

Válasz Prof. Dr. Váncza József, MTA kandidátusa, bírálátára

Doktori értekezés címe:

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

Általános megjegyzések:

Köszönöm, hogy a Bíráló a disszertációt mind formai, mind tartalmi szempontból körültekintően tanulmányozta és értékelte, világos szerkezetűnek és strukturált megszövegezésűnek találta, és kifejezte, hogy az megfelel a doktori művekkel szemben támasztott követelményeknek. Külön köszönöm, hogy az értekezés nyilvános vitára tűzését is javasolta. Örömmel töltene el, ha a téma Ön által is említett transzdiszciplináris jellege miatt a bírálókon és a bizottság tagjain kívül, az MTA II. és IX. osztályai is képviselve lennének.

A Bíráló a következő megjegyzést tette: “A Pályázónak jelentős életműve van kiber-fizikai rendszerek (KFR) főként a gyártás világához köthető tervezése és fejlesztése terén.” Bármilyen megtisztelő is ez a vélemény, a tárgyilagosság kedvéért meg kell jegyezni, hogy tudományos érdeklődésem középpontjában a mindennapi életben hasznosítható KFR-ek álltak és állnak. Ezt azért gondolom fontosnak megjegyezni, mert a Bíráló általános és konkrét észrevételeiből egyaránt érzékelhető, hogy a disszertációt és a javasolt proposíciókat döntően az ipari kiber-fizikai gyártórendszerek és a mesterséges szűk intelligencia technológiák szemszögéből közelítette meg. A fenti benyomást a Bíráló különböző megjegyzéseiben szereplő hivatkozások is igazolják. Ugyanakkor, bizonyos eredményekkel a tudásmérnöki tevékenységek szemszögéből is foglalkozott. Mind a disszertációban, mind a téziszfüzetben igyekeztem hangsúlyozni, hogy a tárgyalt kutatási munka a mindennapi alkalmazásokra fejlesztett kiber-fizikai rendszerekkel foglalkozott, még pontosabban, az ilyen intellektualizált kiber-fizikai rendszerek kognitív tervezésének megalapozására és fejlesztésére összpontosított.

A mindennapi alkalmazásokra fejlesztett kiber-fizikai rendszerek tipikus megvalósításait, sok egyéb mellett, különféle sztróke rehabilitációs rendszerek, demencia figyelő és segítő rendszerek, rendkívüli eseményeket kezelő rendszerek, önvezető járműflották kormányzó és parkolási rendszerei, otthoni gondozást támogató humanoid rendszerek, adaptív egyéni oktatási rendszerek, orvosi beavatkozásokat segítő rendszerek, sport teljesítményt fokozó rendszerek, gyermekek képességfejlesztését szolgáló rendszerek, stb., képviselik. Ezek esetében az alkalmazási kontextustól függő működésvezérlő és problémamegoldó intellektus (tudás és tanulási/következtetési mechanizmusok) beépítése alapvető követelmény. Munkatársaimmal ilyen rendszerek egyszerűsített prototípusait valósítottuk meg különböző személyes vagy csoport kutatási projektek keretében, demonstrációs jelleggel. A fentiekben említett rendszerek intellektualizására való törekvés vetette fel a disszertáció központi témáira, mint például a rendszerszintű általános probléma-megoldó tudás megragadására, jellemzésére, kiértékelésére, hasznosítására, bővítésére, átadására és alkalmazások közötti megosztására vonatkozó, a diszciplináris határokon túlmutató kutatási kérdéseket.

A kutatás koncepcionális keretét, elsődleges módszertani kérdéseit és jelentősebb eredményeit a disszertáció összefoglaló módon tárgyalja. Az azt alátámasztó publikációk és az egyéb kapcsolódó közlemények viszont ennél részletesebben mutatják be a második módozatú

tudomány (Mode 2 science) elveit követő újszerű információ feltáró és szintetizáló kutatási tevékenységeket.

A Bíráló azt írta: “A rendkívül széles irodalmi merítésbe a Pályázó és társszerzői munkáin kívül egyetlen magyar szerző, Lakatos Imre 1970-ben megjelent tanulmánya került bele. Ezáltal a doktori értekezés egyféle zárvány az idevágó hazai akadémiai stúdiumok körében.” Ezzel kapcsolatban le kell szögezni, hogy a hivatkozások kiválasztásának egyedüli alapja a kutatási téma megalapozásához és/vagy a végrehajtásához való hozzájárulás és annak mértéke volt. Természetesen, ha olyan hivatkozások hiányoznak, amelyek nélkülözhetetlenek lettek volna az adott érdeklődési területen a tudomány előrehaladottságának figyelembevétele, a kutatás végrehajtása, és/vagy az eredmények újszerűségének és hasznosságának bemutatása vagy értékelése szempontjából, akkor az a disszertáció minőségi hiányossága (ami még nem szükségszerűen teszi “zárvánnyá”). A tárgyilagossághoz az is hozzátartozik, hogy a disszertáció fejezetei az alapul szolgáló saját publikációkban feldolgozott szakirodalmi hivatkozásoknak csak egy részét, a leginkább alátámasztó referenciákat említik meg. A viszonylag hosszú időre visszatekintő szerkesztői tapasztalataim alapján azt is meg kell jegyezni, hogy valójában bármilyen erőfeszítéssel sem lehet tökéletes vagy kimerítő referenciajegyzéket összeállítani, mert a kiválasztás mindig a szerzők hozzáférési lehetőségén és egyéni döntésén alapszik, ami általában a tartalmi fontosság és a rendelkezésre álló terjedelem figyelembevételével, mintsem geográfiai preferenciák, feltételezett eljárásrendek, vagy egyéni elfogultság alapján történik.

A disszertáció témája az “Intellektualizált kiber-fizikai rendszerek kognitív tervezésének megalapozása és fejlesztése”. A Bíráló véleménye, hogy “Az értekezés nem mutat be prototípusokat vagy alkalmazási eseteket. Meglehet, a rendelkezésre álló hely szűkössége miatt, de ez a körülmény azzal jár, hogy az állítások tudományos értéke rendkívül nehezen ítéltető meg, legalábbis a műszaki tudományok hagyományos szempontrendszerét követve.” A specifikus témából, a második módozatú tudományhoz való hozzájárulás szándékából, és a tudományos eredmények proposíciókban való megfogalmazására törekvésből kiindulva, általános értelemben felvethető az a kérdés, hogy egy formálódó transzdiszciplináris tudományterület elméleti megalapozása és módszertani fejlesztése szempontjából mennyire lehetséges és szükséges egyedi rendszerprototípusok vagy alkalmazási esetek bemutatása? Természetesen, a kognitív tervezés megalapozása szempontjából az ilyen rendszerekkel való foglalkozás bemeneti, háttér, és megerősítési információt szolgáltatott, ahogy ez a közreadott kutatási munkában visszatükröződik. Ugyanakkor, egyrészt a disszertáció alátámasztására felhasznált saját publikációimban, másrészt a kutatócsoportom által publikált technikai közleményekben és tanulmányokban bizonyos fejlesztési és alkalmazási példák megtalálhatók. A Bíráló idevonatkozó záró megjegyzése, miszerint “Feltűnő, hogy a felhasznált információforrások típusainak felsorolásából kimaradtak az alkalmazói (pl. ipari, orvosi, stb.) követelmények.” további kifejtést igényelt volna.

A Bíráló utalást tesz arra, hogy az állítások tudományos értékének megítélése - legalábbis a műszaki tudományok hagyományos szempontrendszerét követve - rendkívül nehéz és hogy az “értekezés kivezet a műszaki tudományok területéről”. Ugyanezt a szófordulatot használva: Lehet, hogy az értekezés ténylegesen kivezet a hagyományos (monodiszciplináris vagy interdiszciplináris) műszaki tudományok területéről, de az igazi célja az, hogy - a maga szerény módján és eszközeivel - bevezessen a keresztdiszciplináris és posztdiszciplináris megközelítéseken is túlmenő transzdiszciplináris műszaki tudományok területére, ami már napjainkban is nélkülözhetetlen, de a közeljövőben meginkább azzá válik. Az ezzel való foglalkozást (i) a tudományos konvergencia és divergencia folyamatok, (ii) a heterogén

rendszer technológiák (hardver, szoftver, kiberver és mindware) integrálása, (iii) a digitális bit-szintű, a fizikai atom-szintű, a neurális, a genetikai és a szociális mém (BANGM) technológiák szintézise, (iv) a rendszerparadigmák egymáshoz való közeledése és átfedése, (v) a szociális-gazdasági környezet elvárásai, (vi) a fenntarthatóság igényelte pluridiszciplináris megoldások, és (vii) a mesterséges intelligencia kiterjedt, de szabályozott, alkalmazása egyaránt megköveteli. A felismert tudományos-szociális kihívásokra (problematikákra) választ kereső második módozatú tudomány új elveket és koncepciókat próbál megfogalmazni.

A Bíráló úgy gondolja, hogy “Az értekezés újabb jelzővel gazdagítja azon rendszerek jellemzését, amiknek valamiféle emberi intelligenciát is igénylő vagy akár azt meghaladó feladat megoldását köszönhetjük. Az ”intelligens”, ”kognitív”, ”smart”, ”okos” és ”racionális” mellett megjelenik az ”intellektualizált” (”intellectualized”). Az intellektualizált rendszerek következtetés, tanulás és adaptáció terén mintha erősebbek, fejlettebbek lennének annál, mint amit 20-30 éve az ún. intelligens rendszerekről tartottunk, de ha most megnézzük, mit tart magáról és mit tud nyújtani a mesterséges intelligencia (tágabb, nem csak gépi tanulás értelemben), akkor úgy látom, nincs szükség újabb jelzőre.” Ezzel kapcsolatban a következők átgondolását kérem. Rendkívül nagyszámú kutató szerint egy következtetlen fogalomkészlet alkalmazása, igazából fogalmi káosz, uralkodott el a szakirodalomban. Én is így gondolom. Mit jelent a rendszer intelligencia? Mi a kritériuma egy rendszer intelligens voltának? Elvárás az, hogy az intelligencia ne csak szoftver által szimulál legyen, hanem organikus struktúrákon jelenjen meg? Mit jelent az a kifejezés, hogy ‘intelligens rendszer’, ha az intelligenciához a természetes emberi intelligencia valamennyi szempontjából közelítünk? Ha figyelembe vesszük, hogy a “rendszerintelligencia” az explicit vagy implicit algoritmus fejlesztő szakemberek tehetségétől és erőfeszítésétől függ, hogy csak részlegesen egyezik meg (fed át) a természetes intelligenciával, és hogy gazdasági előnyök elérésének szándékától erősen befolyásolt, akkor helyénvalóbb intellektualizált rendszerekről beszélni. Egy intellektualizált rendszer nem hipotetikus intelligens rendszer, hanem (előre meghatározott) problémák megoldására és autonóm működésre felkészített rendszer. A disszertációban a felületes szóhasználatnak, a zsargonszavak bizonytalanságának, és a túlzó és következtetlenül használt kifejezések számának csökkentését, illetve kiküszöbölését céloztam meg. Ellentétes példák a számítógép technológiák alkalmazása, a mesterséges intelligencia kutatása és fejlesztése, valamint a műszaki rendszerek tulajdonságainak megragadása terén nagyszámban előfordulnak. Legjobb tudomásom szerint, az évtizedekkel ezelőtt használt ‘intelligens gyártórendszer’ fogalom az ilyen rendszerek teljeskörű automatizálását, emberi interakció mentességét, és az önfejlesztési képesség hiányát hordozta. Ez gyökeresen szemben áll azzal, ami a jelen és a közeljövő mindennapi KFR-eit jellemzi.

Úgy gondolom, helyénvaló kifejtennem állásfoglalásomat a Bíráló következő felvetései kapcsán is: “Jóllehet a mesterséges intelligencia (AI) és az azzal kapcsolatos általános kérdések a dolgozat vissza-visszatérő témái, a feldolgozott irodalom alig hivatkozik a fősodratú AI kutatás eredményeire és munkáira.” és “Az értekezés címében megjelenik mind a ”kognitív” mind az ”intellektualizált” jelző. A tervezés azonban – akár objektum, rendszer vagy szervezet a tárgya (design), akár cselekvés, működés (planning), eleve kognitív képességeket igénylő tevékenység, így ott feleslegesnek tartom a jelzőt.” Értelemszerűen, a ‘kognitív tervezés’ kifejezésben a ‘kognitív’ szó a tervezés tárgyára (irányultságára) utal, ugyanúgy mint a ‘konceptuális’ szó a ‘konceptuális tervezés’ kifejezésben. A disszertáció címében a “kognitív tervezés” fogalma, mint egy újonnan kibontakozó tudományos érdeklődési részterület, és az “intellektualizált kiber-fizikai rendszerek”, mint a KFR-ek osztályának

egyfajta tagja és képviselője jelenik meg. A kognitív tervezés/fejlesztés a tervezett rendszerek intellektualizálásának forrásait, tudását, mechanizmusait, módszereit, eljárásait, eredményeit és következményeit tanulmányozó feltörekvő tudományág. Egyidejűleg két egymással összefüggő célkitűzésre összpontosít: (i) szintetikus tudás és alkalmazás-specifikus következtetési mechanizmusok létrehozására és alkalmazására, és (ii) a rendszer működésével érintett emberek észlelési, kognitív, és érzelmi folyamatainak, társadalmi mémeinek és személyes jellemzőinek feltárására és harmonizálására.

A disszertáció második oldalának első szakasza egyértelművé teszi, hogy “In this work, intellectualization of engineered systems is tackled as the process of equipping them with capabilities for computational problem-solving, i.e., making them able to possess, explore, aggregate, synthesize, share, and exploit knowledge and to reason with it towards fulfilling operational objectives (Miki and Yamakawa, 2008). In this sense, intellect is a computational subset of the overall human intelligence.” Ahogy a szöveg más részei megmagyarázzák, az alapvető feltételezéseim a következők voltak: “At the outset of the research work, two fundamental principles were considered: (i) any attempt to specify what intellectualized systems are must start with defining what intelligence (and in particular system intelligence) is, before dealing with the process and forms of intellectualization, and (ii) the basis of a intellectualization of engineered systems is, first of all, human knowledge, but the growing amount and role of problem-solving knowledge synthesized by system(s) must be taken into account at considering their near-future manifestations.” Vagyis nincs szó a KFR-ek intelligenssé és automatikussá tételére való törekvéstről (lásd a disszertáció 17. oldalán: “2.6. Smartness as a realistic goal of intellectualization”).

Konkrét válaszok a tézisekkel kapcsolatban felmerült kérdésekre:

Tézisek: “A téziszfüzet nem adja meg, hogy melyik saját publikációk támasztják alá az egyes téziseket. Az első, második és kilencedik tézis esetében az értekezés sem emeli ki ezen publikációkat.

A Bíráló ezen megjegyzését jogos kritikaként kell elfogadnom. Az érintett publikációkra csak a téziszfüzet “6. A disszertáció témájához kapcsolódó saját publikációk listája” részében, és a disszertáció “A.1.1. Own references in the order of being processed in the dissertation” függelékében közölt listában található hivatkozás. Figyelmetlenség.

1. tézis: “Az első tézis 16 ún. paradigmatis rendszersajátossággal jellemzi a kiber-fizikai rendszereket általánosságban és megadja az ún. intellektualizált kiber-fizikai rendszerek 14 generikus funkcióját.” és “Véleményem szerint műszaki alkotások esetén első lépésként mindazon követelményeket és körülményeket kellene számba venni és rendszerezni, amik az adott tulajdonságokkal és funkciókkal (vagy azok egy részével) rendelkező megoldásokat igénylik. Hazai kutatók már igen korán tettek ilyen kísérletet, amikor generikus feladatokkal jellemezték a gyártástudomány- és technológia fő problémáit, és ezek ...”

Egyetértek a Bírálóval abban, hogy a módszeres tervezés elmélete szerint a követelménystruktúra összeállítás (requirements engineering) és feldolgozás a tervezés előtervezési szakaszának fontos eleme. Ez a KFR-ek előtervezésében is így van. A követelmények a kognitív tervezésnek bemeneti információt szolgáltatnak, bár a követelmények a folyamat során változhatnak. Azonban, ezzel a kérdéskörrel - a kutatási lefedettsége miatt - a kognitív tervezés feltárására irányuló munkámban nem

foglalkoztam. Ez nem befolyásolta sem a kiber-fizikai rendszerek paradigmatis rendszersajátosságokkal való jellemzésének koncepcióját, sem a KFR-ek intellektualizált működésének a generikus funkciókra alapozott származtatásának elvét, amik a javaslatétel időpontjában (2010 körül) újszerű, a keresztdisziplináris megközelítés irányába vivő proposíciók voltak. Bár a módszertani elgondolás a fejlődéstől függetlenül érvényes marad, e modellek tartalmi frissítése a rendszerek új generációjának megjelenésével szükségessé válik.

A Bíráló megfogalmazása alapján nem tudtam megérteni, hogy az általa említett “generikus feladatok”, amiket a gyártástudomány és -technológia fő problémáinak jellemzésére használtak, hogyan kapcsolódnak a paradigmatis rendszersajátosságok koncepciójához. Erre vonatkozólag Chandrasekaran 1986-ban megjelent közleményében sem találtam utalást.

2. tézis: “A második tézis egy számítási folyamatmodellt javasol okos kiber-fizikai rendszerek megvalósításához. A javasolt modell lényegében megegyezik a mesterséges intelligencia kutatásban és alkalmazásokban jelentős fordulatot eredményező ún. racionális (vagy később, korlátozott racionális) ágens modellel és annak kiterjesztésével. A 2022-ben negyedik, bővített kiadását is megélt alpművet, aminek mindmáig meghatározó szerepe van a mesterséges intelligencia kutatásban és oktatásában, az értekezés nem említi. Lényegi tudományos újdonság hiányában nem javaslom a tézis elfogadását.”

A 2.7. ábrán szemléltetett kettős működési tér koncepció a kutatócsoportom munkájának eredeti eredménye. A kettős működési tér model az alapvető funkcióknak és a kiegészítő funkcióknak az emberi érzékelés terére való leképezését és annak szempontjait ragadja meg. A háttérben annak a mondásnak az igazsága áll, hogy nem elég okosnak lenni, hanem annak is kell látszani. A megjelölt mű erre vonatkozólag nem ad információt.

3. tézis: “A harmadik tézis a kiber-fizikai rendszerek egymást követő generációit jellemzi, önszervezési képességük alapján. A megközelítés új, de az olyan fogalmak, mint az itt bevezetett önautonómia, önszemlélés, önadaptáció, önfelfogás, önfejlődés, önfejlesztés, önhangolás, önszervezés, öntudat és önreprodukció pontosabb megkülönböztetést követelnek meg. Műszaki tudományok területén elengedhetetlennek tartom a realizált példák megemléztését, nem feltétlen mind a Pályázó életművéből. További kérdés, hogy az 1. tézisben megadott paradigmatis rendszersajátosságok miként jelentek meg az intellektualizált kiber-fizikai rendszerek egymást követő generációiban. Ennek megfelelő magyarázattal és bővítéssel fogadható el a tézis.”

A terjedelmi korlátok miatt nem volt lehetséges a disszertációban minden használt fogalomra részletes definíciót adni. A hangsúlyt az egymástkövető generációk tulajdonságainak összehasonlíthatóságára helyeztem. Viszont, a 3. fejezetet alátámasztó publikáció részletes magyarázatot ad a Bíráló által említett fogalmak mindegyikére. A 3.5.-3.9. alfejezetek szövegébe ékelt hivatkozások konkrét rendszer példákra is kiterjednek. Az önszervezés megvalósítását a 3.3. ábra értelmezi a különböző generációk esetében.

Az összetett kérdés második részére, nevezetesen a paradigmatis rendszersajátosságok (PRS-ek) intellektualizált kiber-fizikai rendszerek egymást követő generációiban való megjelenésével kapcsolatban a következő kiegészítő magyarázatot tudom adni. A kiber-

fizikai rendszerek PRS-sekkel való leírására és azonosítására vonatkozó módszertani elképzelést 2012 elején publikáltuk a “Cyber-physical systems: Concepts, technologies and implementation principles” című, eddig 146-szor hivatkozott cikkben. A PRS-ek e készletét a KFR-ek első generációjának jellegzetességeire alapozva származtattuk. A módszer elmélyítésében nagy szerepet játszott a 'System-level feature-based modeling of cyber-physical systems: A theoretical framework and methodological fundamentals' (dr. Sahab Pourtalebi, 2017) című Ph.D. tézisben közreadott kutatási munka is. E tézisben és a hozzá kapcsolható publikációkban, két rendszersajátosság típust különböztettünk meg. Az egyik típust a manifesztációs (megvalósulási) rendszersajátosságok (MRS-ek), míg a másikat a paradigmatis rendszersajátosságok képviselik. Ezek között az alapvető különbség az, hogy a PRS-ek fogalmi jellegűek és absztraktok, míg az MRS-ek konkrétak és megvalósulás függők. Ilyenek például a morfológiai alaksajátosságok (shape features). Ezeket a különböző rendszerekre a konkrét megvalósulásuk szerint újra kell specifikálni. Ahogy a megnevezés is utal rá, a PRS-ek paradigma függők, vagyis ezeket csak a rendszerparadigma változásakor vagy váltásakor kell újra definiálni. A Bíráló kérdése abszolút helyénvaló, mivel a 3.2. ábrán feltüntetett rendszer-generációk ilyen jellegű paradigmatis változások eredményei. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a (hagyományos) kiber-fizikai rendszerekre kidolgozott PRS-ek készletét az intellektualizált-kiber-fizikai-szociális-humán rendszerek (IKFSHR-ek) paradigmája szerint aktualizálni kell. Azonban a módszertani megközelítés lényege nem változik.

4. tézis: “A negyedik tézis kiindulási alapul veszi Fritz Machlup és követői elméletét a rendelkezésünkre álló tudásfajták kategorizálásáról, és a négy bevett kategória kiegészítéseként egy ötödiket javasol a tudás-intenzív rendszerekben megtestesített ismeretek megragadására és jellemzésre. A felvetést relevánsnak és igen érdekesnek tartom, főként ha a vizsgálat kiterjed a mai nagy nyelvi vagy akár vizuális ismereteket is kódoló, jobbra fekete dobozként használatos mesterséges intelligencia modellekre is.”

Köszönöm egyetértő véleményét a intellektualizált rendszerek által generált szintetikus rendszertudás/ismeret új tudáskategóriaként való tárgyalása tekintetében. Álláspontja megerősít abban a véleményemben, hogy a KFR-ek intellektualizálása nem az intelligens automatizálásról vagy szuperintelligens problémamegoldó gélemek felépítéséről, hanem problémamegoldó tudást birtokló és azt gyarapítani képes adaptív rendszerekről szól.

A disszertáció kidolgozása idején a nagy nyelvi modelleken alapuló kereső és következtető rendszerek koncepciója még nem volt ismert. Ugyanakkor a kérdés teljes mértékben helyénvaló, mivelhogy e rendszerek az emberi szemantikától független szintetikus rendszertudás létrehozásának tipikus képviselői. Például a ChatGPT 4.0 szöveges mintákból szintetizálja a (válaszgenerálási) tudást. Az Internetről, könyvekből, cikkekből, kódokból, stb. származó nagyméretű szövegtesten (korpuszon) betanítva statisztikai mintákat és kapcsolatokat vizsgál fogalmak, entitások és nyelvi struktúrák között. A válaszait a számos területről összegyűjtött releváns információminták szintetizálásával generálja. Tehát, a válaszadás mögött álló “tudás” nem emberi értelemben vett tudás, hanem a megértésnek számítógépi mechanizmusok általi szimulációja, amelyet a rendszer a megtanult nyelvi minták azonosításával és újrakombinációjával hoz létre kódolt információk szintjén. A működés főbb szakaszai a következők: (i) a betanítás során az említett rendszer statisztikai kapcsolatokat kódol szavak, kifejezések és struktúrák között belső súlyok segítségével, amelyeket sűrű vektorterek (beágyazások és súlyok) formájában tárol, (ii) a szavak/tokenek alapvető

jelentéseit a beágyazásokkal reprezentálja egy vektortérben, (iii) a vektorok rétegről rétegre transzformálódnak a mély neurális hálón keresztül (az előző rétegekben a szintaxis és az egyszerű asszociációk detektálódnak, míg a mélyebb rétegek szemantikai absztrakciókat építenek fel a szöveges entitások közötti kapcsolatokként), (iv) a mintákat, asszociációkat és látens tudást neurális súlyokkal kódolja, (v) a függőségeket, a logikai struktúrákat és a kapcsolatokat a figyelemkeltő fejek bevonásával követi nyomon, (vi) a kontextust és az absztrakt gondolkodási mintákat az átalakító rétegek bevonásával kombinálja, és (vii) a gondolkodás egyfajta neurális megközelítését több millió paraméteren keresztül kódolva a kimeneti rétegeken biztosítja. Ez képezi a megtapasztalható rendszerszintű tudást.

5. tézis: “Az előző tézis adott tudományágakat különböztetett meg a kutatás célja és módszertana tekintetében. Így elfogadható, hogy ha helyt adunk az ötödik (epszilon) kategóriának, akkor ez együtt jár új célok és kutatási módszertan megfogalmazásával is. Az értekezés erre átfogóan a “szimpérazmológia” koncepciót javasolja. Akárcsak a 4. tézis esetében, nem tartom magam illetékesnek e tézis új tudományos értékének megítélésében.”

Az én gondolkodásomat is a Bíráló által megemlített ok-okozati (kauzális) gondolkodás motiválta. Ha az epszilon tudás létezésének feltételezése helyénvaló és igazolható, akkor kell, hogy legyen egy olyan tudományfilozófiai vagy rendszerintelligencia-orientált tudományág, amely ennek lényegét és hasznosíthatóságát általános értelemben (azaz, rendszerektől, időszaktól és kontextustól függetlenül) feltárja. A KFR-ek intellektualizálási szintjének a napi gyakorlatban tapasztalt növekedése, és a mesterséges intelligencia kutatás és fejlesztés legutóbbi eredményei aláhúzzák a propozícióban megfogalmazott állítás igazságát, fontosságát és hasznosságát.

6. tézis: “A hatodik tézis az ún. prognosztikus rendszerszemléletű gondolkodásra ad javaslatot, valamiképpen szembeállítva azt analitikus párjával. A műszaki alkotások létrehozása – ez régről tudott, sokat tárgyal téma – az analitikus és szintetizáló gondolkodásmód együttesén alapul. A folyamatot kibontakozó (emergent) szintézisnek is hívják. A tézis kifejtése (6. fejezet) a hagyományos és az új rendszerszintű gondolkodás 9 ill. 11 (pillérnek nevezett) jellemzőjét adja meg, melyeket páronként egy szemantikus hálóban is összekapcsol. Az irányított gráf korántsem teljes, a párosítások és azok kétirányú értelmezése (pl. distinctiveness – causality, consolidation – causality, ineptitude – equilibrium, ...) számomra önkényesek és műszaki tartalommal nehezen alátámaszthatók.”

A disszertáció egyik hangsúlyozott célja, hogy a következő generációs KFR-ek mindennapi alkalmazási és használati környezetekbe való beágyazását és szinergikus integrálását elősegítse. Ennek elérése érdekében olyan jellegű rendszerszemléletű gondolkodásra van szükség, amely nemcsak a rendszerek és környezeteik aktuális állapotait, hanem a közeljövőre prognosztizálható állapotait is leírhatóvá és vizsgálhatóvá teszi. A javasolt fogalmi/érvelési keret lényege az, hogy fogalmi pillérek (konceptciók) alkalmazásával elő lehet segíteni alkalmas mentális modellek kialakulását, és a pillérek páronkénti kapcsolatba hozásával olyan vizsgálati szempontok fogalmazhatók meg, amelyek a rendszerek prognosztikus vizsgálatának és kiértékelésének alapjai lehetnek. A pillérek szemantikai kapcsolatai nem szükségszerűen eredményeznek teljes irányított gráfot, amelyben minden mindennel kapcsolódik. A 6.3. ábrán értelmezett kapcsolatok felismert szemantikai összetartozásokat fejeznek ki, amelyek lényegét a kapcsolatokat

leíró tényezők (concerns) ragadják meg. Ezek megfogalmazására nincs formális, tesztelt elmélet még, és kérdéses, hogy egyáltalán található-e. A leíró tényezők a vizsgálati kérdések megfogalmazásának kiinduló pontjai. A szemantikai összefüggések miatt tetszőleges kapcsolatok nem választhatók meg.

A Bátor a 14. lábjegyzetben felvetette, hogy B. Latour ANT javaslatát a disszertáció nem tükrözi vissza. Az ANT a Latour által preferált új szociológiát, azaz az ‘asszociációk szociológiáját’ mutatja be, szemben a ‘társadalmi szociológiával’, hogy a posztstrukturalizmus meglátásait a társadalmi élet dolgainak elemzésével ötvözzé. Az elméletnek a jelentős hozzájárulásai ellenére jelentős korlátai is vannak, különösen ha ezt választjuk a fejlődő technológiával és a következő generációs rendszerekkel való társadalmi interakciók kutatásának irányítójaként. Véleményem szerint az ANT egyszerűen túl általános eszköz a disszertációban tárgyalt kérdések kezeléséhez. Lásd: Latour, B. (1997). On actor-network theory. A few clarifications plus more than a few complications. *Philosophical Literary Journal Logos*, 27(1), 173-197, és Baron, L.F., & Gomez, R. (2016). The associations between technologies and societies: The utility of actor-network theory. *Science, Technology and Society*, 21(2), 129-148. Ugyanakkor a disszertáció egésze karakterisztikusan visszatükrözi azt a látásmódot, hogy a KFR-ek jövőjét a emberi, gépi és intézményi aktorok kölcsönhatása határozza meg, és amit a Bátor úgy fogalmazott meg, hogy (idézem): “Az ismeretek lényegi eleme nem azok igazságtartalma, hanem sikeres alkalmazhatósága. Ebben az értelelem igen közel áll a fent említett racionális ágens koncepcióhoz.” A 6. tételben szereplő proposíció jelentősége éppen abban van, hogy újszerű szempontokat és gyakorlati módszert javasol a prognosztikus rendszerszemléletű gondolkodásra és vizsgálatokra, racionális megfontolások alapján.

7. tétel: “A hetedik tétel központi állítása, hogy az intellektualizált probléma-megoldó rendszerek tudása és feldolgozási mechanizmusai között szoros funkcionális kapcsolat áll fenn. Ez valóban így van, de ez igaz minden tudásreprezentációs és következtetési rendszerre.” “Az értekezés bevezeti a repozitóriom alapú tudás transzfer fogalmát (7.4 fejezet). Az itt megadott érvelés vezetett a korábbiakban a számítógépes ontológiák kifejlesztéséhez.” “Az érvelés fontos kiindulópontja az, hogy az intellektualizált műszaki rendszerekben felhalmozott tudás jelentős ipari érték, erőforrás. Ezzel az állásponttal teljesen egyetértek, és biztos vagyok abban, hogy hasonlóképpen látják ezt az (ipari) digitalizációban élenjáró világcégek is (Siemens, Hitachi, Bosch-Rexroth, Dassault Systemes, stb.). Az értekezésben nincs utalás arra, miként, milyen gyakorlati formában jelenik meg ezen műszaki ismeretek megragadásának, hasznosításának, továbbadásának és bővítésének igénye az ipari szereplők részéről. Hol látják a fő kihívásokat és lehetőségeket? Csak ezen igények ismeretében lehet megítélni, hogy az a technológiai hasznosítási folyamat, amit az értekezés bemutat, célravezető lehet-e.”

A proposícióban megfogalmazott állítás lényege az, hogy a transzfer/elosztott tanulásban használt, a tudásgráfokhoz vagy kollektív intelligenciához tartozó tudásátviteli módszerek integrálásával és szükségeszerű kiegészítésével, valamint a rendszerszintű szintetikus probléma-megoldó tudás és a hozzátartozó következtető mechanizmusok egységes átviteli csomagokba foglalásával ismeretcsere és tudásforgalom valósítható meg hasonló jellegű intellektualizált KFR-ek között. A javaslat kulcseleme, hogy a teljes folyamatot procedúrálisan egy helyi semlegesítési részfolyamat, egy globális csomagszerű megosztási részfolyamat, és egy helyi honosítási (naturalizálási) részfolyamat

szekvenciális végrehatására alapozza. A semlegesítési részfolyamat az átvihető SRI-nek a generáló rendszertől való elválasztását, míg a honosítási részfolyamat az átvitt SRI-nek a célrendszer meglévő SRI-jével való integrálását szolgálja. Az automatizálható globális megosztási részfolyamat fő tevékenység elemei a következők: regisztráció, kapcsolatteremtés, megfigyelés, mintaadás, megfelelés ellenőrzés, információbányászat, és biztonságkezelés. Vagyis a disszertáció egy olyan procedurális modellt javasol, amely az SRI duállok rendszereken belüli be- és kicsomagolásának és a csomagolt SRI duállok rendszerek közötti átvitelének technológiai megvalósítását segíti elő. A szakirodalomban ehhez hasonló, az intellektus megosztási csomagok koncepciójára támaszkodó elgondolást az alátámasztó közlemény megjelenése idején még nem publikáltak.

A Bíráló véleménye, hogy “Az értekezésben nincs utalás arra, miként, milyen gyakorlati formában jelenik meg ezen műszaki ismeretek megragadásának, hasznosításának, továbbadásának és bővítésének igénye az ipari szereplők részéről. Hol látják a fő kihívásokat és lehetőségeket? Csak ezen igények ismeretében lehet megítélni, hogy az a technológiai hasznosítási folyamat, amit az értekezés bemutat, célravezető lehet-e.” A gondolat lényegével teljes mértékben egyetértek. Ugyanakkor, tapasztalataim szerint, ennek feltárása egy vagy több Ph.D. szintű kutatási projekt végrehajtását igényelné.

8. tézis: “A nyolcadik tézis azt fogalmazza meg, hogy a kiber-fizikai rendszerek következő generációinak tervezése és megvalósítása tudományterületi határokon átnyúló kutatást-fejlesztést igényel, aminek sikerét csak egy közösségi munkára alapozott, társadalom-orientált és integratív szupradiszciplináris kutatási módszertan biztosíthatja. Ahogy a téziszfüzet fogalmaz, ezek ”komplexifikált, intellektualizált, szocializált és perszonalizált” rendszerek lesznek, melyek létrehozása a csoport-tudomány elvei alapján lesz lehetsége.” “A tézisben megfogalmazott követelmények lényegével egyetértek, de a tézis új tudományos értékének megítélésére nem vagyok hivatott.”

Köszönöm egyetértését a műszaki tudományos kutatások keresztdiszciplináris, posztdiszciplináris és transzdiszciplináris módszertani kiegészítésének szükségességével.

9. tézis: “A kilencedik tézis egy olyan kutatási módszertant ír le, amely alkalmazása elvezethet a fenti rendszerek létrehozásához. Ha a tudományossággal kapcsolatos módosító előtagoktól (uni-, pluri-, post-, mono-, inter-, multi-, trans-, supra-, meta-) egy pillanatra eltekintünk, akkor a módszertan fő szereplői, fázisai és kapcsolatai lényegében megegyeznek azzal, ahogy nagy, komplex, több területet átfogó kutatási programokat szokás szervezni és (jó esetben) végrehajtani. Ezt a 8.7 ábra tömören szemlélteti. A tézis újdonságértékének megítélést tudományszervezésben jártas szakértőre bízom.”

A propozíció újdonságértékének megítéléséhez figyelembe kell venni azt, hogy a komplex és komplikált problematikák megragadása és a nagy kutató kollektívák munkájának tartalmi koordinálása (az ismeret/tudás szintézist és átadást beleértve) erre alkalmas kutatási modellek alkalmazását tételezi fel. Az alább megadott, a disszertáció benyújtását követően publikált közlemények ezek gyakorlati módszertanát tárgyalják konkrét alkalmazási példákon keresztül:

- Horváth, I., & Abu Eddahab-Burke, F.Z. (2024). Deriving manageable transdisciplinary research models for complicated problematics associated with next-

generation cyber-physical systems: Part 1 - Theoretical and methodological foundation. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, Vol. 15, pp. 251-273. DOI: 10.22545/2024/00254

- Abu Eddahab-Burke, F.Z., & Horváth, I. (2024). Deriving manageable transdisciplinary research models for complicated problematics associated with next-generation cyber-physical systems: Part 2 - Elaboration and Deployment. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, Vol. 15, pp. 275-296. DOI: 10.22545/2024/00255
- Horváth, I. (2025). Deriving manageable transdisciplinary research models for complicated problematics associated with next-generation cyber-physical systems: Part 3 - Constructing research models. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, Vol. 16, pp. 25-51. DOI: 10.22545/2025/00269

Mégegyszer nagyon köszönöm a Bíráló megjegyzéseit, kiegészítő információit, szakmai érveit és javaslatát, hogy a felvetett tudományfilozófiai és stratégiai kérdésekről a Műszaki Tudományok Osztályának az eljárásban résztvevő tagjain kívül más szakosztályokban érdekelt szakértők is részt vegyenek és hogy - támogató állásfoglalás és sikeres védekezés esetén - az MTA doktora cím odaítélését javasolta.

Den Hoorn, 2025 május 23.



Prof.em. Dr. Horváth Imre