1993): The Natural and the Artificial. *Periodica Polytechnica. Humanities and Social Sciences* 1(1), 67-76.
- Gerencsér Péter (2020): Második természet? Mesterséges intelligencia az újmédia-művészetben. *Szabad Piac* 2020/1, 73-90.
- Hofstadter, Douglas R. (1979/1999): *Gödel, Escher, Bach. Egybefont Gondolatok Birodalma. Metaforikus fuga tudatra és gépekre, Lewis Carroll szellemében*. (Fordította: Lipovszki Gábor). Typotex, Budapest.
- Lucas, John R. (1961): Minds, Machines and Gödel. *Philosophy* 36, 112–127.
- Neuman Péter (2020): Naív gondolatok Gödel nemteljességi tételei és a mesterséges intelligencia lehetetlenségének kapcsolatáról. *Szabad Piac* 2020/1, 124-129.
- Penrose, Roger (1994): *Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness*. Oxford University Press, Oxford.
- Penrose–Lucas argument. *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Penrose%E2%80%93Lucas_argument (Elérve. 2020. november 15.)
- Ropolyi László (1997/98): Mit jelent gondolni? *Magyar Pszichológiai Szemle* LIII. (37), 1-4, 177-187,
- Ropolyi László (2012): What is Called „Thinking of”? – Ideas for Thinking. 61-73, in: *Systems of Logic and the Construction of Order*, Eds.: S. Kreidler, G. Fleck, L. R., D. Eigner, Frankfurt am Main, Peter Lang.
- Ropolyi László (2020a): MI van az ibolyán messze túl? *Szabad Piac* 2020/1, 38-49.
- Ropolyi László (2020b): A filozófia felszabadítása: Tóth Imre Zénón dichotómia apóriájának értelmezéséről. (kézirat megjelenés alatt).
- Selinger, Evan (2003): The necessity of embodiment: The Dreyfus–Collins debate. *Philosophy Today* 47(3), 266–279.
- Selinger, Evan, Dreyfus, Hubert & Collins, Harry (2007): Interactional expertise and embodiment. *Studies in History and Philosophy of Science* 38, 722-740.
- Simon, Herbert A. (1977): *Models of Discovery*. Dordrecht, Reidel.
- Tóth Imre (2008): A szubjektum és szabadsága. A matematika alapjairól. (Interjú) *Mérleg* 44(1–2). 122–150. (Részletek: In memoriam Tóth Imre (1921–2010). A szubjektum és szabadsága. A matematika alapjairól. Interjú Tóth Imrével. *Ponticulus Hungaricus* XIV(5). 2010. http://members.iif.hu/visontay/ponticulus/rovatok/hidverok/inmem_toth_imre.html
- Tóth Imre (2011): *Szabadság és igazság*. Typotex Kiadó, Budapest.
- Tóth Imre – Staar Gyula (1990): Matematika és szabadság. 81–116, in: Staar Gy. (szerk.): *A megélt matematika*. Gondolat Kiadó, Budapest.