

Válasz Prof. Dr. Benedek Csaba, MTA doktora, bírálataira

Doktori értekezés címe:

Intellektualizált kiber-fizikai rendszerek kognitív tervezésének megalapozása és fejlesztése
(Underpinning and advancing cognitive engineering of intellectualized cyber-physical systems)

Általános megjegyzések:

Nagy érdeklődéssel olvastam tárgyilagos, célirányos és mély koncepcionális átgondolást tükröző bírálatát, ami nagyon sok gondolatébresztő és továbbmutató megállapítást is tartalmaz. Köszönöm értékes gondolatait és pozitív véleményét az új elméleti és módszertani eredményekről, amelyek, meglátása szerint is, hozzájárulni igyekeznek a kiber-fizikai rendszerek jövője szempontjából kritikusan fontos kognitív tervezés megalapozása és fejlesztése tekintetében. Örömmel töltött el, hogy a nyilvános védés kitűzését javasolta és a dolgozat eredményeit elegendőnek tartja az MTA doktori cím megszerzéséhez.

Különösképpen megragadta figyelmemet az a megállapítása, hogy a disszertáció “az erősen interdiszciplináris témaválasztáson túl számos formai és tartalmi szempont alapján is különlegesnek számít az MTA MTO-hoz benyújtott doktori művek között, így értékelése is rendhagyó megközelítést igényel.” Ugyanakkor, érveléséből és megjegyzéseiből kiérezhető az az álláspontja, hogy a disszertáció tartalmának és megközelítésének különbözősége nem feltétlenül jelenti annak hibásságát, hanem csak a másságát. Írott bírálatában e különbözőségek nagyrészt meg is említette. Az erre vonatkozó megjegyzéseivel egyetérték. Meglátásom szerint a műszaki tudományok keresztdiszciplináris (a tudományterületek diszciplináris határain túlnyúló és azok tudásanyagát és módszereit szintetizáló), posztdiszciplináris (a tudományterületek határait lebontó és a hangsúlyt egy konglomerátum tudományos terület általánosabb problémáira helyező), és transzdiszciplináris (tudományos szakterületi kutatók és nem-tudományos szakmai és társadalmi entitások együttműködésén alapuló, ismeretet/tudást problematika-orientált egységbe hozó) konvergenciájának folyamata egy öngerjesztő irányvonallá (trenddé) vált, aminek következményeként felmerült az igény az ennek megfelelő szemléleti elvek előtérbe helyezésére és következetes értékelési szempontok kidolgozására és alkalmazására. Ez a jelenlegi és a közeljövő műszaki tudománya fejlesztésének és szervezésének napi feladataként testesül meg.

A transzdiszciplináris kutatások feltáró szakaszához tartozó és annak kutató-kollektívák általi kidolgozását előkészítő és igénylő kutatómunkám (és a disszertáció) ténylegesen nem a műszaki tudományok hagyományos (monodiszciplináris és redukcionista) módszertani elveit követi, hanem egy az intellektualizált rendszerek kognitív tervezésével összefüggő holisztikus megközelítést. Emellett, az eredmények közzététele sem tükrözi a műszaki területen szigorúan megszokott (i) problémafelvetés, (ii) javasolt megoldás a szakirodalmi módszerek kontextusában, (iii) bizonyítási módszer meghatározása, és (iv) eredmények ismertetése struktúráját. Ez utóbbinak is, a transzdiszciplináris irányultság mellett, a KFR-ek kognitív tervezésére és annak módszertanára való összpontosítás és az ehhez kapcsolódó tudáseméleti problematikákkal való foglalkozás az oka.

Köszönöm az arra vonatkozó megállapítását, hogy tartalmi szempontból a disszertáció “nagyon alapos és jelentős mértékű tudományos munkát foglal össze, a szakirodalom átfogó ismeretén alapul és számos ponton fogalmaz meg előrelépéseket, új megközelítésű tervezési

lépéseket.”, valamint hogy az “formai és szerkesztési szempontból is magas minőségű”. A Bíráló azt is megfigyelte, hogy míg a magyar nyelvű téziszfűzetben tézisekként, az angol nyelvű disszertációban és téziszfűzetben proposícióként (‘proposition’) hivatkoztam a tudományos érdeklődésre számot tartó állításaimra, amelyeket az utóbbi hat évben született eredményeim és tudományos közleményeim alapján fogalmaztam meg. Véleményem szerint a fogalom kifejezőbben írja le a transzdiszciplináris kutatás feltáró szakaszában elért eredmények lényegét, mint a ‘tézis’ fogalma, bár az MTA Doktori Szabályzatában erre utalást nem találtam. Ezzel kapcsolatban következőket jegyzem meg:

Mint tudományos eredmény közvetítője, a proposíció fogalma nem újkeletű. A tudományos irodalomban mintegy 60 évre tekint vissza (lásd: Whitehead, A.N. (1961). *Adventures of Ideas*. Cambridge University Press, Cambridge). Használata a tudományos célok és megközelítések változása miatt került ismételten előtérbe. A kortárs tudományfilozófia álláspontja szerint a proposíciók származtatott ítéletet vagy logikailag alátámasztott véleményt kifejező állítások. Más szóval, olyan egyedi informatív kijelentések, amelyek lehetséges válaszokat fogalmaznak meg (fejtenek ki) összetett techno-szociál-tudományos kérdésekre és – emellett - újszerű tevékenységi modelleket vagy cselekvési terveket javasolnak vagy ajánlanak fel. A proposíciók tartalma megerősít vagy elutasít valamit, ami képes funkcionálisan igaz vagy hamis lenni (függetlenül a javaslat tétel szubjektív szempontjaitól). Gyakorlati célját tekintve, a proposíció egy összetett feladat megoldására vagy tevékenység végrehajtására vonatkozó javaslat, eredmény, vagy tapasztalat megragadására szolgáló állítás, amely a következményeivel együtt megvitatható. Mint konkrét példát megemlítem, hogy ezt a behatárolást a Delft-i Műszaki Egyetem Doktori Szabályzata részletesen tárgyalja.

A vonatkozó szakirodalom a proposíciókat olyan meghatározott kontextusokban értelmezett igazság- és érték hordozóknak tekinti, amelyek tudományos értékét a gondosan megfontolt vélemény vagy ítélet adja. Ebből kifolyólag a poszt-diszciplináris és transzdiszciplináris kutatás feltáró szakasza eredményeinek átadására alkalmasnak tekinti és szorgalmazza alkalmazásukat a tudományos közlemények következtetési részeiben. A feltárt tények és összefüggések alapján, egy proposíció a megfontolandó, elfogadandó, kiaknázandó, vagy elvégzendő dolog felajánlása vagy javaslata tekintetében rendszerint önmaga logikai igazolását tartalmazza.

A proposíció szöveges megfogalmazása, vagy szimbólikus leírása, nem szinonimája a nyelvi mondatoknak, de az olyan dolgoknak sem, mint a koncepció, elmélet, ötlet, nyilatkozat, hipotézis, tézis, érv, axióma, feltevés, vagy posztulátum fogalma. A proposíciók értékmegítélésének egyik eszköze a demonstrált elméleti következetesség, a másik az összetett probléma-megoldási hasznosság (gyakorlati életképesség) kiértékelése. Ugyanakkor azt is tárgyilagosan meg kell jegyezni, hogy a fentebb említett tudományos kutatási megközelítések feltáró szakaszához kötődő proposíciók helytállóságának, értékmérőinek, és hasznosíthatóságának lakmuszpróbát kiálló meghatározása a nézőpontok különbözősége miatt még nem zárult le. Csak egy érdekes idézetként említem meg, hogy az ‘Adventures of Ideas’ munkájában Whitehead, A.N. a következőt írta: “It is more important that a proposition be interesting than that it be true.”

Konkrét válaszok a tézisekkel kapcsolatban felmerült kérdésekre:

1. tézis: “Az az állítás, hogy a paradigmatiság sajátosságprofilok használata előnyösebb, mint korábbi megoldások, milyen feladat/problémakörre érvényes, és ezt milyen egzakt

módszerrel lehet bizonyítani? A bevezetett 16 paradigmaticus rendszersajátosság (PRS) közül ki tud emelni néhányat, amelyiket különösen jelentősnek tart, egy-egy szemléletes gyakorlati példán keresztül bemutatva?”

A paradigmaticus sajátosságprofilok használata három dolog meghatározását teszi lehetővé, nevezetesen, hogy: (i) egy adott műszaki rendszer a kiber-fizikai rendszerek osztályába besorolható-e vagy sem, (ii) az adott rendszer milyen (kvalitatív és/vagy kvantitatív) mértékben tartozik a rendszerek említett osztályába, és (iii) mely paradigmaticus sajátosságok megváltoztatásával lehet az adott rendszer kiber-fizikai jellegét fejleszteni. Az első dologra példa annak eldöntése, hogy egy laptop számítógép, egy önvezető gépjármű, vagy egy rehabilitációt támogató humanoid robot a paradigmaticus sajátosságai tükrében kiber-fizikai rendszer-e vagy sem. A második dologra példa annak meghatározása, hogy egy vészhelyzetet (például, toronyház tüzet) kezelő műszaki rendszer milyen működési követelményeknek tud a paradigmaticus sajátosságai alapján megfelelni. A harmadik dologra példa annak feltárása, hogy egy rendszert (például, egy meglévő forgalomirányító rendszert) milyen kognitív képességekkel kell ellátni ahhoz, hogy önadaptáló és/vagy önfejlesztő (evolváló) legyen. A javasolt módszer a kiber-fizikai rendszerek egyetemi mester-szintű (holisztikus) oktatásában, valamint doktori kutatások eredményeit képviselő (részleges vagy teljes prototípus) rendszerek szükséges jellemzőinek behatárolásában került felhasználására. A PRS megközelítés előnyösségének egzakt módszerrel történő bizonyításával nem foglalkoztunk, ugyanakkor az említett példák gyakorlati igazolást adtak.

A paradigmaticus sajátosságok kompozíciós jellege miatt nem tudok egyet vagy néhányat, mint legfontosabbat, kiemelni. A paradigmaticus sajátosságok összességének vonatkoztathatósága és a megfelelés specifikus értékei együttesen adják meg, hogy mi és mennyire nevezhető kiber-fizikai rendszernek. A tárgyilagosság érdekében azonban e helyen meg kell jegyezni, hogy nagyjából egy évtizeddel ezelőtt, csak a (tradicionális jellegű) kiber-fizikai rendszerek koncepciója volt ismert. A disszertációban és az azt megelőző publikációkban közölt paradigmaticus sajátosság struktúra ezekre a tradicionális (első-generációs) rendszerekre lett kidolgozva. A téma terület közismert gyors fejlődése miatt, ma már a kognitív-kiber-fizikai-szociális-humán rendszerekről beszélünk. Az ezekre való teljeskörű alkalmazhatóság az értekezésben ismertetett sajátosság struktúra részleges átdolgozását (kiegészítését) igényli. Azonban, a módszertani megközelítés lényege változatlan marad. Ez utal a megközelítés elméleti alátámasztottságára, ugyanúgy mint annak gyakorlati hasznosíthatóságára.

- 2. tézis:** “A leírás végén említett alkalmazások közül melyek voltak a tézis eredményeit használó legérdekesebb fejlesztési projektek, és ezek milyen módon profitáltak az új elméleti eredményekből?”

Ph.D. hallgatókkal és a konzultálásukban érintett munkatársaimmal hét prototípus rendszer kognitív tervezését és demonstrációs/tesztelési szinten való fejlesztését hajtottuk végre a disszertáció kidolgozását megelőzően. E munkák eredményeit a Ph.D. hallgatók könyvei, folyóirat és konferencia publikációi részletesen tárgyalják. Az Interneten való visszakeresés elősegítése érdekében az érintett Ph.D. tézisek témáinak megnevezését az eredeti angol megfogalmazásban adom meg (a zárójelben a Ph.D. tézis szerzőjének neve és a munka kezdetének időpontja szerepel):

- a. Cyber-physical solution for an engagement enhancing rehabilitation system (dr. Chong Li, 2016).

- b. System-level feature-based modeling of cyber-physical systems: A theoretical framework and methodological fundamentals (dr. Sahab Pourtalebi, 2017)
- c. Exploring the role of system operation modes in failure analysis in the context of first generation cyber-physical systems (dr. Santiago Ruiz Arenas, 2018).
- d. Information engineering for supporting situation awareness of nautical traffic management operators (dr. Ellemieke van Doorn, 2018).
- e. Adaptable framework methodology for designing human-robot coproduction (dr. Argun Çençen, 2019)
- f. Utilizing dynamic context semantics in smart behavior of informing cyber-physical systems (dr. Yongzhe Li, 2019).
- g. Designing an active recommender framework to support the development of reasoning mechanisms for smart cyber-physical systems (dr. Sirasak Tepjit, 2022).

A fenti munkák konkrét alkalmazás-orientált prototípus rendszerek kidolgozását tűzték ki célul. Ezek megalapozásában felhasználásra került a rendszerek paradigmatisz sajátságokkal való behatárolása, a KFR-ek funkcionális tervezésére kidolgozott model, az abduktív jellegű procedúrális következtető mechanizmus koncepciója, a prognosztikus rendszergondolkodás elvei, a számítógépes tanulási módszerek adaptálása, a működési idő alatt létrehozott döntési model koncepciója, és az embernek intellektualizált rendszerekkel való interakciójának elvei. Ezekkel a disszertáció összeállítását megelőző publikációk foglalkoztak. Ugyanakkor, a Ph.D. kutatásban elért konkrét gyakorlati eredmények általánosítása elvezetett a kognitív tervezés több, rendszer-független elvének megfogalmazásához, és a probléma-megoldó és önfejlesztő tudás megértésének és kezelésének alapvető kérdéseire.

- 3. tézis:** “Milyen módszerrel került bizonyításra az a megállapítás, hogy az önszerveződő képesség és az önintelligencia képességének mértéke általános indikátorként használható?”

A felismeréshez és a feltételezéshez alkalmazott módszer egyszerű analógia feltárás (vagy analógiás gondolkodás) volt. Abból indultunk ki, hogy az ember intelligens viselkedésében két dolog játszik meghatározó szerepet, nevezetesen (i) a viselkedésnek az emberi agy/elme által való átfogó irányítása az érzékelési, értelmezési, és érzelem kiváltási képességek bevonásával, és (ii) a test egészének célirányos szervezése az intelligens működés megvalósítása érdekében. Ha intelligens rendszerek felé haladunk, az emberi intelligencia ad egy természetes modellt. Ezt a megállapítás formális igazolása nélkül axiomatikus értelmezésként fogadtuk el. Az általános indikátorként való használhatóság feltevésének formális igazolása csak közvetetten és csak matematikai statisztikai módszerek alkalmazásával lenne lehetséges, annak vizsgálata alapján, hogy vannak-e olyan (1G, 2G, 3G és 4G) KFR-ek, amelyek a két feltevés alapján nem sorolhatók be valamelyik kategóriába.

- 4. tézis:** “Milyen konkrét gyakorlati példát tudna adni annak demonstrálására, hogy a KFR-ek szintetikus rendszertudása nem tartozik a korábbi tudásfajták (ABGD) egyik kategóriájába sem?”

Az ABGD tudásfajták emberi értelmezésen (létrehozáson, szemantikán, jelentésen) alapszanak. A szintetikus rendszertudás ettől eltér. Nagyon sok olyan példát lehet említeni, amelyek lényege, hogy a számítógépes feldolgozás szempontjából információt hordozó ismeretelem, vagyis egy digitálisan megragadott szignál, adat, információ,

tudásdarabka ('chunk of knowledge'), vagy meta-tudás nem rendelkezik emberi szemantikával. Ez abból ered, hogy az előbb említett ismeretelemek jelentése a számítógépes feldolgozás igényelte model vagy kódolás miatt elveszik, vagy jelentésnélkülivé válik. Ez tipikusan a genetikai algoritmusokra és az úgynevezett szub-szimbólikus leírással működő tanulási és következtetési mechanizmusokra, például a mesterséges neurális háló struktúrákra, jellemző. Ezeket gyakran alkalmazzák KFR-ekben. Az utóbbiak igazából implicit algoritmusokat hoznak létre a háló csomópontjaira generált súlyértékekkel. Az értekezés kidolgozását követően, a tudományos élet (pontosabban a mesterséges intelligencia kutatás és fejlesztés) újabb gyakorlati példát hozott a szintetikus rendszertudásra, nevezetesen a nagy nyelvi modellek szöveg, hang, és kép kódolási sémáin keresztül.

5. tézis: "Mi a fő különbség a gnoszeológia és az ismeretelmélet között? Tudna szemléletes példát hozni a szimpérazmológia koncepció gyakorlati hasznosítására?"

Egy leegyszerűsített és rövid válasz lehetne, hogy a tudáselmélet (gnoszeológia) a tudás megszerzés és alkalmazás folyamatáról és lényegéről, míg az ismeretelmélet (episztemológia) inkább a tudás forrásairól, felépítéséről és igazolásáról szól. Azonban ez a megfogalmazás lényeges különbségeket hanyagol el. Az ismeretelmélet a tudományfilozófiában a tudáselmélet része és a (i) tesztelhető tudás hatókörére, forrásaira és eredendő korlátaira, (ii) az ilyen jellegű tudás megszerzésének eszközeire, és (iii) a tudás megszerzésével kapcsolatos folyamatokra koncentrál. Konkrétabb részletekbe menve, ezen érdeklődési területek (i) eltérő gyökereken fejlődtek ki, (ii) különböző tudás (ismeret) fajtára összpontosítanak, (iii) más vizsgálati kérdéseket vetnek fel, és (iv) különböző célokat tartanak szem előtt. Ugyanakkor, közös bennük a spekulatív gondolkodásra utaltság. A filozófiai gyökerek tekintetében a tudáselmélet a szláv és kontinentális gondolkodási hagyományokat követi, míg az ismeretelmélet az anglo-amerikai gondolkodási tradíciókat tükrözi vissza.

A tudáselmélet vizsgálati kérdései az emberi tudás általános jelenségeire (például a tudásra való képesség természetére, a tudó alany és a tudott dolog közötti kapcsolatra, a szubjektív vélelmezés ('belief') szerepére és következményeire, vagy az emberi megismerés határaitra fókuszál tágabb és gyakran metafizikaibb jelleggel. A tudáselméleti vizsgálatok tárgya az eredendő (szubjektív) emberi tudás, amely egyrészt az emberi érzékszerveken keresztül képződik, másrészt az emberi agyműködéssel létrehozott (elképzelt, felmerülő, visszanyert, intuitív, heurisztikus, stb.) tudásminőségeket és struktúrákat vizsgálja, figyelembevéve az emberi agy/elme kognitív, illetve szemantikus folyamatait. A tudáselmélet végső célja annak tisztázása és rendszerezése, hogy milyen feltételek mellett lehetséges az emberi tudás és az hogyan kapcsolódik a meg tapasztalható és elképzelt valósághoz.

Az ismeretelmélet az általánosított (objektív) emberi tudományos ismeretekkel foglalkozik. Az ismeretelmélet kulcskérdései között tipikusan a következőket említik: (i) mit jelent tudni és nem csak hinni valamit, (ii) melyek a tudás szükséges és elégséges feltételei, (iii) tudhatunk-e valamit biztosan, (iv) mi számít jó oknak vagy bizonyítéknak egy meggyőződés mellett, (v) hogyan kapcsolódik az igazolás (justification) az igazsághoz, (vi) milyen szerepet játszik az indoklás, és (vii) vannak-e dolgok amiket nem tudunk tudni. Az ismeretelmélet végső célja, hogy megbízható keretet hozzon létre az igazság és a valóság viszonyának megértéséhez, és tisztázza, mit jelent valamit értelmes és megbízható módon tudni.

A szimpérazmológia koncepciójának gyakorlati hasznosítására vonatkozólag a következő példát említem meg: A szimpérazmológia, mint az erre képes műszaki rendszerek által létrehozott szintetikus tudás filozófiai (ontológiai és módszertani) spekuláción túlmenő, a gyakorlati (praxiológiai) kérdések tanulmányozására is javasolt újszerű vizsgálati ága, a szintetikus tudás tulajdonságainak tanulmányozását kiegészítve, a megoldandó problémák és a rendelkezésre álló szintetikus tudás viszonyával, vagyis az utóbbi megfelelőségének, teljességének, képességeinek, hiányosságainak, stb., is foglalkozik. Az elsőként említett tulajdonság vizsgálatot kiegészítő viszony-elemzés választ adhat arra a kérdésre, hogy egy intellektualizált KFR tanuláson alapuló, probléma-megoldást szolgáló következtető mechanizmusához kapcsolódó tudásállomány megfelelő-e egy adott probléma teljeskörű és megbízható megoldására. Napjaink gyakorlatából véve egy példát: Egy nagy nyelvi modelen alapuló, ajánlásokat adó KFR esetében meg lehet becsülni, hogy mi a szükséges tanítási küszöb, ami a megfelelő probléma megoldás érdekében szükséges, és hol van a tanulási plafon, ami esetében - a túltanulási jelenség elkerülése érdekében - az automatizált tanítási folyamat leállítandó. A szimpérazmológiai elemzés elveket, szabályokat, és formális eljárásokat javasolna, vagy tapasztalati tényeket fogalmazna meg erre a célra, nem egy adott rendszer, hanem a rendszerek egy adott kategóriaájának figyelembevételével.

- 6. tézis:** “Mi lehet a prognosztikus rendszerszemléletű gondolkodáshoz kapcsolódóan bevezetett tizenegy új, előrehaladással összefüggő koncepció hasznosításának módja az alkalmazások felé? (Pl. szabványok létrehozása?)”

Abból indulhatunk ki, hogy a prognosztikus rendszerszemléletű gondolkodás kifejezetten a komplex rendszerek jövőbeli megvalósulásának és eredményeinek előrejelzését és befolyásolását jelenti. Vagyis túlmutat a rendszerek leíró jellegű megértésén vagy a felmerülő problémák diagnosztikai jellegű megoldásán, mivelhogy célja a lehetséges jövőbeli események előrejelzése és adaptív, rugalmas stratégiák kidolgozása. A szükséges ismeret intenzitás miatt, ennek támogatása számítógéppel segített rendszer(ek) kifejlesztését elengedhetetlenné teszi. Ugyanakkor, ilyen eszközök kereskedelmi forgalomban még nem állnak rendelkezésre intellektualizált rendszerek (például kibernetikai rendszerek vagy szociotechnikai rendszerek) növekedési vagy fejlődési lehetőségeinek és korlátaiknak elemzésére. Egy analóg példa lehet a 'Systems-Oriented Concept Map Extension' (SOCME) - azaz, rendszerorientált fogalomtérkép-kiterjesztés - nevű eszköz, amelyet a kémia területén széleskörben használnak, és amely segít a rendszeren belüli és rendszerek közötti interakciók feltárásában, megértésében és tervezésében, valamint a technológiai és működési komplexitások kezelésében. A SOCME rendszert egyaránt használják az ipari gyakorlatban és az akadémiai oktatásban. A disszertációban tárgyalt hagyományos és progresszív fogalmi pillérek együttesen azonosítják a főbb figyelemponthoz, például egy tervezés alatt álló következő-generációs KFR fenntarthatóság-orientált vizsgálatához kapcsolódva. A disszertáció 6. fejezetének alapjául szolgáló folyóiratcikkben meghatározott konkrét tényezők ('concerns') alkalmasak olyan vizsgálati kérdések megvitatására és kiértékelésére, amelyeket például egy transzdiszciplináris kutatási projektben vagy egy ilyen jellegű rendszerfejlesztési projektben érdekelt és résztvevő felek feldolgozhatnak. Egy ilyen számítógépi segédeszközt akár egyetlen független rendszerelemző, akár egy rendszerinnovációban érdekelt csapat is használhatja.

- 7. tézis:** “Milyen konkrét műveletet ért azon (például), hogy a rendszerszintű szintetikus probléma-megoldó tudás hasonló jellegű KFR-ek között kiaknázható?”

A mesterséges intelligencia kutatásának meghatározott területein (pl. transfertanulás, generatív mesterséges intelligencia) rohamosan terjednek a szintetikus rendszerismeretek átadására szolgáló koncepciók és technikai megoldások, nemcsak modell, hanem ismeretlerakat (knowledge repository) szinten is. A (mesterségesen előállított) szintetikus rendszerismeret egyik formáját a szintetikus adatok képviselik, amelyeket a valós adatok helyettesítésére állítanak elő a rendszerprogramozók vagy a betanító mechanizmusok. Ez történik például a nagy nyelvi modellek esetében is, amelyek tanulási hatékonyságának növelésére - a megerősítéses tanulás elősegítése céljából - a problémamegoldás sikeres eredményeihez tartozó adatokat újrafelhasználják az eredeti tanítási adatállomány kiegészítéseként. Ugyanakkor, hogy egy másik gyakorlati példát említsek, korlátokba ütközik az adatok átvitele egy a daganatok MRI-vizsgálatokban történő kimutatására megtanított modellről egy CT-vizsgálatokkal működő modellre. Vagyis, a tanítási adatok átvitele a hasonló szerkezetű mélytanulási hálózatok esetében közvetlenül lehetséges, míg eltérő struktúrák esetén átalakítás szükséges, ha az átvitel egyáltalán lehetséges. Az átvitel alapfeltétele a következtetési mechanizmusok kompatibilitása. Nagyobb kihívás az olyan valódi szintetikus tudásnak az átvitele, amit a rendszerek önállóan tanulnak meg, vagy következtetnek ki az alkalmazási problémamegoldás során. Ebben az esetben nem csak szintaktikai megfelelésnek, hanem (az alkalmazástól függő) szemantikai megfelelésnek is eleget kell tenni. A fentebb említett orvosi alkalmazási példa esetében a kompatibilitás hiánya azt jelenti, hogy a rendszernek szintetikus CT-vizsgálatokat kell létrehozni a rendelkezésre álló MRI-adat alapú modell felhasználásával, és egy új modellt kell megtanítani a szintetikus CT-adatok alapján.

9. tézis: “Mennyiben érinti a javasolt módszertani keret használhatóságát a kigondolási formájának és megvalósítási/tesztelési formájának a paradoxonja?”

E kérdésre csak a tudományos (diszciplináris) kutatás általános irányának (trendjének) figyelembevételével lehet választ adni. A tudományos konvergencia és divergencia folyamatok, valamint az első módozatú tudományról a második módozatú tudományra való áttérés eredményeként az akadémiai kutatás hagyományos tájképe az elmúlt 30 évben jelentősen megváltozott. A tudományos konvergencia mind a longitudinális, mind a transzverzális dimenzióban megjelenik. Az előbbi a kutatás különböző formáinak időbeli ötvözését, míg az utóbbi a tudományos diszciplinák filozófiáinak, tudásának, módszereinek és értékeinek a határaikon átnyúló integrációját jelenti. Ennek eredményeként az első módozatú tudományra jellemző redukcionista monodiszciplináris, interdiszciplináris és multidiszciplináris kutatási megközelítések mellett a második módozatú tudományra jellemző holisztikus keresztdiszciplináris, posztdiszciplináris, és transzdiszciplináris kutatási megközelítések is. Mindezen változások az egyéni kutatók szerepét is megváltoztatják. Egyénileg mint széleslátókorú témafeltárók, csoportosan mint nagy kutatási kollektívák tagjai tudnak hozzájárulni a tudományos kutatáshoz. A Bíráló által is említett paradoxon abból adódik, hogy egyéni témafeltáró kutatók felismerhetnek és vizsgálhatnak olyan tudományosan, technológiailag, vagy szociálisan fontos témákat (problematikákat), amelyek kidolgozása és a megoldások igazolása csak kutatási kollektívák által lehetséges. Egyetértek a Bírálóval, hogy a 8.8. ábrán bemutatott szupradiszciplináris (valamennyi diszciplináris formációt érintő) keret nem tartalmi, hanem módszertani szempontból veti fel ezt a kérdést. A használhatóságáról és gyakorlati értékéről csak nagyszámú szupradiszciplináris kutatási programok és projektek ennek alapján való megszervezése és végrehajtása után lehet véleményt formálni. Ugyanakkor, a proposíció a vonatkozó szakirodalom előrehaladása alapján származtatott és elméletileg

(logikailag) alátámasztott javaslatot fogalmaz meg, amely a következményeivel együtt megvitatható és jóváhagyható.

Mégegyszer nagyon köszönöm a Bíráló megalapozott szakmai érveit és a felvetett tudományfilozófiai és stratégiai kérdéseket, valamint, hogy - támogató állásfoglalás és sikeres védés esetén - az MTA doktora cím odaítélését javasolta.

Den Hoorn, 2025 május 23.



Prof.em. Dr. Horváth Imre