

Válasz Prof. Dr. Abonyi János, 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)

Nagyon köszönöm, hogy akadémiai doktori disszertációm és a hozzákapcsolódó tézisfüzet tartalmát tanulmányozta és arról szakmai véleményt formált. Örömmel olvastam, hogy a doktori dolgozat témaválasztását teljes mértékben időszerűnek és indokoltnak tartja. Külön köszönöm, hogy a disszertációt és a tézisfüzetet formai szempontból megfelelőnek találta és ezek megvitatását nyilvános védésre javasolta. Nagyon megtisztelő az arra vonatkozó megjegyzése, hogy, idézem, “A dolgozat nyelvezete és felépítése példaértékű, jól tükrözve, hogy a szerző a rendszertervezés nemzetközi szinten kiemelkedő kutatóműhelyének, a Delfti Műszaki Egyetemnek példaértékű tudományos pályafutást bejárt professzor emeritusa.” A Bíráló véleménye kiterjed a munka egészére, eredményeinek általános megítélésére, de konkrét személyes szakmai véleményt elsődlegesen a javasolt propozíciókkal (tézisekkel) kapcsolatban fogalmazott meg. A különböző konkrét felvetésekre, az egyedi egyetértő értékelésekre vagy kritizáló megjegyzésekre, az általános megállapításaim tárgyalása után térek ki.

Általános megjegyzések:

1. A Bíráló a disszertációt a műszaki tudományterületen szokatlan stílusban íródottnak és az alkalmazott módszertant a műszaki tudományterületen tipikusan alkalmazott eszköztártól távolállónak találta. A bírálat egészének, és a konkrét felvetések lényegének áttekintése és értelmezése engem annak megállapításához vezetett, hogy az értekezés és a bírálat eltérő tudományszemléletet tükröz és más értékelési szempontokat és kritériumokat tart szem előtt. Meglátásom szerint, a bírálat a hagyományos első módozatú (Mode 1) műszaki tudományok alapelveit és értékrendszerét követi. Ennek megfelelően, elvárása az explicit matematikai modeleken, számítási eljárásokon, formális igazolásokon alapuló és közvetlenül hasznosítható tézisek megfogalmazása. Ezt az támasztja alá, hogy az első módozatú műszaki tudományok dominánsan monodisziplinárisak, kvantitatívak, empirikusak, természetes vagy létrehozott ismerethiányok megszüntetésére fókuszálnak, egyedi kutató vagy kisebb kutatócsoport munkáján alapszanak, és a matematikát tekintik a megoldás eszközének.

Ezzel szemben, a disszertációban ismertetett kutatás a második módozatú (Mode 2) tudományfelfogás céljait, szemléletét és feltételezéseit követi. Ennek felmerülése és dinamikus terjedése a műszaki tudományok területén (is) több okra (pl. a disziplináris konvergenciára, technológia szintézisre, disziplináris határokon túlnyúló adat- és tudásintegrálásra, a rendszerparadigmák egymáshoz közeledésére, és a szociális vagy egyéb nem-műszaki elvárások felerősülésére) vezethető vissza. Emiatt, a második módozatú műszaki tudományok érzékenyek a természeti és társadalmi kihívásokra, elmozdulnak a keresztdisziplinaritás, posztdisziplinaritás és transzdisziplinaritás irányába, jellegüket tekintve inkább kvalitatívak mint kvantitatívak, megközelítésükben pragmatikusak és/vagy instrumentálisak (eszközül szolgálnak), céljaikban az ipar és a társadalom által előírt összetett problematikákra irányulnak, kiterjedt kutató-

kollektívák által műveltek, és a megoldást a konstruktív kidolgozás előkészítésében és megvalósításában látják. A kortárs tudományfilozófia az egyéni kutató hozzájárulását a második módozatú műszaki tudományokhoz a feltárásban, míg a kutató-kollektívákét a kidolgozásban látja. Így Bacon pártatlan megfigyelőjét, Descartes objektív racionalistáját, vagy Popper szkeptikus teoretikusát a modernkori kritikai megértő ('critical comprehender'), de lehet, hogy a felfedező integrátor (discovering integrator) váltja fel.

2. A fentiek alapján úgy vélem, hogy a Bíráló által helyesen értelmezett szokatlan forma és tartalom magyarázatot nyer és a megfogalmazott proposíciók a helyes megítélési kontextusba kerülnek annak figyelembevételével, hogy a disszertációban összefoglalt kutatásban nem az első módozatú műszaki tudomány elvei és módszerei, hanem a második módozatú műszaki tudomány felfogása és megközelítése került alkalmazásra egy adott (újszerű) műszaki részterületen, a KFR-ek kognitív tervezésének tudásorientált megalapozására és elősegítésére.

Egy olyan gyorsan változó időszakban, amikor a második módozatú műszaki tudomány létezéselméleti, ismeretelméleti és módszertani megalapozása mégcsak a gyermekkorát éli, de már a harmadik módozatú (bizonyos mesterséges intelligencia technológiák által támogatott) általános tudomány fogalma és lehetősége is felmerült, csak egyet tudok érteni a Bíráló figyelmet érdemlő megjegyzésével, miszerint (idézem): "A fentiek alapján fontosnak tartom, hogy az doktori cselekmény során a teljes tudományos közösségünk számára tisztázódjon, hogy milyen jellegű kell, hogy legyen az a műszaki tudomány területén végzett kutatási és fejlesztési tevékenység, amelyről azt gondoljuk, hogy MTA doktora fokozat alapjául szolgálhat." Ebben a tekintetben figyelembevételre javaslom a 'Coalition for Advancing Research Assessment (CoARA) szövetség 2022 július 20-án megjelentetett, "Agreement on Reforming Research Assessment" című tanulmányának egyes irányelveit.

3. A kiber-fizikai rendszerek (KFR-ek) paradigmája nagymértékben eltér a PLM rendszerek paradigmájától és rohamosan fejlődik. Köztudott, hogy a KFR-ek fogalma 2006-ban merült fel az Egyesült Államokban. A vonatkozó szakirodalomban ez a megnevezés vált általánosan elfogadottá, bár hasonló jellegű rendszereket más nevekkkel is azonosítottak. Az elmúlt évtized elejéig-közepéig a szakirodalmi közlemények túlnyomó többsége a (ma már hagyományosnak nevezett) gyártási, termelési és szolgáltatási szektorokban alkalmazott KFR-ek különböző kutatási kérdéseivel foglalkozott. Ugyanakkor, az elmúlt évtized közepétől-végétől a KFR-ek kutatóinak és fejlesztőinek egy része, a figyelmét a mindennapi élet folyamatait befolyásoló intellektualizált-kiber-fizikai-szociális-ember (I-KFRSE) rendszerek lényegének tudományos megértésére és létrehozására fordította. Ez természetesen együttjárt és jár a rendszerparadigma újragondolásának és újszerű operacionalizálásának igényével is. Az a szemlélet alakult ki, hogy az utóbb említett rendszerek problémamegoldási képességeinek feltárása és biztosítása a mesterséges intelligencia kutatás keretein túlnyúlik, bár attól teljesmértékben nem választható el.
4. A rendszerek növekvő kognitív és önszervező képességek alapján történő kategorizálása kapcsán, a Bíráló a következő gondolatot fogalmazta meg: "Véleményem szerint egy új névalkotás semmivel sem segíti a tématerület kutatási és fejlesztési tevékenységét. A kezelendő adatok, információk, tudás menedzsmentjének szükségessége teljes mértékben ismert, ez az alapja az ipar 4.0 horizontális és vertikális integrációjának és a PLM rendszereknek, melyekre sajnálatos módon egyáltalán nem történik utalás a dolgozatban". Míg érvelésének első részével könnyen és nagymértékben egyet tudok érteni, a második részével csak nehezen és fenntartással a következő tények miatt: (i) mint említettem, a

PLM (Product Lifecycle Management) rendszerek és a KFR-ek lényegesen eltérő rendszerparadigmákat tükröznek és lényegesen eltérő célokat szolgálnak. A PLM rendszereket a termékek életciklusához kapcsolódó adatok kezelésének stratégiai és technológiai megközelítésére hozzák létre. A KFR-ek az ipari és a mindennapi folyamatok autonóm, intellektualizált, valós-idejű, és alkalmazkodó végrehajtására, és az ezzel összefüggő feladatok és problémák megoldására hívatott rendszerek. Emiatt, a hozzájuk kapcsolódó tudáskezelési folyamatok egymástól nagymértékben eltérnek. Míg a PLM tudás menedzsment különböző aspektusai terén jelentős előrelépések történtek az elmúlt négy évtizedben, a KFR-ek tudása és annak menedzsmentje csak egy évtizedes múltra tekint vissza és közel sem megoldott. A módszerek és eszközök nem felcserélhetők. A disszertációban összefoglalt munka nem névadásról, hanem a KFR-ek fogalmi kategorizálásáról és az önintellektualizáló és önszervező képességeik alapján történő lényegi elhatárolásáról van szó. Ennek szükségessége a KFR-ek jelenleg megfigyelhető fejlődésének tendenciája és üteme, valamint a létrehozásuk többtényezős problematikáját érintő átfogó kezelés igénye miatt az ezzel foglalkozók számára egyértelmű.

A Bíráló azt is hozzátette: “(sajnos bár azt gondoltam, hogy egy területen dolgozunk a szerzővel, a jelek szerint más teljesen más információs buborékban kutatunk).” Ez utóbbi megállapításra vonatkozó válaszában sajnós szabadkozást kell megfogalmaznom. Nevezetesen azt, hogy erről egyáltalán nem tehetek. Mindamelllett, örömmre szolgálna ha bármiféle lehetőség adódna egymást-erősítő szakmai együttműködésre.

5. A fentiek egyidejű figyelembevételével megértem a Bíráló megjegyzését, miszerint “Sajnos a fenti eszközök közül nem tudtam olyan tudományos eredményt azonosítani, amit közvetlenül matematikai analízis, gondosan tervezett számítógépi modellezés és szimuláció támasztott volna alá, illetve a gyakorlat igazolt volna, miközben számomra műszaki tudomány területen elsődlegesen ilyen jellegű eredményekre alapozva lehet új tudományos eredményeket megfogalmazni.” Ugyanakkor hangsúlyozom, hogy a tudományos hozzájárulások megítélésében egyre inkább figyelembe kell venni, hogy a második módozatú műszaki tudomány szemlélete szerint az egyéni kutatók a transzdiszciplináris kutatás első (feltáró), míg a kutató-kollektívák a kutatás második (kidolgozó) szakaszában játszanak meghatározó szerepet. Az újszerű, transzdiszciplináris jellegű kognitív tervezés szakterülete tipikus példát ad az egyéni kutató feltáró tevékenységének lehetőségére, ahogy ezt a disszertációban tárgyalt kutatómunka is igazolja. Ehhez széleskörű áttekintésre és “out-of-the-box” gondolkozásra van szükség.
6. A Bíráló a propozíciók hasznosulási folyamatához kapcsolódva a következőket jegyezte meg: “A szerző koncepciókat alkot, ezeket tetszetős ábrákon ismerteti, ugyanakkor sajnós semmi sem igazolja a koncepciók alkalmazhatóságát és indokoltságát. Véleményem szerint hasonló szellemi munkával tetszőleges számú hasonló koncepció lenne alkotható, a koncepciók kritikus, gyakorlati fejlesztési feladatokhoz is kötődő összetett szempontrendszerekre épülő összevetése, igazolása nélkülözhetetlen.” Erre vonatkozólag, a következőket jegyzem meg: A több tudományágat átfogó keresztdiszciplináris kutatási megközelítést a tudományos innováció felgyorsítására, az iránymutatást adó tudományos eredmények szaporítására, és a társadalmi igényeknek a kutatási gyakorlatba való gyors átvitelére szorgalmazza. A szupradiszciplináris kutatás módszertani kerete egy újfajta tipológiát igyekszik bevezetni és szélesebb körben elfogadtatni az informált feltáró (explorative) és a nagyléptékű kidolgozó (deployment) kutatási szakaszok megkülönböztetésével. Például, a feltárási szakaszban a cél az lehet, hogy tudást

generáljunk (i) egy problematika létezéséről, (ii) valós környezetbeli megnyilvánulásairól, (iii) legalapvetőbb mozgatórugóiról és jellemzőiről, és (iv) a tudományágakon átívelő hatóköréről. Az ebben a szakaszban generált tudás egy újonnan elért megértésről és új elméleti specifikációról szól, aminek teljeskörű igazolása (vagy elvetése) a kidolgozó kutatási szakasz kezdetén vagy során történik (vagyis közvetetten). A feltárt tudás (szintetizált ismeret) a tanulmányozott problematika megnyilvánulását befolyásoló input-output kapcsolatok, az úgynevezett aktív (lényegi) mag, és az ok-okozati viszonyok és függőségek magyarázatának alapja.

7. A Bíráló a következő megjegyzéseket fogalmazta meg: “A tézisek nincsenek publikációkhoz rendelve, sajnos nem egyértelmű, hogy az egyes téziseket melyik publikációk támasztják alá.” és “A fejezetek és a tézisek szintén nincsenek egyértelműen összerendelve.” Ugyanakkor más helyen az olvasható: “A fejezetek és a publikációk összerendelése megtörtént, ugyanakkor az alátámasztó publikációk között gyakran átfedés van és nem egyértelmű minden esetben, hogy a publikációk miként is kapcsolódnak érdemben a fejezetekhez, és a fejezetekben mi is a szerző elsődleges saját hozzájárulása.” A megállapítások ezen valamelyest következtetlen láncolata egészében nem helytálló. Az tény és hiba, hogy az első, a második és a kilencedik proposíció esetében az alátámasztó publikációk tételes megjelölése figyelmetlenségből elmaradt. Az érintett publikációkra csak a téziszfüzet 6., “A disszertáció témájához kapcsolódó saját publikációk listája” részében, és a disszertáció “A.1.1. függelékében, “Own references in the order of being processed in the dissertation” közölt listában található hivatkozás. Ugyanakkor, az egyes fejezeteket és proposíciókat megalapozó egyéb publikációk hivatkozásai a szövegben megtalálhatók.
8. Az első és a második fejezetek publikációs alátámasztottságára vonatkozólag, a Bíráló megjegyezte: “Bár nem sikerült minden publikációt alaposan átnéztem, ugyanakkor megállapítható, hogy egy folyóiratcikk sem támasztja alá az ebben a fejezetben ismertetett eredményeket.” és “Csak egy folyóiratcikk támasztja alá a fejezetet, melyre 7 független hivatkozás érkezett”. A fejezetek részletekbe menő elolvasása rávilágít a publikációk és a fejezetek tartalmi közötti kapcsolatokra. Az első fejezeteknek az általános előrehaladást leíró része az említett négy publikáció egyes részeinek célirányos szintézise. A második fejezetre tett megállapítás (azaz, hogy azt csak egy folyóiratcikk támasztja) igaz a publikációk jellegének tekintetében, bár a konferencia közlemények is szakmailag lektorált anyagok. E fejezet és a publikációk tartalmi kapcsolata egyértelmű. Például, a disszertáció második fejezete 2.4. ábrájának és a Horváth, I., & Gerritsen, B.H.M. (2012). *Cyber--physical systems: Concepts, technologies and implementation principles*. In: *Proceedings of the International Tools and Methods of Competitive Engineering Symposium -- TMCE 2012*, Delft University Press, Delft, pp. 19-36, közlemény 3. ábrájának azonossága egyszerű vizuális összehasonlítással is megállapítható. Egyébként, az említett a publikációra eddig 156 hivatkozás történt. Ahogy a téziszfüzet 16. és 17. oldalán egyértelműen látható, a disszertáció alátámasztására szándékosan és kizárólag csak azokat a publikációkat igyekeztem kiválasztani, amelyeknek egyedüli vagy első szerzője vagyok. Ez alól csak a H8 és a H20 publikációk a kivételek. Az utóbbi esetében, ennél megelőlegebbet a transzdiszciplináris tervezés- és folyamat tudomány aktuális helyzetének bemutatására a hozzám kapcsolódó publikációk között nem találtam.
9. A Bíráló megjegyezte: “További negatív benyomást alakít ki számomra az a tény, hogy a publikációk jelentős része abban a *Journal of Integrated Design and Process Science*

folyóiratban jelent meg ahol a szerző a Cyber Physical Systems Design területen látja el a Co Editors in Chief feladatkört. (természetesen nem kérdőjelezem meg a bírálati folyamat függetlenségét, ugyanakkor véleményem szerint ebben az esetben is érvényes a „nem elég tisztességesnek lenni, annak is kell látszani” gondolat)”. Ezzel kapcsolatban csak egy általános megjegyzést teszek: Nem azért születtek meg a publikált közleményeim mert a Journal of Engineering Design, a Journal of Computers and Information Science in Engineering, a Journal of Integrated Design and Process Science, és a Transdisciplinary Journal of Engineering & Science különféle funkciót betöltő szerkesztője vagyok, hanem azért tiszteltek meg az ezen folyóiratok szerkesztésében való részvétel lehetőségével, mert előzetesen ezek tartalmi és minőségi elvárásainak megfelelő közleményeket nyújtottam be.

Konkrét válaszok a fejezeteket és a téziseket érintő felvetésekre:

Publikációk: A Bíráló meglátása, hogy: “A 21 saját publikáció közül csak 10 db folyóiratcikk, ...” és hogy “A hivatkozások száma ezekre a publikációkra friss megjelenésük is figyelembe véve nagyon csekély, amely véleményem szerint igazolja azt az aggodalmam, hogy a téma tárgyalási módja idegen a területtől, illetve kérdéses az eredmények alkalmazhatósága.”

Meglátásom szerint az aggodolom ilyen formában való megfogalmazása nem helytálló. Fontosabb érvnek gondolom, hogy - bár a posztdisziplináris és transzdisziplináris (pluridisziplináris) kutatás és innováció egyre inkább terjed - az ilyen tartalmú publikációk megjelentetésére szakosodott nemzetközi műszaki folyóiratok száma még viszonylagosan alacsony. A létező folyóiratok túlnyomó többsége viszonylag rövid (20 – 25 évnyi) időre tekint vissza, és bár növekszik, szerzői és olvasói táboruk még nem eléggé kiterjedt. Emellett, a már létező pluridisziplináris folyóiratok olvasó tábora szűkebb, a hivatkozási gyakoriságuk mérsékeltebb, és ezért a hatástényezőik (‘impact factors’) értékei is alacsonyabbak, mint a hagyományos műszaki kutatással foglalkozóké. Továbbá, sem az értékmegítélés mibenléte (pl. ‘peer review’ vagy ‘public review’), sem az értékelés kritériumai nem lettek eddig egyértelműen meghatározva. E tekintetben a különféle nyílt hozzáférésű (‘open access’) publikációs lehetőségek is csak kis előrelépést eredményeztek. Ezek a tények jól ismertek a nemzetközi műszaki kiadók és szerkesztők számára.

A Bíráló azt is megjegyezte, hogy: “Sajnos mindegyik publikáció olyan irodalmi elemzésen alapuló koncepcionális mű, melyekre alapozva tudomásom szerint jelenleg a hazai PhD eljárásban műszaki és természettudományi területen nem adható PhD doktori fokozat.”

Az érintett eljárásrendben valószínűleg ez az általános gyakorlat. Ugyanakkor, léteznek más megközelítések is. Példaként említem a Delft-i Műszaki Egyetem Doktori Szabályzata (‘Doctoral Regulations’) ‘Requirements for the propositions’ című 9.5 cikkelyének E paragrafusát, ami a következőt fogalmazza meg: “ ... the propositions appended to a doctoral dissertation must not be only positive statements that can be defended within a certain field of science, but must also be challenging. For example, the proposition ‘the sun will rise tomorrow’ may be defendable but it is not at all challenging in the current intellectual climate and could never trigger a debate of pros and cons capable of advancing the boundaries of science. Hence, the propositions appended to the doctoral dissertation must be not only scientifically sound and defendable but also

opposable.” és “The propositions should demonstrate that the doctoral candidate has a broad base of scientific knowledge that is not limited to the subject of the doctoral dissertation. Possible subjects could include: (a) new perspectives created by the doctoral dissertation; (b) results of incidental interest, which are not included in the doctoral dissertation; (c) (critical) comments on the literature relating to technical sciences; (d) comments on related disciplines and/or the methods used; (e) speculative statements about future developments, which cannot yet be definitively verified.”

1. tézis: A paradigmaticus rendszersajátosságok és paradigmaticus sajátosságprofilok használatának előnyeire vonatkozólag a Bíráló megjegyezte: “A fenti kijelentés tudományos megalapozottságától nagyon nehéz nyilatkoznom, ugyanis a szerző elsődlegesen saját maga alkotta fogalmakat használva tesz megállapításokat.” ... “A fogalomhasználat számomra legtöbb esetben ismeretlen és félrevezető. Pl. nem tudom, hogy mit jelent a prediktív rendszerdefiníció? (ezt a fogalmat sehol sem találtam a magyar és a nemzetközi irodalomban)”.

A disszertáció 12. oldalának alólól második paragrafusa részletesen megmagyarázza a prediktív rendszerdefiníció fogalmát. A KFR-ek kutatási gyakorlatában ez a fogalom ismert és gyakran használt.

A Bíráló következő kérdése: “Teljes nyitottsággal kérdezem a szerzót, hogy mi igazolja, hogy előnyösebb a paradigmaticus rendszersajátosságok és paradigmaticus sajátosságprofilok használata? Milyen szempontból előnyösebb? Mitől hatékonyabb az ezekre épülő rendszerfejlesztés?”

Igazából ez a dolog önmagát magyarázza. De vegyünk egy mindennapi példát, amivel egy egyetemi oktató találkozhat, nevezeten egy egyetemi, mester szintű, a KFR-ek lényegét és tervezését bemutató előadást és gyakorlatot magában foglaló tantárgy kapcsán, amely az ilyenfajta rendszerek oktatásának holisztikus (vagyis a rendszer egészéből kiinduló, és a részletek elméleti és gyakorlati feldolgozásával záruló) didaktikai megközelítést követi. Ez a KFR-ek oktatói/kutatói körében jól ismert napi kihívás. A hallgatók számára lehetővé kell tenni az ilyen rendszerek lényegének megértését, olyan mélységig, hogy meg tudják mondani, hogy mely műszaki rendszerek sorolhatók be a KFR-ek kategóriájába és melyek nem, és azok amelyek besorolhatók milyen mértékben tükrözik vissza e rendszerek meghatározó jellemzőit. Mikor lesz könnyebb és jobb a hallgatók megértése, ha a disszertáció 12.-13. oldalain megadott specifikus definíciókkal próbálkozunk, vagy ha a 15.-16. oldalain tárgyalt módszert alkalmazzuk? A válasz egyértelmű. Az utóbbit a hallgatók felhasználhatják az Interneten található rendszerek paradigmaticus megfelelőségének elemzésére és – akár – számszerűsítésére is. A példa egyszerű, de a paradigmaticus sajátosságprofilokban való gondolkodás más esetekben is segítséget ad. Ezt a mi többéves KFR oktatási gyakorlatunk és a doktori kutatások célját képviselő prototípus rendszerek koncepcionalizálási projektjeink is igazolták.

Általánosabb értelemben, a paradigmaticus sajátosságprofilok használata három dolog meghatározását teszi lehetővé, nevezetesen, hogy: (i) egy adott műszaki rendszer a kibernetikai 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 kibernetikai jellegét fejleszteni. Az első dologra példa annak eldöntése, hogy egy laptop számítógép, egy önvezető gépjármű, vagy egy rehabilitációt támogató humanoid robot a

paradigmatikus 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 PRS megközelítés előnyösségének egzakt módszerrel történő bizonyításával nem foglalkoztunk, ugyanakkor hasznosságára az említett példák gyakorlati igazolást adtak.

E helyen, a tárgyilagosság érdekében meg kell jegyezmem, 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 tématerület közismert gyors fejlődése miatt, ma már kognitív-kiber-fizikai-szociális-humán rendszerekről beszélünk. Az ezekre való teljeskörű alkalmazhatóság az értekezésben ismertetett sajátosságstruktúra részleges átdolgozását (kiegészítését) igényli. Azonban, a módszertani megközelítés lényege változatlan marad. Ez utal a megközelítés elméleti alátámasztottságára, ugyanúgy mint annak gyakorlati hasznosíthatóságára.

A Bíráló ugyancsak rákérdezett: “A mérnöki gyakorlatban egy konkrét KFR fejlesztésének alapja a funkcionális követelmények definiálása. Az irodalomban nagyon szép példák találhatók arra vonatkozóan, hogy ezeket miként érdemes megadni. Mi az oka annak, hogy ez a teljesen gyakorlati - és tudományos szempontból is vizsgált kérdéskör teljesen kívül esik a dolgozat látókörén?”

Egyrészt, pontosan az, hogy az irodalom ezt a kérdéskört nagy részletezettséggel tárgyalja, kitérve a műszaki és technológiai követelményeken kívül, a funkcionális és rendszerműködési követelményekre, az általános üzleti és stratégiai követelményekre, a rendszerszolgáltatási és fenntarthatósági követelményekre, stb. Az irodalomban megtalálható ‘szép’ példák a kutatócsoportomnak is ismertek voltak. Másrészt, a követelmény-összeállítás és -feldolgozás (‘requirements engineering’) nem képezi a kognitív tervezés részét, mivelhogy annak bemeneti információkat szolgáltat. Természetesen a kognitív tervezés során hozott döntések visszahatnak a követelmények feldolgozására és azok módosítását is igényelhetik. Ez azonban a kognitív tervezés diszciplináris fejlődésében nem játszik szerepet.

A Bíráló a következő konklúziót fogalmazta meg: “A fentiek alapján - miközben a szerző gondolatmenetét önmagában teljesen konzisztensnek tartom - a tézist értékét egyáltalán nem látom igazoltnak, illetve számomra kérdéses, hogy műszaki tudományterületen lehet-e új tudományos eredménynek minősíteni egy analízissel, kísérletekkel, szimulációs vizsgálatokkal, számszerűsített elemzéssel nem igazolt, kevésbé széles körbe alkalmazott fogalmakra alapozott megállapítást.”

Ezzel kapcsolatban ismételten hivatkozom a megelőző ‘Általános megjegyzések’ szakasz 1. és 2. pontjában olvasható magyarázatra.

2. tézis: “A tézist nem tartom új tudományos eredménynek. A megállapítás jelentős része már a meglévő rendszereket jellemzi, teljes mértékben ismert módon, másik része pedig olyan fogalmakkal operál, melyek annyira általánosak és félrevezetőek, hogy kifejezetten rossznak tartom a használatuk, pl. szocialitás, (ii) perszonalitás, (iii) találékonyság, (iv) ügyesség, (v) meggyőzés.”

A megfogalmazott vélemény elhanyagolásokra vagy felületes áttekintésre enged következtetni. A jobb megértés érdekében a következőt kell megjegyezni: A disszertáció 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. Amikor a szakirodalom részletesen tárgyalja a kiber-fizikai-szociális rendszereket, az intellektualizált-kiber-fizikai-szociális-ember (I-KFRSE) rendszereket, és más egyéb tudás és működési területekre is kiterjedő rendszer-megvalósításokat, akkor e rendszerek tapasztalt viselkedésének ember-központú megítélése is fontossá válik. Ez szoros kapcsolatban áll a mindennapi életben használt intellektualizált KFR-ek szociális beágyazásával és (akár apobetikus) perszonalizálásával. Emiatt orientáló fogalmak szükségesek. A megadottak nem általánosak és nem félrevezetők, hanem célirányosak és hasznosak a kiértékelés szempontjainak kijelölése tekintetében.

A Bíráló megjegyzi: “Sajnos nagy hiányossága a dolgozatnak, hogy figyelmen kívül hagyja a Human Cyber Physical Systems rendszereket.”

Természetesen, az Interneten nagyon sok olyan fogalmat és kutatási célt lehet találni, amivel a disszertáció nem foglalkozik. Bármiféle szakmai magyarázatnak abból kell kiindulnia, hogy szakirodalomban mind a ‘human-cyber-physical’, mind a ‘cyber-physical-human’ megnevezés megtalálható. Ezt két - véletlenszerűen kiragadott - hivatkozással igazolom: Liu, Z., & Wang, J. (2020). Human-cyber-physical systems: Concepts, challenges, and research opportunities. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 21(11), 1535-1553, és Gelenbe, E., Gorbil, G., & Wu, F. J. (2012). Emergency cyber-physical-human systems. In: *Proceedings of the 21st International Conference on Computer Communications and Networks*, IEEE, 1-7. Az első formájú szókombináció a ‘human’ főnevet a rendszer operátor megjelölésére használja, például a gyártástechnológiai KFR-ekkel kapcsolatban az Industry 4.0 kontextusában. A második formájú szókombináció a ‘human’ főnevet a rendszer működésének hasznosítójára vagy a szolgáltatás fogadójára alkalmazza. Tekintve, hogy a disszertációban közreadott munka a mindennapi életben hasznosítható KFR-ekre összpontosított, az említett “Human Cyber Physical Systems” koncepcióval a ‘cyber-physical-human’ rendszer megközelítésben foglalkozott úgy, hogy az intellektualizálásuk kérdései mellett azok szocializálását, perszonalizálását és naturalizálását is érintette. Az disszertációban azt is kijelentettem, hogy: “I strongly believe that our near future will be influenced deeply by the paradigm of CPSs, in particular by intellectualized, socialized, and personalized CPSs.”

A Bíráló meglátása szerint: “(ugyanakkor) a dolgozat jelenleg csak nagyon spekulatív módon, konkrét iránymutatás nélkül operál ezekkel a fogalmakkal, miközben a tématerület legalapvetőbb fogalmait, pl. önszervező képesség elhanyagolja.”, és “Természetesen több ezer fogalmat lehetne használni és éppen ez az esetlegesség az, ami miatt nem látom indokoltnak, hogy a fenti tézist tudományos eredményként tartsam számon.”

Az érvelés és az elutasítás tényleges oka nehezen szűrhető ki. Ahogy a disszertációban és a tézisfüzetben is igyekeztem hangsúlyozni, a tárgyalt kutatási munka a mindennapi alkalmazásokra fejlesztett KFR-ek intellektualizálásának elméleti alapjaira és gyakorlati módszereire összpontosított. E rendszerek tipikus megvalósításait, sok egyéb mellett,

különböző szroke rehabilitációs rendszerek, demencia figyelő és segítő rendszerek, orvosi beavatkozásokat segítő rendszerek, otthoni gondozást támogató humanoid rendszerek, adaptív egyéni oktatási rendszerek, önvezető járműflották kormányzó és parkolási rendszerei, sport teljesítményt fokozó rendszerek, gyermekek képességfejlesztését szolgáló rendszerek, rendkívüli eseményeket kezelő rendszerek, stb., képviselik. Ezek esetében működésvezérlő, tanulási, következtetési és problémamegoldó intellektusnak az alkalmazás kontextusától függő beépítése alapvető követelmény. Ennek kapcsán a kutatás az önszervező képességet sem hanyagolta el. A disszertáció 25.-26. oldalain található '3.4. Alternatives of self-organization' című alfejezet ennek alapjait tárgyalja, a szövegterjedelmi korlátok figyelembevételével. E kutatási témakör nemzetközi helyzetének áttekintését egy a disszertációban nem hivatkozott folyóiratcikkben közöltük: Tavčar, J., & Horváth, I. (2018). A review of the principles of designing smart cyber-physical systems for run-time adaptation: Learned lessons and open issues. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 49(1), 145-158.

Az idézett második megjegyzés lényegének értelmezése gondot okozott, főleg az "esetlegesség" vonatkozásában. Ahogy fentebb kitértem rá, a tézis propozicionális magja az, hogy intellektualizált KFR-ek megvalósítása nem csupán számítógépi algoritmus fejlesztési gyakorlat, hanem a működési folyamat eredményeinek emberek által megtapasztalható megjelenésére ('rendering') is gondot kell fordítani. Ezt tükrözi a 2.7. ábra, és ennek alapján lehet a 2.7. alfejezetben érintett kiber-fizikai rendszereket mindenkinek ('cyber-physical systems for everyone') elképzelést megvalósítani.

3 tézis: "A dolgozat nem foglalkozik az önszerveződéssel (háromszor fordul elő benne a „selforganizaon” szó). A felvázolt szintek teljesen érthetőek, sőt az KFR től függetlenül is értelmezhetőek, így nem látom igazán a tézis eredetiségét, tudományos alátámasztottságát és értékét. ... A definíciók a 2G-ig reálisak, műszaki rendszerek esetében ugyanakkor nagyon fontosnak tartám, hogy kontextusba helyezzük mi is az a célrendszer és mi is az az eszköztár amely alapján KFR-ert fejlesztése indokolt és lehetséges amely az önfelfogás és az önfejlődés képességeivel (3G) és öntudattal és önreprodukciós képességgel (4G) rendelkezik."

Válaszomat egy jelentéktelen technikai megjegyzéssel kezdem: a 'self-organisation' szót - ebben a formában - 21 esetben használtam a disszertációban. Annak értelmezésére és tárgyalására vonatkozó magyarázatomat fentebb leírtam. Ismereteim gazdagítására szolgált volna megtudni, hogy a Bíráló hogyan látja ennek kapcsolatát a kognitív tervezés tevékenységeihez. A tézis eredetiségének megítélésére vonatkozólag az lett a benyomásom, hogy vagy a disszertációban közöltek, vagy az azt alátámasztó publikáció átolvasása után a rendszerek generációs klasszifikációjának problémáját a Bíráló túl természetesnek érzi. Ez feltehetőleg a magyarázatok helytállóságával és meggyőző erejével függ össze.

Ugyanakkor, az alátámasztó közlemény több éves vizsgálódást és nemzetközi megvitatását követően 2017-ben került publikálásra. E tényeket is figyelembe véve hangsúlyozom, hogy a tézis két újdonságra épül. Egyrészt, arra az eredeti felismerésre és feltételezésre, 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 egy természetes modellt biztosít. Ezt axiomatikus igazságként fogadtuk el. Másrészt, a tézis elutasítja azt, hogy a

KFR rendszerek bármely jelenlegi megvalósítását - szószerinti értelemben - intelligensnek nevezzük. A javasolt fogalmi keret szembe megy a mesterséges intelligencia népszerűsítésének jelenlegi trendjével, de a megválasztott kritériumok és jellemzők alapján egy következetes model ajánl – ami, ahogy ezt a Bíráló is nagyon helyesen megjegyezte, más rendszerekre is általánosítható.

A Bíráló megjegyezte: “Természetesen érdekes ezen rendszerek létezését felvetni, kategorizálni, ugyanis fontos tudományos kérdések is megfogalmazhatók ezen koncepció alapján, ugyanakkor ezek felvetést önmagában még nem tartom új tudományos eredménynek, hiszen a kapcsolódó gondolatok, fogalmak, funkciók már régóta ismertek (gondoljunk csak Neumann János „Theory of self-reproducing automata” cikkére).” Kérdésem: Létezik-e olyan megelőző tanulmány, ami a KFR-ek generációs fejlődését alapvető rendszerelméleti és -technológiai koncepciókkal kívánta leírni? A tézist alátámasztó publikációra az eddig ismert független hivatkozások száma 36.

4. tétel: A Bíráló értékelése a következő: “Ez a tétel véleményem szerint szintén nem bír hozzáadott értékkel. ... A tétel lényegében Machlup által definiált három tudáscsoport (bölcseztudományi (alfa), természettudományos (béta) és társadalomtudományi, (gamma)), -- Gilles és Paquet által bővített kreatív diszciplináris szakterület (pl. a tervezés, a jog és a gazdaságtan) (ez a delta) egészíti ki magára a rendszerre vonatkozó tudással.”

Sajnálattal kellett megállapítanom, hogy ez utóbbi félreértelmezés. Egyrészt, a 39. oldalon, a disszertáció világossá teszi, hogy “What makes highly-intellectualized systems different to well-known knowledge-intensive systems is their continuously evolving (not fully pre-programmed) system intellect (intelligence).” Másrészt, a disszertáció azt is rögzíti, hogy a szintetikus rendszertudás nem a rendszerek létrehozására vagy működtetésére szolgáló, hanem azok problémamegoldási képességeit megalapozó tudás: “Epsilon-knowledge includes the total of knowledge associated with the operation of intellectualized engineered systems either as system-level problem-solving or systems state maintaining knowledge.” Tehát a rendszer által birtokolt és gyarapított tudásról, és nem a magára a rendszerre vonatkozó tudásról van szó. Ezért lehet és kell epsilon-tudásnak nevezni (míg a Bíráló értelmezésében delta is lehetne). Talán a legfontosabb jellemzője, hogy ampliatív, vagyis rendelkezik azzal a képességgel, hogy olyan további ismeretek előállítását teszi lehetővé, amelyek egy adott SSK testben kifejezetten nem szerepelnek. A fentiek miatt a Bíráló állásfoglalását megalapozatlannak tartom.

“Az, hogy a rendszerre vonatkozó tudást menedzselni szükséges már régóta ismert, a tudásmenedzsment módszerek és rendszerek fejlesztését megalapozó tény. KFR-ek, MES rendszerek és ipar 4.0 megoldások esetén már jó kialakított szabványok, fogalomrendszerek, ontológiák, (pl. ISA 95 alapú RAMI) támogatják a fejlesztési feladatokat. Sajnos nem látom a dolgozat kapcsolódását a tématerületen folyó aktív kutatásokhoz.” és “A fentiek alapján egy, a tématerületen nem alkalmazott fogalmi kategóriarendszer nem újdonságértékű bővítését nem tartom új tudományos eredménynek.”

Az ISA 95 szabvány a vállalati termelési rendszerek gyártási és irányítási rendszerekkel való integrálásának (‘enterprise-control system integration’) kérdéseit tárgyalja. Az intellektualizált KFR-ek kognitív tervezésének megalapozásához és elősegítéséhez kapcsolódásáról a szakirodalomban tanulmányok nem találhatók.

Bár a Bíráló széleskörű alapokra törekvő véleményalkotási szándékát nagyra becsülöm, a

fentiekben leírtak alapján a kifejtő megjegyzéseit megválaszoltam, míg álláspontját megkérdőjelezhetőnek gondolom.

5. tézis: E tézis kapcsán a Bíráló újra - és minősítetten - megismétli korábbi kijelentését, ami szerint: “Nagyon nem tartom szerencsésnek új fogalmak indokolatlan generálását.” és “A szimpérazmológia fogalmának bevezetését teljesen irrelevánsnak tartom a KFR fejlesztésével kapcsolatban. A rendszerszintű problémamegoldásra számtalan módszer létezik, a szerző ----- tudja, hogy a rendszerek tervezéséhez és a kapcsolódó problémamegoldáshoz alkalmazható eszköztár csaknem végtelen, melyek mögött gyakran ugyanazok az alapelvek húzódnak meg.”

Más malomban őrlünk. Az igaz, hogy rendszerszintű problémák emberek általi heurisztikus, szisztematikus, vagy előreprogramozott (számítógéppel segített) megoldására az irodalom nagyon sok módszert és eszközt tárgyal, de a tézis proposíciós magja mást fogalmaz meg. Ezt a legrövidebben a következőben tudom összefoglalni: A szintetikus rendszer intelligencia (epsilon-tudás) különféle formákban gyorsan terjed. Új lendületet kapott a nemrégiben kifejlesztett generatív mesterséges intelligencia technológiáknak köszönhetően. Ugyanakkor, sem ontológiai, sem módszertani szempontból nem kellően feltárt és megmagyarázott. Ezért további szisztematikus vizsgálatokat igényel annak reményében, hogy egy újabb ipari produktív erőforrássá válhat.

A szimpérazmológia szükségességére vonatkozó gondolkodásomat egy egyszerű ok-okozati (kauzális) gondolkodás motiválta. Ha az epsilon tudás létezésének feltételezése helyénvaló és igazolható, és sem a gnoszológia (a köznapi tudás elmélete), sem az episztemológia (a tudományos ismeret elmélete) nem hivatott ennek tanulmányozására, akkor lennie kell egy olyan tudományfilozófiai vagy rendszerintelligencia-orientált tudományágnak, amely ennek lényegét és hasznosíthatóságát általános értelemben (azaz, rendszerektől, időszaktól és kontextustól függetlenül) feltárja. Az, hogy ezt minek nevezik, az semmit sem befolyásol. Én csak javaslatot tettem. Úgy vélem, hogy ez, és a KFR-ek intellektualizálási szintjének a napi gyakorlatban tapasztalt növekedése, valamint a mesterséges intelligencia kutatás és fejlesztés legutóbbi eredményei aláhúzzák a proposícióban megfogalmazott állítás igazságát, fontosságát és hasznosságát.

A Bíráló további gondolatai: “A megfogalmazott alapelvek között egyetlen egy meglepőt nem látok, így nem tudom elfogadni a tézist új tudományos eredményként.” és “Kapcsolódó kérdés: Jelenleg én nem látom nyomát, hogy a bevezetett szimpérazmológia fogalom elterjedne. Milyen esetekben tartja kifejezetten szükségesnek keretekben való gondolkodást? Kérem, hasonlítsa össze a módszert elismert és széles körben alkalmazott szisztematikus problémamegoldó technikákkal (pl. 8D, A3, Six Sigma) és tervezési módszerekkel.”

Helytálló a Bíráló megfigyelése, hogy az érintett két publikációra eddig független hivatkozások nem jelentek meg. Ennek okát és jövőbeli alakulását csak találgatni tudom azon gondolkodási vonal mentén, amit a ‘Konkrét válaszok a fejezeteket és a téziseket érintő felvetésekre’ szakaszban a publikációkkal kapcsolatban felvetettem. Talán, ami késik, nem múlik ...

Nem egészen nyilvánvaló, hogy milyen “meglepő” alapelvet várna el a Bíráló azon kívül amit a szimpérazmológia egésze és javasolt elvei jelentenek. Az “ezen keretekben való gondolkodás”-sal összefüggésben megjegyzem, hogy a disszertáció és a tézist

alátámasztó két publikáció nagyszámú konkrét kérdést említ meg, amire a szimpérazmológia választ keres/kereshet. A szimpérazmológiának a megnevezett szisztematikus problémamegoldó technikákkal, vagy akár tervezési módszerekkel való bármiféle összehasonlítását értelmetlennek tartom, mert céljaik tekintetében teljesen különbözőek.

- 6 tézis: “A tézist nem igazolja tudományos igényességgel végzett elemzés. A „Felismerték, hogy a hagyományos analitikus rendszerszemléletű gondolkodás (ARG) nem képes sok új szempont figyelembevételére és a felgyorsult fejleményekről megbízható előrejelzést adni.” megállapítással ne értek egyet. Azokban az esetekben ahol az ARG alkalmazhatósága korlátos, a korlátok okai a tudomány eszközével meghatározhatók és bővíthetők (kb. ez a rendszertudomány egyik feladata). Nem látom, hogy a dolgozat miként segítené e korlátok feloldását.”

A tézishez kapcsolódó kutatómunka nagyszámú releváns szakirodalmi munka kritikus tanulmányozását (is) magába foglalta. A disszertáció hangsúlyozza, hogy a prognosztikus rendszerszemléletű gondolkodás kifejezetten a komplex rendszerek jövőbeli megvalósulásának és eredményeinek előrejelzésére és befolyásolására irányul. A prognosztikus koncepcionális pillérek ilyen értelemben egészítik ki a hagyományos pilléreket. Mivelhogy a PRG célja a lehetséges jövőbeli események előrejelzése és adaptív, rugalmas stratégiák kidolgozása, a rendszerek leíró jellegű, ARG megértésén vagy a felmerülő problémák diagnosztikai jellegű megoldásán túlmutat. Ugyanakkor, a szigorúan (klasszikus) tudományos elveken való vizsgálat feltételezné a determináltságot, a lebonthatóságot, a behatároltságot és az egzaktságot. Ez azonban az esetek többségében nem teljesülő feltétel. Például, ilyen eset egy tervezés alatt álló következő-generációs KFR fenntarthatóság-orientált vizsgálata. A disszertáció 6. fejezetének alapjául szolgáló folyóiratcikkben meghatározott konkrét tényezők (‘concerns’) alkalmasak olyan vizsgálati kérdések megvitatására és (elsődlegesen kvalitatív) kiértékelésére, amelyeket például egy transzdiszciplináris kutatási projektben vagy egy ilyen jellegű rendszerfejlesztési projektben érdekelt és résztvevő felek feldolgozhatnak.

“Kérem, adjon pontos és számszerűsített példákat és AGR-el való összevetéseket a javasolt prognosztikus rendszerszemléletű gondolkodási megközelítés előnyét igazolandó és amennyiben van ilyen példa, indokolja, hogy az a megoldás miért nem tekinthető ARG--nek.”

Ilyen példák nem állnak rendelkezésre, mivelhogy a konkrét tényezők (‘concerns’) a szituációk kvalitatív feltérképezésére és jellemzésére szolgálnak.

7. tézis: A Bíráló megjegyzései a következők: “Véleményem szerint a tézis nem tart amaz új tudományos eredményt.” és “Transfer learning-et már alkalmazhat KFR-ek esetén, a módszer alkalmazásának előnyei ismertek és függetlenek a KFR-ről.” és “Gyakorlati szempontból triviális, hogy azonos funkciókat ellátó és azonos modellstruktúrákat alkalmazó közti modellek között lehet tudáscserét biztosítani. Így bár nagyon szép kép a duális csomag, nem látom ennek érdemi indokoltságát, illetve egyetlen egy gyakorlati példa, alkalmazás sem igazolja, hogy e koncepcióban való gondolkodás hatékony lenne (sajnos a dolgozat témaköre nagyon messze van a terület fogalmaitól, vizsgálati körétől.”

Úgy tűnik, a Bíráló a disszertációban javasolt szintetikus tudás átviteli mechanizmust a transzfertanulás fogalmára igyekszik redukálni. A gépi tanulásban a transzfertanulás egy olyan technika, ami egy modell adott feladatra történt betanításából származó tartalmát

(tudását) újrafelhasználja egy kapcsolódó feladat teljesítményének javítására. Ahelyett, hogy a modellt a nulláról kellene felépíteni (betanítani), az előre betanított modell újrafelhasználásával és az új problémához való finomhangolásával mind a betanítási idő, mind az adatigény jelentősen csökkenthető. Ez a megközelítés hasonló struktúrájú neurális hálók esetében alkalmazható. A javasolt megoldás azonban a szintetikus tudás cseréjének eltérő következtetési környezetek közötti létrehozását célozza meg. Emiatt vannak a fogalmak távol a transzfertanulás jólismert fogalmaitól.

Az a benyomásom alakult ki, hogy a több tagmondatba foglalt megjegyzéssorozat átsíklík a javaslat kulcseleme felett. Nevezetesen, hogy a teljes átviteli folyamat procedúrálisan egy helyi semlegesítési részfolyamat, egy globális csomagszerű megosztási részfolyamat, és egy helyi honosítási (naturalizálási) részfolyamat szekvenciális végrehatásán alapszik. Igazából, ennek alapötlete az IGES és STEP semleges grafikus/geometriai adatállományokon alapuló átvitel koncepciójában gyökerezik. A semlegesítési részfolyamat az átvihető szintetikus rendszertudásnak a generáló rendszertől való elválasztását, míg a honosítási részfolyamat az átvitt rendszertudásnak a célrendszer meglévő rendszertudással való integrálását szolgálja. Az automatizálható globális megosztási részfolyamat fő tevékenység elemei a következők: regisztráció, kapcsolatteremtés, megfigyelés, mintaadás, megfelelés ellenőrzés, állapotinformáció bányászat, és biztonságkezelés. A tézist ebből a szemszögből kell megközlíteni. A javaslat egy újfajta szabványhoz is vezethet, de előtte – egyetértve a Bíráló erre vonatkozó utalásával – felveti a technológiai és gyakorlati tapasztalatok megszerzésének igényét, ami viszont csak kutató/fejlesztő-kollektíváktól várható el.

8. tézis: A Bíráló elutasítja, mondván: “A tézist nem tartom tudományos eredménynek . A szöveg véleményem szerint egy olyan kiáltvány, amelynek mondanivalójával teljes mértékben egyet lehet érteni, különösen azért, mert ez a megállapítás az KFR--tól teljesen függetlenül érvényes és áthatja a mai komplex problémák megoldására fókuszálló tudományt.”

Teljesen egyetértek a Bírálóval abban, hogy a keresztdisziplináris, posztdisziplináris és transzdisziplináris kutatás igénye egyre inkább a figyelem középpontjába kerül a tudománypolitikában, de a műszaki tudományok területén is. Ennek oka a komplex és kihívást jelentő, az ipar és/vagy a társadalom által előidézett problematikák és a technológiai/társadalmi/ekológiai trendek. Ugyanakkor a felismerés és a szándék még nem megoldás. A disszertáció benyújtása idején még nem zárult le az a kutatás, amelynek célja az említett problematikák szisztematikus megragadása és a heterogén kutató-kollektívák közötti tudásmegosztás és -szintézis elősegítése állt. Az azóta megjelent alábbi publikációk erre gyakorlati módszertanokat mutatnak be, 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:

- 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

9. tézis: A Bíráló véleménye: “Ez a személyes küldetésnyilatkozatot szintén nem tartom új tudományos eredménynek. Egyrészt azért, teljesen egyértelmű (lásd 8-as tézissel kapcsolatos véleményem), ill. azért mert fogalmakkal operál, melyek nem definiáltak, operacionalizálásukra való törekvés kapcsán pedig eljutunk a klasszikus kutatás- és tudásmenedzsment feladatokig.”

Bár nehéz a dolog személyes küldetés oldalát letagadni, a második mondatban megfogalmazott véleménnyel nem feltétlenül azonosulok. A monodiszciplináris, interdiszciplináris és pluridiszciplináris (beleértve a 8. tézis kapcsán megemlített formákat is) kutatási megközelítések ismeretelméleti és procedurális integrálása a műszaki területeken jelentős késésben van. Ez ösztönzött a disszertáció 8. fejezetében tárgyalt munka elvégzésére, valamint a szupradiszciplináris kutatási keretstruktúra és a közös intellektuális terek létrehozási modeljeinek kidolgozására. Az én gondolkodásomban ezek operacionalizálása a klasszikus kutatás- és tudásmenedzsment szemléletétől és feladataitól való eltávolodást jelent. Ezt támasztja alá az olyan részterületek rohamos fejlődése is, mint a csapattudomány, a komplexitástudomány és a harmadrendű kibernetika. A személyes tapasztalataim természetesen a KFR-ek kutatásához kapcsolódnak, de emiatt is fenntartásom van a Bíráló leegyszerűsítő véleményével szemben.

Válaszok a további kérdésekre:

1. “A tézisfüzet szerint az eredmények „bizonyos kísérleti és demonstrációs prototípus rendszerek fejlesztésében már felhasználásra kerültek”. Mik ezek az alkalmazások, mik a tapasztalatok, a tapasztalatok miként igazolják, módosítják az elméleti megfontolásokat?”

Összességében hét alkalmazást (prototípus rendszer fejlesztést) említek meg, amelyek Ph.D. kutatási projektek keretében kerültek kidolgozásra és tesztelésre. E munkák megnevezését a kapcsolódó egyéb publikációknak az Interneten való visszakeresésének elősegítése érdekében az eredeti angol megfogalmazásban adom meg (a zárójelben a leginkább érintett kollégám neve és a munka kezdetének időpontja szerepel):

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

- f. System-level feature-based modeling of cyber-physical systems: A theoretical framework and methodological fundamentals (dr. Sahab Pourtalebi, 2017)
- g. Cyber-physical solution for an engagement enhancing rehabilitation system (dr. Chong Li, 2016).

A legfontosabb tapasztalatok a következők: (i) a mindennapi alkalmazásra szánt KFR-ek probléma-megoldó és önfejlesztő tudása az alkalmazási feladatokhoz illesztett egyedi megoldásokat igényel, amelyek nem, vagy csak részlegesen valósíthatók meg a mesterséges intelligencia kutatás kulcsrakész technológiai megoldásaira alapozva. (ii) A KFR-ek problémamegoldási és önszabályozási tudásának biztosítása és frissítése futásidőben megszerkesztett döntési modellek létrehozását igényli. (iii) A KFR-ek kognitív tervezésének a rendszerek tipikusan kompozicionális jellegéből kell kiindulni és a hardver, szoftver és kiberver elemeket a legegyszerűbb következtető és döntési folyamatterv alapján kell megválasztani, és (iv) a hálózat- és kommunikációtechnológiai bizonytalanságok miatt a többaktoros elosztott KFR-ek többségében ténylegesen valósidejű vagy közel-valósidejű működést problémás megvalósítani.

- 2 „Számos kutatási kérdés és hipotézis új kutatási útvonalakat nyitott meg.” Mik ezek a megnyitott kutatási irányok? Kérem jelöljön meg legalább hármat, kapcsolódó irodalmi referenciákkal, utalásokkal.”
 - a. A 2010 utáni évtizedben KFR-ek más rendszerparadigmáktól való megkülönböztetése alapvető elméleti (létezéselméleti) kérdésként merült fel a szakirodamban. Kutatócsoportom ezt a kérdést a paradigmatis és a megvalósulási rendszersajátosságok szétválasztásával, és a paradigmatis rendszersajátosságok elért vagy megvalósított mértékének kiértékelésével vagy előre meghatározásával kívánta megragadni. Erre vonatkozólag további információ a “Horváth, I., & Gerritsen, B. H. (2012, May). Cyber-physical systems: Concepts, technologies and implementation principles. In: Proceedings of TMCE (Vol. 1, No. 2, pp. 7-11)” található. Ismételt megemlítem, hogy e konferencia közleményre 156 hivatkozás történt a válaszem írásának időpontjáig.
 - b. Ugyancsak a tanszékem eredendően új - alkalmazási példán bizonyított - kutatási eredménye a rendszer kimenetének a működés során aktivizált (tehát nem előre-programozott) koncepcionális döntési modellel való szabályozása. Erről a “Li, C., Rusák, Z., Horváth, I., Kooijman, A., & Ji, L. (2016). Implementation and validation of engagement monitoring in an engagement enhancing rehabilitation system. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(6), 726-738” folyóirat cikkben számoltunk be. E munkára eddig 29 hivatkozás történt.
 - c. Harmadikként említem azt az újszerű, korábban a KFR-ek területén nem ismert számítási megoldást, ami a rendszer által kezelt működési tér állapotát a kontextuális információk dinamikus kiértékelésével és a változások tendenciájának valósidejű értelmezésével követi és ennek alapján hoz üzenetközlési döntéseket. Ennek elméleti alapjait és konkrét megvalósítását a “Li, Y., Horváth, I., & Rusák, Z. (2020). Personalized messaging based on dynamic context assessment: application in an informing cyber-physical system. *Journal of Integrated Design and Process Science*, 23(1), 103-123”, folyóirat cikkben jelentettük meg. A munkára eddig 5 független hivatkozás történt.
 - d. Bár a Bíráló három példára kérdezett rá, még megemlítem a KFR-ek működési

módjainak vizsgálatán alapuló nyomonkövetési és karbantartás igényt előrejelző módszertant és számítási mechanizmust, amit ugyancsak a tanszékem kutatóival dolgoztunk ki (Ruiz-Arenas, S., Rusák, Z., Mejía-Gutiérrez, R., & Horváth, I. (2020). Implementation of system operation modes for health management and failure prognosis in cyber-physical systems. *Sensors*, 20(8), 2429), 7 hivatkozás).

A fentiek mindegyike egy új kutatási ág gyökerét jelenti, ahogy erről bizonyos hivatkozások említést is tesznek.

- 3 “A dolgozat a koncepcionális szinten kívül semmilyen technikai részletet nem tartalmaz. Mik azok a technikai, konkrét algoritmusfejlesztési feladatok és kihívások, amelyek az adott témakörökhöz kapcsolódnak?”

A megfigyelés helyes és válaszul a következő magyarázat szolgálhat. A disszertáció a KFR-ek kognitív tervezésének ismeretelméleti és módszertani alátámasztásával foglalkozik. A KFR-ek megvalósítási folyamatának úgynevezett előszakasza (front-end) az (i) az átfogó célok megfogalmazásával, (ii) a követelmények meghatározásával és összefésülésével, (iii) a kognitív tervezés végrehajtásával, valamint (iv) a koncepcionális tervezéssel, mint egymást követő kreatív tevékenységekkel foglalkozik. Az említettek egyikéhez sem tartoznak konkrét algoritmusfejlesztési kihívások és feladatok, mert ezek csak a részletes tervezés szakaszában merülnek fel, illetve kerülnek megvalósításra. A disszertációban feldolgozott 21 alátámasztó publikáció mellett a publikációs listámban, de a dokumentumban is, több olyan publikációt említettem meg, amelyek ténylegesen számítási algoritmusokkal és mechanizmusokkal foglalkoznak, Azonban ezeket a disszertációban csak külső hivatkozásoknak tekintettem azon ok miatt, hogy ezek annak tárgyához közvetlenül nem tartoznak hozzá. A kognitív tervezés lényegéről, és a probléma megoldásban és a rendszerviselkedésben betöltött szerepéről áttekintést ad: "Horváth, I. (2023). Extended Editorial: Research to Support Cognitive Engineering of Intellectualized Cyber-Physical-Social-Human Systems. *Journal of Integrated Design and Process Science*, 27(3-4), 153-168. "

Bízom benne, hogy az általános felvetésekre és a konkrét kérdésekre adott válaszaim további hasznos információt szolgáltatnak a disszertáció és a propozíciók megítélése szempontjából. Mégegyszer nagyon köszönöm a Bíráló szakmai érveit, nyitottságát és javaslatát, hogy az opponensi véleményében felvetett tudományfilozófiai és stratégiai kérdésekről a Műszaki Tudományok Osztálya eljárásban résztvevő tagjainak állásfoglalását szorgalmazta és hogy - támogató állásfoglalás és sikeres védekezés esetén - az MTA doktora cím odaítélését javasolta.

Den Hoorn, 2025 május 23.



Prof.em. Dr. Horváth Imre