ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉSTERVEZET

ALBINI ATTILA

Infokommunikációs felhőrendszerek energetikai és technológiai biztonságának elméleti vizsgálata és az eredmények adaptációs lehetőségei

Témavezető: Prof. Dr. Rajnai Zoltán

BIZTONSÁGTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

Budapest, 2025.09.17

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS 5

A vizsgálandó problémák és célkitűzések 5

Hipotézisek 6

Kutatási módszerek 8

1 AZ INFOKOMMUNIKÁCIÓS FELHŐRENDSZER 9

1.1 A felhő követelményei 10

1.2 A felhő definíciója 11

1.3 A felhő általános szerkezete 14

1.3.1 A szerkezet vizsgálata 15

1.3.2 Mátrix szerkezet 17

1.4 Összefoglaló 21

2 EGYSÉGESÍTETT ASPEKTUSKERESŐ ELJÁRÁS 22

2.1 Az algoritmus működésének elve 23

2.2 Filozófiai pólusok 23

2.3 Dimenzionálás és skálázás 25

2.4 Kiértékelés 26

2.5 Használati példa 26

2.6 Az UASA módszertan összefoglalása 27

3 ENERGETIKAI BIZTONSÁG 29

3.1 A rendszerek általános energetikai modellje 29

3.1.1 A modellezés alapja 30

3.1.2 A modell komponensei 32

3.1.3 Rendszervizsgálati módok 34

3.1.4 Összefoglaló 36

3.2 A rendszerek energetikai fenntarthatósága 37

3.2.1 A vizsgálat módszertana 38

3.2.2 Az eredmények előzetese ... 38
3.2.3 A vizsgálat folyamata ... 39
3.2.4 Konklúzió ... 44
4 TECHNOLÓGIAI BIZTONSÁG ... 45
4.1 Klaszter-technológia ... 45
4.2 Grid-technológia ... 46
4.3 Virtualizáció ... 47
4.4 Split-technológia ... 48
4.5 Konklúzió ... 49
5 ADAPTÁCIÓS LEHETŐSÉGEK ... 50
5.1 IT infrastruktúrák informatikai biztonsági aspektusai ... 50
5.1.1 Az egységes tárgyalásmód ... 51
5.1.2 A modell és az aspektuscsoportok ... 58
5.1.3 A modell használata vizsgálathoz ... 59
5.1.4 Összegzés ... 62
5.2 Felhőelméleti fenntarthatóság adaptálása humán rendszerekre ... 64
5.3 Önvezető járművek új kategorizálása ... 69
5.3.1 Az IT biztonságot növelő technológiák ... 70
5.3.2 Általános IT infrastruktúra ... 71
5.3.3 A járművek automatizáltsági szintje ... 72
5.3.4 Alkalmazandó technológiák ... 74
5.3.5 Konklúziók ... 75
5.4 A felhőelmélet alkalmazhatósága az autonóm járművek rendszereiben ... 76
5.4.1 Az autonóm járművek IT rendszerének problémái ... 77
5.4.2 Elméleti megoldások a felhőrendszerekben ... 77
5.4.3 A megoldások adaptációja ... 78
5.4.4 Konklúzió ... 80

5.5 A bittorrent technológia adaptálhatósága az útvonal meghatározásában 81
5.5.1 Elméleti vizsgálat 82
5.5.2 Információátadás a bittorrent technológia működési elvén 83
5.5.3 A működés metódusa 84
5.5.4 Összefoglaló 86
ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK 87
Új tudományos eredmények 91
Ajánlások 92
A tézisekhez és ajánlásokhoz felhasznált saját publikációk 92
IRODALOMJEGYZÉK 94
TÁBLÁZATJEGYZÉK 100
ÁBRAJEGYZÉK 100
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 101

BEVEZETÉS

Az információs technológia egyik új és vezető területe a felhő-technológia. Bár ez még csak másfél évtizedes technológia, bárki használhatja ezen szolgáltatásokat manapság. Az első felhőket nagy cégek alkalmazták saját maguk kiszolgálására. Ezek privát rendszerek voltak egyedi megvalósítással és biztonsági rendszerrel. Idővel a fejlődés lehetővé tette az egységes és szolgáltatás-központú használatot, így megjelenhettek az üzleti szolgáltatások. A kisvállalatok vezetői gyakran nincsenek tudatában, hogy okos eszközeik használata a telekommunikációs szolgáltató felhő-technológiáján alapszik. Viszont a nagy cégek tudatosan használják ezeket a szolgáltatásokat az üzleti folyamatok megvalósítása érdekében, számításba véve a lehetőségeket, kockázatokat, költségigényeket. Tehát a szolgáltató alapvető érdeke a magasabb biztonsági szint elérése. Ebbe beletartoznak a rendelkezésre állás, a kapacitás, a teljesítmény, a rugalmasság és a mérhetőség témakörei.

A felhőbiztonság témájában fellelhető dokumentációk nagy része a felhasználói adatintegritás vagy a törvényi felügyelet nézőpontjából vizsgálja a felhőszolgáltatást, s elsősorban a felhő határvédelmi és külső kommunikációs problémáit feszegeti. Ezzel szemben a felhőn belül alkalmazott logikai szintű biztonsági megoldásokról nagyon kevés leírás található. A hiány megléte miatt választottam kutatási területemnek a felhőbiztonság technológiai oldalát. E területet körül határolva jelen írásban megemlítem elsősorban biztonsági szempontból: a felhő meghatározásának aspektusait, a felhő követelményeit, a felhőépítési technológiákat, a felhő architektúráját és a felhő biztonsági modellezését.

A vizsgálandó problémák és célkitűzések

Az értekezés további részein is azonosítható lesz az a törekvés, hogy a levezetések olyan eszmerendszeren alapuljanak, amely lehetőleg teljes és elfogadott modellezését adja a világnak. Ezért a levezetések alapja a filozófia fő témaköreire épülnek [1] [2]. A problémák azonosítását is e témakörök köré fűztem. Ezek a létezés, az ismeret, a cselekvés, az igazság és a változás. Ennek során felmerült maga a vizsgálati szempontrendszer problémája is, melyre megpróbálok általános választ keresni.

Az infokommunikációs felhők szolgáltatáskövetelményekből levezetett közvetett definíciójának problémája magában hordozza azt, hogy nehezen azonosíthatók a felhőszolgáltatások, illetve a szolgáltatásokat előállító infokommunikációs rendszerek.

Jelen tanulmány egyik célja a definíciók áttekintése, s esetlegesen olyan definíciós lehetőségek kialakítása, melyek elősegítik a felhőrendszerek jobb értelmezését.

További probléma, hogy a felhőrendszerek szerkezeti felépítését ezen architektúrák történeti kialakulásával magyarázzák. Célkitűzésem, hogy az infokommunikációs felhők szerkezete megmagyarázható legyen a történeti kialakulástól független módon is, megmutatva ezzel az architektúra szerkezetének elvi szükségszerűségét.

A felhőszolgáltatások ismertetése során implementációs változatoktól függetlenül hasonló elveken történik a hosszútávú fenntarthatóság biztosítása. Azaz a különböző gyártók hasonló építési elveket alkalmaznak egymástól, és a felhő különböző szerkezeti részeitől függetlenül is. Célom e technológiák elvének azonosítása és elemzése a további felhasználhatóság, adaptációs lehetőségek kimutatása érdekében.

Az értekezés célja továbbá a felhőrendszerek működtetési és változtatási lehetőségeinek modellszerű értelmezése mind az operatív, mind a hosszútávú energetikai, valamint a technológiai biztonság vizsgálhatóságának azonosítása.

Hipotézisek

1. Az informatikai felhők technológiai szempontú elméleti vizsgálata közben megállapítottam, hogy a felhő technológiai definíciója, a felhő technológiai szempontból tekintett általános szerkezete, továbbá a felhőben a hosszútávú fenntarthatóságot biztosító technológiai megoldások működési elve nincs egységesen azonosítva. Ennek eredményeképpen az alábbi feltételezésekkel éltem ebben a témakörben:
    a. A jelenleg általánosan használt felhő definíció a szolgáltatási követelményrendszeréből van levezetve. Azt feltételezem, hogy a felhőt definiálni lehet technológiai szempontból is, mely elősegíti az alkalmazott technológiai megoldások egységes tárgyalhatóságát. E témát az informatikai felhőrendszereket tárgyaló fejezetben fejtem ki.
    b. Feltételezem, hogy más informatikai szerveződésekhez hasonlóan az informatikai felhők általános szerkezete is azonosítható, szintetizálható. Ez alapja lehet a további szerkezeti vizsgálatok, illetve a hosszútávú fenntarthatóságot elősegítő technológiai megoldások egységes vizsgálatának. E témát is a felhőrendszerek tárgyalásánál taglalom.

c. A felhők technológiai biztonságának vizsgálhatósága érdekében feltételezem, hogy az infokommunikációs felhőkben alkalmazott, az architektúra hosszútávú fenntarthatóságát biztosító építési elvek azonosíthatóak és általánosíthatóak. Ezt a témát a felhők technológiai biztonságát vizsgáló fejezetben fejtem ki részletesen.

2. Az általános rendszervizsgálatokhoz használt egyes validálási módszertanok más-más tudományág vizsgálati alapelveit követik. Az informatika területén végzett vizsgálódások leggyakrabban irányításelméleten, vagy információ elméleten, avagy biztonságelméleten alapulnak. Az általánosan használt módszertanok sztenderdek, s vizsgálati szempontrendszerüknél fogva nem minden témakörre fektetnek egységes hangsúlyt. Ezért nem létezik olyan módszertan, ami tökéletesen illik a vizsgált rendszerhez használt elméleti modell által igényelt témaköri súlyozáshoz. Ezek által indíttatva dolgozom ki az egységes aspektuskereső eljárást az ide vonatkozó fejezetben. Ennek során az alábbi feltételezésekkel élek:
   a. Feltételezem, hogy kialakítható olyan általános aspektuskeresési eljárás, amely a leendő rendszervizsgálat szempontjait tekintve a megkívánt témaköri súlyozás figyelembevételével állítja elő a vizsgálati szempontrendszert.
   b. Feltételezem, hogy ez az eljárás többek között az informatikai rendszerek, s ezek között a felhőrendszerek vizsgálatára is alkalmas, melynek érdekében ennek próbáját is elvégzem.
3. A felhők energetikai biztonságát az ide vonatkozó fejezetben taglalom, s a téma vizsgálata közben az alábbiakat feltételezem:
   a. Feltételezem, hogy információelméleti alapon létrehozható egy olyan általános energetikai rendszermodell, amelyet általános szerkezettel és általános energiaáramlási jellemzőkkel tudok leírni. E modellt a fejezet első részében állítom össze.
   b. Feltételezem, hogy e modell segítségével a biztonsági témájú vizsgálatok csoportosíthatók az energiaáramlás anomáliái alapján. Ezt a csoportosítást a fejezet első részének végén teszem meg.
   c. Feltételezem, hogy ez az energetikai modell felhasználható egy irányításelméleti alapon nyugvó gondolati kísérletsorozathoz, amellyel következtetni lehet a filozófiai változáselmélet alapján csoportosított

tisztán merev, illetve tisztán rugalmas rendszerek elméleti viselkedésére. Továbbá a kísérletsorozat alkalmas a valódi rendszerek viselkedésének következtetésére is. Ezt a gondolati kísérletsorozatot a fejezet második felében teszem meg.

4. Feltételezem, hogy az infokommunikációs felhőkben alkalmazott, a hosszútávú fenntarthatóságot biztosító építési elvek más fajta szerveződésű rendszerek esetében is alkalmazhatóak. Ennek vizsgálataként az e témában folytatott kutatásaim eredményeit taglalom az értekezés utolsó fejezetében.

Kutatási módszerek

A definíciós problémák kutatása esetében azonosítom a szolgáltatási szereplőket, s ezen szereplők szemszögéből általánosítom a felhő definícióját. A technológiai biztonság megértésének szempontjából kulcsfontosságú technológiai definíciót a rendelkezésre állás, a tárolás és a rugalmas feldolgozás, mint információelméleti triász problémáit általánosítva alakítom ki.

A szerkezeti problémák kutatása során a felhőrendszereket megvalósító infokommunikációs rendszerek gyártói termékeinek induktív elemzésével általánosítom az egyes alapvető funkcionalitásokat. A funkcionalitások függőségeinek és egymásra épülésének általánosításával a rétegződést és a szerkezetet alakítom ki. Végül a komponensek szintetizálásával egységes szerkezeti modellt állítok össze. Ez a modell ugyanakkor párhuzamba állítható a filozófiai szempontrendszerből levezetett szerkezeti tagozódással, mely visszavezethető az absztrakt gondolkodás szintjeire, illetve az emberi absztrakció kategóriáira. Ez egyben igazolja a modell elvi létjogosultságát is.

Az operatív és a hosszútávú fenntarthatóság energetikai és technológiai szempontjainak vizsgálatához a filozófiai aspektusrendszerből egyrészt levezetem az információelméleti aspektusrendszert, mely az energetikai modell megalkotásának alapja és segítség a működési anomáliáik azonosításához, másrészt levezetem a gyakorlati infokommunikációs aspektusrendszert, mely a technológiai feltételek vizsgálatát segíti elő.

1 AZ INFOKOMMUNIKÁCIÓS FELHŐRENDSZER

A felhőrendszerek definícióját és szerkezeti vizsgálatát tárgyalom ebben a fejezetben (1. hipotéziskör 1a és 1b pontok), mely technológiai szemléletű új felhődefiníció megalkotásához vezet, tovább egy új általános felhőszerkezeti modellt vezetek be.

A digitalizált rendszerek esetében az információs és kommunikációs technológiai (IKT) komponensek a rendszer létfontosságú részét képezik. A hatékonyság növelése a fenntarthatóság alapja. Ezért az IKT hatékonyságának növelése kulcsfontosságú. Bár a felhőtechnológia csak egy lehetséges építőeleme az IKT infrastruktúrának, az alkalmazott elemek elméleti vizsgálata fontos, mivel a felhőépítési technológiák kiterjeszthetők más IKT technológiák használatára is. Ezen lehetőségek miatt tanulmányozni kell a felhő működésének lehetséges törvényszerűségeit, amelyek többek között a rendelkezésre állás, a kapacitás, a rugalmasság és a skálázhatóság kérdéseit is érintik.

A felhőtechnológia az informatikában egy fiatal és élvonalbeli terület. Ez annak köszönhető, hogy az egyéni mobiltól a virtuális adatközpontok teljes megvalósításáig lehetőség van szolgáltatások nyújtására hálózaton keresztül. Sokan nem tudják, hogy kommunikációs eszközük ilyen szolgáltatást használ, és felhasználók nem minden esetben használják ki tudatosan ezeket a lehetőségeket.

A legtöbb ember, aki hallott már a felhőről, a telekommunikációs és informatikai szolgáltatók által nyújtott felhőkre gondol. Bár ma már bárki igénybe veheti ezeket a szolgáltatásokat, az első felhőket a vállalatok zárt módon használták. Ezek egyedi megvalósítású, privát rendszerek voltak. Idővel a fejlesztés lehetővé tette a szabványos használatot és a gazdasági szolgáltatások megjelenését. Később a technológia fejlődése olyan menedzsment megoldásokat kínált, amelyek lehetővé tették a technológia mérhetőségét. Ez tette lehetővé a felhő, mint szolgáltatás elérését külső partnerek számára.

A felhőalapú számítástechnika témájában található dokumentumok nem nyújtanak elegendő betekintést a felhőépítéshez használt technológiákba. Ezeket a technológiákat külön-külön is használják, és a gyártók megoldásai jól dokumentáltak. De a megvalósítások szintézise és a technológiák kombinációja, nevezetesen a felhőépítési technológiák, kevésbé dokumentáltak. Jelen értekezésben többek között a felhő definícióit és tulajdonságait, valamint a főbb komponensgyártók ajánlásai alapján létrehozott felhőarchitektúra felépítéséhez használt fő technológiákat általánosítom.

Mivel a felhőrendszerek definíciója a követelményeiken alapszik, ezért a felhődefiníciók vizsgálatát a követelmények áttekintésével kezdem.

1.1 A felhő követelményei

A felhőépítési technológiák vizsgálatakor kiderül, hogy a felhő legfontosabb tulajdonságai közé tartozik a megbízhatóság, a komponensek variálhatósága, változtathatósága, illetve a szolgáltatás mérhetősége is. Ezek alapján a kompetens technológiai követelményeket az alábbi témakörök szerint lehet csoportosítani:

- rendelkezésre állás (létezés),
- az előállításhoz szükséges erőforrások virtualizációja (szerkezeti és energetikai ismeretek),
- a megvalósított szolgáltatások virtualizációja (validálás),
- rugalmasság (szabályzás és változásmenedzsment) témái köré lehet gyűjteni.

Rendelkezésre állás

A felhőnek lehetőleg 7/24-ben működnie kell, mert üzletileg kritikus alrendszerek valósulhatnak meg benne. A megbízhatóság emelését a rendszerben szereplő fizikai és logikai komponensek többszörözésével, más néven redundancia alkalmazásával lehet elérni. A megbízhatóság egyik jellemzője a rendelkezésre állás, mely százalékos arányban fejezi ki, hogy a vizsgált objektum a kérdéses időintervallum hány százalékában működik. Általánosan elmondható, hogy a 90%-os tervezett rendelkezésre állástól felfelé a rendszermenedzsment rétegében már automatizálást kell bevezetni. Az automatizálásra fordítandó anyagiak mértéke hiperbolikusan nő a tervezett rendelkezésre állás növelésével. A görbe aszimptotája 100%-os tervezett rendelkezésre állásnál van. Ez analóg azzal, hogy a kockázatok elemzése és csökkentése után sem lehet elérni a 100%-os biztonságot. A rendelkezésre állás szolgáltató által vállalt mértékét a legtöbb esetben szerződésben rögzítik. A 95% feletti értéket magas rendelkezésre állásnak (High Availability, vagy röviden HA) hívjuk, azonban a nagy felhőszolgáltatók „ötkilences” rendelkezésre állást valósítanak meg, ami 99,999%-nak felel meg. [3] [4] [5] [6]

Erőforrás virtualizáció

A felhő a lehetséges mértékig az egyedi erőforrásoktól függetlenül működik. Rendelkezésre állása és kapacitása magasabb, mint az egyes feldolgozó egységeké. Ezt a tulajdonságát a felhő építéséhez használt technológiák teszik lehetővé, melyek közül

kiemelendő a virtualizáció. Ennek lényege, hogy a virtualizált architekturális réteg tényleges erőforrásai el vannak fedve, s csak a szükséges mennyiségű és minőségű kapacitás van prezentálva a magasabb rétegek felé a számukra szükséges módon. Ez a technológia teszi lehetővé többek között a szolgáltatások mérhetőségét is. [3] [5] [7] [8] [9] [10] [11] [12]

Szolgáltatás virtualizáció

A felhőben a szolgáltatások megvalósulásának mérhetőnek kell lennie. Mivel technológiai oldalon a szolgáltatás implementációja nem csak 1 darab objektumot érinthet, továbbá 1 darab objektumon több szolgáltatás komponensei is jelen lehetnek, ezért vezették be a virtuális szolgáltatás fogalmát. A kimutatandó szolgáltatás ilyen formában jelenítődik meg. A virtuális szolgáltatások összeállításánál az érintett rendszerkomponensek kapcsolatait modellezik, s e komponensek rendelkezésre állási és dedikált kapacitás adatai vannak felhasználva a szolgáltatás megvalósulásának mérésére. Ezek a mérőszámok a legtöbb esetben szerepelnek a szerződésekben. Többek között a virtuális szolgáltatások használata miatt is elengedhetetlen a megfelelő felhő-menedzsment réteg kialakítása. [5] [6] [12]

Rugalmasság

A felhőben a szolgáltatásokat megvalósító rendszer-komponenseknek rugalmasan paraméterezhetőnek kell lenniük. Ennek megfelelően a virtualizációt úgy kell megvalósítani, hogy az erőforrások felhasználását és prezentálását a megfelelő mértékig granulálni lehessen. További elvárások, hogy rugalmas módon dedikált kapacitást lehessen a szolgáltatásokhoz rendelni, illetve amennyiben a működési folyamatok ezt lehetővé teszik, akkor e kapacitáshoz tartozó paraméter-rendszer menet közben változtatható legyen. Mindezek által könnyen alakítható ki az egyes alrendszerek megfelelő performanciája, ezáltal költséghatékonyabb üzemeltetés válik lehetővé. [3] [5] [6] [7] [8] [10]

1.2 A felhő definíciója

A felhő meghatározására jelenleg nincs egzakt megfogalmazás. A National Institute of Standards and Technology (NIST) nemzetközileg elfogadott meghatározása [7] csak a felhővel szemben támasztott követelményekből kiindulva egy közvetett definíciót ad, s nem tartalmazza az elérendő célt. Cél nélkül a rendszer olyan, mintha csak önmagáért létezne. Ezért érdemes a meghatározást használhatóbb alakra hozni, mely az elérendő célt

is tartalmazza. Mint minden szolgáltatás esetében, itt is több szereplő érintett. Emiatt maga a definíció is több aspektusból határozható meg. Más a felhasználó, vagyis a szolgáltatás hivatalos megrendelőjének célja, mint a szállító, azaz a technológia előállítójának célja. Továbbá a független szabályzó, azaz a jogalkotó aspektusát is fontos megemlíteni.

A szereplők eltérő érdekei szolgáltatási szerződés megkötését teszik indokolttá, melyben a feleknek közösen kell megfogalmazniuk, hogy mit értenek az igénybe vett szolgáltatás alatt. Azonban a felhő-rendszerek elterjedése, és a valószínűsíthetően egyre nagyobb számban megjelenő jogviták elkerülhetetlenné teszik a jövőben a felhő szolgáltatás hivatalos megfogalmazását is, melyet a jogalkotók és jogértelmezők használhatnak a vitás kérdések rendezéséhez. Mivel a robosztus felhők szolgáltatói manapság multinacionális cégek, amelyek rendszereiket katasztrófatűrési szempontokat figyelembe véve több országban vagy kontinensen alakítják ki, így a jövőt tekintve nemzetközileg elfogadott értelmezés és jogharmonizáció is szükséges.

A felhő megfogalmazásainak a következő aspektusai lehetnek:

- független,
- felhasználói,
- szerződéses,
- technológiai.

Független aspektus

Független szempontból, továbbá az egyes nemzetek jogrendszereiben és a nemzetközi jogharmonizációban a felhő megfogalmazásának alapja a világszerte elfogadott NIST féle azonosítás és osztályozás lehet a mérvadó. E szerint „a számítási felhő az egy olyan modell, mely lehetővé teszi az egyszerű és szükség szerinti hálózati hozzáférést egy olyan megosztott és konfigurálható számítási erőforrás készlethez, amelyben az erőforrások lekötése és felszabadítása gyors és minimális erőfeszítést igényel akár megrendelői, akár szolgáltatói oldalról”. [7]

Mint látható, a megfogalmazás terjengős, és nem elég egzakt. Ez általában jellemző a független szemléletre. Az ilyen aspektusú definíciók a rendszer viselkedését írják le. A speciális aspektusú megközelítések ezzel szemben zártabb alakúak.

Felhasználói aspektus

A felhasználó megközelítésében a felhő az olyan rugalmas informatikai szolgáltatások összessége, melyeket a felhasználó a szolgáltató interfészén keresztül vesz igénybe üzleti folyamatainak költséghatékonyabb megvalósítása céljából.

Ennél a megfogalmazásnál a megrendelő érdeke dominál. A cél a hosszútávú költséghatékonyság. Felhőszolgáltatás igénybevétele esetén ugyanis nem kell olyan nagy IT üzemeltetést fenntartani, mintha a megrendelő a saját infrastruktúráját használná. Továbbá az egyes alrendszerek bevezetése is rugalmasabban kezelhető.

Szerződéses aspektus

A szolgáltatási szerződések aspektusából a felhő az egy szolgáltatásrendszer, mely a szerződésben meghatározott interfészen keresztül a felek által meghatározott mennyiségű, minőségű és rugalmasságú információ- és kommunikáció-technológiai szolgáltatást biztosít a szabályzó kereteken belül.

Ez a meghatározás azon alapul, hogy a szerződésben rögzített paraméterek értelmezési interfészként szolgálnak a szállító és a megrendelő között.

Technológiai aspektus

A téma szempontjából releváns, technológiai megfogalmazásban (hipotézis 1a): a felhő az egy olyan rugalmas és mérhető információ- és kommunikáció-technológiai rendszer, amelyben az interfész mögött a szolgáltatások a lehetséges mértékig függetlenítve vannak az eszközök fizikai- és logikai hibáitól és korlátjaitól.

Ez a meghatározás a technológián alapszik. Itt már megjelennek a felhő belső tulajdonságai, melyek az alkalmazott technológiákból fakadnak. Azonban a technológiák bemutatása előtt a könnyebb áttekinthetőség érdekében érdemes néhány alapvető fogalmat és követelményt megtárgyalni.

1.3 A felhő általános szerkezete

A jelenlegi rendszerek fenntarthatóságának fontos eleme a hatékonyság növelése. Emiatt nemcsak azok a rendszerek alapulnak információs és kommunikációs technológián, amelyek csak a kibertérben léteznek, hanem azok is, amelyek anyagi megnyilvánulásokkal rendelkeznek. A felhőalapú számítástechnika az információs technológia egyik építőköve. Ezért a felhőalapú számítástechnika minden iparágra hatással van. Emiatt fontos a felhőalapú számítástechnika vizsgálatának eredménye. Jelen fejezetben célom a felhőalapú rendszerek általános architektúrájának szintetizálása a további vizsgálatok egységesítése érdekében.

A felhőalapú számítástechnika alkalmazásának története meglehetősen rövid. Ez a technológia csak a kétezres évek második felében vált lehetővé. A felhők építésében használt megoldásokat a gyártói platformoknak megfelelően külön dokumentálják. A teljes felhőrendszerre vonatkozó dokumentációk azonban még mindig hiányosak, mivel az építőelemeket gyártó vállalatok nem érdekeltek a szabványosításban. A gyártó vállalatok profitorientáltak és monopolhelyzetre törekszenek. Ezért nem áll érdekükben összehasonlítani a technológiájukat vagy annak helyettesíthetőségét más gyártók technológiájával. Emiatt a felhők szerkezete csak a gyártó saját platformjain van dokumentálva. A fejezetben célom az információs és kommunikációs technológiai felhőrendszerek általános architektúrájának szintetizálása. Az általános architektúra elkészítése egyszerűbbé és egységesebbé teszi a felhők tanulmányozását és összehasonlítását. Ez vonatkozik a biztonsági szempontokra is. Az általános architektúra az alapja annak, hogy a felhőrendszerek biztonsági felmérése egységes platformon történjen. Ez az egységes platform megkönnyíti egy esetleges sebezhetőségi értékelés megtárgyalását és a kockázatértékelés kritériumainak meghatározását.

A tanulmányozásban az általános alapelvek lefektetésével érdemes kezdeni a felhőarchitektúra szintézisét. A működéshez szükséges komponensek azonosítása komponensgyártók (pl. Cisco, Computer Associates, Dell, EMC, Fujitsu-Siemens, Hewlett-Packard, Hitachi, IBM, Microsoft, Oracle, VM-Ware) megoldásainak vizsgálatán alapul. Az egymást kiegészítő elemek szintetizálása és a megoldások ekvivalens elemeinek általánosítása által az egymásrautaltságnak megfelelően vertikális struktúra alakul ki. A horizontális kritériumok filozófiai alapra tétele univerzális módot biztosít a vertikális rétegek összeegyeztetésére. Emiatt a vertikális rétegek aspektusrendszerének analógnak kell lennie a filozófiai absztrakt kategóriák

alapelemeivel. Az aspektusrendszer kiegészítése az elsődleges és másodlagos rendszerváltozással már a valós időben működtethető, dinamikus rendszermodellt generál.

1.3.1 A szerkezet vizsgálata

Az informatikai rendszerekkel szemben támasztott igények változása alakította ki a felhő követelmény rendszerét. A követelményeket kielégítő technológiák meghatározzák a felhő viselkedését. A felhő nemzetközi meghatározása e viselkedésen alapszik: "a számítási felhő az egy olyan modell, mely lehetővé teszi az egyszerű és szükség szerinti hálózati hozzáférést egy olyan megosztott és konfigurálható számítási erőforrás készlethez, amelyben az erőforrások lekötése és felszabadítása gyors és minimális erőfeszítést igényel akár megrendelői, akár szolgáltatói oldalról" [7]. A felhő szerkezetének vizsgálatához azokat a komponenseket kell meghatározni, amelyek a definíció szerinti viselkedést meghatározzák. Továbbá érdemes megállapítani az egyes komponensek nélkülözhetetlenségét is.

Vertikális szerkezet

A felhő meghatározásából eredően annak fő tulajdonságai a következő témák köré csoportosíthatóak: rendelkezésre állás, szerkezet, kapacitás, rugalmasság, mérhetőség. [3] A hagyományos rendszerek nagyvonalú tagozódása a következő volt: hálózat, operációs rendszer, adatbázis-réteg, alkalmazás-réteg. Ebben a megközelítésben az operációs rendszer osztotta el a hardver által biztosított erőforrásokat. Ez a modell változott a virtualizáció megjelenését követően. A virtualizáció új rétegként jelent meg a hardver és az operációs rendszer között. [12] [13] [14] Ez a technológia teszi lehetővé, hogy a hardver erőforrásait rugalmasan granulálni lehessen. Ezáltal a feldolgozópontok csak a nekik szükséges erőforrásokat kapják meg. [8] Továbbá ez a réteg befolyásolja a rendelkezésre állást [8] [14], a kapacitást [10] és a mérhetőséget [4] is. Így a vizsgálatot ennek a rétegnek a tanulmányozásával érdemes kezdeni.

A virtualizáció használata esetén a fizikai IT erőforrásokat, azaz az adattárolókat [15], a feldolgozási kapacitást [16] és a kommunikációs elemeket lehet logikai erőforrás csoportokba rendezni. A feldolgozás biztosítására pedig virtuális feldolgozó pontokat lehet létrehozni, melyekhez ezek a logikai erőforrások rendelhetők. Ezáltal a fizikailag használt IT erőforrások elkülönülnek a logikailag szükséges IT erőforrásoktól. [11] [13] [17]

A virtuális réteg felett a hagyományos modell szerinti operációs rendszer található. De az egységes taglalás érdekében ezt a réteget úgy érdemes tárgyalni, hogy az operációs rendszer, az adatbázis-réteg, az alkalmazás-réteg és az adatkapcsolati komponensek egyetlen réteget alkotnak: a műveleti réteget. Ennek a rétegnek a platformja az operációs rendszer, feladata pedig az üzleti folyamatok megvalósítása. A műveleti réteg felett lévő legfelső menedzsment réteg pedig kiegészül a felhő menedzsment komponenseivel. [9] [10]

A virtuális réteg alatt található a hagyományos modellben is meglévő hardver réteg, ami előállítja a fizikai IT erőforrásokat. [15] [16] Továbbá a modellbe be kell venni azokat az energetikai komponenseket, amelyek előállítják a gépészeti erőforrásokat a hardver réteg számára, mert e nélkül a felhő működésképtelen. Ez a legalsó réteg a fundamentális réteg.

Az említett rétegek mind nélkülözhetetlenek a felhő kialakításakor. Továbbá az is megfigyelhető, hogy az egyes rétegek az elméleti modellezés szintjeinek felelnek meg: energia, anyag, absztrakció, modell, fenntarthatóság.

Horizontális szerkezet

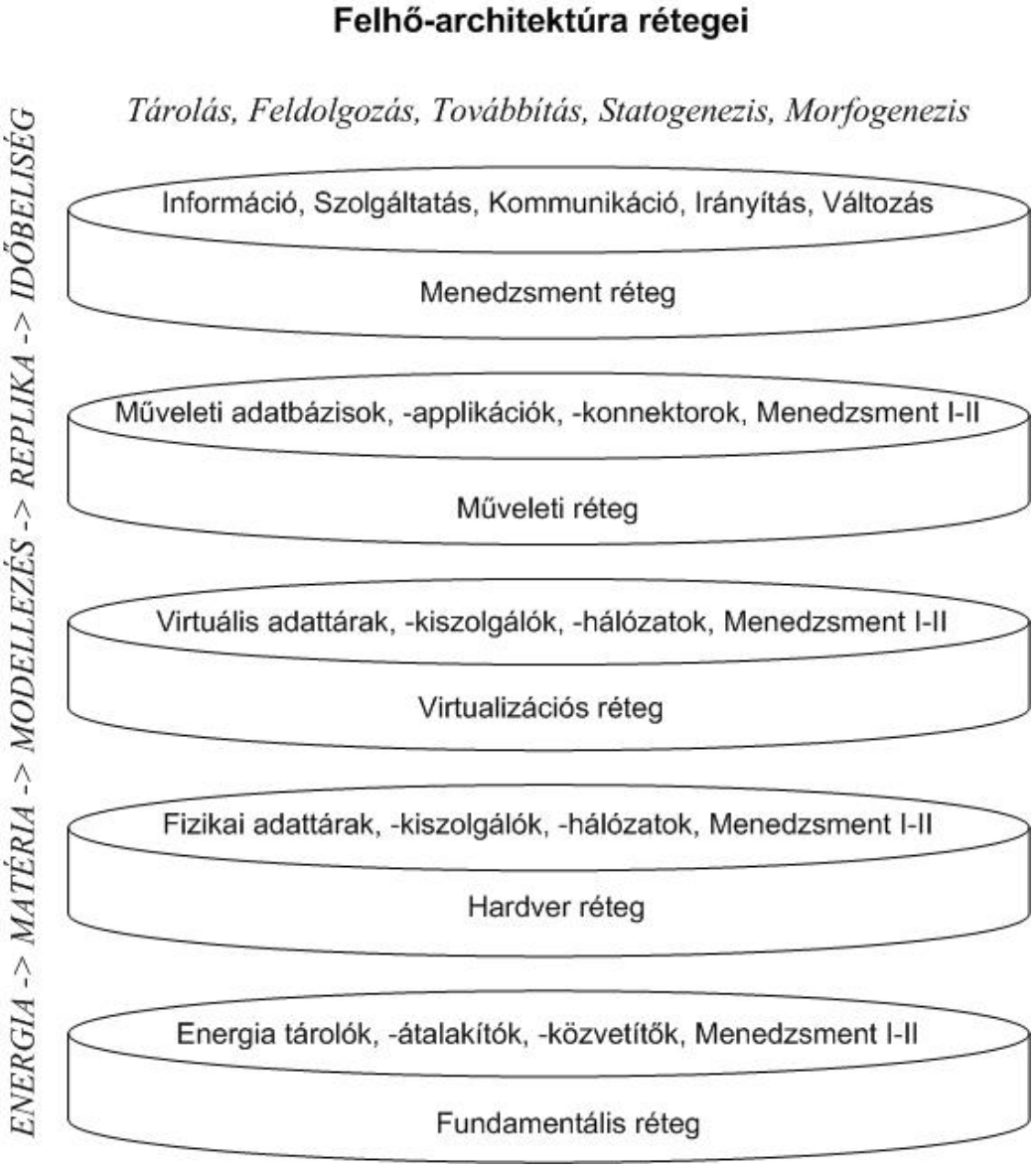
A horizontális struktúra tárgyalásának egységesítése érdekében a filozófiai absztrakt kategóriák köré érdemes a komponenseket szervezni. E kategóriák a következők: dolog, tulajdonság, viszony. Ennek megfelelői az informatikai paradigma szerint:

- A dolog, ami cselekszik, végrehajtja a szolgáltatást. Vagyis a feldolgozás vagy átalakítás.
- A tulajdonság, ami meghatározza a dolog működését. Vagyis az adat, melyet tárolni kell.
- A viszony, ami a külső kapcsolatot fejezi ki. Vagyis a kommunikációt vagy közvetítést.

Ez a paradigmális triász egy általános statikus szemléletet tükröz. Az absztrakt kategóriák kiegészítése az elsődleges és másodlagos változással már dinamikus modellt alkot. Mivel az absztrakt kategóriáknak megfelelő paradigma elemek csak egymást kiegészítve alkotnak egységet, illetve a rendszer változását leíró elemek pedig a modell időbeli leírásához szükségesek, ezért a horizontális elemek mind kötelezőek.

1.3.2 Mátrix szerkezet

A létrehozott mátrixstruktúra az 1. ábrán látható, amely a fent említett vertikális és horizontális megfontolásokon, valamint a kötelező elemeken alapul. A mátrixstruktúra komponensei kötelezőek. Ha bármelyik komponens hiányzik, a rendszer nem fogja teljesíteni a felhőkövetelményeket. Ezért nevezhetjük ezt az infrastruktúra szerkezetet architektúrának.



1. ábra: A felhő-architektúra rétegei

A korábban említett új rendszermodell szerint az egymásra épülés elve miatt öt fő rétegre bontható. Ezek a rétegek az emberi gondolkodásmód egy-egy szintjét képviselik: az energia megnyilvánulása, az anyag megnyilvánulása, az emberi elme modellezésének megnyilvánulása, a valóság virtuális replikája, illetve a folyamatosság biztosítása.

A korábban említett gyártók ennek a struktúrának csak részeit gyártják: a Cisco hardver- és menedzsment rétegbeli komponenseket gyárt; a Computer Associates elsősorban menedzsment rétegbeli komponenseket fejleszt; a Dell, az EMC, a Fujitsu-Siemens és a Hitachi fundamentális, hardver és menedzsment rétegbeli elemeket gyárt; a Hewlett-Packard minden réteghez készít komponenseket; az IBM minden réteghez gyárt elemeket, kivéve a virtualizációs réteget; a Microsoft virtualizációs, műveleti és menedzsment rétegbeli komponenseket készít; a VM-Ware virtualizációs és menedzsment elemeket gyárt; az Oracle műveleti és menedzsment rétegbeli komponenseket készít. A gyártók implementációi eltérőek, de a működési elvek hasonlóak. Ez a szintézis univerzális módon tartalmazza az architektúra logikai modelljét.

Ennek az architektúrának a legfontosabb előnyei a magas rendelkezésre állás és a rugalmasság. Komplexitása azonban hátrányokkal is jár. A magas rendelkezésre állás biztosítja a rendszer működését, de a komplex rendszer több komponenst tartalmaz, ami nagyobb technológiai kockázatot és meghibásodási lehetőséget jelent minden egyes részen. Emiatt ennek a technológiának a létrehozása és karbantartása nagyon költséges. Ez az oka annak, hogy az alapvető tárolási, feldolgozási és kommunikációs szolgáltatásokat nagyobb szolgáltatáscsomagokban nyújtják. A felhőtechnológia ma már csak egy az informatikai építőelemek közül. Egyre több olyan alkalmazás és megoldás létezik, amelyekben több különböző felhőszolgáltatást is alkalmaznak egyszerre. Sajnos azonban a felhőalkalmazási lehetőségek bemutatása túlmutat a tanulmány keretein.

Az energiaréteget alsó rétegként tekintve a következőkben alulról felfelé haladva tárgyalom az egyes rétegek általános szintézisét.

Fundamentális réteg

A fundamental layer a felhő architektúra legalsó rétege. A természetes energiakezelés rétegének felel meg. A felette lévő Hardver réteget szolgálja ki. Elemei:

- Energia tárolók: olyan eszközök, komponensek, melyek elsődleges célja az energia tárolása. Ezek közül a legfontosabbak például a telephelyi ingatlan talaja, a géptermi épület rugalmas tartószerkezetei, álpadló és álmennyezet rugalmas elemei, hűtőfolyadékok, akkumulátorok.
- Energia átalakítók: olyan eszközök és komponensek, melyek elsődleges célja az energia átalakítása. Például a zajvédelmi, rezgésvédelmi, földrengés-védelmi építészeti rétegek, mechanikus hőleadók és hőfelvevők, aggregátorok.

- Energia közvetítők: az elsődleges kommunális szolgáltatásokat, vagyis a víz, csatorna, gáz, elektromos áram, szolgáltatói kommunikációt biztosító komponenseken kívül ezek és a menedzsment komponensek csőhálózata, illetve vezetékhálózata.
- Réteg-menedzsment eszközök: mindazon komponensek, melyek célja a megfelelő körülmények időbeli fenntartása: klimatizálás, pormentesítés, páravédelem, talaj- eső- és hűtővíz-betörés elleni védekezés, árvíz-védelem, földrengés-védelem, zajvédelem, rezgésvédelem, hagyományos biztonságtechnikai alrendszerek.

Hardver réteg

A hardver réteg az alapul szolgáló alapvető réteg szolgáltatásait használja, és a felette lévő virtualizációs réteget szolgálja ki. Ez a réteg a fizikai manifesztáció logikai megfelelője. Ebben a rétegben a mechanikai erőforrásokat IT hardvereszközök alakítják át fizikai IT erőforrásokká. A réteg elemei:

- Fizikai adattárolók [15]: helyi és hálózati tárolók, tárolóhálózatok, konvergens rendszerkomponensek.
- Fizikai szerverek [16]: hagyományos és csoportos szerverek, szerverblokkok, konvergens rendszerkomponensek.
- Fizikai hálózatok és hálózati eszközök [16]: passzív és aktív hálózati eszközök, integrált multifunkcionális eszközök, moduláris eszközök, konvergens rendszerkomponensek.
- Rétegmenedzsment eszközök [15] [16]: adminisztrációs és monitorozó komponensek, operatív támogatási eszközök.

Virtualizációs réteg

A virtualizációs réteg az alapul szolgáló hardver réteg szolgáltatásait használja, és a felette lévő működési réteget szolgálja ki. Ez a réteg az emberi gondolkodásban a modellezésnek felel meg. Ez a réteg elfedi a fizikai informatikai erőforrásokat, és rugalmas virtuális informatikai erőforrás-készleteket hoz létre. Lehetővé teszi virtuális mérési szolgáltatások létrehozását is. Elemek [6] [12] [13] [14]:

- Virtuális adattárak, melyek a fizikai adattárak szerveződéséből jönnek létre. Illetve virtuális tárterületek, amelyek a virtuális feldolgozópontok kiszolgálását végzik.
- Virtuális kapacitáscentrumok. Ezek a fizikai szerverek szerveződéséből jönnek létre. Illetve virtuális feldogozópontok, amelyek az üzleti szolgáltatások megvalósítására lettek létrehozva.
- Virtuális hálózati eszközök és hálózatok.
- A virtualizációs platformhoz tartozó menedzsment eszközök.

Műveleti réteg

A működési réteg az alapul szolgáló virtualizációs réteg szolgáltatásait használja, működési paramétereket biztosítva a felette lévő menedzsment réteg számára. Ez a réteg a valóság emberi elmében történő replikációjának felel meg. Platformja az operációs rendszer. Az üzleti folyamatok ebben a rétegben valósulnak meg, és az összes többi réteg felelős a folyamatos és fenntartható működés biztosításáért. A réteg elemei megegyeznek a hagyományos hálózati operációs rendszer szerinti megközelítés összetevőivel:

- Adatbázis-kezelés [18] [19]: adatbázismotorok, adatbázis menedzsment komponensek, middleware-rendszerek.
- Feldolgozó alkalmazások: az üzleti logika és a grafikus logika komponensei, vizualizációs komponensek.
- Kommunikációs komponensek: konnektorok, middleware-rendszerek [19], portálrendszerek.
- Hagyományos rétegkezelés: hálózati menedzsment szolgáltatások, adminisztrációs és monitorozó komponensek, operatív és támogató eszközök.

Menedzsment réteg

A menedzsment réteg a felhő legfelső rétege. Minden réteg közvetve adatokat szolgáltat ehhez a réteghez, de az közvetlenül a működési rétegre támaszkodik. Ez a réteg logikailag a folytonosság és a fenntarthatóság biztosításának felel meg. A réteg elemei:

- Adatmenedzselő eszközök: biztonsági mentési és archiválási rendszerek, tárhierarchia rendszerek.
- Feldolgozási pontok menedzsment rendszere: konfiguráció menedzsment.
- Hálózati szolgáltatások menedzsment rendszere.

- Hosszútávú fenntarthatóságot biztosító alrendszerek: például döntéstámogató rendszerek, vezérlőrendszerek, validáló rendszerek, szolgáltatásmenedzsment, incidenskezelő rendszerek, változásmenedzsment.

1.4 Összefoglaló

A felhőrendszerek definíciója és szerkezete kapcsán (1. hipotéziskör 1a és 1b pontok) végzett kutatásban az alábbi eredményekre jutottam:

A felhő technológiai jellegű definíciója megfogalmazható a felhőben megvalósuló szolgáltatáshoz kapcsolódó követelményeket megvalósító implementációs megoldások működési elvének általános logikai megfogalmazása által. A definíciót tartalmazó publikációimra független hivatkozások jelentek meg.

A felhőszerkezeti kutatás a gyártók technológiai dokumentációin, a megvalósítások dokumentációin, valamint a gyártók technológiai kutatásain alapul. A gyártófüggetlen architektúra kialakítása általánosításon, majd szintézisen alapul. A szintézis alapján egy egyedi modellt hoztam létre. Azonban megállapítható, hogy a modell szerkezete az adattovábbítás aspektusából erősen hasonlít a Tannenbaum-féle OSI modellre. Vagyis az OSI modell az ennek az új modellnek egy egyetlen aspektusból (adattovábbításból) tekintett speciális esete.

A vizsgálat által generált mátrixstruktúra vertikális rétegeiről megállapítható: minden réteg kommunikál a szomszédos rétegekkel; egy adott réteg az alatta lévő réteget használja, és a felette lévő réteget szolgálja ki. Az alapvető réteg az energiagazdálkodás rétege. A hardverréteg a fizikai megnyilvánulás rétege. A virtualizációs réteg az emberi modellezés rétege. Az operatív réteg az üzleti modell funkcionális rétege. A menedzsment réteg a rendszer folytonosságának megnyilvánulása. A mátrixstruktúra horizontális artikulációját a tárolás, az átvitel, a transzformáció, a statogenezis és a morfogenezis témakörökben kell fejleszteni.

A felhőszerkezetet tartalmazó publikációimra független hivatkozások jelentek meg.

2 EGYSÉGESÍTETT ASPEKTUSKERESŐ ELJÁRÁS

Annak érdekében, hogy olyan vizsgálati módszer legyen kialakítható, mely egyedileg a vizsgált rendszerhez igényelt modellezés finomságához és témaköri súlyozásához illeszkedik, létrehoztam egy aspektuskereső eljárást (UASA), mely megadja az igényelt vizsgálati szempontrendszert (2. hipotéziskör). Ez a független és egyedi vizsgálatok kialakításához lesz használható. A lehetséges alkalmazásra példát is mutatok.

Az ember a rendszerek tanulmányozását modellezéssel végzi. A modell létrehozásakor fontos a rendszer működését leíró paraméterek vizsgálata. A teszteléshez szükséges paramétereket megtartják, a lényegtelen paramétereket elvetik. A modell többi része határozza meg a vizsgálat aspektusrendszerét. A rendszer számos tudományterület szerint tesztelhető. Ezek az aspektusrendszerek nem egységesek. Emiatt a különböző tudományterületek vizsgálatainak termékei nehezen összehasonlíthatók. A vizsgálatok egységes alapra helyezése közös alapot teremthet egyetlen modellezési folyamathoz. Ebben a fejezetben egy filozófiai témákon alapuló aspektuskereső algoritmust hozok létre. Minden tudományterület levezethető a filozófiából. Emiatt a filozófián alapuló vizsgálatok egységesek lehetnek. A vizsgálat eredményei összehasonlíthatók. A vizsgálat követelményei szabványosíthatók. Ezenkívül ez a módszer megkönnyíti a működés adaptálását. Például az energetikai, gépészeti, informatikai és társadalmi szervezetek működési alapelvei adaptálhatók egymáshoz.

Az ember megpróbálja megérteni a természet működését. Ezt azért teszi, hogy saját igényei szerint formálhassa azt. A természetbe való beavatkozás célja az emberi civilizáció fenntarthatóságának biztosítása. A természet működésének megértése és a problémák elhárítása érdekében az ember megfigyeli a környezetét, modellt alkot róla, kimutatja az összefüggéseket, majd az eredményeket a valóságban alkalmazza [20]. A folyamat kritikus része a modell megalkotása. A valóság nagyon bonyolult rendszer sok kapcsolattal. Így a modellezés jelenleg csak részlegesen oldható meg [21]. A probléma vizsgálatához szükséges rendszerkomponensek figyelembe vannak véve a modell kialakításakor, s a szükségtelen elemek ki vannak hagyva a vizsgálatból. A modell a vizsgált rendszer egy másolata. Ezen a replikán olyan vizsgálatok végezhetők, melyek zavarják az eredeti valós rendszer működését, vagy annak átalakításával járnak [22] [23]. A vizsgálathoz alkalmazott modell érvényesíthetősége megköveteli a szubjektivitás kiküszöbölését. Ennek érdekében a kompetens tudományágak szempontrendszereit alkalmazzák. Azonban a tudományágak vizsgálati szempontrendszerei nem egységesek,

és emiatt a vizsgálatok eredményei nehezen hasonlíthatóak össze. Egységes szempontrendszer használatával ezek a problémák enyhíthetőek. Mivel minden tudományág a filozófiából származtatható, ezért az erre épülő vizsgálati szempontrendszer egységes taglalást tesz lehetővé [24].

Jelen fejezetben lévő tanulmány egy új algoritmust tartalmaz, mely filozófiai alapokon nyugszik. Az algoritmus célja a vizsgálat szempontrendszerének egységes módon történő előállítása. Ezután a modellezés kiindulópontjaként lehet alkalmazni ezt a szempontrendszert. Így egységessé válik a vizsgálat alapja. Az ilyen alapon elvégzett vizsgálatok eredményei is megfeleltethetőek egymásnak. Továbbá a fejezet végén szerepel egy példa is, mely megmutatja az eljárás használatát.

2.1 Az algoritmus működésének elve

Az algoritmus két lépcsőben alkalmazható. Először a megadott vizsgálat általános logikai aspektusrendszere állítható elő. Majd utána a konkrét rendszernek megfelelő aspektusok állnak elő. Ha egy vizsgálattípushoz már egyszer elő lett állítva az elfogadott általános aspektus-rendszer, akkor csak a második lépést kell elvégezni.

A filozófiai kérdéskörök forrás pólusokként szerepelnek az eljárásban. A pólusokból vizsgálati dimenziókat kell létrehozni a vizsgálat irányultságának megfelelően. A kialakuló n-dimenziós tér skálázottságát a vizsgálat részletessége szerint kell granulálni. Az így létrejött n-dimenziós véges teret diszkrét függvényként lehet értelmezni, melynek értékkészlete a dimenziók skálaértékeinek Descartes-szorzata. Minden függvényérték egy általános aspektus csoportot határoz meg. Így alakul ki a rendszer általános logikai aspektusrendszere.

Az algoritmus konkrét rendszerre történő alkalmazása esetén pedig az aspektus csoportokba tartozó releváns aspektusokat kell kiválasztani.

2.2 Filozófiai pólusok

Az algoritmus használatához az egységesítés érdekében a filozófiai alapkérdések témakörei szerepelnek forráspontokként. Ez biztosítja az egységes alapot. A főbb filozófiai témakörök, a megfelelőjük az algoritmusban és a szempontrendszerek megállapítási módszerei az alábbiak:

- Létezés vizsgálata: Mi a létezés célja? Hogyan lehet biztosítani az egyedek vagy egyedcsoportok létezésének időbeli folytonosságát? Ennek milyen

feltételrendszere van? E kérdéskör megfelelője az algoritmusban a létezés-pólus. Az ide tartozó szempontokat a létezést befolyásoló komponensek vizsgálatával érdemes meghatározni. Javasolt módszer az időbeli lefolyás és a behatás vizsgálata [25].

- Ismeret, megismerhetőség vizsgálata: Vajon megismerhetőek teljes mértékben az egyes szerveződések? Megismerhető-e a vizsgált rendszer szerkezete a modellezéshez szükséges mértékben? Mennyi szubjektivitás engedhető meg a rendszer vizsgálatában? E kérdéskör megfelelője a szerkezet-pólus. A szempontok megállapításához az emberi absztrakciós rétegződés szerinti vizsgálat és a természetes rétegződés szerinti vizsgálat egyaránt használható.
- Cselekvés vizsgálata: Mi határozza meg a rendszerek cselekvését, működését, funkcionalitását? Hogyan lehet ezt modellezni? Milyen funkciókat lehet kimutatni az egyedek és a csoportok működésében? E kérdéskör megfelelője a funkció-pólus az algoritmusban. A releváns szempontok a rendszer szolgáltatásainak vizsgálatával kereshetők meg. Javasolt módszer az emberi gondolkodás absztrakt kategóriáinak megfelelő funkciókeresés.
- Igazság vizsgálata: Mi tekinthető igaz állításnak? Melyek az igazság szubjektív és objektív elemei? Létezik-e objektív igazság? Milyen igazságtartalom befolyásolja a rendszer működésének érvényesítését? Hogyan lehet modellezni a rendszerek elsőrendű változásának (statogenezis) kezelését? Az algoritmusban az irányítás-pólus a kérdéskör megfelelője. Ezen szempontok megállapításához a mérés, validálás, irányítás témakörei tartoznak [22] [23].
- Változtathatóság vizsgálata: Mit nevezünk organikus változásnak (morfogenezis)? Milyen rendszer-tulajdonságok határozzák meg ennek lehetőségét, illetve lefolyását? Hogyan lehet modellezni, illetve befolyásolni magát a rendszert? A kérdéskör megfelelője a változás-pólus. Minden olyan szempont ide tartozik, amely a rendszer változtathatóságát, rugalmasságát befolyásolja [20] [24].

A fentiek szerint létrejövő általános pólusok: lét, ismeret (szerkezet), cselekvés (funkció), igazság (irányítás), változás. Ezt a szerkezetet a 2. ábra mutatja.

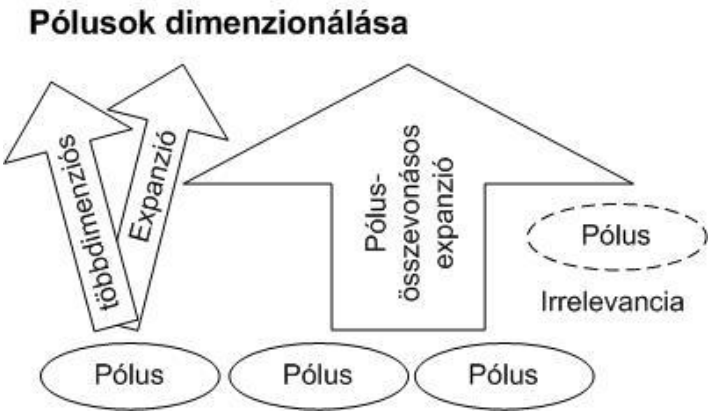
2. ábra: A filozófiai alapú rendszermodell pólusok

2.3 Dimenzionálás és skálázás

A vizsgálat lefolytatása előtt ki kell jelölni annak spektrumát és irányultságát. Elemezni kell, hogy mely rendszerelemek relevánsak, és milyen részletességgel szerepeljenek a modellezésben. Ezek alapján kell létrehozni az algoritmus dimenzióit és skálázását. A következőket kell figyelembe venni:

- Amennyiben egy adott pólust elég csak egy fő szempont szerint megvizsgálni, akkor az a pólus megfeleltethető egyetlen dimenziónak. Ez normál expanziónak nevezhető.
- Amennyiben egy adott póluson belül több egymástól független aspektus ágat részletesebben is meg kell vizsgálni, akkor abból a pólusból aspektus áganként külön dimenziót kell létrehozni. Ez többdimenziós expanziónak nevezhető.
- Ha egy adott pólust elég csak egy skálaértékkel jellemezni, akkor abból a pólusból nem készül önálló dimenzió. A folyamat végén az ilyen skálaértékek összevonhatóak egy dimenzióba. Ez pólus összevonásos expanziónak nevezhető.
- Azokat a pólusokat, amelyek nem relevánsak a teljes vizsgálat szempontjából, értelemszerűen nem érdemes szerepeltetni a modellezésben. Tehát ezekből a pólusokból nem lesznek még skálaértékek sem. Ez pólus irrelevanciának nevezhető.

A dimenzionálást a 3. ábra mutatja. A dimenzionálást a dimenziók skálázása és granulálása követi. El kell dönteni, hogy melyik dimenzió milyen skálakészlettel fog szerepelni. Ehhez a modellezés finomságának teljes vizsgálatra vonatkozó előírása nyújt segítséget. A skálázáskor az egyetlen skálaértékkel szereplő pólusokat egymással közös dimenzióba kell fejteni. Ez a közös dimenzió egy független pólus expandált dimenziója is lehet.



3. ábra: A pólusok dimenzionálása

2.4 Kiértékelés

A fenti művelet után létrejövő véges diszkrét teret függvényként érdemes értelmezni. A függvény adott térbeli ponthoz tartozó kimeneti értéke egyszerűen a skála értékek felsorolása. Ezáltal a függvény értékkészlete megegyezik az egyes dimenziók skála értékeinek Descartes-szorzatával.

A kiértékelés során a teljes értékkészletet meg kell állapítani. Minden dimenziót figyelembe véve rendre végig kell haladni a tér értékkészletén, s a hozzá tartozó skála értékeket szövegesen leolvasva kell értelmezni az adott térelem által meghatározott aspektus-csoportot. Az aspektus csoportok szerint érdemes a rendszert megvizsgálni. A létrejövő általános logikai aspektus csoportok száma megegyezik a dimenziónkénti skálaértékek számosságának szorzatával. E lépés végrehajtása után létrejön az általános logikai aspektus rendszer.

Az algoritmus konkrét rendszerre történő alkalmazásánál az aspektus csoportokba tartozó releváns aspektusokat kell előállítani. Így az algoritmus konkrét rendszerre történő kiértékelése az implementáció bonyolultságának megfelelően akár több ezer konkrét aspektust is eredményezhet a vizsgálat számára.

2.5 Használati példa

A következő példában az információtechnológiai felhőket vizsgálom IT security aspektusból. A vizsgálat egyszerűsített általános logikai szempontrendszerét állítja elő az algoritmus. A hangsúly a technológiai és természeti eredetű hatások vizsgálatán van.

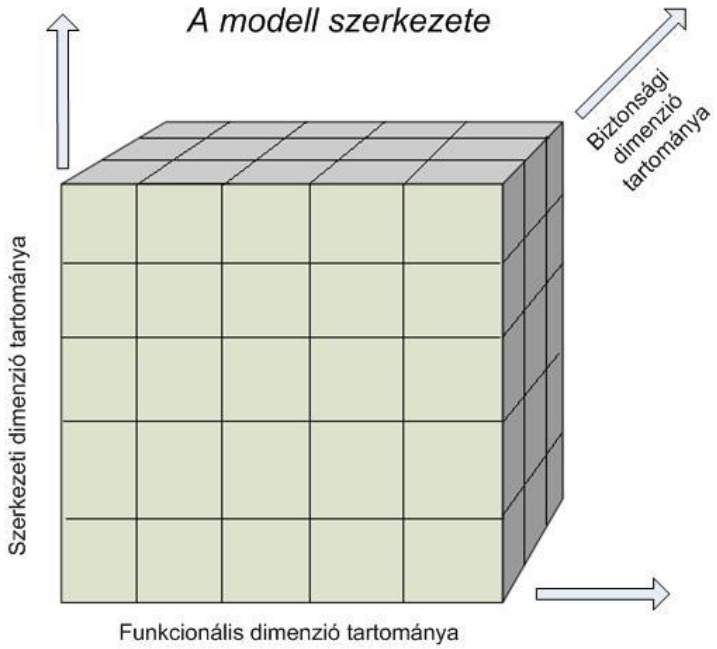
A tér előállítása során minden pólus felhasználásra kerül. A létezés pólus dimenziójának skálaértékeit a biztonsági paradigma szerint érdemes kifejteni [25] [26]. A szerkezet pólus

dimenziójának skálaértékeit a felhő rétegszerkezete alapján érdemes megállapítani. A funkció pólus dimenziójának skálaértékei az infokommunikációs funkciók paradigmája szerint érdemes kifejteni. Az irányítás és változás pólusok csak skálaértékként szerepelnek, amelyeket a funkció pólus dimenziójához rendelek [22] [23].

Az így kialakult 3 dimenziós térben (4. ábra) a dimenziók és a skálaértékek a következők:

- Biztonsági dimenzió {rendelkezésre állás, sértetlenség, bizalmasság},
- Szerkezeti dimenzió {fundamentális, hardver, virtuális, műveleti, menedzsment},
- Funkcionális dimenzió {tárolás, átalakítás, közvetítés, statogenezis, morfogenezis}.

Ez a tér összesen 3x5x5=75 általános logikai aspektus csoportot tartalmaz. Az implementációs kiértékelés végére a rendszer bonyolultságának megfelelően akár több száz konkrét aspektust is eredményezhet a vizsgálat számára.



4. ábra: A példa algoritmushoz használt tér

2.6 Az UASA módszertan összefoglalása

Minden rendszer vizsgálata modellezésen alapul. A modell előállítása nem minden esetben egyszerű a valóság bonyolultsága miatt [20] [21]. Ráadásul a tudományágak szempontrendszerei nem egységesek, és egy vizsgálat lefolytatása legtöbbször multidiszciplináris. Ezért a szempontrendszer előállítása nehézkes. A fentiekben leírt, saját készítésű algoritmus a rendszerek vizsgálati szempontrendszerét állítja elő (2.

hipotéziskör). Az algoritmus filozófiai alapokon nyugszik. A tudományágak őse a filozófia, ezért a létrejövő szempontrendszer egységes módon helyettesítheti a különböző tudományágak szempontrendszereit [24]. A vizsgálat szempontrendszerének azonosítása után a rendszer modellje könnyebben előállítható.

Az algoritmus kiindulópontjai a fő filozófiai témakörök. A vizsgálat peremfeltételei, irányultsága és a részletesség igénye határozza meg az algoritmus lefolytatását. Ezáltal az igényeknek megfelelő részletességű általános logikai szempontrendszer hozható létre. Ennek használatával a konkrét aspektusrendszer állítható elő. A tanulmányban említett példa megerősíti az algoritmus használhatóságát.

A modellezés végül egységes alapokon nyugszik, ezért könnyebben feleltethetőek meg egymásnak a vizsgálatok eredményei [24]. Továbbá könnyebben válik lehetővé a rendszerek működésének adaptálása más szerveződésű rendszerekben. Például energetikai, mechanikai, informatikai, társadalmi szerveződések működési elvei adaptálhatóak egymás között. Az egyesített aspektuskereső eljárást bevezető publikációmra független hivatkozások jelentek meg.

3 ENERGETIKAI BIZTONSÁG

Miután az előző fejezetekben levezettem, hogy mit és hogyan fogok vizsgálni, rátérek az egyik fő szempontrendszerre, az energetikai biztonság vizsgálatára (3. hipotézis kör). Az energetikai biztonság vizsgálatának érdekében a fejezet első részében egy új általános energetikai modellt vezetek be (hipotézis 3a), mellyel a rendszerek általános energia egyensúlyát, és annak anomálián keresztül a biztonsági célú vizsgálatokat elemzem (hipotézis 3b). Majd a fejezet második részében az irányításelméleti alapokat segítségül véve a rendszerek egymásra hatásával elemzem a hosszútávú fenntarthatóság energetikai feltételeit (hipotézis 3c).

3.1 A rendszerek általános energetikai modellje

A rendszerek biztonsági problémáinak elemzése sok paramétertől függhet [27] [28] [29]. Például függhet a vizsgált rendszer szerveződési típusától, a szerkezeti modell részletességétől, a modell validálási eljárásától, a vizsgált időintervallum hosszától és még számos paraméter jöhet szóba a rendszertől függően. Jelen alfejezetben található tanulmány célja egy olyan modellezés kidolgozása, amely egységesen minden rendszerre alkalmazható. Ennek érdekében olyan paraméter rendszert vizsgálok, amely minden rendszerben megtalálható. Vagyis a rendszereket az energia egyensúlyuk szerint vizsgálom.

A kutatás háttere a biztonság problémája [28] [30] [31]. A téma a biztonság egzakt értelmezése nélkül a biztonságot is meghatározó rendszerkomponensek összefüggéseinek vizsgálata. Hagyományos irányításelméleti oldalról közelítem meg a problémát, energetikai modellezés segítségével. A kutatás kiterjed a rendszert érő energia mennyiségi és időbeli eloszlásának kutatására, vizsgálva a rendszer komponenseinek energia szükségletét is. Ennek megfelelően a biztonság többféle aspektusa szerinti elemzés is e módon elvégezhető. A rendszer komponensei az univerzális felhasználhatóság érdekében egységes módon vannak meghatározva. Emiatt a kidolgozott modellezési eljárás általánosan használható a rendszerekben.

A modellezési eljárás a filozófiai alaptémakörökön alapul az egységesítés érdekében. A modell elemei az emberi gondolkodás absztrakt kategóriáiból származtathatók. Ezek az absztrakt kategóriák a dolog, a tulajdonság és a viszony. A modellezés folyamán figyelembe veszem a nem organikus és a szervezeti rendszerváltozásokat is. Így a modellben megjelenik a statogenezis és a morfogenezis megfelelője is. A további

vizsgálatok alapja az ily módon létrejövő energiamodell alapján felírt általános rendszeregyenlet. A későbbiekben ismertetetendő egyenlet általános alakja és különleges esetei határozzák meg a rendszervizsgálatok típusait. [32] [33]

3.1.1 A modellezés alapja

Az egyes rendszerek fenntarthatósága a környezethez való alkalmazkodástól függ [31] [34]. A rövid távú alkalmazkodás problémája a hagyományos irányításelméleti modell. E modellezés esetében feltételezve van, hogy a rendszer organikusan nem változik. A modellezés peremfeltételeinek vizsgálata felfogható a rövidtávú biztonsági problémák modellezéseként. Szándékos vagy kikényszerített organikus változás esetében a peremfeltételek vizsgálata a hosszútávú fenntarthatóság vizsgálatának felel meg [31] [34] [35] [36]. Így a különböző szempontú biztonsági vizsgálatok célja lehet a rendszer kibernetikai egyensúlyi feltételeinek meghatározása. A rendszer kibernetikai szempontú mozgása arányos a rendszer energiaáramlásával [29] [37]. Ezért a rendszer energiaáramlásának peremfeltételei, illetve az áramlás lehetséges anomáliáit is vizsgálom.

Az egységes tárgyalás érdekében a modellezés komponenseinek levezetése filozófiai alapon nyugszik. Az emberi elme a modell alkotása közben minden dolgot három absztrakt kategória valamelyikébe sorolja be:

- Dolog, amely valamilyen funkcióval bír. Ennek megfelelője jelen modellben az energia-szolgáltató komponens. Fő funkciója, hogy a komponensen átáramló energia egy része egy szándékosan kialakított szolgáltatást biztosít. A komponens jelölése legyen Eprod.
- Tulajdonság, mely meghatározza a dolog működését. Ennek megfelelője az energia-tároló komponens. Fő funkciója, hogy a komponensbe áramló energia egy része eltárolódik. A komponens jelölése legyen Estore,
- Viszony, mely a dolgok kapcsolatát fejezi ki. Ennek megfelelője az energia-közvetítő komponens. Fő funkciója az energia közvetítése. Ilyen komponensen keresztül van biztosítva a rendszer interfésze. Jelölése legyen Etrans.

A dinamikus rendszermodell létrehozása megköveteli az időbeli működés nyomon követését. Az irányítási rendszert és az organikus változtatások lehetőségét is figyelembe kell venni. Azonban a vizsgálat célja az organikus változásokhoz vezető peremfeltételek

kimutatása, így az organikus változások lefolyásának vizsgálata nem célja ennek a vizsgálatnak.

Általános feltételek

Általánosságban a modellezés az alábbiakat feltételezi:

- A rendszer irányítását megvalósító komponensek megfeleltethetőek olyan energia-szolgáltató komponenseknek, melyek a rendszeren belül fejtik ki hatásukat.
- A rendszerek energia áramlása leírható az említett három komponenstípus segítségével.
- Minden komponens egyúttal önálló rendszerként is tekinthető, mely tovább bontható a három komponenstípus kombinációjára.
- Minden komponenstípus energiaszükséglete nagyobb, mint amennyi a komponens fő funkciójának biztosításához kell, mert a komponens saját működésének energia igényét is biztosítani kell. A komponens fő funkciójának előállításához szükséges energia legyen produktív energiának nevezve. A saját működéshez szükséges energia legyen architekturális energiának nevezve.
- Az architekturális energia áramlása ugyanolyan módon modellezhető, mint a produktív energia áramlása.

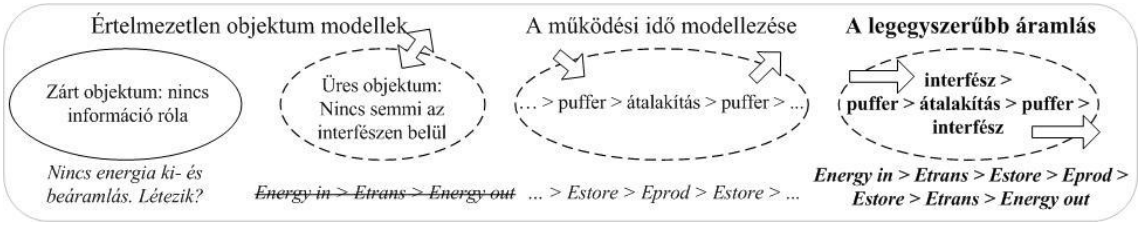
Általános energiaáramlási útvonal

Egy általános komponens belső energia áramlásának általános sémáját a következő elvek alapján lehet kidolgozni (a felsorolásnál használt energia áramlási útvonal jelölésekben az energia a relációs jel szárai felől a csúcs irányába áramlik):

- Zárt rendszer modellezése értelmetlen, hiszen arról nincs információja a külvilágnak.
- Minden rendszer az interfészén keresztül kapcsolódik a külvilággal. Tehát minden energiaútvonal az Energy in > Etrans tagokkal kezdődik és az Etrans > Energy out tagokkal végződik.
- Csak és kizárólag interfésszel rendelkező objektum modellezése értelmetlen. Tehát az Energy in > Etrans > Energy out teljes útvonal nem értelmezhető.

- Végtelen gyors rendszerműködést nem érdemes modellezni. Ezért a rendszer funkciójának időbeli működését az energia ideiglenes pufferelésével érdemes modellezni az Estore > Eprod > Estore alakban.

A felsorolt indokok alapján az energia áramlás legegyszerűbb általános alakja az Energy in > Etrans > Estore > Eprod > Estore > Etrans > Energy out útvonal. A működés általános elve: az energia interfészeken keresztül kerül a rendszerbe, utána átmenetileg tárolódik (pufferelődik), majd megtörténik a funkció biztosításához az energia elkülönítése, újra pufferelés történik, végül az energia interfészeken keresztül távozik a rendszerből. Az alapelveket az 5. ábra mutatja.



5. ábra: Az energiaáramlási útvonal modellezésének alapelvei

3.1.2 A modell komponensei

A komponensek fontos paramétereit szintén a modellezés alapelve szerint érdemes meghatározni. A tároláshoz kapcsolódó legfontosabb paraméter a komponens maximális energia-tároló képessége lehet. A funkcionalitáshoz kapcsolódó kifejező paraméter lehet a minimális produktív energiaarány, mely arány a produktív energia és az összes energia aránya. A közvetítéshez kapcsolódó fontos paraméter pedig a komponens energia áteresztő képessége, vagyis egységnyi idő alatt mennyi energia tud áthaladni a komponensen [31] [35].

Energia-átalakító (szolgáltató) komponens

Az energia-szolgáltató komponens fő funkciója, hogy a komponensen átáramló energia egy része egy szándékosan kialakított szolgáltatást biztosít. Ez a szolgáltatás a modellezett rendszer egyik funkciójának felel meg. A legtöbb szolgáltatás létrehozásakor energiaátalakítás is történik, de ez nem feltétele a szolgáltatásnak. A komponenst a rendszer egy alrendszereként lehet értelmezni, melyet szintén az alap komponensekkel lehet modellezni. A produktív energia a hasznos energia a komponensben. A többi energia architekturális energiának tekintendő.

Ennek megfelelően a jellemző paraméterek és a releváns energia képlet:

- a komponensbe érkező energia, jelölése legyen: Ein,
- a produktív energia, jelölése legyen: Ep,
- az architekturális energia, jelölése legyen: Ea,
- a funkció minimális energia szükséglete, jelölése: min (Ep)
- a funkció energia aránya: Ep (Ep+Ea)-1,
- a komponens releváns energia képlete: Ein=Ep+Ea (1)

Energia-tároló komponens

Az energia-tároló komponens fő funkciója, hogy a komponensbe áramló energia egy részét eltárolja. Ezt a komponenst is a rendszer egy alrendszereként lehet értelmezni, melyet szintén az alap komponensekkel lehet részletesen modellezni. A tárolt energia a hasznos energia a komponensben. A többi energia architekturális energiának tekintendő.

A korábbi jelöléseket is használva a jellemző paraméterek és a releváns energia képlet:

- a tárolt energia, jelölése legyen: Es,
- a tárolható energia maximuma, számítása: max(Es)
- az eltárolódó energia: ΔEs,
- a komponens releváns energia képlete: Ein= ΔEs+Ea. (2)

Energia-közvetítő komponens

Az energia-közvetítő komponens fő funkciója, hogy ilyen komponensek biztosítják az energia ki- és beáramlását a rendszerbe. Ezt a komponenst is a rendszer egy alrendszereként lehet értelmezni, melyet szintén az alap komponensekkel lehet részletesen modellezni. Az átvezetett energiát lehet produktív energiának tekinteni a komponensben. A többi energia architekturális energiának tekintendő. A korábbi jelöléseket is használva a jellemző paraméterek és az általános energia képlet:

- a komponenst elhagyó energia, jelölése legyen: Eout,
- energia áteresztő képesség, jelölése legyen: Et,
- energia áteresztő képesség számítása: Et= ΔEout Δt-1,
- a komponens releváns energia képlete: Eout=Ein=Ep+Ea. (3)

Energiaforrások és kumulált energia

A modellezés alapfeltételeinek következménye, hogy ebben a modellezésben nem létezik belső erőforrás. Alapfeltételezés, hogy minden valóságos rendszer valamilyen interfészen

keresztül kívülről szerzi az energiáját természetes vagy kumulált energia formájában. A rendszerben szereplő pénzeszközök például a kumulált energia kategóriájába tartoznak, mivel munkavégző képességet képviselnek. Az ember munkavégző képessége és elméjének találékonysága is egyértelműen külső természeti erőforrásként jelentkezik ebben a modellezésben. Hiszen az ember a képességeit természeti erőforrások igénybevételével szerzi a további természeti erőforrások [38] igénybevételének lehetősége vagy kumulált energia megszerzésének érdekében.

Komponensek összegzett alkalmazása

A rendszerek modellezése az említett három alapkomponens segítségével megvalósítható. Az energia-szolgáltató, az energia-tároló és az energia-közvetítő komponensek segítségével modellezhető a teljes rendszer energiaáramlása. A valóságos rendszerek bonyolultságának modellezése által nagyon bonyolult energia áramlási útvonalak és egyenletek jöhetnek létre. Azonban az általános energia áramlási alakba való egyszerűsítéssel az általános energia útvonal jön létre. Az ehhez tartozó általános energia egyensúly a korábban említett (1) (2) (3) egyenletek összevonása alapján:

$$E_{in} = \Delta E_s + E_{out} = \Delta E_s + E_p + E_a \quad (4)$$

Az egyenlet szöveges olvasata alapján a rendszerbe érkező energia egy része:

- eltárolódik a rendszer erre alkalmas energia-tároló komponenseiben, és növeli a rendszer energiáját,
- megvalósítja a rendszer funkcionalitásait, miközben távozik a rendszerből,
- biztosítja a rendszer architektúrájának működését, miközben távozik a rendszerből.

3.1.3 Rendszervizsgálati módok

A rendszerek rövidtávú és hosszútávú fenntarthatóságának vizsgálatait csoportosítani lehet az energiaáramlás problémái szerint. Az említett fontos rendszerjellemzők és az általánosított energia egyensúlyi képlet (4) alapján az alábbiak szerint lehet csoportosítani [31] [34] [35]:

Szerkezeti szempontból statikus működést feltételező vizsgálatok:

- Energia-szolgáltatási problémák vizsgálata. Ennek alapvető esete a rossz energia tárolási paraméterekből adódó $\Delta E_s \approx 0$, azaz $E_{in} \approx E_{out}$ anomália. Ilyenkor azt

célszerű vizsgálni, hogy mi az a minimális energia áramlás, amelynél még funkcionál a rendszer. Ezt nevezhetjük működési-határ vizsgálatnak.

- Energia-tárolási problémák vizsgálata. Ennek alapvető esete az interfészek hibás működéséből eredő Ein≈0 anomália. Ilyenkor a rendszer működését a tárolt energia biztosíthatja. Ezt nevezhetjük tartalék-üzemi vizsgálatnak.
- Energia-közvetítési anomáliák vizsgálata. Fő képviselője az a vizsgálat, hogy mennyi energiát tud a rendszer közvetíteni egységnyi idő alatt. Ezt nevezhetjük hagyományos szempontú biztonsági vizsgálatnak.

Szerkezeti változásokkal kapcsolatos vizsgálatok. Ezek a vizsgálatok feltételezik, hogy a rendszer legalább egy fő szerkezeti jellemzője megváltozik. E vizsgálatok egymással összefüggésben történő tárgyalása megfelel a rendszer hosszútávú fenntarthatósági vizsgálatának:

- Rendszer energia tároló képességének változása.
- Rendszer energia átalakító hatékonyságának növelése.
- Rendszer energia közvetítő képességének növelése.

Működési-határ vizsgálat

A működési-határ vizsgálat során feltételezzük, hogy a rendszerbe érkező energia egy része sem tárolódik el a rendszerben. Ez előállhat egyrészt azért, mert a rendszer nem képes hosszú távra energiát tárolni, másrészt a rendszerbe érkező energia nem elég az eltároláshoz. Ez utóbbi eset a kritikusabb. Ekkor azt érdemes vizsgálni, hogy mennyi minimális energia szükséges a funkciók előállításához és ennek rendszerbe érkezését hogyan lehet biztosítani. A vizsgálatot ki lehet egészíteni az energia átalakítási hatékonyságának változtatását célzó vizsgálatokkal, mellyel csökkenteni lehet a szükséges beérkező energia mennyiségét.

Tartalék-üzemi vizsgálat

A tartalék-üzemi vizsgálat során azt a helyzetet vizsgáljuk, amikor a rendszerbe érkező energia mennyisége elhanyagolható. Ebben az esetben a rendszer működését a rendszerben korábban eltárolt energiának kell biztosítania. A vizsgálat elsősorban a rendszer kimerülésének idejét, vagyis a további működési időt próbálja meg kimutatni. A vizsgálatot itt is ki lehet egészíteni az energia átalakítási hatékonyságának változtatását célzó vizsgálatokkal, mellyel növelni lehet a működési időt.

Biztonsági vizsgálat

A hagyományos értelemben vett biztonsági vizsgálat fő feladata megvizsgálni a rendszer energia áteresztő képességét. Az áteresztő képesség maximuma meghatározza azt a maximális energia behatást, amit még szerkezeti változás nélkül el tud viselni a rendszer. A vizsgálatok kiegészíthetőek energia-tárolás és átalakítás növelését célzó vizsgálatokkal.

3.1.4 Összefoglaló

A rendszerek energetikai biztonságának vizsgálata közben (3. hipotéziskör a és b pontja) az alábbi eredményekre jutottam:

A biztonság kérdésének vizsgálata sokféle aspektusból történhet [28] [30] [38]. A vizsgálat alapjául létrehoztam egy új energetikai modellt. Ebben a tanulmányban a filozófiai alapokra helyeztem a modellezést, azért egységesnek tekinthető. Erre a gondolatra építettem az irányításelméleten alapuló energetikai vizsgálatot is. A tanulmány során a rendszer energia egyensúlyának egyenletét vizsgáltam. Az egyenlet alapján több vizsgálati típus határozható meg. A tartalék üzemi vizsgálat a rendszerbe érkező energia anomáliáját vizsgálja. A működési feltételek határainak vizsgálata a rendszerbe érkező és a rendszerből távozó energia mérlegét vizsgálja. A biztonsági vizsgálat a rendszert érő energia impulzus lecsengését vizsgálja. A teljes energia egyenlet vizsgálata pedig a fenntarthatóság vizsgálatának felel meg. E módon megvalósul az energia áramlás mennyiségi és időbeli eloszlásának vizsgálata is.

A tanulmányban szereplő vizsgálat filozófiai alapokon nyugszik, ezért a vizsgálat szempontrendszere egységes. A filozófiai megközelítés, az irányításelméleti megközelítés és az energetikai aspektus miatt a módszer egyedi. A használt modellezési elemek által kialakuló egyenlet alakja elősegíti a különböző típusú vizsgálatokat. Az egységes vizsgálati platform miatt a különböző szerveződésű rendszerek vizsgálata egységessé válhat. Azok problémái összehasonlíthatóak. Továbbá a problémák megoldásai is adaptálhatóak más jellegű rendszerekben is. E lehetőségre szükség van, hiszen az említett vizsgálatok által feltárt problémákra adott megoldások relevánsak lehetnek a gazdaság összes szektorában. [27] [28] [29] [34] [36]

Az energetikai modellt és a levezetett biztonsági vizsgálati típusokat tartalmazó publikációimra független hivatkozások jelentek meg.

3.2 A rendszerek energetikai fenntarthatósága

Az energetikai modell megalkotása után lehetőség nyílik arra, hogy egy elméleti kibernetikai vizsgálatsorozatot végezzek el, mely rámutat a rendszerek hosszútávú fenntarthatóságának energetikai kereteire (hipotézis 3c).

Világunk egyik fontos problémája, hogy az emberiség energiafogyasztása folyamatosan növekszik. Ezért napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek az újrahasznosíthatóság és a hatékony energiagazdálkodás problémájára [34] [38]. Többek között a hatékonyság növelése a hosszú távú fenntartható rendszerek létezésének egyik feltétele. Az energiaéhség miatt a fenntarthatóság iránti igény az élet minden területén megjelenik. Az igény többek között megjelenik az ipar új paradigmatikus koncepciójától az intelligens város koncepciójáig is [20] [39] [40] [41]. Más aspektusokból a fenntarthatóság szükségességét hangsúlyozni kell az alapul szolgáló jogi szabályozásban [25] és az oktatásban is [42] [43] [44]. Ebben az alfejezetben található tanulmány célja az ideális rendszer és környezete közötti energiakapcsolat vizsgálata elméleti kísérletekben, és ennek felhasználásával a rendszerek hosszú távú fenntarthatóságának energiafeltételeinek azonosítása.

A rendszerek időbeli mozgásának elemzése a szerkezeti változásoktól függően eltérő. A szerkezetileg statikus mozgás a kibernetika szabályzóköreivel modellezhető. Ez a modellezés egy statikus szerkezetű differenciálegyenlet-rendszerhez vezet [29] [45] [46] [47] [48] [49] [50]. Az organikus változás eredménye egy változó szerkezetű egyenletrendszer, amely nem kezelhető könnyen. Az ilyen rendszerváltozások tanulmányozása inkább az emberalapú rendszerek változáskezelésének szöveges modellezésén alapul. A hosszú távú fenntarthatóság strukturális változásokat igényel. Ennek energetikai modellezése a fentiek miatt problematikus. Az elméleti kísérletsorozat erre a problémára keres megoldást.

Jelen tanulmányban egy egyedi vizsgálati modell kialakításával a rendszerek energetikai aspektusú fenntarthatóságát tanulmányozom. A vizsgálati modell használatával megvizsgálom a zárt rendszerek elméleti problémáit. Egy-egy elméleti kísérlettel a merev szerkezetű rendszerek időbeli mozgása van nyomon követve, illetve a rugalmas rendszerek viselkedését elemzem. Végül az általános rendszer és környezetének energetikai kölcsönhatásának tanulmányozásával azonosítom a rendszerek általános fenntarthatóságának alapfeltételét.

3.2.1 A vizsgálat módszertana

A vizsgálat a rendszerek általános energetikai modelljét és a rendszerek általános szerkezeti modelljét használja a probléma modellezéséhez. Elméleti kísérletek által többfajta rendszerkapcsolat energetikai egyensúlya van elemezve [34] [38]. Első elméleti kísérletként a zárt rendszerek problémáját vizsgálom. A második elméleti kísérlet sorozatban az ideális duális kapcsolatokat modellezem. A kísérletek harmadik fázisában a duális kapcsolat egyik szereplője helyettesítve van a külvilággal. Ezzel a módszerrel több lépcsőben lehet következtetni a valóságos rendszerek működésére. Továbbá lehetőség nyílik a hosszú távú fenntarthatóság energetikai feltételeinek megfogalmazására is.

Mindezek megvalósítása érdekében:

1. meg kell alkotni a probléma vizsgálatához használandó rendszermodellt,
2. meg kell vizsgálni a zárt rendszerek problémáját. Ez alapján lehet következtetést levonni a szinguláris esetekre,
3. meg kell alkotni azt a vizsgálati modellt, amelyben mindössze két rendszer ideális kapcsolata szerepel. Ez alkotja az általános duális rendszervizsgálati modellt. Ebben kell megvizsgálni a szerkezetileg eltérő rendszerek kapcsolatát,
    a. meg kell vizsgálni merev szerkezetű rendszerek duális kapcsolatát,
    b. meg kell vizsgálni a teljes mértékben rugalmas szerkezetű rendszerek duális kapcsolatát,
4. a duális vizsgálati modellben az egyik rendszert ki kell cserélni a másik rendszer komplementerére. Így a vizsgálatban szereplő két rendszer megegyezik a rendszerrel és a rajta kívül lévő világgal. Az általánosítás a célja ennek az elméleti kísérleti lépésnek, melyből következtetések vonhatók le a rendszerek általános fenntarthatósági követelményeit illetően.

3.2.2 Az eredmények előzetese

A vizsgálatokhoz előállított modell szerkezete megegyezik a rendszerek általános egyszerűsített modelljével. Energetikai egyensúly szempontjából a rendszer viselkedése az általános energetikai modell viselkedési mintájával jellemezhető. A rendszerek egymásra hatásának mechanizmusa pedig a kibernetikai szabályzókörök modelljével

modellezhető [45] [46] [49]. Az így létrejövő rendszermodellen érdemes elvégezni az elméleti kísérleteket.

Az általános rendszerek energetikai modelljének alkalmazása segítségével kimutatható, hogy az ideális zárt rendszerek teljes biztonságban vannak [51] [52] [53] [54]. A valóságban azonban ilyen rendszerekről nem lehet információt szerezni, ezért létezésük nem bizonyított. Így a zárt rendszerekről csak elméleti modell szintjén érdemes beszélni. A rendszerek páronkénti egymásra hatásának vizsgálata megmutatta, hogy a rugalmatlan rendszerek bekebelezik egymást, a rugalmas rendszerek viszont egyensúlyba kerülnek egymással. A rendszer és környezetének elméleti vizsgálata pedig megmutatta, hogy a rendszerek fenntarthatóságának energetikai feltétele, hogy a rendszer tárolt energiája folyamatos és korlátlan növekedést mutasson.

Előzetesen összefoglalva az eredményeket:

- Tökéletesen zárt rendszerek modellezése csak elméletben lehetséges, létezésük nem bizonyítható.
- Teljesen merev szerkezetű rendszerek bekebelezik egymást.
- Tökéletesen rugalmas szerkezetű rendszerek egyensúlyba kerülnek.
- A fenntarthatóság energetikai feltétele a tárolt energia folytonos és korlátlan növekedése.

3.2.3 A vizsgálat folyamata

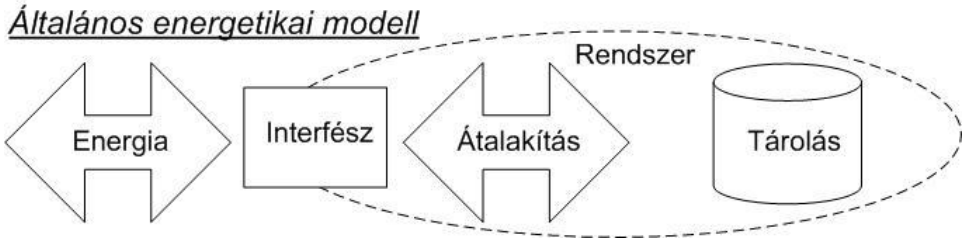
A kísérletsorozat egy elméleti modellezési eljáráson alapul. Egyszerre használja fel a rendszerek általános energetikai és szerkezeti modelljét. Az elméleti kísérletek sorozatának logikai sorrendje is egyedileg lett megalkotva. A kísérletek során megvizsgálom az anomáliát eredményező határeseteket is. Így a kísérletek sorrendje biztosítja a probléma megválaszolásához vezető utat, vagyis a valós rendszerekhez való közelítést.

A modell szerkezete

Mivel az energetikai feltételek vizsgálata a cél, ezért a rendszerek energia egyensúlyának modellezése során használt működési modell alkalmazása lehet célravezető. E szerint a rendszerbe érkező energia megegyezik a tárolt energia változásának és rendszerből távozó energiának az összegével. A releváns képlet:

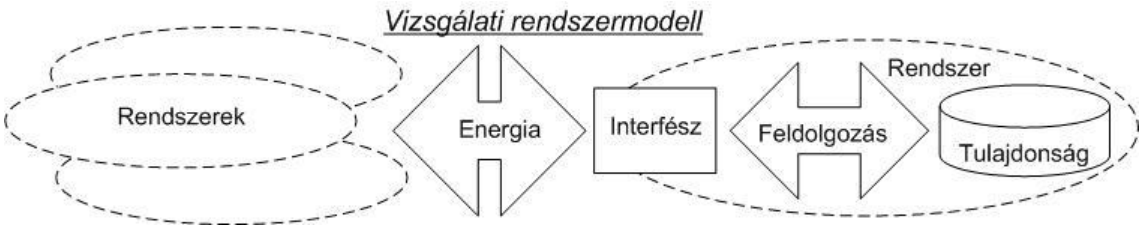
$$E(in) = \Delta E(store) + E(out). \quad (5)$$

Az elméleti kísérletek elvégzése során az egyes kísérletek logikai elkülönülése a rendszerek szerkezetén alapszik. Emiatt a rendszerek szerkezetének modellezéséhez az információelméleti egyszerűsített rendszermodell szerkezetét érdemes használni. Eszerint a rendszerek szerkezetileg egyszerűen modellezhetők a rendszer körülhatárolásával, tulajdonságaival és az interfészének kijelölésével. Esetünkben a rendszer energiacseréje csak az interfészén keresztül lehetséges. Ezt az általános belső modellezést a 6. ábra mutatja.



6. ábra: A rendszer energetikai modelljének sémája

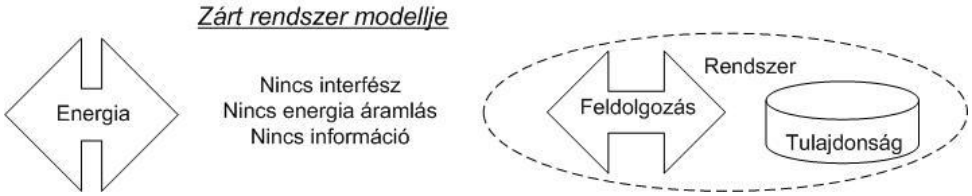
Végül a rendszerek egymásra hatásának modellezésére az irányításelméletben használt szabályzókörök hatásmechanizmusát érdemes kölcsönözni [45] [46] [47] [48] [49]. Eszerint a rendszer irányítására a rendszeren belüli hatáslánc szerint negatív visszacsatolású szabályzóhurkok vannak alkalmazva: a hatáslánc kimenetén történő mintavételezés kiértékelése alapján történik beavatkozás a láncban előrébb lévő tag bemenetén, a kívánt hatás elérése érdekében. Ez a modell azt feltételezi, hogy a rendszert folyamatosan külső zavaró hatások érik. A rendszerek közötti energetikai modellezés sémáját a 7. ábra mutatja.



7. ábra: A rendszerek közötti energetikai modellezés sémája

Zárt rendszerek

A tökéletesen zárt rendszerek modelljének interfésze üres halmaz. Ez azt jelenti, hogy az ilyen rendszerek alkalmatlanok energiacserére. Ennek folyománya, hogy a zárt rendszer és a környezete között nincs információcsere sem, nem tudnak egymásról semmit. Ezért a zárt rendszerek tárgyalása pusztán elméleti. A gyakorlatban nem lehet megfigyelni ilyen rendszereket. A zárt rendszerek egyszerűsített szerkezeti modelljét a 8. ábra mutatja.



8. ábra: A zárt rendszerek egyszerűsített modellje

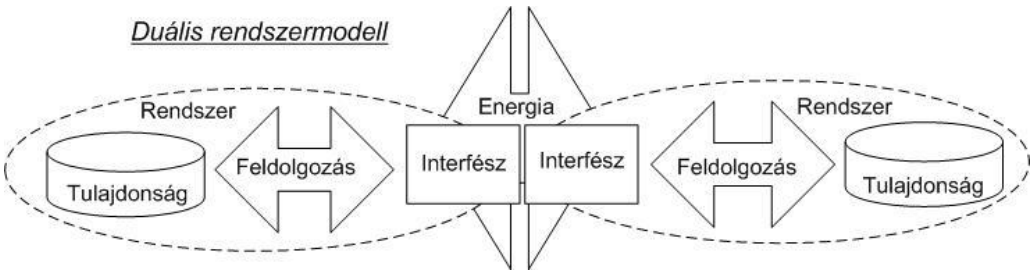
Duális rendszerek vizsgálata

A rendszerek egymásra hatásának vizsgálata elején érdemes meghatározni a vizsgálat általános feltételeit. E feltétel szerint a képzeletbeli világban a vizsgált két rendszeren kívül nincs más rendszer. Mintha egy külön világban csak ez a két rendszer létezne. Az egyik rendszer hatása a másik rendszerre ható zavarás, illetve fordítva. Így az energiacsere is csak a két rendszer között zajlik. Vagyis a rendszerek csak egymással közölnek energiát. Ennek a kettős rendszernek az élettartamát az energiaátadási kapacitás változékonysága és az egyes rendszerek szerkezete határozza meg. A vonatkozó egyenletek a (6) és (7). A rendszerazonosítók (E1 és E2) az alsó indexben találhatók.

$$E_2(out) = E_1(in) = \Delta E_1(store) + E_1(out), \quad (6)$$

$$E_1(out) = E_2(in) = \Delta E_2(store) + E_2(out). \quad (7)$$

A duális rendszervizsgálat általános modelljét a 9. ábra mutatja.



9. ábra: A duális rendszerek általános modellje

Merev szerkezetű duális rendszerek

A merev szerkezetű rendszerek olyan rendszerek, amelyekben nem lehetséges rugalmasan változtatni a rendszer energiatároló kapacitását. Ennek eredményeként nem lehet gyorsan megváltoztatni a rendszer szerkezetét. A rendszerbe belépő energia szinte teljes egészében a rendszer működését szolgálja, amely energia munkavégzés után távozik a rendszerből. Ezen kettős rendszerek vizsgálata esetén az energiamérleg szempontjából azonos rendszerek egyensúlyban működnek egymással. Ez a (6) és (7) egyenleteken alapul. A következmény a (8) egyenlet. A szerkezetek merevsége miatt az egyensúlyi feltétel a (9) egyenlet.

$$\Delta E_1(\text{store}) + \Delta E_2(\text{store}) = 0, \tag{8}$$

$$\Delta E_1(\text{store}) = \Delta E_2(\text{store}) = 0 \tag{9}$$

E rendszerek duális vizsgálata esetén az energia egyensúly szempontjából egyforma rendszerek egymással egyensúlyban működnek. Ez az egyensúly azonban nem ideális, mert már kis eltérés is azt okozza, hogy a kimeneti energiatöbbletet a másik rendszer nem tudja elnyelni károsodás nélkül. A hatás miatt a vizsgálatban részt vevő rendszerek közötti különbség fokozatosan nő. Ennek eredménye, hogy a nagyobb energiájú rendszer fokozatosan bekebelezi a kisebb energiájú rendszert.

A rendszerek magas fokú eltérése esetén ez a hatás azonnal és erős mértékben jelentkezik. Tehát a merev rendszerek jellemzője, hogy a szingularitás elérése a stabil állapot.

Rugalmas szerkezetű duális rendszerek

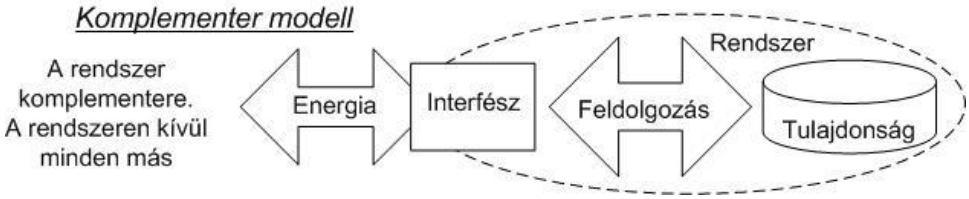
A rugalmasan strukturált rendszerek olyan rendszerek, amelyek képesek gyors szerkezeti változásra. Ennek feltétele a bejövő energia nagy részének tárolási lehetősége. A rendszer működéséhez szükséges energiaigény jóval alacsonyabb, mint az energiatároló kapacitás. Az ilyen kettős rendszerek vizsgálata esetén az azonos rendszerek szintén egyensúlyban vannak. Itt azonban a kis eltérések azonnal kiegyenlítődnek, mert a rendszerek változási képessége gyors. A rendszer a bejövő többletenergiát szerkezeti károsodás nélkül képes tárolni. Az egyensúlyi feltétel a (10) egyenlet.

$$\Delta E_1(\text{store}) + \Delta E_2(\text{store}) = \Delta E_1(\text{out}) = \Delta E_2(\text{out}) \tag{10}$$

Mindezek miatt az eltérő paraméterű rendszerek energiaegyensúlya és a tárolt energia mennyisége hosszú távon kiegyenlítődik. Tehát a rugalmas rendszerek stabil egyensúlyi állapotot tartanak fel környezetükkel.

Komplementer duális rendszerek

A komplementer vizsgálat során a duális rendszerben az egyik rendszert ki kell cserélni a másik rendszer komplementerére (10. ábra). Ez azt jelenti, hogy a rendszer és a külvilág kölcsönhatása van vizsgálva. Ez a fajta megközelítés már közelebb áll a valós világban tapasztalható kölcsönhatásokhoz, mint az előző vizsgálatok. A vizsgálatban szereplő rendszer nem tökéletesen merev szerkezetű, illetve nem is tökéletesen rugalmas szerkezetű. Az elméleti kísérlet lefolytatásakor több következtetést lehet levonni.



10. ábra: A komplementer duális rendszerek modellezése

A rendszer addig van biztonságban, amíg nem érkezik az irányába nagyobb energia adag, mint amit el tud tárolni, illetve át tud ereszteni. Nagyobb energia adag esetén a rendszer merev szerkezetűként reagál. Szerkezete kényszerűen változik. Ekkor a rendszer a szingularitás irányába mozdul el. Kisebb energia adag esetén a rendszer el tudja tárolni a többletet. A rendszer szerkezete a saját lehetőségek mentén változik. Ebben az esetben a rendszer a környezetével való egyensúly irányába mozdul el. A komplementer duális rendszermodell általános energia képlete a (11).

$$0 < E_{system}(in) = E_{environment}(out) < \infty. \quad (11)$$

A vizsgálat eredménye megmutatja egy általános rendszer hosszútávú energetikai fenntarthatóságának alapfeltételét. A rendszer akkor van a körülményekhez képest a legnagyobb biztonságban, ha minden időintervallumra biztosítani lehet a felesleges energia eltárolását és áteresztését. Ez hordozza magában az állandó rugalmas viselkedést. Ugyanakkor a környezet energia szintje a végtelennel jellemezhető a rendszer léptékében. Ezért a rendszer folyamatos rugalmassága és ezáltal a fenntarthatósága azzal növelhető, hogy a rendszer energiája a lehetőségekhez képest folyamatosan és korlátlanul növekszik.

3.2.4 Konklúzió

A rendszerek hosszútávú fenntarthatóságának energetikai vizsgálata során (hipotézis 3c) összefoglalva a következőkre jutottam:

Környezetünk új hatékonysági szemléletmódot követel. E paradigma egyik legfontosabb ismérve a hosszú távú fenntarthatóság biztosítása minden szempontból [20] [34] [38] [39] [40] [41]. Jelen alfejezetben egy egyedi vizsgálati modellt alakítottam ki a rendszerek energetikai aspektusú fenntarthatóságának tanulmányozására. A vizsgálati modell használatával először megvizsgáltam a zárt rendszerek elméleti problémáit. Utána a merev szerkezetű rendszerek időbeli mozgását elemeztem, mely megmutatta, hogy az ilyen rendszerek a bekebelezik egymást. A rugalmas rendszerek vizsgálata során kiderült, hogy ezek a rendszerek egyensúlyra törekednek a környezetükkel. Végül a valóshoz közelebb álló rendszervizsgálat kimutatta, hogy a rendszerek energetikai fenntarthatóságának alapfeltétele, hogy a rendszer saját energiája folyamatosan és korlátlanul növekedjen.

A rendszerek energetikai fenntarthatóságát vizsgáló kísérletsorozatot tartalmazó publikációmra független hivatkozás jelent meg.

4 TECHNOLÓGIAI BIZTONSÁG

A technológiai biztonság (hipotézis 1c) kapcsán végzett vizsgálataim során kiderült, hogy ugyan az infokommunikációs technológia korábban említett paradigmális triászát tekintve a paraméterek növelésére számos gyártói megvalósítás látott napvilágot, de működési elvüket tekintve csupán néhány fő technológia köré csoportosíthatók. A technológiák általánosítását elvégeztem, s a fejezetben leírt alaptechnológiákat azonosítottam. Mindegyik fő technológia alapja a rendszerbe iktatott redundancia. Ez szigorúbb esetben a komponensek teljes megkettőzését jelenti (2n redundancia). Legegyszerűbb esetben pedig azt jelenti, hogy a szükségesnél eggyel több komponens van hadrendbe állítva (n+1 redundancia). Mindkét esetben lehetséges passzív és aktív használat is. Passzív esetben a nem használt komponensek átveszik a meghibásodott komponensek szerepét, aktív megoldásnál pedig a hibás komponensek terhelése átkerül a többi elemre. [5]

Az alábbiakban felvázolt rendszerépítési technológiák legtöbbje mára már megtalálható a felhő összes architekturális rétegében. Sokak számára némelyik technológia többé-kevésbé ismerős, azonban nem mindig tudatosul ennek logikai rendszere, illetve e technológiák megnyilvánulása a felhő rétegeiben. Az alapvető technológiák:

- Klaszter-technológia
- Grid-technológia
- Virtualizáció
- Split-technológia

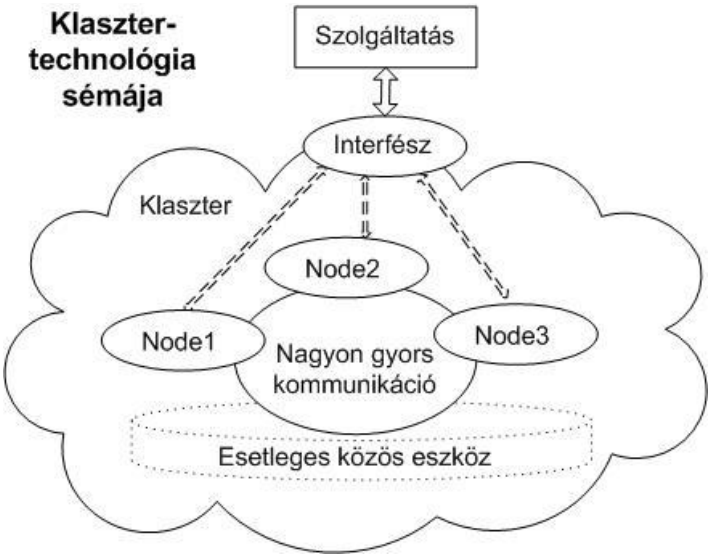
4.1 Klaszter-technológia

A klaszter-technológiát magyarra fordítva fürtözésnek is szokták említeni, de a szakmai gyakorlatban nem terjedt el a kifejezés. Lényege, hogy több komponens végezheti ugyanazt a tevékenységet, de kívülről nézve egységes szolgáltatásnak látszik.

Fontos paramétere a demokratikus irányítás. Vagyis a klaszter elemei (node) egymással egyenrangú kapcsolatot tartanak fenn. Meghibásodás esetén a továbbra is használható komponensek közösen eldöntik, hogy milyen belső konstellációban folytatják a szolgáltatás biztosítását. Ennek a demokratikus irányításnak az a feltétele, hogy a node-ok között nagyon gyors kommunikáció legyen egy közös csatornán vagy eszközön.

Működési elv szerint a klaszterek lehetnek passzívak (fail-over), amely esetben az egyik node valósítja meg a szolgáltatást és hiba bekövetkezésekor egy másik node folytatja azt, vagy lehetnek aktívak (load-balance), amikor minden node terhelés elosztással vesz részt a szolgáltatás megvalósításában és hiba esetén a terhelést a többi node veszi át.

A klaszter-technológia működési elvét a 11. ábra mutatja.



11. ábra: A klaszter-technológia működési elve

Előnyök:

- A node-ok közötti gyors kommunikációból adódik, hogy gyors a hibakezelése.

Hátrányok:

- Hátránya is ered a gyors kommunikációs szükségletből, mert nem használható nagy távolságban lévő node-ok között.
- További hátránya, hogy a terhelések tervezhetősége miatt közel azonos paraméterekkel rendelkező fizikai eszközökkel érdemes megvalósítani.

4.2 Grid-technológia

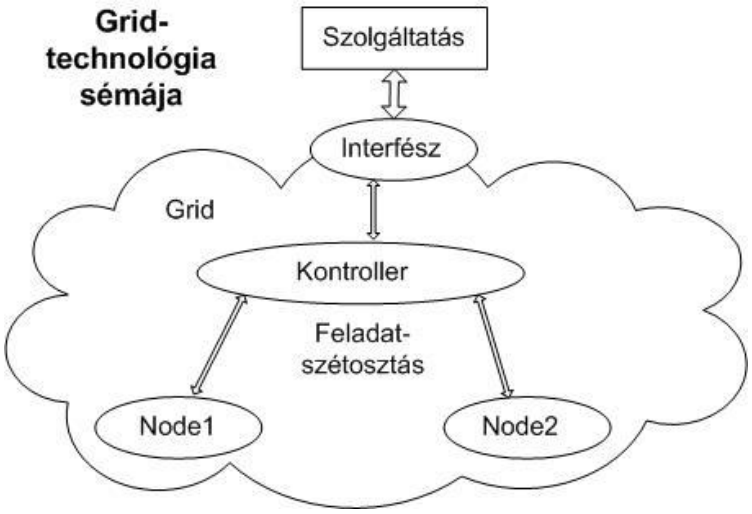
A Grid-technológia lényege, hogy több komponens végzi ugyanazt a tevékenységet, de kívülről nézve egységes szolgáltatásnak látszik.

Eddig a megfogalmazás erősen hasonlít egy klaszteréhez. Azonban a klaszterrel szemben az irányítás itt autokratikus. A kontroller komponens vezérli a grid működését és kezeli annak belső adminisztrációját, irányítja a hibás node átterhelését, végzi a szolgáltatások prezentálását. De a legfontosabb feladata, hogy a szolgáltatáshoz kötődő műveleteket

elosztja a node-ok között azok kapacitív lehetőségei szerint. Ehhez az autokratikus irányításhoz nem feltétlenül szükséges a nagyon gyors kommunikációs csatorna vagy eszköz megléte a node-ok között.

Amennyiben a kontroller folyamatosan adminisztrálja a gridben lévő node-ok kapacitási és feldolgozó képességét, akkor változatos infrastruktúra használható. Ezen adminisztráció hiányában viszont csak közel egyforma eszközökből épített blokkokból érdemes építkezni.

A Grid-technológia működési elvét a 12. ábra mutatja



12. ábra: A grid-technológia működési elve

Előnyök:

- Nagy távolságban elhelyezkedő gridek is kiépíthetőek.
- Akár eltérő paraméterű eszközök is használhatóak.

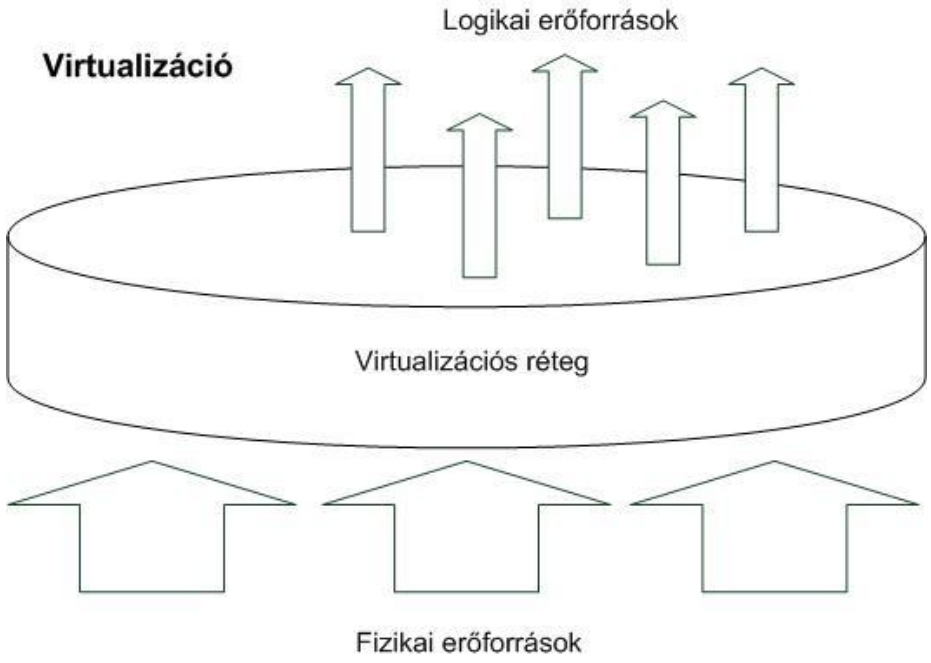
Hátrányok

- Feladatorientáltsága miatt a lassú hibakezelése és sok esetben a lassú válaszideje a hátránya.

4.3 Virtualizáció

Mint korábban említettem, a virtualizáció lényege, hogy a virtualizált architekturális réteg vagy rétegek tényleges erőforrásai el vannak fedve, s ezekből csak a szükséges mennyiségű és minőségű kapacitás van prezentálva a magasabb rétegek felé a számukra szükséges módon. Ez a technológia tette lehetővé a klaszter- és grid-technológiák továbbfejlődését, s a felhő-technológia kialakulását.

A virtualizáció először a kiszolgálókon jelent meg a hálózati operációs réteg alatt, lehetővé téve a szerver-virtualizációt. Később a hálózati topológiában, majd a központi adattárak adatallokációs rétegében, majd a felhő-menedzsmentben is megjelent ez a technológia. Mára már akár a teljes adattárolási réteg, teljes kiszolgáló réteg, minimális kivétellel a teljes hálózati megnyilvánulás és a rendszermenedzsment-rétegek is virtualizálhatóak. A virtualizáció modelljét a 13. ábra mutatja.



13. ábra: A virtualizáció modellje

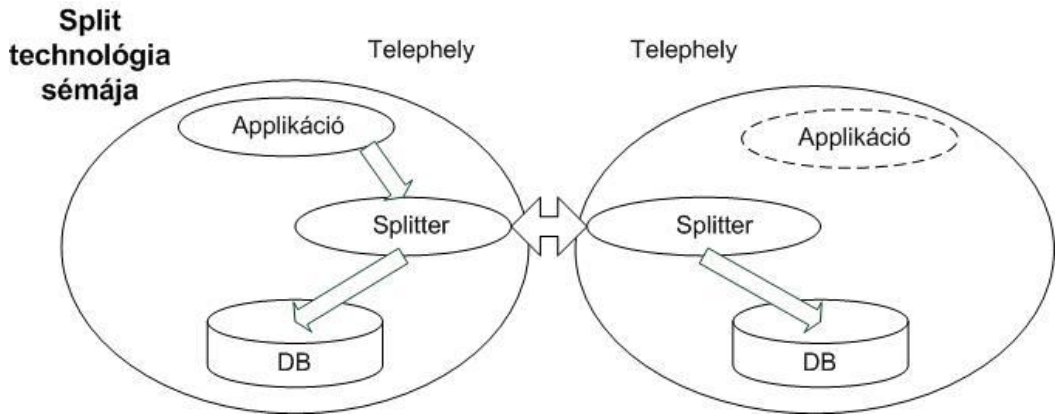
4.4 Split-technológia

A nagy adatközpontok megjelenése és ezáltal a rendelkezésre állás növelésének szándéka következtében megfogalmazódott az igény arra, hogy nemcsak a teljes rendszerösszeomlással, hanem esetlegesen a telephely (site) használhatatlanná válásával járó kockázatokat is a minimálisra kell csökkenteni. Ez az igény a felhők megjelenésével tovább fokozódott.

Számos gyártó dolgozott ki megoldásokat, de az alapelv hasonló [15] [55]. A megvalósítás alapeleme egy splitter komponens, amely jellemzően az alacsony szinten lévő adattárolási architekturális rétegben dolgozik, de már megjelent virtuális rétegben működő megvalósítás is. Ez az elem valósítja meg a magasabb rétegek I/O forgalmának egyszerre több irányba való továbbítását. Ezáltal lehetővé válik, hogy az adattárolókon elhelyezett komponensek – az alapinfrastruktúrán és a hardveren kívül szinte minden – más telephelyek adattárolóira is replikálódjanak. Így egyrészt az egyik site kiesésekor egy

másik telephelyen (disaster site) indulhatnak el a rendszer komponensei, másrészt a telephelyek egymás disaster site-jai lehetnek.

A választott gyártói platform, s azon belül a megvalósított implementáció befolyásolja a várható átkapcsolási időt (pár perc és pár óra között) és a megoldás költségigényét is. A technológia működési elvét a 14. ábra mutatja.



14. ábra: A split-technológia működési elve

4.5 Konklúzió

A felhőrendszerek technológiai biztonságának vizsgálata során (hipotézis 1c) 4 olyan technológiát sikerült általánosítani, melyek működésükkel a hosszútávú fenntarthatóságot biztosítják. A felhő technológiai aspektusú megfogalmazása magában hordozza, hogy annak legfontosabb követelményei a rendelkezésre állás, a függetlenség, a rugalmasság, illetve a szolgáltatásközpontúság. A tárgyalt klaszter-, grid-, virtualizációs- és split-technológiák teszik lehetővé ezek megvalósítását. E technológiák a ma használt felhők minden architekturális rétegében alkalmazhatók: a fundamentális rétegben, a hardver rétegben, a virtualizációs rétegben, a műveleti rétegekben, illetve a teljes architektúrát átfogó menedzsment rétegben is. A technológiák nem tisztán, hanem egymással keverve, egymást kiegészítve jelennek meg. Például a virtuális réteg klaszterezése teszi lehetővé, hogy a virtuális gépek vándorolhassanak az őket futtató fizikai anyagépek (virtual host) között. Vagy említeni lehet, hogy a grid kontrollerét általában egy egyszerűbb klaszter megoldással teszik redundánssá. A virtuális fizikai adattár megvalósítása mögött pedig általában nagyszámú fizikai kiszolgáló lokális tárterületeit használó grid megoldás rejtezik, mely a magasabb rétegek felé virtualizált tárolóhálózat (vSAN) segítségével van prezentálva.

A technológiákat tartalmazó publikációimra független hivatkozások jelentek meg.

5 ADAPTÁCIÓS LEHETŐSÉGEK

Ebben a fejezetben ismertetem azokat a tanulmányaimat, melyek bizonyítják, hogy a felhő elméleti vizsgálatának eredményei adaptálhatók. Ez nemcsak informatikai, de más szerveződésű rendszerekben is (4. hipotézis) alkalmazható.

Minden alfejezet egy-egy adaptációs tanulmány, melyeket tartalmazó publikációk legtöbbjére független hivatkozás jelent meg.

5.1 IT infrastruktúrák informatikai biztonsági aspektusai

Az informatikai szolgáltatások fontos paraméterei a megrendelő által igényelt működési paraméterek. E paramétereket az üzletfolytonossági igények határozzák meg. Az igény megállapítása érdekében elemezni kell a szolgáltatások teljes vagy részleges leállásával járó kockázatokat. A szolgáltatás rendellenes működése a fenntarthatóság biztosítását teheti bizonytalanná és az emberi életet is veszélyeztetheti. A rendszer fenyegetettsége a természetes hatásoktól és az emberi elmétől származhat. A természetes hatásokkal szembeni védettség témaköre az informatikai biztonság. Ez a témakör az információ biztonság része, és a természeti, illetve a technológiai hatások vizsgálatát tartalmazza. Jelen tanulmány az informatikai infrastruktúra információtechnológiai biztonsági vizsgálatához tartozó szempontrendszer egy lehetséges előállítási módját taglalja. A metódus filozófiai alapokra épül, ezáltal egységesíti a vizsgálat szempontrendszerét.

Minden rendszer vizsgálata azon az elven alapul, hogy az ember a gondolkodása közben lemodellezi a létező rendszer működését. Ezáltal létrejön egy az emberi elme által gyártott virtuális másolat a valóság egy részletéről. Ezen a replikán végre lehet hajtani olyan vizsgálatokat, melyek zavarnák az eredeti valós rendszer működését, illetve olyan vizsgálatokat is, amelyek a rendszer modelljének részleges vagy teljes átalakítását igénylik a vizsgálat folyamán.

A létező rendszerek nagyon bonyolultak. Az esetek túlnyomó többségében nincs meg a lehetőség a teljes körű modell kialakítására. Ezért a modellezés olyan részletességgel történik, amekkora részletesség a vizsgálatot végzők szerint szükséges a kimenet értékelhetősége szempontjából. Ezt a validálhatóságot mindig a vizsgálat eredményét felhasználók igényei körvonalazzák. Ezek az igények pedig többféle módszerrel is meghatározhatóak.

Tekintve azt az alapelvet, hogy az eljárásnak megismételhetőnek kell lennie, a modellezést teljes mértékben dokumentálni kell. Ugyanakkor a modellezési eljárás csak akkor hoz értékelhető eredményt, ha értelmezési rendszere meghatározott. Ennek alapja a korábban említett részletesség megfelelő megválasztása. A szükséges elemek, illetve a granuláltság meghatározásához a lehetőség szerinti mértékig ki kell szűrni a szubjektív elemeket a vizsgálat teljes életciklusa alatt. Ez egyaránt érinti a modell kialakításának szakaszát is, a modell működésének vizsgálati szakaszát is, és a működés kiértékelésének szakaszát is.

A fentiek által válik egységessé a vizsgálat folyamata. Egységes lesz a művelet produktuma is, ami elősegíti a rendszerek vizsgálati eredményére vonatkozó igények egységesítését. Továbbá könnyebben válik lehetővé a rendszerek működésének adaptálása más szerveződésű rendszerekben. Például energetikai, mechanikai, informatikai, társadalmi szerveződések működési elvei adaptálhatóak egymás között.

5.1.1 Az egységes tárgyalásmód

Az előbbi bevezetőben említettek előre vetítik, hogy egy rendszer biztonsági vizsgálata előtt meg kell határozni a vizsgálat peremfeltételeit és az érintett rendszer modellezésének részletességét. A modellezéshez a rendszer szerkezeti ismerete is szükséges. A rendszer paraméterei sokféleképpen rendszerezhetőek. Ennek eredménye, hogy a rendszervizsgálatok nem teljesen egységes módszereket követnek, vagyis a különböző biztonsági vizsgálatok szempontrendszerei eltérőek lehetnek. Emiatt a vizsgálatok eredményei is nehezen feleltethetőek meg egymásnak.

A rendszer vizsgálatának univerzális alapra helyezése biztosíthatja, hogy a vizsgálat szempontrendszere azonos legyen minden esetben. Továbbá biztosíthatja, hogy a vizsgálatok eredményei is összehasonlíthatók legyenek. Ha a filozófiai témakörök vannak egységes alapnak választva, akkor az erre épülő vizsgálati rendszer egységes taglalást tesz lehetővé, mivel minden tudományág a filozófiából származtatható. Ezáltal a veszélyforrások, illetve a sérülékeny pontok keresésének szempontrendszere is egységessé válik. A főbb filozófiai témakörök [1], s a tanulmány céljából releváns kérdések az alábbiak:

- Létezés vizsgálata: Mi a létezés célja? Hogyan lehet biztosítani az egyedek vagy egyedcsoportok létezésének időbeli folytonosságát? Ennek milyen feltételrendszere van?

- Ismeret, megismerhetőség vizsgálata: Vajon megismerhetőek teljes mértékben az egyes szerveződések? Megismerhető-e a vizsgált rendszer szerkezete a modellezéshez szükséges mértékben? Mennyi szubjektivitás engedhető meg a rendszer vizsgálatában?
- Cselekvés, funkcionalitás, működés vizsgálata: Mi határozza meg a rendszerek cselekvését, működését? Hogyan lehet ezt modellezni? Milyen működési szabályokat lehet kimutatni az egyedek és a csoportok működésében?
- Igazság, validálás, irányítás: Mi tekinthető igaz állításnak? Melyek az igazság szubjektív és objektív elemei? Létezik-e objektív igazság? Milyen igazságtartalom befolyásolja a rendszer működésének validálását? Hogyan lehet modellezni a rendszerek elsőrendű (nem organikus) változásának kezelését?
- Változtathatóság, változás kezelése: Mit nevezünk organikus (másodrendű) változásnak? Milyen rendszer-tulajdonságok határozzák meg ennek lehetőségét, illetve lefolyását? Hogyan lehet modellezni, befolyásolni?

Az informatikai rendszerek vizsgálatánál a tárgyalás alapja a felsorolt témakörök informatikai megfelelője, melyek a konkrét informatikai biztonsági vizsgálat igényei szempontjából relevánsak. Ezek az alábbiak lehetnek:

- A rendszer létét meghatározó körülmények vizsgálata.
- A rendszer szerkezetének modellezése.
- A rendszer működésének absztrakciója.
- A rendszer elsőrendű változása, időbeli működése, statogenezise.
- A rendszer másodrendű, organikus változása, morfogenezise.

Létezést meghatározó körülmények

A rendszerek valós időben történő közvetlen létezési problémája a rendelkezésre állás. Ez vizsgálható energetikai és működési időintervallum szempontjából egyaránt. Az alábbi példákban látható, hogy a két fajta vizsgálati aspektus összefügg:

- Differenciált működési egyensúly vizsgálata: ez a pillanatnyi működés feltételének energetikai vizsgálata. Azt mutatja meg, hogy a rendszerbe kívülről érkező és a rendszerből távozó energia milyen feltételek esetén kerül egyensúlyba. Ezt a rendszer általános mozgásához tartozó egyenletrendszerből számított energia állapotokkal lehet modellezni. A vizsgálat eredménye megmutatja, hogy

a rendszer rövidtávon milyen energia befektetés mellett tud folyamatosan működni.

- Önfenntartási egyensúly vizsgálata: annak az esetnek a vizsgálatát jelenti, amikor nem érkezik a rendszerbe kívülről energia. Vagyis a rendszer energia tárolási és energia felhasználási egyensúlyának vizsgálata. Ez tartaléküzemi vizsgálatnak is nevezhető.
- Nagy amplitúdójú változás kezelése: ez a rendszerben tárolt energia és a rendszerbe kívülről érkező energia egyensúlyának vizsgálata. A rendszer mozgását leíró egyenletrendszer vizsgálatával modellezhető. Azon esetek keresése a cél, amikor a rendszer szingularitásba kerülhet (a működéssel összeegyeztethetetlen állapotba kerül). Ezt a fajta vizsgálatot nevezhetjük biztonsági vizsgálatnak.
- Hosszú távú működési egyensúly: a rendszer hosszú távú, teljes energetikai aspektusú vizsgálata. Ez a rendszer mozgását leíró egyenletrendszer hosszú időintervallumú vizsgálatát jelenti, mely fenntarthatósági vizsgálatnak fogható fel.

Ezek a vizsgálatok kimutathatják, hogy a rendelkezésre állás, a megbízhatóság növelése érdekében milyen rövid időintervallumú folyamatos, vagy időszakos hosszabb, illetve eseményvezérelt beavatkozásokat érdemes megejteni [56]. A rendelkezésre állás növeléséhez nagyban hozzájárulhat a felhőépítési technológiák működési elvének kevert alkalmazása a felhőn kívüli infrastruktúra komponensekre is [3] [26].

A rendszer létével kapcsolatos további vizsgálatok a rendszer létének közvetett fenyegetettségéről szólnak. Olyan esetekről, melyekben a rendszer konzisztenciája, integritása sérülhet.

A rendszer konzisztens állapota olyan állapot, mely a rendszer teljes egészére vonatkozóan egy adott időpillanatban lévő valóságos, vagy annak megfelelően modellezett állapotot határoz meg. A rendszer konzisztenciájának sérülése nem teszi lehetővé a további működés korábban meghatározott szabályszerűségét, ami által az alkotott modell érvénytelenné, a rendszer működése pedig bizonytalanná válik. Ilyen esetben megvan az esélye annak, hogy a rendszer működésképtelenné válik, vagy nem állítható elő annak korábbi időpontú modellezett állapota.

A rendszer integritásának megőrzése is fontos feladat. Célszerű biztosítani, hogy a rendszer elemei csak az engedélyezett relációkban vegyenek részt, s csak az engedélyezett módosulások jöhessenek rajta létre. Ezáltal lehet biztosítani a szabályszerű működést, és a modellezés megfelelőségét. Az integritás sérülése esetén megvan az esély arra, hogy inkonzisztens állapot jöjjön létre.

A biztonsági vizsgálat célja a rendszer mindazon aspektusainak megvizsgálása, amelyekben a rendszer biztonsága a fentiek szerint közvetlenül vagy közvetetten befolyásolható. Az említettekkel összhangban alakult ki a biztonságtudományi paradigma, amely meghatározza a vizsgálatot az alábbi biztonsági aspektusok szerint [57]:

- rendelkezésre állás,
- sértetlenség,
- bizalmasság.

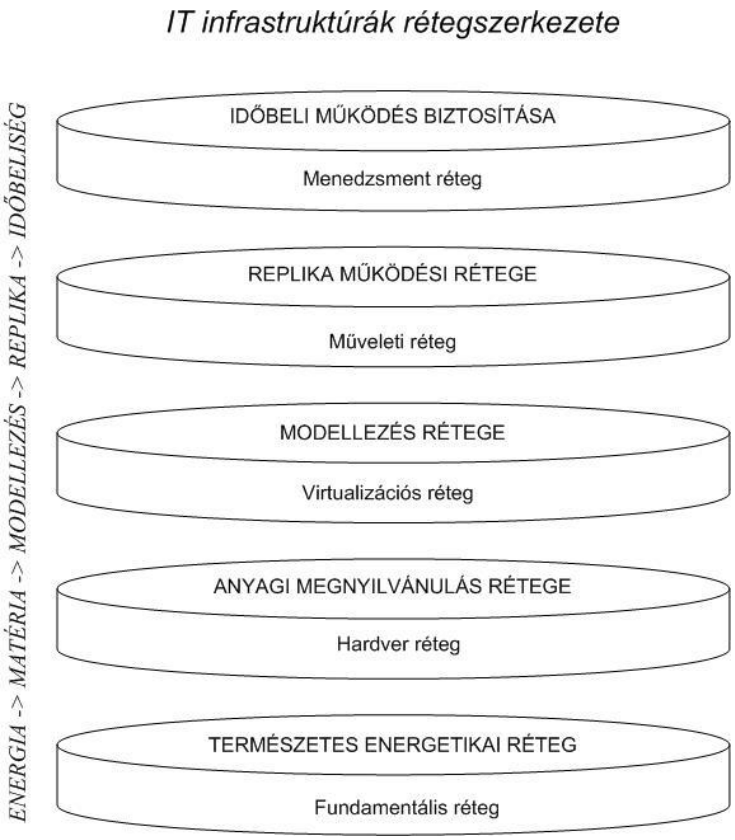
Szerkezet modellezése

Az informatikai infrastruktúrák általános rétegszerkezete jellemezhető lenne az OSI-modellel. Azonban a tároló-környezeti hálózatok és a korábban már említett felhőépítési technológiák megjelenésével a kommunikáció is többrétegűvé vált. Továbbá a rendelkezésre állás növelésének szándéka miatt fontossá váltak a rendszer azon elemei is, melyek ugyan a természetes erőforrások kezelési szintjén vannak jelen, de mégsem a hálózat fizikai rétegét jelentik [58] (például az erősáram betáplálás és annak vezérlési rendszere).

A rendszerek hagyományos modelljének nagyvonalú tagozódása a következő volt: hálózat, hardver, operációs rendszer, adatbázis-réteg, alkalmazás-réteg. Ebben a megközelítésben az operációs rendszer osztotta el a hardver által előállított IT erőforrásokat és kezelte a hálózati erőforrásokat. A modell megváltozott a virtualizáció megjelenése után. A virtualizáció új rétegként jelent meg a hardver és az operációs rendszer között. Ez a technológia lehetővé teszi, hogy rugalmasan és granuláltan lehessen kezelni a hardver által biztosított erőforrásokat. Ezáltal megvalósítható, hogy a feldolgozópontok a nekik szükséges, és csak a szükséges erőforrásokat megkapják. Továbbá az alkalmazott rendszerépítési technológiáknak köszönhetően ez a réteg erősen befolyásolja a rendelkezésre állást, a kapacitást és a mérhetőséget is. Így a szerkezet vizsgálatát ennek a rétegnek a vizsgálatával érdemes kezdeni.

A virtualizáció lényege, hogy a virtualizációs réteg alatt működő tényleges erőforrások el vannak fedve, s ezekből csak a szükséges mennyiségű és minőségű kapacitás van prezentálva a magasabb rétegek felé a számukra szükséges módon. E technológia használata esetén a fizikai IT erőforrásokat, azaz az adattárolókat, a feldolgozási kapacitást és a kommunikációs elemeket mennyiségi és minőségi megfontolások alapján új, logikai erőforrás csoportokba lehet rendezni. A feldolgozás biztosítására ezek által újra lehet szervezni az erőforrás készleteket. A fizikailag használt IT erőforrások ily módon elkülönülnek a logikailag szükséges IT erőforrásoktól.

A virtuális réteg felett a hagyományos modell szerinti operációs rendszer található. De az egységes taglalás érdekében ezt a réteget úgy érdemes tárgyalni, hogy az operációs rendszer, az adatbázis-réteg, az alkalmazás-réteg és az adatkapcsolati komponensek egyetlen réteget alkotnak: a műveleti réteget. Ennek a rétegnek a platformja az operációs rendszer. A réteg fő feladata pedig a rendszer funkcionális folyamatainak megvalósítása. A műveleti réteg felett lévő legfelső menedzsment réteg pedig továbbra is a rendszer időbeli működését biztosítja.



15. ábra: Az IT infrastruktúra általános szerkezeti rétegei

A virtuális réteg alatt található a hagyományos modellben is meglévő hardver réteg, ami előállítja a fizikai IT erőforrásokat, vagyis a feldolgozás, tárolás és továbbítás fizikai szükségleteit. Továbbá a modellbe legalsó rétegként érdemes bevenni azokat az energetikai komponenseket, amelyek előállítják a hardver réteg számára szükséges építészeti és épületgépészeti erőforrásokat, mert ezek működése is hatással van a rendszer egészére. Ez a legalsó réteg nevezhető fundamentális rétegnek.

Az infrastruktúra rétegszerkezetét a 15. ábra mutatja. Megfigyelhető, hogy az egyes rétegek az elméleti modellezés absztrakciós szintjeinek felelnek meg: energia, anyag, absztrakció, modell, fenntarthatóság. Továbbá az is észrevehető, hogy az összes réteg feladata végeredményben arra összpontosul, hogy biztosítsák a műveleti réteg által megvalósított funkcionális folyamatok minél magasabb szintű mennyiségi és minőségi megvalósítását. Az általános rétegszerkezetről még megállapíthatóak a következők:

- Adott réteg csak a közvetlenül alatta és felette levő rétegekkel kommunikál.
- Adott réteg az alatta lévő réteg felhasználója, illetve a felette lévő réteg kiszolgálója.
- A kommunikáció csatornája az alsó rétegben van.

Az egyes rétegek szintén a 15. ábráról leolvashatóan a következők:

- Fundamentális réteg – az energiakezelés rétege.
- Hardver réteg – a fizikai megjelenés rétege.
- Virtualizációs réteg – az emberi modellalkotásnak megfelelő réteg.
- Műveleti réteg – a modell működési rétegének felel meg.
- Menedzsment réteg – a rendszer valós időben történő működését biztosítja.

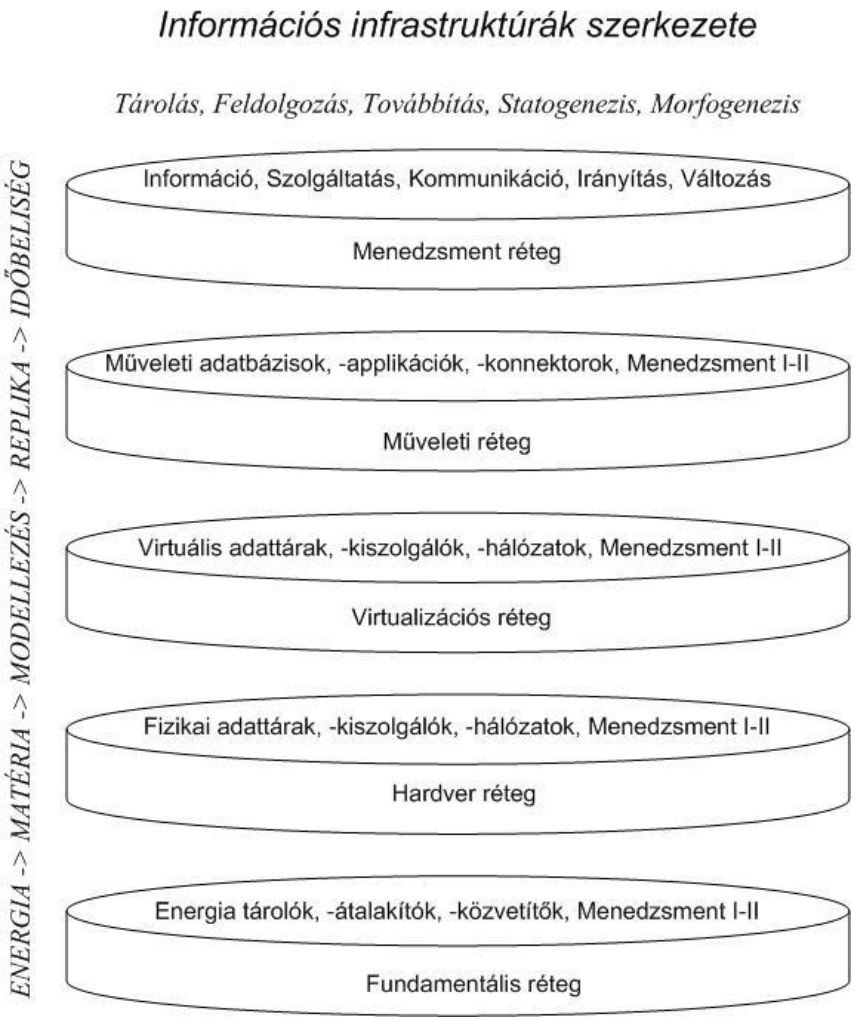
A működés absztrakciója

Az egységes tárgyalás érdekében a rendszer működésének modellezését is filozófiai alapokra érdemes helyezni. Az ember a világot egy adott pillanatban úgy ábrázolja magában, hogy a probléma megoldásának érdekében történő modellezéshez szükséges részeket kiemeli és megtartja, a szükségtelen elemeket pedig figyelmen kívül hagyja. A megmaradt rendszerelemek absztrakciója teszi lehetővé a logikai modell felépítését [59]. Az ember által használt absztrakt kategóriák megfeleltethetők az informatikai modellezésben használatos információs alapfunkcióknak.

Az ember a modell alkotása közben a valóság minden elemét három absztrakt kategória valamelyikébe sorolja be. E három absztrakt kategória, s az informatikában használt megfelelőjük az alábbiak:

- Dolog, amely funkcióval bír – IT megfelelője az átalakítás vagy feldolgozás.
- Tulajdonság, mely meghatározza a dolog működését – IT megfelelője a tárolás.
- Viszony, mely meghatározza a dolgok relációját – IT megfelelője a továbbítás vagy kommunikáció.

A fenti gondolatmenet alapján az IT modellalkotás paradigmális hármasa a tárolás, az átalakítás, illetve a továbbítás. Az IT rendszerek logikai modelljének felépítésekor e paradigma is használható. Ez a fajta rendszerezés független a korábban említett rétegszerkezettől, így egy új dimenziót ad hozzá. Ha a rétegszerkezet tekintendő vertikális tagolódásnak, akkor az absztrakt kategóriák adják a horizontális tagolódást.



16. ábra: IT Infrastruktúrák részletes rétegszerkezete

Statogenezis és morfogenezis

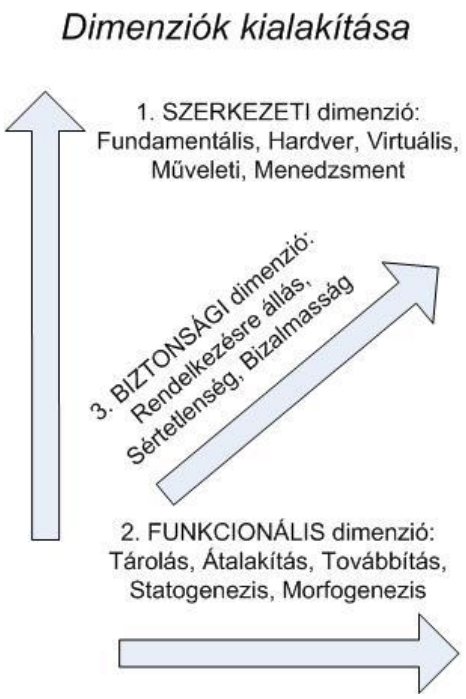
A filozófiai igazságelmélet megfelelője a statogenezis, mely tartalmazza a különböző aspektusú validálási lehetőségeket (pl: financiális, geográfiai, társadalmi…), továbbá tartalmazza a kívánt állapottól való eltérések megszűntetésére alkalmazott rendszerirányítási módszerek vizsgálatát is.

A filozófiai változáskezelés megfelelője a morfogenezis, mely tartalmazza többek között a változtathatóság lehetőségének és lefolytathatóságának vizsgálatát. Emellett tartalmazza még a validálási rendszer változásának vizsgálatát is, s a változás követését megvalósító teljes életciklus vizsgálatát is. Ez utóbbi alrendszereket szokták vállalatirányítási alrendszereknek hívni [58].

A statogenezist és a morfogenezist az absztrakt kategóriák kiterjesztéseként érdemes értelmezni. Így a statikus jellegű absztrakt modell időben működővé, dinamikussá válik. Az IT rendszerek funkcionalitással is kiegészített rétegszerkezetét a 16. ábra mutatja.

5.1.2 A modell és az aspektuscsoportok

A korábbi leírás alapján az IT infrastruktúra vizsgálatának segítségéhez egy háromdimenziós általános modell illik a legjobban, amely alkalmas a biztonsági aspektusrendszer előállítására.



17. ábra: A modellezés dimenzióinak kialakítása

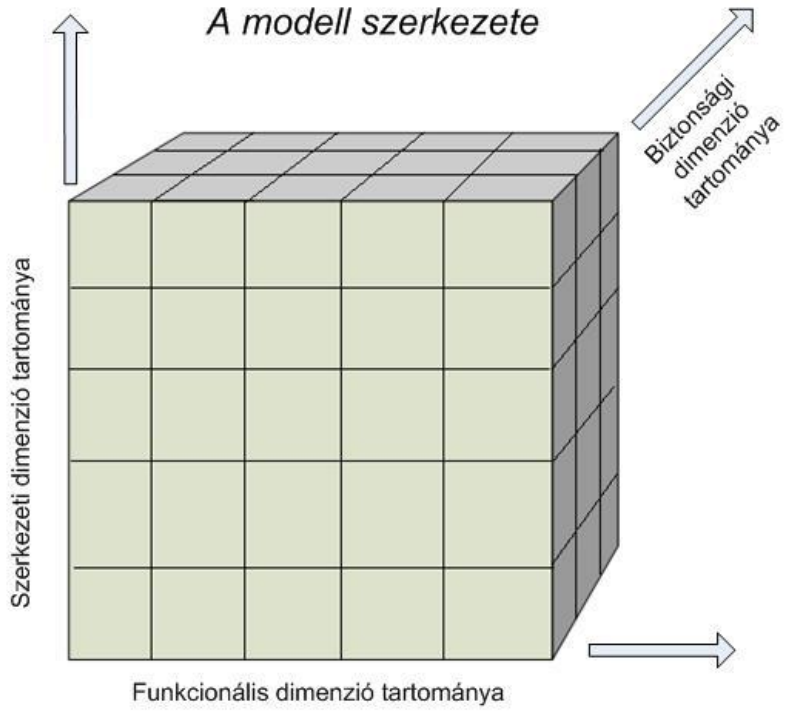
Az egyes dimenziók lépték értékeit az éppen aktuálisan előállítandó aspektusrendszer részletességi előírásai szerint érdemes kialakítani. Vagyis annak megfelelően, hogy milyen részletes vizsgálatra van szükség. A minimálisan javasolt lépték értékek a korábban említett szerkezeti, funkcionális és biztonsági dimenziókban az alábbiak:

- Szerkezeti dimenzió: fundamentális, hardver, virtuális, műveleti, menedzsment.
- Funkcionális dimenzió: tárolás, átalakítás, közvetítés, statogenezis, morfogenezis.
- Biztonsági dimenzió: rendelkezésre állás, sértetlenség, bizalmasság.

A dimenziók kialakítását a 17. ábra mutatja. Részletesebb vizsgálat esetén granuláltabb lépték értékek is használhatóak. Például a statogenezis szétbontható validálásra és irányításra, vagy akár részletezhető több komponens is.

5.1.3 A modell használata vizsgálathoz

A fenti háromdimenziós modellt egy három ismeretlenes függvényként érdemes értelmezni. A függvény adott térbeli ponthoz tartozó kimeneti értéke egyszerűen a lépték értékek felsorolása. Ezáltal a függvény értékkészlete megegyezik az egyes dimenziók lépték értékeinek Descartes-szorzatával. A modell szerkezetét a 18. ábra mutatja.



18. ábra: A modell szerkezete

A modell használata során a teljes értékkészletet meg kell állapítani és ki kell olvasni. Az értékkészlet minden egyes pontja egy aspektus-csoportot határoz meg, amely szerint

érdemes a rendszert megvizsgálni. Az aspektus-csoportokat a vizsgált rendszer konkrét implementációjának megfelelően kell aspektusokra bontani. Ennek megfelelően a javasolt lépték értékekkel felvett modell, amely összesen 3x5x5=75 aspektus-csoportot tartalmaz, a kiértékelés végére az implementáció bonyolultságának megfelelően akár több száz konkrét aspektust is eredményezhet a vizsgálat számára.

A javasolt modellben, rövidített felsorolással, a teljesség igénye nélkül az alábbi függvényértékek állnak elő. A listában megtalálhatóak az egyes függvényértékekhez tartozó aspektus-csoportok szöveges olvasatai is, illetve egy-egy releváns implementációfüggő példa aspektus is:

- Az első függvényértékhez tartozó megállapítások:
    - A függvény értéke: [fundamentális, tárolás, rendelkezésre állás].
    - Az aspektus-csoport értelmezése: a fundamentális rétegben az energiatároló komponensek rendelkezésre állása.
    - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: a szünetmentes tápegységek akkumulátorainak magas rendelkezésre állási megoldása (mint vizsgálandó témakör).
- A következő függvényértékhez tartozóak:
    - A függvény értéke: [fundamentális, tárolás, sértetlenség].
    - Az aspektus-csoport értelmezése: a fundamentális rétegben az energiatároló komponensek konzisztens működése.
    - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: aggregátor üzemanyag tárolójának feltöltési szabályzata.
- … ugrunk az értékkészlet kielemzésében …
- Közbülső, hardver-rétegbeli függvényértékhez:
    - A függvény értéke: [hardver, átalakítás, rendelkezésre állás].
    - Az aspektus-csoport értelmezése: a hardver rétegben a feldolgozó komponensek rendelkezésre állása.
    - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: fizikai kliens gépek fizikai szintű magas rendelkezésre állást biztosító megoldása.
- A következő függvényértékhez tartozóak:
    - A függvény értéke: [hardver, átalakítás, sértetlenség].

    - Az aspektus-csoport értelmezése: a hardver rétegben a feldolgozó komponensek sértetlensége.
    - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: fizikai kiszolgálók megfelelő fizikai elhelyezése.
- … ugrunk az értékkészlet kielemzésében …
- Közbülső, virtuál-rétegbeli függvényértékhez:
    - A függvény értéke: [virtuális, továbbítás, sértetlenség].
    - Az aspektus-csoport értelmezése: a virtuális rétegben lévő kommunikációs komponensek konzisztenciája.
    - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: a virtuális hálózati eszközök konfigurációjának mentése.
- A következő függvényértékhez tartozóan:
    - A függvény értéke: [virtuális, továbbítás, bizalmasság].
    - Az aspektus-csoport értelmezése: a virtuális rétegben lévő kommunikációs komponensek integritása.
    - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: a virtuális hálózati eszközök jogosultságrendszere.
- … ugrunk az értékkészlet kielemzésében …
- Közbülső, műveleti-rétegbeli függvényértékhez:
    - A függvény értéke: [műveleti, statogenezis, sértetlenség].
    - Az aspektus-csoport értelmezése: a műveleti rétegben lévő, operatív beavatkozást végző alrendszerek konzisztens működése.
    - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: az automatikus operatív beavatkozást végző alrendszerek konfigurációjának mentése.
- A következő függvényértékhez tartozóan:
    - A függvény értéke: [műveleti, statogenezis, bizalmasság].
    - Az aspektus-csoport értelmezése: a műveleti rétegben lévő, operatív beavatkozást végző alrendszerek integritása.
    - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: az automatikus operatív beavatkozást végző alrendszerek jogosultságrendszere.
- … ugrunk az értékkészlet kielemzésében …
- Az utolsó előtti függvényértékhez tartozóan:

    - A függvény értéke: [menedzsment, morfogenezis, sértetlenség].
    - Az aspektus-csoport értelmezése: a menedzsment rétegben lévő, és változásmenedzsmentet megvalósító komponensek konzisztens kezelése.
    - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: a pénzügyi vállalatirányítási rendszer mentései.
- Az utolsó függvényértékhez tartozóan:
    - A függvény értéke: [menedzsment, morfogenezis, bizalmasság].
    - Az aspektus-csoport értelmezése: a menedzsment rétegben lévő, és változásmenedzsmentet megvalósító komponensek integritása.
    - Példa implementációs aspektusra a logikai aspektus-csoporton belül: a pénzügyi vállalatirányítási rendszerben a szerepkörök rugalmas kialakítása.

5.1.4 Összegzés

Az ember modellt alkot a valós rendszerek vizsgálatának megkönnyítése érdekében. A modell alkotása közben sok szubjektív ítélet kerül előtérbe. Ennek minimálisra csökkentése biztosíthat egy egységes módszert arra, hogy a vizsgálat szempontrendszere dokumentáltan, megismételhetően előállítható legyen. Egy egységes modellalkotási módszerben benne rejlik a közös platformról való indulás és az egységes modellezési eljárás lehetősége is. Ilyen megoldás használata esetén könnyebben összehasonlíthatók a vizsgálati szempontrendszerek és az IT infrastruktúrák informatikai biztonsági vizsgálatainak eredményei is.

A filozófiai alaptémakörökre való modellépítés univerzálissá teheti a gondolkodásmódot. Ez a feltételezés azon alapul, hogy minden tudományág a filozófiából alakult ki. A fő filozófiai témakörök analógiájára történő rendszervizsgálat a létezést befolyásoló tényezők, a szerkezetet meghatározó komponensek, a rendszer funkcionális tagozódását biztosító folyamatok és a rendszer időbeli mozgását, szervezeti változását meghatározó tényezők vizsgálatával tehető meg.

A létezést befolyásoló tényezők alkotják a vizsgálati modell fő biztonsági aspektusait. A biztonsági paradigmának megfelelően ezek a rendelkezésre állás, sértetlenség, bizalmasság kérdéseire épülnek. A szerkezeti vizsgálat az IT infrastruktúra egymásra épülési elvének megfelelően történhet, amely egyben az emberi absztrakció szintjeinek analógiája. A létrejövő szerkezeti rétegek az energetikai, a materiális, a modellalkotási, a

működési és a menedzsment rétegek. A funkcionális tagozódás az információs funkcionalitás szerinti tagozódásra épül, mely vissza lett vezetve az emberi gondolkodás absztrakt kategóriáira. E funkciók kiegészítése az elsődleges és másodlagos rendszerváltozások lehetőségével dinamikus funkcionális szempontrendszert alkot. Ennek elemei így a tárolás, az átalakítás, a továbbítás, a statogenezis és a morfogenezis.

A biztonsági, szerkezeti, funkcionális szempontokat egymástól függetlenül lehet vizsgálni. A javasolt modell szerkezete ezért egy 3d modell, melynek dimenziói az említett szempontrendszerek. Az így kialakított modellel 75 aspektus-csoport állítható elő IT infrastruktúrák informatikai biztonsági vizsgálatához. Az aspektus-csoportok pedig a konkrét implementáció szerinti aspektusokra bonthatók.

Összegezve: a filozófiai alapkérdések elősegítik a rendszer logikai modelljének kialakítását. Az absztrakt kategóriák a funkcionális szétválaszthatóságot, az absztrakciós szintek a rétegekre bontást, a biztonsági paradigma pedig a biztonsági aspektuskeresés lehetőségét biztosítja. Mindezek használatával egy egységes, egyszerűen használható aspektuskereső eljárást szerkesztettem, mellyel könnyebbé válhat a veszélyforrások és a sérülékeny pontok keresése.

5.2 Felhőelméleti fenntarthatóság adaptálása humán rendszerekre

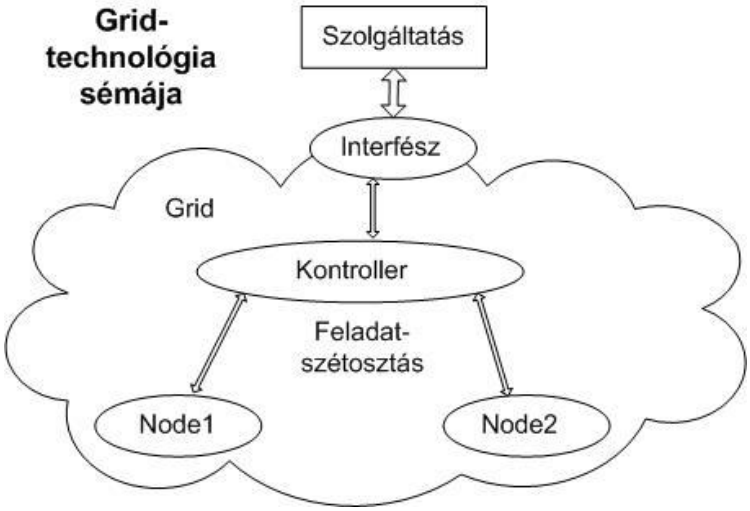
Minden szerveződés elsődleges célja a saját létezésének biztosítása. A létezés időbeliségét fejezi ki a folyamatosság. A folyamatosság biztosíthatósága a fenntarthatóság. A fenntarthatóság bővebb értelmezése azonban nemcsak a szerveződés létezésének, hanem szerkezetének, energiájának, szabályzásának, változtathatóságának időbeliségét is magába foglalja. Az információ-technológiai felhők e témakörök szerinti logikai elemzése lehetővé teszi a működési elvek és ez által a fenntarthatóságot befolyásoló tényezők adaptálását energetikai, technológiai, virtuális és humán rendszerekre egyaránt.

Az információtechnológiai felhők 2008-ban történt megjelenése óta rendkívül gyors fejlődési folyamat megy végbe ezekkel a rendszerekkel kapcsolatban. A folyamat olyan gyors, hogy a felhő-technológia szabályozottsága és magának a felhő megfogalmazásának elfogadottsága még mindig nem egységes világszerte. Ugyanakkor a felhőrendszerek elterjedése eljutott arra a szintre, hogy a legkisebbtől a legnagyobb vállalkozásig egyaránt használnak valamilyen formában felhőszolgáltatást. A kis cégek vezetői gyakran nincsenek annak tudatában, hogy az okos eszközeik használata is a szolgáltató e technológiájára épül. A nagyobb vállalatok viszont már tudatosan és tervezetten veszik igénybe mástól, vagy használják saját berkeiken belül ezeket a szolgáltatásokat üzleti folyamataik megvalósításának elősegítésére, figyelembe véve a lehetőségeket, a kockázatokat, költségigényeket. Ezért a felhőrendszerek szolgáltatóinak alapvető érdeke, hogy a technológiai megvalósításban a rendszer működésében a fenntarthatóság legyen a legfőbb szempont. A felhők kialakulásához vezető igények elemzésével betekintés nyerhető annak követelményrendszerébe. Ennek a rendszernek más szerveződésekbe történő áthelyezése biztosíthatja, javíthatja, tudatossá teheti az érintett organizáció fenntarthatóságát. Az elemzés egységesítése és általánosítása érdekében az igényeket és az ebből eredeztethető követelményeket a fő filozófiai kérdések köré érdemes szervezni. Vagyis a rendszer léte, szerkezeti ismerete, munkavégző képessége, a működést befolyásoló döntések és az organikus változtathatóság a vizsgálat témakörei.

A rendszer létét, azaz a rendelkezésre állását folyamatosan biztosítani kell, mert üzletileg kritikus folyamatok valósulhatnak meg benne. A megbízhatóság emelését a rendszerben szereplő entitások többszörözésével, más néven redundancia alkalmazásával lehet elérni. A rendelkezésre állás a megbízhatóság egyik jellemzője, mely százalékos arányban fejezi

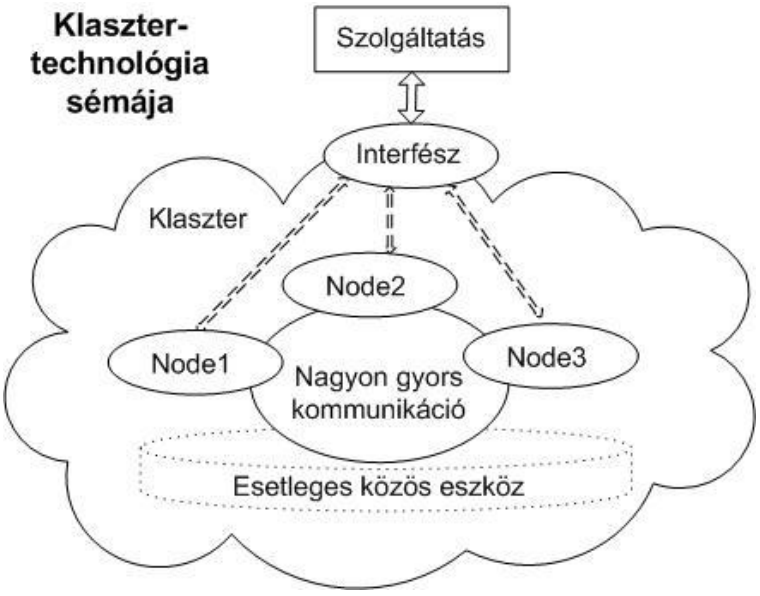
ki, hogy a vizsgált objektum a kérdéses időintervallum hány százalékában volt munkaképes állapotban [8]. Általánosan elmondható, hogy a 90%-os tervezett rendelkezésre állás felett már automatizálást célszerű bevezetni. Az erre a célra fordítandó anyagiak mértéke exponenciálisan nő a tervezett rendelkezésre állás növelésével. A 100%-os megbízhatóságot nem lehet elérni még a kockázatok felmérésével és csökkentésével sem [3]. A hagyományos biztonságtechnikai szemléletmódnak megfelelően a validálási szempontok által figyelembe vett optimális megbízhatóság elérése a cél. A maradék kockázatot pedig biztosítás létesítésével érdemes lefedni. A felhő szerkezetének kialakításakor követelmény, hogy az egyes szolgáltatások biztosításához szükséges IT erőforrások rugalmasan és a valóságban rendelkezésre álló épületszerkezeti és épületgépészeti erőforrásoktól a lehetőségekhez képest függetlenül legyenek kialakítva [10]. A felhő menedzsment rétegének kialakításakor elsőrendű szempont az információ tárolásának, feldolgozásának, továbbításának folyamatos biztosítása. Továbbá biztosítani kell a vezetői döntéstámogatást a változások menedzselhetőségéhez, ami a fenntarthatóság egyik alappillére. Ki kell tudni mutatni, hogy a rendszer milyen állapotváltozásban van. Ehhez a szolgáltatások megvalósulásának mérhetőnek kell lennie. A végszolgáltatás humán aspektusból történő mérhetőségének érdekében lett bevezetve a virtuális szolgáltatás fogalma, mely kapcsolatot biztosít a végszolgáltatás és az IT erőforrások között [4]. Például a levelezési szolgáltatás és a hozzá szükséges IT erőforrások között. Ezek a mérőszámok általában szerepelnek a szerződésekben is.

Mindegyik rendszerépítési technológia alapja a korábban említett, rendszerbe iktatott redundancia. Ez szigorúbb esetben a komponensek teljes megkettőzését jelenti (2n redundancia). Legegyszerűbb esetben pedig azt jelenti, hogy a szükségesnél eggyel több komponens van a működéshez biztosítva (n+1 redundancia). Mindkét esetben lehetséges passzív és aktív használat is [3]. Passzív esetben a nem használt komponensek átveszik a meghibásodott komponensek szerepét, aktív megoldásnál pedig a hibás komponensek terhelése átkerül a többi elemre. A felhők felé vezető út folyamán az első komoly probléma a produktum létrehozási idejének lerövidítése volt. Gyakran előfordult olyan feldolgozási igény, amely egyetlen objektum munkájával csak elfogadhatatlanul lassan ment volna végbe. A feladatok több objektum felé történő szétosztásának céljára jött létre a grid-technológia, melynek működését mutatja be a 19. ábra.



19. ábra: Grid séma

A következő probléma volt a rendelkezésre állás növelése. Ugyan az említett grid-technológia már tartalmazott redundanciát a feladatok szétosztása miatt, de egy hiba esetén nagyon sok időbe telt az erőforrások újraosztása [6]. A probléma áthidalására jelent meg a klaszter-technológia. Ebben az esetben egy gyorsan működő kommunikációs csatorna biztosítja, hogy a munkában részt vevő komponensek azonnal reagálni tudjanak probléma esetén, mely hiba így észrevétlen marad a szolgáltatás felhasználója számára [18]. A klaszter működését mutatja a 20. ábra.



20. ábra: Klaszter séma

Végül a virtualizáció tette lehetővé a grid és a klaszter továbbfejlesztését, a felhők kialakíthatóságát [12]. Ez a technológia biztosítja, hogy a feldolgozó egységek számára annyi és csak annyi IT erőforrás-készlet jusson, amennyi a számukra szükséges. Továbbá a korábban említett virtuális szolgáltatások kimutatását ez a technológia teszi lehetővé. A nagy adatközpontok és a felhők megjelenése a rendelkezésre állás további növelésének igényét hozta magával, mely szerint nemcsak a teljes rendszerösszeomlással, hanem esetlegesen a telephely használhatatlanná válásával járó kockázatokat is csökkenteni kell. Emiatt a felhőépítési technológiák családja legutóbb a split-technológiával bővült, mely az adatáramlás alacsony szintjén a kommunikáció több irányba való továbbítását oldja meg [15] [55]. Ezáltal lehetővé válik, hogy a rendszer sokad-példányai jelen lehessenek más-más fizikai helyeken is. A választott gyártói platform, s azon belül a megvalósított változat befolyásolja a telephelyek közötti átkapcsolási időt pár perc és pár óra között, illetve határozza meg a megoldás költségigényét is.

A követelményeket kielégíteni próbáló rendszerépítési technológiáknak megfelelően a nemzetközileg elfogadott felhő-meghatározás közvetett módon a rendszer követelményeit és viselkedését tartalmazza. E szerint „a számítási felhő az egy olyan modell, mely lehetővé teszi az egyszerű és szükség szerinti hálózati hozzáférést egy olyan megosztott és konfigurálható számítási erőforrás készlethez, amelyben az erőforrások lekötése és felszabadítása gyors és minimális erőfeszítést igényel akár megrendelői, akár szolgáltatói oldalról” [7]. A felhasználó megközelítésében a felhő definíciója az lehet, hogy a felhő az olyan rugalmas informatikai szolgáltatások összessége, melyeket a felhasználó a szolgáltató interfészén keresztül vesz igénybe üzleti folyamatainak költséghatékonyabb megvalósítása céljából. Itt a cél a hosszú távú költséghatékonyság. Felhőszolgáltatás igénybevétele esetén ugyanis kevesebb az IT üzemeltetési költsége és az egyes alrendszerek bevezetése is rugalmasabban kezelhető [3]. Viszont a szolgáltatások igénybevétele kiadással jár. A fenntarthatóság megköveteli, hogy az optimális pont az üzletfolytonosság vizsgálatából legyen levezetve.

Az információtechnológiai felhőknél alkalmazott rendszerépítési technológiák mára már megtalálhatóak a felhő teljes rétegstruktúrájában. Nem tisztán jelennek meg, hanem egymást kiegészítve, egymás hatását erősítve. Az általános értelemben vett felhő-technológia fenntarthatósága, vagyis a technológiai változásoknak megfelelően való alkalmazási lehetősége megköveteli a logikai működési elvek egységesítését és az információtárolási-, feldolgozási-, továbbítási entitások általánosítását. Ez a jelenség a

konvergencia. Ennek egyik eredménye, hogy egységes, egymással cserélhető rendszer-építőelemek jönnek létre [16]. Ez a folyamat biztosítja a jövőbeli felhők gyors létesíthetőségét, rendszerelemeinek cserélhetőségét és hordozhatóságát. Továbbá ugyanez a folyamat teszi lehetővé, hogy egész felhők szerepelhessenek építőkockaként nagyobb rendszerek kialakításában. Az említett logikai szerkezetek és működési elvek adaptálhatók energetikai, műszaki [60], virtuális és humán rendszerekre egyaránt. A humán rendszerekre történő adaptálás lehetővé teszi a szervezet fenntartható működését. A konvergens szerkezet kialakítása nemcsak a rendszer folyamatos működését, hanem annak rugalmas organikus változtathatóságát is biztosítja. Beleértve vállalatok és szervezetek fúzióját, leányvállalatok és alrendszerek integrálását, illetve szükség esetén dezintegrálását. Ennek megfelelően érdemes a szervezet struktúráját, a munkafolyamatokat, a szervezeti egységeket kialakítani. Az általános feltételek között a legfontosabb, hogy központi erőforrás-kezelést kell alkalmazni. Nemcsak az egyes üzletágak, szervezeti egységek, projektek saját erőforrás kezelését kell megszervezni, hanem a teljes szervezetre vonatkozó erőforrás-kezelést kell alkalmazni. Ez lehetővé teszi, hogy az egyes egységek ne legyenek túlterhelve, továbbá lehetőleg annyi és csak annyi erőforrással rendelkezzenek, amennyi a feladat elvégzéséhez szükséges. E központi elem egyúttal segíti a felhasznált erőforrások és a szervezet által nyújtott szolgáltatások mennyiségének, minőségének, elfogadhatóságának mérhetőségét, ezáltal gyorsítja a vezetői döntések meghozatalát, ami az egyik legfőbb faktora a változásmenedzsment hatékonyságának. Az operatív és stratégiai változtatások menedzseléséhez adaptálható elemeket is érdemes megemlíteni. Amennyiben gyors változásra van szükség, autokratikus irányítást kell alkalmazni úgy, hogy minden lehetséges elem tevőlegesen részt vegyen a produktum előállításában. Ebben az esetben elsősorban fa struktúrájú kommunikációt kell fenntartani. Ha az operatív működés folyamatossága az elsődleges szempont, akkor biztosítani kell a munkafolyamatban résztvevők felkészültségén keresztül a felcserélhetőséget és ehhez gyors általános kommunikációs csatorna kiépítése szükséges. Továbbá érdemes a munkaszervezés operatív szintjén a demokratikus elvek alkalmazása, amennyire lehetséges. A szervezetet ritkán érő, de rendkívül erős, a működés szempontjából kritikus behatások esetére pedig biztosítani kell, hogy másik helyen és/vagy másik szervezet tudja átvenni a szolgáltatások nyújtását. De bármilyen módszeren alapul a munkaszervezés, nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a fenntarthatóság alapja az üzletfolytonossági igények rendszeres felülvizsgálata és aktualizálása, mely közvetetten lehetővé teszi a kritikus behatások túlélését is.

5.3 Önvezető járművek új kategorizálása

A mechanikai változások mellett a környezeti tényezők és az automatizálás egyre fontosabb szerepet játszanak a járművek fejlődésében. Az önvezető autók fejlődése a járművek informatikai infrastruktúrájának fejlődésének mozgatórugója. Az önellátás egyre több automatizálást igényel. Az automatizálás fokozott szintje fokozott működési megbízhatóságot igényel. Ez a járművek kiberterének biztonságának növekedését is eredményezi. A kiberteret veszélyeztethetik természeti és emberi eredetű fenyegetések is. Az informatikai biztonság a természeti eredetű fenyegetésekkel szembeni védelem. Magában foglalja a természeti és technológiai hatások elleni védelmet. Ezen okok miatt fontos növelni a járművek informatikai infrastruktúrájának informatikai biztonságát. Ebben a tanulmányban az informatikai biztonságot növelő rendszerépítési technológiákat vizsgálom a járművek teljes informatikai infrastruktúrája szempontjából. Ezek a technológiák gyorsabb feldolgozást, fokozott rendelkezésre állást és nagyobb rugalmasságot tesznek lehetővé. A tanulmány egy új járműautomatizálási kategorizálás létrehozását igényli. A technológiákat ezen új kategóriák és az általános informatikai infrastruktúra funkcionális rétegei szerint vizsgálom.

A járművek fejlődésében sokáig a jármű technológiai fejlődése volt az elsőrendű szempont. Nem sokkal később megjelent a szállítmány épségét befolyásoló megoldások alkalmazása. Ez a különleges tárgyak, élőlények, emberek, veszélyes anyagok szállítása esetén vált fontossá. Következő szempont a kényelem és a vezetés élményének fokozása volt. Később egyértelművé vált a járművek környezetszennyező hatása. További problémaként jelentkezett, hogy az üzemanyag előállításához használt alapanyagok mennyisége véges. A környezet és a technológia fenntarthatósága érdekében alternatív megoldások jelentek meg az üzemanyag, az erőgépek és az erőátvitel vonatkozásában is. Az elektronika és az infokommunikáció fejlődése segíti a fenntarthatóságot biztosító technológiák fejlődését [61] [62]. Azonban a járművek biztonságos mozgásában az emberi tényező okozza a legnagyobb kockázatot. Ez a kockázat egyaránt megjelenik a jármű tervezésénél, gyártásánál, karbantartásánál, vezetésénél, illetve a közlekedés szervezésénél is. A fenntarthatóság megköveteli e kockázatok minimalizálását. Az automatizálás csökkenti az emberi tényezőt [62] [63]. Az elektronikai és infokommunikációs technológiák alkalmazása az automatizálás alapja. Az infokommunikációs technológiák alkalmazása pedig előtérbe helyezi a kibertér

biztonságának kérdését. A kibertér természetes hatásokkal és technológiai meghibásodásokkal szembeni védettségét informatikai biztonságnak nevezik [25].

Jelen tanulmányban a vezetés automatizálása kapcsán és a vezetés közlekedésszervezési vonatkozásainak automatizálása kapcsán vizsgálom az IT biztonságot növelő technológiákat az IT infrastruktúra aspektusából. Az IT biztonságot növelő technológiák elemzése az infokommunikációs felhők építése során alkalmazott megoldások logikai elvét követi. Ezek a technológiák lehetővé teszik a gyorsabb feldolgozást, a rendelkezésre állás növelését, nagyobb rugalmasságot. A vizsgálat során felmerül, hogy a járművek és a forgalmat irányító rendszerek vonatkozásában az eddigieknél tágabb kategorizálást érdemes bevezetni. Ezért a tanulmányban egy új kategorizálást is javaslok. Az IT biztonságot növelő technológiák elemzése az új kategóriáknak megfelelő infrastruktúrák szempontjából történik.

5.3.1 Az IT biztonságot növelő technológiák

Az infokommunikációs technológiák fejlődésében fokozatosan jelent meg az IT biztonság növelésének igénye. Ez elsősorban a természeti hatásoktól és a technológiai hibáktól való független működést jelenti. Másodsorban az erőforrások rugalmas kezelése a fő szempont. Hasonló szempontrendszer alapján fejlődtek ki az infokommunikációs felhőrendszerek. Így a felhőkben alkalmazott építési technológiák elemzése segíthet a vizsgálat lefolytatásában.

Az infokommunikációs rendszerek első nagy problémája a feldolgozási válaszidő rövidítése volt. Ennek kapcsán jelent meg a grid technológia. Később a rendelkezésre állás növelése lett a fő szempont. A megoldás a klaszter technológia. Az erőforrások rugalmas csoportosíthatóságának problémájára a virtualizáció a válasz. A rendszerek nagy behatások elleni védelmének igénye pedig magával hozta a katasztrófatűrő megoldások, vagyis a split technológia megjelenését.

A grid technológia célja a feldolgozási idő rövidítése A feladatok elvégzése autokratikus. Egyszerre több feldolgozó pont végez egy adott feladatot. Minden feldolgozópont csak részfeladatot lát el, melyet a kontroller komponens oszt ki. Egy feldolgozópont hibája esetén egy másik feldolgozópontnak kerül újra kiosztásra a részfeladat. A komponensek között nincs szükség gyors kommunikációra, illetve heterogén eszközök is bevonhatók a rendszerbe.

A klaszter technológia célja a rendelkezésre állás növelése. A feladatok elvégzése demokratikus elven alapul. Egyszerre több feldolgozó pont működik, de egy feladatot egyszerre csak egy feldolgozó pont végez. A feldolgozó pont meghibásodása esetén egy másik feldolgozó pont veszi át a szerepét. A szerepváltás nagyon gyors és a feldolgozó pontok közös döntésén alapul. Ez a feldolgozópontok gyors kommunikációját és homogén kialakítását követeli meg.

A virtualizáció elsődleges célja az erőforrások újra csoportosíthatóságának biztosítása. Ennek elérése céljából a virtualizált szerkezeti réteg erőforrásai el vannak fedve, s csak a szükséges mennyiségben és minőségben prezentálódnak a felsőbb réteg felé. Ezáltal biztosítható a rendszer rugalmas erőforrás szétosztása. A split technológia célja a rendszer konzisztens állapotainak nagy távolságra való replikálása. Ezáltal lehetővé válik a rendszer újraindítása távoli helyszínen a rendszert érő kritikus behatás esetén.

A felhőrendszerek az említett technológiák kifejlődése által jöhettek létre. Ezek a technológiák az informatikai biztonság növelését szolgálják, ezért az informatikai infrastruktúrák informatikai biztonságát is e technológiák elvei szerint érdemes vizsgálni.

5.3.2 Általános IT infrastruktúra

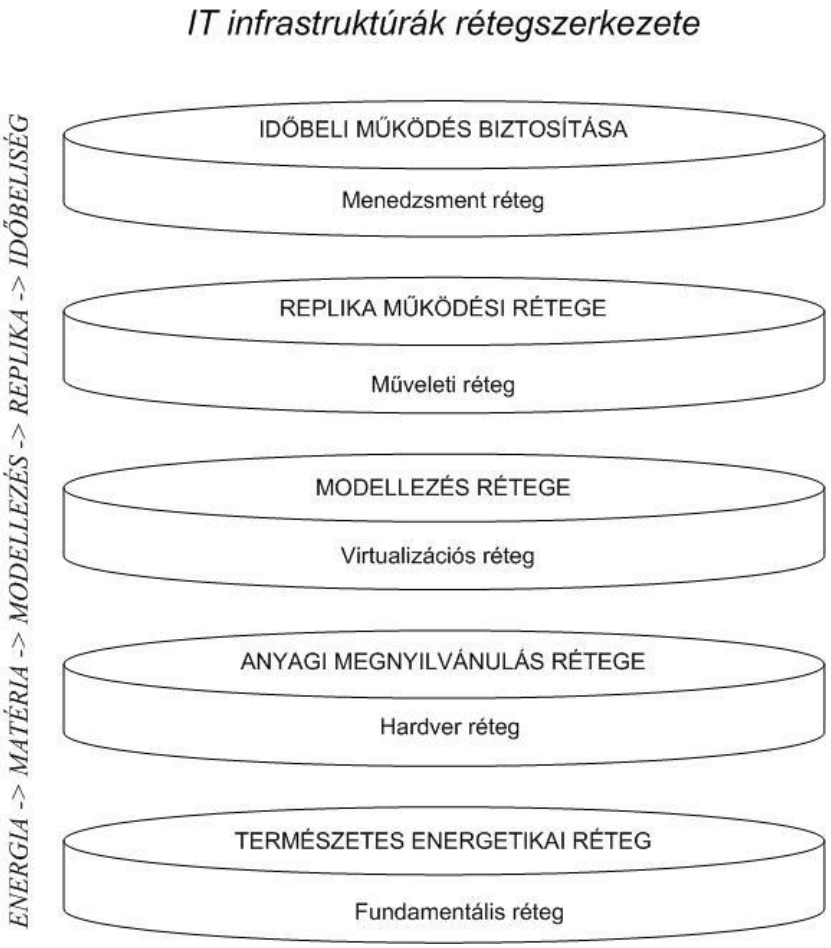
Az általános informatikai infrastruktúra modellezését az egységes analízis érdekében filozófiai alapokon érdemes felépíteni. A javasolt szempontrendszerek az infrastruktúra szerkezeti és funkcionális tagozódása. Az infrastruktúra rétegek megállapíthatók a szerkezeti egymásra épülés alapján, mely megfelel az emberi absztrakció szintjeinek. A funkcionális tagozódás az emberi gondolkodás absztrakt kategóriáinak megfeleltetésével végezhető el.

A szerkezeti rétegek vertikális tagozódásnak tekinthetőek. A legalsó réteg a fundamentális réteg, mely az energetikai erőforrás kezelést tartalmazza. Ez az ember energetikai környezetét jelenti. Felette található a hardver réteg, mely a fizikai IT erőforrásokat állítja elő. Ez a réteg analóg az ember materiális környezetével. Felette van a virtuális réteg, mely a logikai IT erőforrásokat állítja elő, s az emberi modellalkotásnak felel meg. A műveleti réteg következik, melyben a rendszer szolgáltatásai implementálódnak. Ez a réteg a modell működési rétegének felel meg. Legfelül található a menedzsment réteg, mely a rendszer időbeli működését biztosítja.

A horizontális tagozódást a funkcionális tagozódás jelentheti. Ezek az absztrakt kategóriák alapján megfogalmazott információs paradigma elemek, melyek kiegészülnek

a változást kifejező komponensekkel. A tagozódás elemei a tárolás, az átalakítás, a továbbítás, a statogenezis (nem szerkezeti változások kezelése) és a morfogenezis (szerkezeti változások).

A két szempont szerinti funkcionális szerkezeti rétegződést a 21. ábra mutatja. Az infrastruktúra vizsgálatát e rétegek és funkciók alapján érdemes lefolytatni.



21. ábra: Az infrastruktúra rétegződése

5.3.3 A járművek automatizáltsági szintje

Az automatizáltság szintekbe sorolása az EU-ban jelenleg a jármű vezetési funkciójának automatizáltsága szerint van [63]. Az IT security technológiák hatásának vizsgálata miatt fontos a rendszer összes kapcsolódó komponensét és annak problémáit figyelembe venni. Ezért nem elégséges az eddig használt kategorizálás. Az új kategóriák megállapításához a már korábban is említett absztrakt kategóriák segíthetnek: dolog, tulajdonság, viszony. Ezek megfelelője a járművek aspektusában a jármű technológiai működése, a jármű tárolási funkciója, illetve a jármű mozgása lehet. A viszony kategória bővített értelmezése megköveteli a közlekedésszervezési aspektus felvételét, ami a vezetés időbeliségének és

irányításának felel meg. Ellenőrzésül egy példamondat: a járművek elvitték a szállítmányokat a végcélhoz a tervezett idő alatt. A vizsgálat szempontrendszerében: jármű – technikai megfelelőség, szállítmány – tárolás, elvisz – mozgás, végcél és idő – irányítás. Az aspektusokhoz tartozó problémák pedig: tárolás, karbantartás, vezetés, útvonal. Ennek megfelelően alakítható ki az új kategorizálás, melyet az 1. táblázat mutat.

1. táblázat: Az automatizált járművek új kategorizálása

Kategóriák	**S Kategória**	**M Kategória**	**D Kategória**	**R Kategória**
Absztrakt kategória	Tulajdonság	Dolog	Viszony	Irányítás
Jármű aspektusa	Tárolás a járműben	Műszaki működés	Jármű továbbítás	Közlekedés irányítás
Témakör	**Store Tárolás**	**Maintenance Karbantás**	**Drive Vezetés**	**Route Útvonal**
1. szint	Tárgyak	Hagyományos karbantartás	Hagyományos vezetés	Statikus útvonal
2. szint	Speciális tárgyak, Élőlények	Ellenőrzött karbantartás	Ellenőrzött vezetés	Dinamikus útvonal
3. szint	Emberek	Rendszeres karbantartás	Automatikus vezetés	Központi útvonal
4. szint	Veszélyes anyagok	Automatikus karbantartás	Kötelék vezetés	Közösségi útvonal

S(tore) kategória szintjei: tárgyak, élőlények és speciális tárgyak, emberek, veszélyes anyagok.

M(aintenance) kategória szintjei: Hagyományos karbantartás, melynél sem a hibák detektálása, sem a periodikus karbantartás nincs automatizálva. Ellenőrzött karbantartás, ahol proaktív monitorozás történik, de a javítás kezelése és a periodikus karbantartás nincs automatizálva. Periodikus karbantartás kivételével a jármű önállóan kezeli a hibákat. Teljes automatizáltság, melynél a jármű a hibákat és a periodikus karbantartást is önállóan kezeli.

D(rive) kategória szintjei: Hagyományos vezetés. Ellenőrzött vezetés, mely esetben a felügyelő személy át tudja venni a vezetést. Teljesen automatikus vezetés. Kötelékvezetés, melynél az egymás közelében lévő járművek összehangolják mozgásukat.

R(oute) kategória szintjei: hagyományos statikus útvonaltervezés, dinamikus on-line útvonaltervezés, dinamikus útvonaltervezés központi irányítással, dinamikus központi és közösségi útvonaltervezés egyszerre.

A járművek rendszereinek új besorolását ez az **SMDR** kategorizálási rendszer adhatja meg. Például az **SMDR-3232** jelölés olyan járművet jelent, mely személyszállító, ellenőrzött karbantartású, automata vezetésű és on-line útvonaltervezéssel rendelkezik.

5.3.4 Alkalmazandó technológiák

Az IT biztonságot növelő technológiákat a járművek IT infrastruktúrájában rétegenként és az új kategóriáknak megfelelően érdemes vizsgálni.

Az energetikai rétegben minden fenyegető tényező kockázatát minimalizálni érdemes **S2, M3, D3, R3** szintektől: legalább rezgés-, vízbetörés-, hőmérséklet védelem. Az áramellátásban legalább a klaszter technológia elvét érdemes alkalmazni.

A hardver eszközök tekintetében általánosan biztosítani kell a lokális feldolgozást **M3, D3** szinttől. Nem önálló szenzor és aktuátor egységeket érdemes alkalmazni, hanem gridesített feldolgozóegységeket. Így csökken az átvitelre kerülő adatmennyiség. Illetve a központi egység adattárolásában később jelentkezik a big data effektus. Ez a megoldás lehetővé teszi az adatok redundáns tárolódását is. Az elv megfelel az IoT eszközök technológiai biztonságának növelését célzó elveknek. A jármű belső és külső kommunikációjánál **D3, R3** szinteknél a klaszter elvet, **D4, R4** szinteknél a gridesített klaszter elvet érdemes alkalmazni.

Az adatok feldolgozásánál virtualizált szolgáltatáskezelést érdemes bevezetni. Logikai szempontból el kell választani egymástól a fizikai paraméterek kezelését és a jármű működéséhez szükséges logikai funkciók paramétereit. Meg kell határozni e két réteg viszonyait, függőségeit. Biztosítani kell, hogy egy paraméter legalább két különböző módon legyen meghatározható. Ez a virtualizált gridklaszter elvét követi. **M3, D3** szintektől javasolt e technológia bevezetése.

A műveleti rétegben kell implementálni a jármű funkcióit. A döntéshozatalba mesterséges intelligencia elemeket érdemes bevonni [46] [64] [65] [66]. S kategóriában a kényelmi és esetleges törvényi megfelelőségek érdekében lehetővé kell tenni a split technológia alkalmazását. Ezáltal megvalósulhat a kényelmi funkcióknak, illetve a

törvényeknek megfelelő paraméterek járműtől független helyen való tárolása. Illetve a járművek ennek megfelelő kezdő paraméterezése [25].

R3 szinttől kezdve erősen javasolt minden olyan technológia alkalmazása a közlekedésszervezési központokban, amelyek elősegítik a rendelkezésre állás növelését, biztosítják a rendszer integritását és az adatok konzisztenciáját. Továbbá javasolt a teljes körű menedzsment és a katasztrófatűrő megoldások alkalmazása is.

5.3.5 Konklúziók

A járművek fejlődésében egyre nagyobb hangsúlyt kap az infokommunikációs rendszer fejlődése. Az automatizáltság szintje folyamatosan növekszik [61] [62]. A fenntarthatóság megköveteli a biztonság növelését is. A biztonság növelése megköveteli az IT infrastruktúra biztonságának növelését is. Ennek része az informatikai biztonság [25]. Járművek esetében ez elsősorban a természeti hatásokkal szemben és a technológiai meghibásodásokkal szemben nyújtott biztonság növelését jelenti. Másodsorban a feldolgozási idő rövidítését és a rugalmasságot jelenti. Az informatikai felhő rendszerek követelményei is hasonlóak, így a vizsgálódás elve megegyezik a felhőépítési technológiák logikai elvének vizsgálatával [25].

Az automatizáltsági szintek jelenlegi meghatározása nem felel meg a vizsgálódás látókörének [63], ezért egy új és bővebb látókörű automatizálási kategorizálást hoztam létre. Az új kategóriákat az emberi gondolkodás absztrakt kategóriái alapján határoztam meg. Ezek megfelelői a vizsgált problémáknál a tárolás (S), karbantartás (M), vezetés (D), útválasztás (R). Ez alapján jött létre az SMDR kategorizálás. Minden részkategóriának négy szintje van, az adott problémához tartozó automatizáltság mértékének megfelelően.

A járművek informatikai infrastruktúrájában az informatikai biztonságot növelő technológiákat az infrastruktúra rétegeiben és az új kategóriákban vizsgáltam. Javaslatokat adtam a felhőépítési technológiák alapelveinek alkalmazására és a mesterséges intelligencia használatára [46] [64] [65] [66]. Megállapítottam, hogy a járműrendszerek funkcióinak javítására használt technológiák megegyeznek az IoT-eszközök műszaki biztonságának növelésére használt technológiákkal [62]. További elvárás, hogy a jövőben létrejövő forgalomirányítási központok rendszerei az informatikai felhőkhöz hasonlóak legyenek.

5.4 A felhőelmélet alkalmazhatósága az autonóm járművek rendszereiben

A szállítási infrastruktúrák a globális szállítási architektúra részei. Az egyes nemzetek szállítási infrastruktúrájának működése elengedhetetlen az érintett nemzetek gazdaságának fenntarthatósága szempontjából. Ezért ezek a rendszerek nemzetbiztonsági szempontból kritikus infrastruktúrák. Így érthető, hogy az okos város koncepció egyik indikátora az okos közlekedés. A szállítási rendszer fontos alapeleme az informatikai infrastruktúra, amely kapcsolódik az okos városok lokális rendszereihez. Az okos városok rendszerében a központi irányítás alrendszere a fő kiszolgáló komponens. A közlekedő objektumok pedig a kliens eszközök. Az autonóm járművek a közlekedéshez szükséges információt megszerezhetik a saját fedélzeti berendezéseiktől, az okos város központi irányításától, illetve egymástól. Az autonóm jármű saját rendszerének legfontosabb követelménye a magas rendelkezésre állás a megfelelő performancia mellett. Emiatt érdemes megvizsgálni a rendelkezésre állást növelő technológiák alkalmazhatóságát ezekben a járművekben. Jelen tanulmányban a felhő követelményrendszerének és a felhőépítési technológiák működési elvének adaptálhatóságát tanulmányozom az autonóm járművek infokommunikációs rendszerében.

A fenntarthatóság a létező rendszerek egyik fontos követelménye. A smart city koncepció a fenntarthatóság folyományaként alakult ki. Az alapinfrastruktúra a smart city modelljének alapja, amely a modern követelményeknek megfelelően magába foglalja az infokommunikációs technológiákat is [40]. A modell az alapinfrastruktúra köré csoportosítja azokat az erőforrás elemeket, amelyek az élőhely fenntarthatóságának indikátorai. Ez a modell egyike a közeljövőt meghatározó technológiáknak, ezért fontos eleme a kutatás-fejlesztésnek [67] és az oktatásnak [25] [42] [43] [44] [47] egyaránt.

Az okos szállítás a smart city koncepció egyik indikátora [20]. A centrális szabályozási rendszerek az okos szállítás központi elemei. A mobil egységek, vagyis a modellben szereplő autonóm járművek pedig a lokális elemek. A lokális mobil elemek információt szerezhetnek a környezetük értelmezése által, a központi komponensektől és egymástól is. Az önvezető jármű rendszere döntéseket hoz [29][49] az így megszerzett információ alapján. Ebben a modellben a lokális informatikai problémák kibővülnek a szabályozással [45][46][48][50], melynek megvalósítása általában IoT eszközökkel történik.

E tanulmányban szolgáltatás központú szemlélettel filozófiai alapokra helyezem az önvezető járművek infokommunikációs rendszerének problémás kérdéseit. Ezáltal egységes tárgyalás és teljesebb szempontrendszer jellemzi a vizsgálatot. Továbbá ez ad lehetőséget arra, hogy a felhőépítési technológiák által hasonló problémákra adott megoldásait adaptálni lehessen az autonóm járművek infokommunikációs rendszerében.

5.4.1 Az autonóm járművek IT rendszerének problémái

A problémák filozófia kérdések köré szervezése egységesíti a vizsgálati módot. A főbb filozófiai kérdéskörök, s a hozzá tartozó problémák az alábbiak:

- A létezés problémája: ennek megfelelője a dolgok hosszú távú létezésének vizsgálata. Ez a magas rendelkezésre állás kérdésköre.
- A tudás problémája: ennek megfelelője a dolgok szerkezetének ismerete. Ez a rugalmas szerkezet eléréséhez szükséges, mely az architektúra kérdése.
- A cselekvés vizsgálata: ennek megfelelője a dolgok funkcionalitásának vizsgálata. Itt a performancia kérdése releváns, s a válaszidő a legfontosabb paraméter.
- Az igazság problémája: ennek megfelelője a validálás, irányítás, környezeti változásokra való reagálás vizsgálata. Ez a vizsgálat a rendszer organikus változás nélküli működését modellezi. A legfontosabb a gyors döntés.
- A változáskezelés: ennek megfelelője a rendszer hosszú távú fenntarthatóságának vizsgálata, mely magában foglalja az organikus változtatásokat [38] [52]. Jelenleg az organikus változás automatizálása nem szkópja az okos rendszereknek.

5.4.2 Elméleti megoldások a felhőrendszerekben

Az említett problémákhoz hasonló problémák jelennek meg az általános infokommunikációs rendszerekben is. Az általános célú rendszerek problémáira adott megoldások a felhőtechnológia kialakulásához vezettek. Ennek megfelelően az infokommunikációs felhők tulajdonságai többek között a magas rendelkezésre állás, a rugalmas architektúra, amely a teljeskörű szabályzással együtt megfelelő performancia és válaszidő kialakítását teszi lehetővé. Az infokommunikációs felhők kialakításakor alkalmazott technológiák az alábbiak:

- A klaszter-technológia a feladatok szétosztása révén biztosítja a magas rendelkezésre állást.

- A grid-technológia is a feladatok szétosztásán alapul, de a fő szempontja a feldolgozás gyorsítása. Ezáltal biztosítható a gyors válaszidő.
- A split-technológia biztosítja a katasztrófatűrést.
- A virtualizáció biztosítja a rugalmasságot és az architektúra réteges függetleníthetőségét.

Mindezen technológiák alkalmazásával el lehet érni a szükséges rendelkezésre állást és performanciát. Ezáltal ez válasz lehet az autonóm járművek infokommunkációs rendszerének problémáira. Ugyanakkor ezek a technológiák az informatikai biztonság növelését [25] [39] [41] is szolgálják. Az informatikai biztonság növelése magában hordozza a szállított személyek biztonságát is [30]. Ezért az autonóm járművek esetén az informatikai biztonság kérdése szorosan kapcsolódik a fizikai biztonság kérdéséhez [51] [53] [54].

5.4.3 A megoldások adaptációja

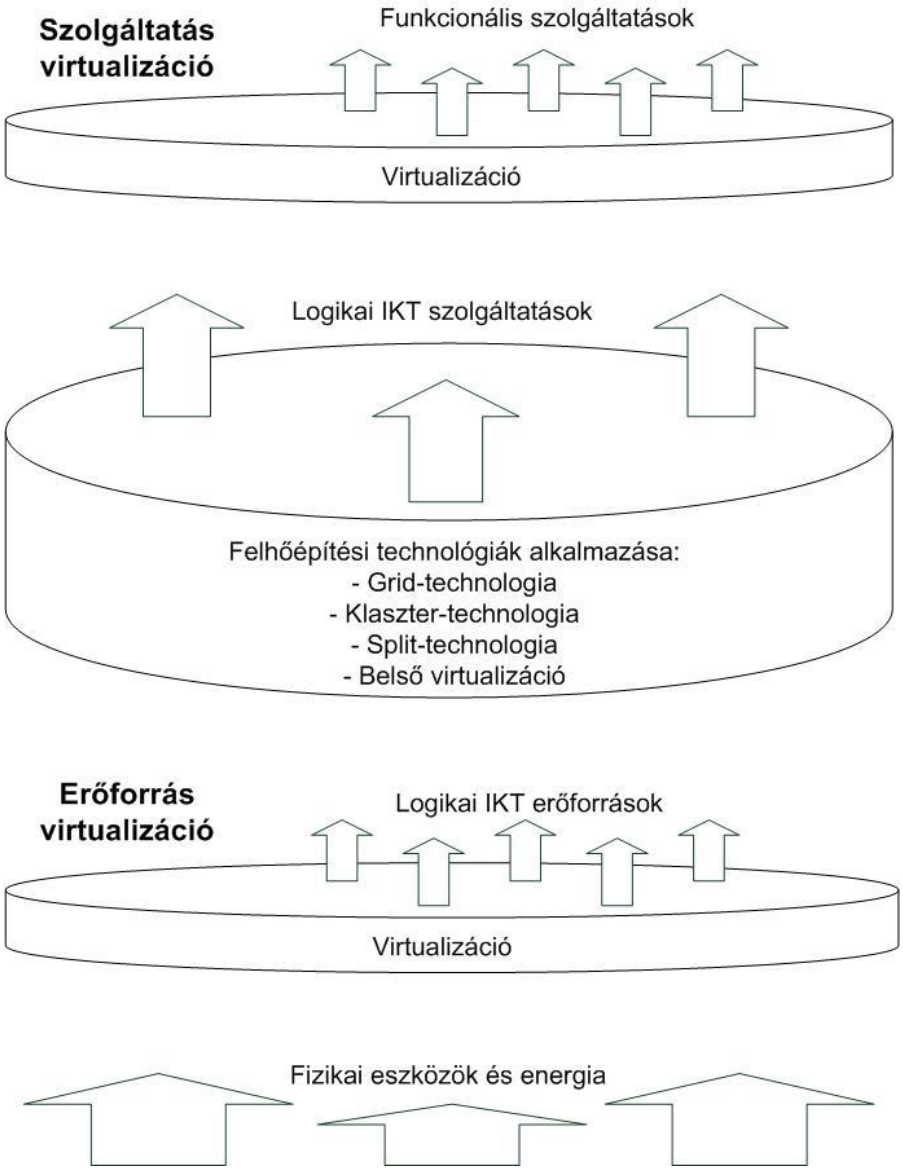
Az infokommunikációs felhők esetében alkalmazott megoldások adaptálásának feltétele, hogy az autonóm járművek infokommunikációs architektúrája hasonló legyen a felhők felépítéséhez. Ehhez az alábbi réteg szerkezetet érdemes kialakítani:

- az energetikai réteg a természetes erőforrásokat alakítja az infokommunikációs eszközök számára fizikai infokommunikációs erőforrásokká,
- a hardver réteg a fizikai infokommunikációs erőforrásokat alakítja logikai infokommunikációs erőforrásokká,
- a virtualizációs réteg a logikai infokommunikációs erőforrásokat újraszervezi a működéshez szükséges módon és mértékben,
- a működési réteg hozza létre a kívánt szolgáltatásokat a logikai infokommunikációs erőforrások által szolgáltatott energia felhasználásával,
- a menedzsment réteg biztosítja az időbeli működés szabályzását.

A kialakítandó szerkezet energetikai, hardver és menedzsment rétegeinek modellje jelen esetben megegyezhetnek a járműveknél korábban kialakított szerkezettel, ha azok megfelelnek a megbízhatósági követelményeknek. Azonban a középső virtuális és működési rétegeket úgy érdemes kialakítani, hogy a fizikai eszközök és az infokommunikációs szolgáltatások elkülönüljenek egymástól, s a problémák megoldásaihoz alkalmazott felhő technológiák a két elkülönített rész között legyenek

kialakítva. Ennek megfelelően a két érintett réteg az alábbi virtuális réteg-funkciókat is valósítsa meg (22. ábra):

- erőforrás virtualizáció,
- felhőtechnológiai megoldások alkalmazása:
    - grid technológia,
    - klaszter technológia,
    - belső virtualizáció,
    - split technológia,
- szolgáltatás virtualizáció.



22. ábra: Felhő technológiák a járművek IKT rendszerének rétegeiben

5.4.4 Konklúzió

A fenntarthatóság biztosítását célzó törekvések eredménye a smart city modell megalkotása. A smart city koncepció egyik indikátora az okos szállítás [20]. Az okos szállítás lokális komponensei az autonóm járművek. Az autonóm járművek problémáit filozófiai alapon érdemes tárgyalni. Ezáltal lehetővé válik az egységes vizsgálat, illetve más területek megoldásainak adaptálása.

A filozófiai témakörök a létezés, a tudás, a cselekvés, az igazság és a változás kérdései köré szerveződnek. Ebből kiindulva az autonóm járművek infokommunikációs problémái a rendelkezésre állás, a rugalmas architektúra, a performancia és a szabályzás témaköreihez kapcsolódnak. Az általános célú informatikai rendszerek esetében az ehhez hasonló problémák megoldása az infokommunikációs felhők kialakulásához vezetett. Ezért érdemes megvizsgálni a felhőtechnológiák alkalmazhatóságát az autonóm járművek rendszereiben is.

A vizsgálat alapján az autonóm járművek infokommunikációs rendszerének szerkezetét az általános infokommunikációs rendszerek szerkezetének megfelelően érdemes kialakítani. Így alkalmazhatók benne a felhőépítési technológiák. A kialakítandó rétegek az energetikai réteg, a hardver réteg, a virtualizációs réteg, a műveleti réteg és a menedzsment réteg. A feltárt problémák megoldásához a virtualizációs réteget és a műveleti réteget úgy érdemes kialakítani, hogy az alsóbb rétegek felől el legyenek fedve a fizikai erőforrások, a felsőbb rétegek felé csak a végszolgáltatások látszódjanak, illetve a felhőépítési technológiák ebben a két rétegben legyenek alkalmazva.

5.5 A bittorrent technológia adaptálhatósága az útvonal meghatározásában

A mobilizáció fejlődése magában foglalja az autonóm járművek megjelenését. Az autonóm járművek egyik legfontosabb követelménye a gyorsan működő irányítási rendszer. Az irányítási rendszernek az azonnali információszerzés mellett gyors döntési és beavatkozási képességgel kell rendelkeznie. A real-time vezetési irányítás igénye mellett megjelenik többek között az útvonal optimalizálásának kérdése is. Az optimális útvonal a forgalomnak megfelelően folyamatosan változhat menet közben. Így az útvonal optimalizálása is annál eredményesebb, minél gyorsabb a forgalmi adatok feldolgozása. Azonban a járművek korlátozott kommunikációs és adatfeldolgozási lehetőségekkel rendelkeznek. Jelen tanulmány a grid technológia alkalmazását veti fel kommunikációs és feldolgozási szempontból a probléma megoldására, s javaslatot ad a bittorrent technológia elméletének alkalmazására.

A járművek számának növekedésével együtt jár, hogy a forgalom is folyamatosan sűrűbbé válik. Egyre nagyobb valószínűséggel jönnek létre forgalmat zavaró események. Nagy forgalmú időszakokban az optimális útvonal is folyamatosan változik, így ennek meghatározása már real-time feladattá vált [40] [68] [69]. A gyors kiértékeléshez megfelelő információ beszerzése és gyors adatfeldolgozás szükséges [70] [71] [72] [73]. Nagy mennyiségű információ begyűjtéséhez nagy sávszélességre és adattárolási képességre van szükség [52] [74]. A gyors kiértékeléshez pedig nagy mennyiségű számítási kapacitásra van szükség. Az adatok nagy mennyiségű tárolása ugyan megoldható a járművek fedélzetén, de a rendelkezésre álló sávszélesség már korlátozott. Jellemzően a számítási kapacitás is korlátozottan van jelen a járművek fedélzetén. Ezek miatt az optimális útvonal folyamatos kiértékelése problémákba ütközhet [75]. Jelen tanulmányban megoldást ajánlok a folyamatosan változó optimális útvonal meghatározásához a korlátozott kommunikációs sávszélességgel és feldolgozási kapacitással rendelkező járművek esetében.

A megoldás megtalálásához érdemes számításba venni az információtechnológiai felhőkben alkalmazott performancia növelő technológiákat. Az említett útvonal keresési problémák hatása a grid technológia alkalmazásával jelentősen enyhíthetőek. A grid technológia célja, hogy nagy mennyiségű adat kezelése esetén is teljesíthető legyen az elvárt válaszidő. A grid technológia mindhárom információelméleti aspektusban tárgyalható: a tárolásban, a feldolgozásban és a továbbításban is.

A megoldáshoz igényelt mennyiségű adat tárolása megoldható a járművek fedélzeti rendszerében. A kommunikációs sávszélesség és a feldolgozási kapacitás korlátozottsága okozza a problémát. A megoldás egy grid kialakítása lehet. Ebben a grid-ben minden szereplő maga tárolja az adatokat, de a számítási feladatokat megosztják egymás között. Így a kommunikáció is csak a részfeladatok eredményeit tartalmazza. Korábban már született megoldás ehhez hasonló informatikai problémára. A nagy mennyiségű adatok korlátozott erőforrás igényű megosztására jött létre a bittorrent technológia. Ez a tanulmány javaslatot ad a bittorrent technológia működési elvének alkalmazhatóságára az optimális útvonal meghatározása esetében. A tanulmány csak a működési elv alkalmazására ad javaslatot, s nem tartalmazza a hálózati elérhetőség, a tárolás, illetve a feldolgozás implementációs problémájának vizsgálatát.

5.5.1 Elméleti vizsgálat

A probléma elméleti vizsgálata kiterjed az útvonal elméleti tervezésére és az információtechnológiai tervezést befolyásoló tényezők vizsgálatára [76] [77]. Az optimális útvonal vizsgálatában első lépésként a fő útvonalakat érdemes kikalkulálni, majd az alútvonalakat érdemes megállapítani és ennek megfelelően kiértékelni a lehetséges variánsokat. Az útvonalak megtalálásában fontos szerepet tölthetnek be az alábbi aspektusok:

- forgalmi zavaró tényezők csoportosítása az időbeli kihatás szerint
    - rövidtávú tényezők: az utazás ideje alatt várhatóan megszűnő zavaró tényező. E tényezők jelentősen befolyásolják az alapútvonal és a részletes variációk előállítását is.
    - középtávú tényezők: az utazás ideje alatt végig fennálló zavaró tényező. Befolyásolja az alapútvonal előállítását, de a forgalom előrejelzéséhez használt hosszútávú megfigyelés mintázatát nem befolyásolja jelentősen.
    - hosszútávú tényezők: a forgalom előrejelzéséhez használt hosszútávú megfigyelés mintázatát jelentősen befolyásolja. Meghatározó elemként jelenik meg az alapútvonalak előállításakor.
- forgalmi előrejelzések, melyek az alapútvonalak meghatározását döntően befolyásolják
    - hosszútávú megfigyeléseken alapuló forgalmi előrejelzések. A hosszútávú megfigyelések eredményezik a forgalom térbeli és időbeli paramétereit tartalmazó adatbázis megvalósíthatóságát. Az adatbázis segítségével az

alapútvonalak hatékonyabban meghatározhatóak a kérdéses időintervallumra vonatkozóan.

- hosszútávú zavaró tényezők alapján számítható forgalmi előrejelzések. A zavaró tényezők nyilvántartása által a hosszútávú zavaró tényezők hatása is hatékonyabb útvonal meghatározást tesz lehetővé.

Az előállítandó útvonalak fizikai metrikája az alábbi paraméterek keresését jelenti:

- milyen útvonal variációk lehetségesek,
- milyen forgalmi terheléssel járnak ezek az útvonalak,
- milyen a forgalmi terhelés időbeli várható változása.

E paraméterek folyamatos karbantartása lehetővé teszi az optimális útvonal real-time karbantartását. Azonban a folyamatos karbantartás alapfeltétele, hogy a szükséges információtechnológiai erőforrások rendelkezésre álljanak. Ezek az erőforrások biztosítják a hálózati elérhetőséget és sávszélességet, az adatfeldolgozási képességet, az adattárolási képességet. Így csak azokat az alapútvonal variációkat érdemes megtartani és karbantartani, melyekhez megfelelőek a jármű erőforrásai. Mindezek miatt elő kell állítani az útvonal IT erőforrás metrikáját is az egyes alapútvonalak variációra bontásakor. Ezzel el lehet dönteni adott alapútvonal megtartását a kiértékeléshez. Az alapútvonalak IT metrikájának előállításához segítséget nyújt

- az alapútvonalak felhasználói igény szerinti fizikai paraméterei (például fizetős útszakaszok kizárása),
- a hosszútávú forgalmi előrejelzések figyelembevétele,
- a nem rövidtávú zavaró tényezők figyelembevétele,
- a rövidtávú zavaró tényezők alapján várható variánsképzés igénye,
- a forgalmi viszonyok alapján várható variánsképzés igénye.

5.5.2 Információátadás a bittorrent technológia működési elvén

Az útvonalak meghatározásához szükséges információ megszerzésének javasolt módja a bittorrent technológia működési elvén alapszik. Ebben a működési modellben a grid-vezérlő szerepét egy központi vezérlő elem biztosítja. Az adatokat a rendszer szereplői közvetlenül egymástól szerzik meg. Az adatok nem egyszerre, egyetlen adatfolyamban töltődnek át, hanem kis részletekben. A vezérlő elem a kliens adatfolyamok inicializálását, irányítását, adminisztrálását végzi.

Az alábbiakban javasolt modell nem tartalmazza sem a hálózati elérhetőség, a tárolás, illetve a feldolgozás implementációját, sem az útvonalgenerálás metódusát. Kizárólag a bittorrent technológia működési elvét adaptáló folyamat modellje szerepel a leírásban.

Alapfogalmak

Tracker: központi vezérlő komponens, mely a forgalomszervezés központi eleme.

Hoszt: hálózati kliens. Hálózati végpont a jármű fedélzetén, amivel a tracker a hálózati kapcsolatot tartja.

Peer: szoftveres kliens. Információs végpont, mely az útvonaltervezéssel kapcsolatos feladatokat látja el a jármű fedélzetén. Minden peer egyúttal begyűjti és szolgáltatja is az útvonaltervezéshez szükséges információt. Az információ áramlás biztosítása érdekében minden peer kapcsolatot tart a trackerrel, a topológiai szempontból javasolt más hosztok peerjével, illetve a topográfiai szempontból szomszédos hosztok peerjével.

Leacher: egy adott információ áramlást tekintve az információt begyűjtő peer.

Seeder: egy adott információ áramlást tekintve az információt szolgáltató peer.

Hotseeder: a tracker által javasolt kezdő seederek tagja.

CMN: központi térképhálózat. A központi vezérlő elem térkép adatbázisa. Tartalmazza a teljes térképhálózatot, a forgalom megfigyelt fizikai metrikáját, a forgalmi zavaró tényezőket. Tartalma a kliensekkel való kapcsolattartás révén is bővül és frissül.

DMN: dinamikus térképhálózat. A jármű lokális részleges térkép adatbázisa, melynek segítségével a fedélzeti komponens folyamatosan optimalizálja az útvonalat. A térkép csak az útvonalszámításokhoz szükséges részleteket, metrikákat tartalmazza. Tartalma a tracker információja alapján inicializálódik, majd a lokalizáció alapján és a többi peertől származó információ alapján aktualizálódik.

DHT: dinamikus hoszt táblázat. A hosztok hálózati elérését tartalmazó táblázat. Tartalma a tracker információja alapján hotseederekkel inicializálódik, majd a listán szereplő seederek és a lokalizációt tekintve szomszédos seederek javaslatai alapján aktualizálódik.

5.5.3 A működés metódusa

A modellben a teljes térkép is a zavaró tényezőkkel és a hosszútávú metrika is a központban tárolódik (CMN). A járművek fedélzetén csak az alapútvonalakhoz és a

variánsok előállításához szükséges térképadatok, tényezők és metrika tárolódik (DMN). Ezek a fedélzeti térképek a jármű haladásának és a forgalom alakulásának megfelelően folyamatosan aktualizálódnak.

A járművek indulásnál megkapják az alapútvonalak adatait és a hotseederek adatait a trackertől. A hotseederek hálózati elérésének listája betöltődik a járművek fedélzetén a DHT-be. Minden jármű menet közben elérhetőség ellenőrzési kapcsolatot (heartbeat) tart a trackerrel. A tracker ez alapján tudja nyilvántartani a közlekedés szereplőit, és ez alapján tudja összeállítani a hosszútávú metrikát, illetve ez alapján tudja karbantartani az útvonal részletekhez rendelhető hotseeder listákat.

Minden jármű menet közben kapcsolatot tart a DHT-ben jegyzett hosztokkal, valamint a szomszédos járművekkel. Az elérhető peerekkel útvonal adatokat, forgalmi adatokat, javasolt seeder adatokat cserél. A DMN és a DHT folyamatosan aktualizálódik az így kapott adatok alapján. A menet közben elavult információhoz tartozó adatok helye felszabadítható, felülírható. Így az adatok csak a feltétlenül szükséges mennyiségben vannak jelen a jármű fedélzetén. A járművek lokális adatfeldolgozása tehermentesíti a központot.

A metódus alkalmazása által nincs szükség óriási adatmennyiség letöltésére. Csak az alapútvonalak variánsaihoz tartozó adatok letöltése szükséges. Ez a letöltés nem a központból történik, hanem a szereplők egymás közt osztják meg. Ezáltal kisebb a központ hálózati terhelése. A heartbeat kapcsolat biztosítja a központi adatok dinamikus karbantarthatóságát.

Szerepek

A tracker szerepe:

- a teljes úthálózat tárolása, karbantartása,
- megfigyelések, metrika tárolása,
- zavaró tényezők tárolása, megadása kliens felé,
- alap útvonalak generálása, megadása kliens felé,
- hotseederek karbantartása, megadása kliens felé,
- heartbeat kapcsolat tartása a kliensekkel,
- fizikai metrika készítése az úthálózathoz (megfigyelés).

A kliensek szerepe:

- részleges úthálózat és metrika tárolása,
- saját seeder lista karbantartása,
- alapútvonal kérése trackertől,
- hotseederek kérése trackertől,
- útvonal adatok, forgalmi adatok, seeder adatok kérése a listán szereplő seederektől, illetve a szomszédos járművektől,
- útvonal adatok, forgalmi adatok, seeder adatok adása leachereknek, illetve a szomszédos járműveknek.

5.5.4 Összefoglaló

A gyorsan fejlődő mobilizáció magában hordozza a forgalom növekedését. Egyre nagyobb az esély a forgalmat jelentősen zavaró események bekövetkezésére. Emiatt az optimális útvonal folyamatosan változik menet közben is. Az autonóm járművek egyik feltétele a biztonságos vezetés. Ennek alapfeltétele a gyors érzékelés, adatfeldolgozás, döntés, beavatkozás. Ezeken felül jelenik meg a gyors útvonal kiértékelés igénye is. A növekvő forgalom miatt már ezt a tevékenységet is real-time kell végeznie a fedélzeti rendszernek. Ehhez nagy erőforrás kapacitásra van szükség a járművek fedélzetén. A tárterület biztosítása megoldható, azonban a kommunikációs és a feldolgozási kapacitás korlátozott. Így az optimális útvonal folyamatos aktualizálása erőforrás problémákba ütközhet.

Jelen tanulmányban a problémák okozta gondok enyhítésére az információtechnológiai felhőrendszerekben alkalmazott grid technológiák működési elvének adaptálási lehetőségét ajánlottam a közlekedési rendszerek útvonaltervezési funkciójának megvalósításához. A bittorrent technológia működési elve látszik alkalmazhatónak a problémára szabott megoldásként. Ebben a megoldásban a közlekedés résztvevői megosztják egymás között a forgalmi adatokat és a számítási feladatokat. Így a kommunikáció is csak a részfeladatok eredményeit tartalmazza. A metódus alkalmazása által nincs szükség óriási adatmennyiség letöltésére. A letöltés nem a központból történik, hanem a szereplők egymás közt osztják meg. A központ a járművek útvonal tervezésének inicializálását, irányítását, adminisztrálását végzi. Így kisebb a központ hálózati terhelése. Mindezek alapján a bittorrent technológia működési elvének alkalmazása megfelelő válasz lehet a real-time útvonal optimalizálás problémájára a közlekedési rendszerekben.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Korunk energiaéhségének kielégítése egyre nagyobb problémává válik. A megoldások között szerepel a kevesebb energia felhasználása. Azonban a rendszerek hosszútávú fenntarthatósága egyre nagyobb energiát követel. Így az egyik kézenfekvő megoldás az energiafelhasználás hatékonyságának növelése. Az egyes módszerek összehasonlíthatósága megköveteli az egységes tárgyalásmódot, mely lehetőleg kiterjed minden olyan szempontra, amely releváns a probléma modellezése során.

Az egységes tárgyalásmód érdekében a vizsgálati módszereket a filozófiai fő kérdéskörökre építettem. Ezek a létezéselmélet, az ismeretelmélet, a cselekvéselmélet, az igazságelmélet és a változáselmélet. További filozófiai alap az emberi gondolkodás modellezése, melynek analógiája szintén egységes tárgyalásmódot tesz lehetővé. Az emberi gondolkodás absztrakciójának szintjei a láthatatlan környezet, a megfogható környezet, a modell készítése, a modell kipróbálása, az időbeli működés fenntarthatóságának biztosítása. Emellett az ember világ objektumait három kategóriába sorolja. Ezek a dolog, a tulajdonság és a viszony. Ezekből a filozófiai alapokból kiindulva egységesíthető a tárgyalásmód.

Először arra kerestem a választ, hogy mi a felhő. Sajnos erre jelenleg nincs egzakt megfogalmazás. Az érvényben lévő definíció annyit mond, hogy felhőnek nevezzük azt, ami felhőként viselkedik. Könnyebben használható megfogalmazást állítottam fel több szempontból is, melyek közül a technológiai aspektus lett a releváns a dolgozat szempontjából. A meglévő definíció szolgáltatás oldaláról fogja meg a problémát. Ugyanakkor felhőszolgáltatás igénybevételekor három szereplő érintett: a szolgáltatás szállítója, megrendelője, valamint a szolgáltatás kereteit szabályozó szervezet. Ennek megfelelően a kérdés megválaszolásához másképp áll hozzá a felhasználó, a technológia előállítója, illetve független félként annak szabályzója. Ugyanakkor a megrendelő és a szállító közös szándékának kinyilvánításaként létrejön egy szerződéses keretrendszer, mely a szabályzó kereteken belül működik. Így a felhő meghatározását többféle aspektusból érdemes megtenni: független, felhasználói (megrendelői), szerződéses, technológiai (szállítói). Az egyes nézőpontokban az alábbi faktorok a fontosak:

- a független szabályozás a rendszer viselkedésén keresztül közelíthető meg, [7]
- a megrendelő szemszögéből a gazdaságosabb üzleti megvalósítás a lényeges,
- a szolgáltató oldaláról a technikai jellegű paraméterek a fontosak,

- kettejük viszonyában a szerződésben kiköthető paraméterek a mérvadóak.

A technológia vizsgálatakor kiderül, hogy a felhő legfontosabb tulajdonságai közé tartozik a megbízhatóság, a komponensek variálhatósága, változtathatósága, illetve a szolgáltatás mérhetősége is. Ezek alapján a kompetens technológiai követelményeket a következő témakörök köré lehet gyűjteni:

- rendelkezésre állás – a rendszer létezése (lét),
- erőforrások virtualizációja – a rendszer legalsó szintje (ismeret),
- szolgáltatások virtualizációja – a rendszer legmagasabb szintje (cselekvés),
- rugalmasság – a rendszer változtathatósága (Szabályzás és változás).

A gyakorlati informatikai paradigmális triásza a rendelkezésre állás, a kapacitás és a performancia. Ezek növelése alkotja technológiai szempontból a hosszútávú fenntarthatóság alapját. Ezekre számos gyártói megvalósítás látott napvilágot, de működési elvüket tekintve csupán néhány fő technológia köré csoportosíthatók. Mindegyik technológia alapja a rendszerbe iktatott redundancia, azaz az erőforrások többszörözése. Az alaptechnológiák az alábbiak:

- Klaszter-technológia: a klaszter-technológia lényege, hogy több komponens végezheti ugyanazt a tevékenységet, de kívülről nézve egyetlen egységes szolgáltatásnak látszik. Demokratikus irányítás jellemzi, azaz a klaszter elemei egymással egyenrangú kapcsolatot tartanak fenn. Meghibásodás esetén a továbbra is használható komponensek közösen eldöntik, hogy milyen belső konstellációban folytatják a szolgáltatás biztosítását. [5] [11]
- Grid-technológia: A grid-technológia alkalmazásakor a klaszterhez hasonlóan több komponens végezheti ugyanazt a tevékenységet és kívülről nézve egyetlen egységes szolgáltatásnak látszik. Azonban a klaszterrel szemben az irányítás itt autokratikus. Egy kontroller komponens vezérli a grid működését, kezeli annak belső adminisztrációját, elosztja a műveleteket a tagok közt, s végzi a szolgáltatások prezentálását. [6]
- Virtualizáció: A virtualizáció alapvető tulajdonsága, hogy a virtualizált architekturális réteg vagy rétegek tényleges erőforrásai el vannak fedve, s ezekből csak a szükséges mennyiségű és minőségű kapacitás van prezentálva a magasabb rétegek felé a számukra szükséges módon. Ez a technológia tette lehetővé a

klaszter- és grid-technológiák továbbfejlődését, s a felhő-technológia kialakulását. [12]

- Split-technológia: A nagy adatközpontok megjelenése és a rendelkezésre állás növelésének szándéka következtében megfogalmazódott az igény arra, hogy a teljes telephely használhatatlanná válásával járó kockázatokat is a minimálisra lehessen csökkenteni. A megvalósítás alapeleme egy alacsony architektúra rétegben elhelyezkedő splitter komponens, amely a magasabb rétegek felől érkező kommunikációs forgalmat egyszerre több irányba továbbítja. Ezáltal lehetővé válik, hogy a rendszer sokad-példányai jelen lehessenek más-más fizikai helyeken is. Így adott telephely kiesésekor egy másik telephelyen indulhatnak el a rendszer komponensei. [11] [55]

A Felhő általános architektúrájának szintézisét a vizsgálati alapelvek lefektetésével érdemes kezdeni. Mint minden más rendszert, e szerveződéseket is többféle aspektusból lehet vizsgálni. Ennek megfelelően az architektúra ábrázolása is többdimenziós lehet. A főbb felhőkomponensek gyártóinak megoldásaiban rejtező, egymást kiegészítő elemeket szintetizálva, az egyező elemeket általánosítva a kétdimenziós mátrixszerű ábrázolás tűnik kézenfekvőnek.

A vertikális dimenzió léptéke az egymásra épülés szerinti vizsgálat eredménye által létrejövő rétegstruktúra szintjei, mely megegyezik az emberi modellalkotás lényegi szintjeivel. Minden réteg a közvetlenül alatta és felette levő rétegekkel kommunikál, s egy adott réteg az alatta lévő réteg felhasználója, illetve a felette lévő réteg kiszolgálója. Felfelé haladva az egyes rétegek a következőek:

- Fundamentális réteg – az energiakezelés rétege,
- Hardver réteg – a fizikai megjelenés rétege,
- Virtualizációs réteg – a modellalkotás rétege,
- Műveleti réteg – a modell működési rétege,
- Menedzsment réteg – a rendszer időbeli működésének kezelése.

A horizontális dimenzió pedig az információelméleti paradigma elemei alapján történő taglalás a rendszer dinamikájának figyelembevételével:

- Tárolás – a filozófiai Tulajdonság megnyilvánulása (adat),
- Átalakítás – a filozófiai Dolog megnyilvánulása (feldolgozás),
- Közvetítés – a filozófiai Viszony megnyilvánulása (kommunikáció),

- Statogenezis – az elsőrendű rendszerváltozások (szabályzás),
- Morfogenezis – a másodrendű rendszerváltozások (változásmenedzsment).

A rendszerek vizsgálatához a hatékony kockázatelemző, és ezen belül veszélyforrás elemző módszerek a kritikus rendszerek vizsgálatának kedveznek. E rendszerek alrendszerei a szűk keresztmetszet elvén egyforma prioritást élveznek, hiszen bármelyik alrendszer meghibásodása kritikus hatással van a rendszer egészének működésére.

Az általam összeállított és bevezetett aspektuskeresési eljárás hatékonyabbá tudja tenni az olyan rendszerek vizsgálatát is, melyeknél az egyes alrendszerek prioritása, fontossága, kihatása eltérő, s elősegíti e rendszerek veszélyforrásainak egyszerűbb megtalálását. Ezen rendszerek lehetnek mechanikai, informatikai, de akár társadalmi rendszerek is. A modellezés célja a rendszerek biztonsági vizsgálatának elősegítésére egy olyan procedúra bevezetése, melynek végrehajtása után a folyamat produktuma a vizsgálandó rendszer releváns biztonsági aspektusrendszere. Vagyis a modellezés végén olyan aspektusrendszer áll elő, amely szerint érdemes megvizsgálni a rendszert a veszélyforrások elemzése érdekében. A relevancia és a vizsgálati spektrum határának kijelölése a vizsgálatot végző feladata. Ezt az aspektuskeresési eljárást alkalmaztam annak érdekében, hogy az általános IT rendszerek minimálisan vizsgálandó biztonsági aspektus rendszere előálljon.

Az energetikai szempontból tekintett hosszútávú fenntarthatóság vizsgálatát szintén filozófiai indíttatású modell segítségével és az irányításelméleti szabályzókörök analógiájának felhasználásával végeztem el. Ennek eredménye az lett, hogy ily módon is sikerült modellezni a rendszerek általános energia egyensúlyát. Továbbá az energia egyensúly képletének anomáliái alapján csoportosítani sikerült a biztonsági vizsgálatokat. Az irányításelméleti szabályzókörök analógiáját felhasználva pedig egy gondolatkísérlet során arra derült fény, hogy hogyan viselkednek a rendszerek a szerkezetüktől függően. A kis energiaelnyelő képességgel rendelkező merev rendszerek bekebelezik egymást. A nagy energiaelnyelő képességekkel rendelkező rugalmas rendszerek egyensúlyban vannak. A valóságos rendszerek pedig egyensúlyi állapotra törekszenek a környezetükkel. Mindemellett a folyamatos fenntarthatóság záloga a nagy mértékű energiaáteresztő, hasznosító, tároló képesség a folyamatos sajátenergia növekedés mellett.

Új tudományos eredmények

Az új tudományos eredményeket a hipotézisek sorrendjében mutatom be:

1. Az infokommunikációs felhőkre vonatkozó kutatásaim során az alábbi eredményeket értem el:
    a. Definiáltam az infokommunikációs felhőt technológiai szempontból. Ez a definíció lehetővé tette a technológiai biztonságot befolyásoló technikai funkciók azonosítását és működési elveik vizsgálatának egységesítését.
    b. Az egyes infokommunikációs gyártók és megoldásaik induktív vizsgálatából kiindulva azonosítottam a felhő funkcióit. Majd a funkciók függőségeiből és egymásra épüléséből levezettem a felhő szerkezeti rétegeit. Végül szintetizáltam az infokommunikációs felhők szerkezetét. Kimutattam, hogy ez a szerkezet levezethető a filozófiai aspektusrendszerből is. Ezáltal rámutattam arra, hogy ez a szerkezet nemcsak történetileg alakult így, de szükségszerű is.
    c. Általánosítottam a felhők technológiai biztonságát, illetve a hosszú távú fenntarthatóságot biztosító technikai funkcionalitások működési elvét.
2. Az általános rendszervizsgálatok érdekében kialakítottam egy általános aspektuskeresési eljárást (UASA):
    a. Ez az aspektuskereső eljárás a leendő rendszervizsgálat szempontjait tekintve a megkívánt témaköri súlyozás figyelembevételével állítja elő a vizsgálati aspektusrendszert.
    b. Példával rámutattam, hogy ez az eljárás használható az informatikai rendszerek vizsgálatához is, ezáltal a felhők vizsgálatához is.
3. A felhők energetikai vizsgálatának érdekében:
    a. Alkottam egy információelméleti alapú energetikai modellt a rendszerek általános energetikai modellezésére.
    b. A modell segítségével az ott létrejött energia egyenlet anomáliái alapján azonosítottam a biztonsági vizsgálatok típusait.
    c. Ezen új modell segítségével végrehajtottam egy kibernetikai alapú gondolati kísérletsorozatot, melyben következtettem a tisztán merev és a tisztán rugalmas rendszerek viselkedésére, továbbá a valósághoz közeli rendszerek hosszútávú fenntarthatóság energetikai feltételeire.

4. Az infokommunikációs felhőkben alkalmazott, a hosszútávú fenntarthatóságot biztosító építési elvek adaptációjára lehetőségeket mutattam. E lehetőségek kapcsán sikerült pár tudományos ajánlást is tenni a következők szerint.

Ajánlások

Ajánlást adtam a felhő szerkezeti felépítésének és technológiai működési elveinek adaptációjára az önvezető járművek fedélzeti rendszereiben, illetve hasonló ajánlást fogalmaztam meg humán szerveződésű rendszerek esetében.

Új kategorizálást javasoltam az önvezető járművekre a SAE által definiált, mára elavult kategorizálás helyett. Illetve javaslatot adtam az egyes kategóriákban a felhőelméleti adaptációk megvalósítási szintjére.

Ajánlást tettem a fájlmegosztás érdekében kialakult bittorent felhőjellegű grid technológia adaptációjára az autonóm járművek folyamatos útvonalmeghatározásában.

A tézisekhez és ajánlásokhoz felhasznált saját publikációk

1) ALBINI Attila: IT Felhők Biztonsága. In: DRÉGELYI-KISS Ágota (szerk.) Proceedings of 8th International Engineering Symposium at Bánki (IESB 2016). Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem (2016) Paper:07, 6 p.
2) ALBINI, A.; RAJNAI, Z.: General Architecture of Cloud. Procedia Manufacturing (2018:22) pp. 485-490., 6 p. (2018). DOI: 10.1016/j.promfg.2018.03.074
3) ALBINI, A.; RAJNAI, Z.: General architecture of cloud. In: RAJNAI Zoltán (szerk.) Kiberbiztonság - Cyber Security: Tanulmánykötet a Biztonságtudományi Doktori Iskola kutatásaiból. Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar (2018) 366 p. pp. 221-228. , 8 p.
4) ALBINI Attila: A Felhő-technológiák Elméleti Vizsgálata: Theoretical Study of Cloud Technologies. In: TOKODY Dániel; Mgr. Ing. SOPKOVÁ, Gabriela, PhD. (szerk.) Smart City Konferencia 2017 Absztraktkötet: Smart City 2017 Conference Abstract Book. Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) (2017) 38 p., pp. 16-16., 1 p.
5) ALBINI, A.; TOKODY, D.; RAJNAI, Z.: Theoretical Study of Cloud Technologies. Interdisciplinary Description of Complex Systems (17:3-A) pp. 511-519., 9 p. (2019), DOI: 10.7906/indecs.17.3.11
6) ALBINI Attila; MESTER Gyula; IANTOVICS László Barna: Unified Aspect Search Algorithm. In: TOKODY Dániel; TOKODYNÉ SZABADI Nikolett (szerk.) Smart, Sustainable and Safe Cities Conference 2018 Abstract Book. Budapest, Magyarország. Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) 40 p., pp. 17-17., 1 p., (2018)
7) ALBINI, A.; MESTER, G.; IANTOVICS, L. B.: Unified Aspect Search Algorithm. Interdisciplinary Description of Complex Systems (17:1-A) pp. 20-25., 6 p. (2019), DOI: 10.7906/indecs.17.1.3

8) ALBINI, A.; RAJNAI, Z.: Modeling general energy balance of systems. Procedia Manufacturing (32) pp. 374-379., 6 p. (2019), DOI: 10.1016/j.promfg.2019.02.228

9) ALBINI, A.; ALBININÉ BUDAVÁRI, E.; RAJNAI, Z.: Energetic Sustainability of Systems. Proceedings (63:1) Paper: 50, 7 p. (2020), DOI: 10.3390/proceedings2020063050

10) ALBINI Attila; TOKODY Dániel; PAPP József: IT Infrastruktúra Informatikai Biztonsági Aspektusai. Bánki Közlemények (1:1) pp. 11-16., 6 p. (2018)

11) ALBINI Attila; TOKODY Dániel; PAPP József: IT-infrastruktúra informatikai biztonsági aspektusai, In: RAJNAI Zoltán (szerk.) Kiberbiztonság - Cyber Security: Tanulmánykötet a Biztonságtudományi Doktori Iskola kutatásaiból, Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar (2018) 366 p., pp. 127-140., 14 p.

12) RAJNAI Zoltán; ALBINI Attila: Felhőelméleti fenntarthatóság adaptálása humán rendszerekre. Lépések: a fenntarthatóság felé (22:3) pp. 17-19., 3 p. (2017)

13) ALBINI Attila; RAJNAI Zoltán: Felhőelméleti fenntarthatóság adaptálása humán rendszerekre, In: RAJNAI Zoltán (szerk.) Kiberbiztonság - Cyber Security: Tanulmánykötet a Biztonságtudományi Doktori Iskola kutatásaiból, Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar (2018) 366 p., pp. 121-126., 6 p.

14) ALBINI Attila; TOKODY Dániel; RAJNAI Zoltán: The Categorization and IT Security of Automated Vehicles. In: TOKODY Dániel; TOKODYNÉ SZABADI Nikolett (szerk.) Smart, Sustainable and Safe Cities Conference 2018 Abstract Book, Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) (2018) 40 p., pp. 32-32., 1 p.

15) ALBINI, A.; TOKODY, D.; RAJNAI, Z.: The Categorization and Information Technology Security of Automated Vehicles. Interdisciplinary Description of Complex Systems (16:3) pp. 327-332., 6 p. (2018), DOI: 10.7906/indecs.16.3.4

16) ALBINI Attila; TOKODY Dániel; RAJNAI Zoltán: The categorization and IT security of automated vehicles. In: RAJNAI Zoltán (szerk.) Kiberbiztonság - Cyber Security: Tanulmánykötet a Biztonságtudományi Doktori Iskola kutatásaiból, Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar (2018) 366 p., pp. 229-235., 7 p.

17) ALBINI Attila; TOKODY Dániel; RAJNAI Zoltán: Adaptation of Cloud Theory in the Infocommunication System of Autonomous Vehicles: In: TOKODY Dániel; TOKODYNÉ SZABADI Nikolett; TOKODI Zoltánné (szerk.) European Smart, Sustainable and Safe Cities Conference 2019 Abstract Book, Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) (2019) 32 p., pp. 19-19., 1 p.

18) ALBINI, A.; TOKODY, D.; RAJNAI, Z.: Adaptation of cloud theory in the infocommunication system of autonomous vehicles. Interdisciplinary Description of Complex Systems (18:3) pp. 369-374., 6 p. (2020), DOI: 10.7906/indecs.18.3.6

19) ALBINI, A.; ALBININÉ BUDAVÁRI, E.; MESTER, G.: Adaptation of Bittorrent. Technology for Routing Autonomous Vehicles. Transactions on Advanced Research (17:2) pp. 28-31., 4 p. (2021)

IRODALOMJEGYZÉK

[1] DÖRÖMBÖZI János: A filozófia alapjai. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó (2011) 224 p., ISBN:9789631964653

[2] VELENCEI Jolán: Puhatolódzó megoldások nyomában. Budapest, Óbudai Egyetem (2015) 140 p., ISBN:9786155460401

[3] EUROPEAN COMMISSION: A Roadmap for Advanced Cloud Technologies under H2020. Publications Office of the European Union, Luxembourg (2012)

[4] VAKILI, A.; NAVIMIPOUR, N.J.: Comprehensive and systematic review of the service composition mechanisms in the cloud environments. Journal of Network and Computer Applications, (81:March) pp. 24-36., 9 p. (2017), DOI:10.1016/j.jnca.2017.01.005

[5] HEWLETT-PACKARD DEVELOPMENT COMPANY; L.P.: Managing Serviceguard Twentieth Edition. eBook (2011), 407 p., HP Part Number: 5900-1869, http://h20628.www2.hp.com/km-ext/kmcsdirect/emr_na-c02985067-1.pdf (Letöltve 2016.09.15)

[6] INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION: Introduction to Grid Computing with Globus. Second Edition. New York, IBM Redbooks (2003) 296 p. ISBN:0738427969

[7] MELL, Peter; GRANCE, Timothy: The NIST Definition of Cloud Computing. Weboldal, USA, National Institute of Standards and Technology (2011), http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf (Letöltve: 2016.09.15)

[8] CALATRAVA, A.; ROMERO, E.; MOLTÓ, G.; CABALLER, M.; ALONSO, J.M.: Self-managed cost-efficient virtual elastic clusters on hybrid Cloud infrastructures. Future Generation Computer Systems (61:C) pp. 13-25., (2016), DOI:10.1016/j.future.2016.01.018

[9] HONGLIANG, Liang; MINGYU, Li; JIAN, Xu; WENYING, Hu; XIAOXIAO, Pei; XIAODONG, Jia; YAN, Song: vmOS: A virtualization-based, secure desktop system. Computers & Security (65:March) pp. 329-343. (2017), DOI:10.1016/j.cose.2016.10.008

[10] JIANBAO, Ren; YONG, Qi; YUEHUA, Dai; YU, Xuan; YI, Shi: Nosv: A lightweight nested-virtualization VMM for hosting high performance computing on cloud. Journal of Systems and Software (124:February) pp. 137-152. (2017), DOI:10.1016/j.jss.2016.11.001

[11] MCCABE, John: Introducing Windows Server 2016 Technical Preview. First Printing, Redmond, Microsoft Press (2016) 176 p., ISBN:9780735697737

[12] SAVILL, John: Microsoft Virtualization Secrets. Indianapolis, John Wiley & Sons, Inc. (2012) 552 p., ISBN:978-1-118-29316-4

[13] HERINGTON, D.; JACQUOT, B.: The HP Virtual Server Environment: Making the Adaptive Enterprise Vision a Reality in Your Datacenter. Prentice Hall (2005)

[14] LOWE, S.; MARSHALL, N.; GUTHRIE, F.: Mastering VMware vSphere 5.5 1st Edition, Sybex (2013)

[15] EMC EDUCATION SERVICES: Information Storage and Management Paperback. EMC, Indianapolis, John Wiley & Sons, Inc. (2012)

[16] FARHAN, Nadeem; PRASENJIT, Sarkar: Implementing Cisco UCS Solutions. Packt Publishing (2013), Birmingham

[17] KELBLEY, J.; STERLING, M.: Windows Server 2008 R2 Hyper-V: Insiders Guide to Microsoft's Hypervisor Paperback. Sybex (2010)

[18] GOPALAKRISHNAN, K.: Oracle Database 11g Oracle Real Application Clusters Handbook, 2nd Edition. McGraw-Hill Education, Redwood Shores (2011)

[19] IBM REDBOOK: Implementing an InfoSphere Optim Data Growth Solution. IBM Redbook (2011) http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg247936.pdf

[20] TOKODY, D.; SCHUSZTER, G.; PAPP, J.: Study of How to Implement an Intelligent Railway System in Hungary. In SZAKÁL, A. (Eds.) SISY 2015 : IEEE 13th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics: Proceedings, 09.17-09.19. 2015, IEEE, New York (2015) pp. 199-204.

[21] RAJNAI, Z.; VANDERER, G.: Applicability of risk-evaluation theories in crtitical infrastructures. Bolyai Szemle 2014(2), pp. 75-84. (2014), https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/bolyai-szemle-2014_-ev-2_-szam.original.pdf, letöltve: 2018.03.20.

[22] MESTER, G.; PLETL, S.; PAJOR, G.; RUDAS, I.: Adaptive Control of Robot Manipulators with Fuzzy Supervisor Using Genetic Algorithms. In KAYNAK, O. (Eds.) Proceedings of International Conference on Recent Advances in Mechatronics, ICRAM'95, August 14-16, 1995. Turkey, Istanbul (1995) pp. 661–666.

[23] IANTOVICS, L.B.; ZAMFIRESCU, C.B.: ERMS - An Evolutionary Reorganizing Multiagent System. International Journal of Innovative Computing, Information and Control (9:3), pp.1171-1188 (2013), http://www.ijicic.org/contents.htm, HTML format PDF, letöltve 2018.03.20.

[24] YINGCHUN, L.: A systems-science-based knowledge explanation method. Tsinghua Science and Technology (6:1), pp. 49-56., (2001), http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6083371, letöltve 2018.03.20.

[25] KOVÁCS, Z.: Cloud Security in Terms of the Law Enforcement Agencies. Hadmérnök 7(1), pp. 144-156., 2012, http://hadmernok.hu/2012_1_kovacsz.pdf, last access 2018.03.20.

[26] RAJNAI, Z.; RUBÓCZKI, E. S.: Moving Towards Cloud Security. Interdisciplinary Description of Complex Systems (13:1), pp. 9-14., (2015), DOI:10.7906/indecs.13.1.2

[27] ODADZIC, B.; DOBRILOVIC, D.; STOJANOV, Z.; ODADZIC, D.: The Cross Layer Model for Wireless Networks Energy Efficiency, ICIST 2014 Proceedings (2014) pp. 405-410.

[28] MARRONE, S.; RODRIGUEZ, R. J.; NARDONE, R.; FLAMMINI, F.; VITTORINI, V.: On synergies of cyber and physical security modelling in vulnerability assessment of railway systems. Computers and Electrical Engineering (47) pp. 275-285. (2015)

[29] ZAMFIRESCU, C.-B.; DUTA, L.; IANTOVICS, B.: The Cognitive Complexity in Modelling the Group Decision Process. BRAIN Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience (1) pp. 69-79. (2010), http://edusoft.ro/brain/index.php/brain/article/view/105

[30] TOKODY D.; FLAMMINI, F.: Smart Systems for the Protection of Individuals. Key Engineering Materials (755) pp. 190-197. (2017), DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.755.190

[31] WENYU, Z.; ZHENJIANG Z.; HAN-CHIEH, C.; YUN, L.; PENG, Z.: System-Level Energy Balance for Maximizing Network Lifetime in WSNs. IEEE Journals & Magazines (5) pp. 20046 - 20057. (2017)

[32] RAJNAI, Z.; KOCSIS, I.: Labor Market Risks of Industry 4.0. Digitization, Robots and AI, Proceedings of IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics SISY 2017, (2017) pp. 343-346.

[33] THANH-TUNG, H.; YONG-JUN Z.; JIN-BAO H.; PHAM, T. H. A.: Optimal operation of energy hub with different structures for minimal energy usage cost. Proceedings of 2nd International Conference on Power and Renewable Energy ICPRE, (2017) pp. 31-36.

[34] BERNARDI, D.; PAWLIKOWSKI, E.; NEWMAN, J.: A General Energy Balance for Battery Systems. Journal of The Electrochemical Society (132:1) pp. 5-12. (1985), DOI:10.1149/1.2113792

[35] HUANG, A.; CUI, W.; LI, H.: Design of energy balance analysis system for space station. Proceedings of 2014 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference, (2014)

[36] BELLINI, A.; BONOLI, A.: Energy balance of waste management systems: A case study. IEEE Conferences (2017) pp. 1495-1499.

[37] NEMES, A.; MESTER, G.: Energy Efficient Feasible Autonomus Multi-rotor Unmanned Aerial Vehicles Trajectories. Proceeding of International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering, (2016)

[38] KASAC, J.; STEFANCIC, H.; STEPANIC, J.: Comparison of social and physical free energies on a toy model. Physical Review E (70:1) pp. 16117-16124., (2004,), DOI:10.1103/PhysRevE.70.016117

[39] KISS, M.; BREDA, G.; MUHA, L.: Information security aspects of Industry 4.0. Procedia Manufacturing (2019:32) pp. 848-855., (2019), DOI:10.1016/j.promfg.2019.02.293.

[40] TOKODY, D.: Digitising the European industry - holonic systems approach. Procedia Manufacturing (2018:22) pp. 1015-1022., (2018), DOI:10.1016/j.promfg.2018.03.144

[41] SZABÓ, Z.: The effects of globalization and cyber security on smart cities. Interdisciplinary Description of Complex Systems (17:3-A) pp. 503-510., (2019), DOI:10.7906/indecs.17.3.10

[42] MESTER, G.: Rankings Scientists, Journals and Countries Using h-index. Interdisciplinary Description of Complex Systems (14:1), pp. 1-9., (2016), DOI:10.7906/indecs.14.1.1,

[43] DOBRILOVIC, D.; ODADZIC, B.: Virtualization Technology as a Tool for Teaching Computer Networks. International Journal of Educational and Pedagogical Sciences (2:1) pp. 41-45., (2008), http://waset.org/publications/15258, letöltve:2020.01.31.

[44] MESTER, G.: Academic Ranking of World Universities 2009/2010. Ipsi Journal, Transactions on Internet Research, TIR (7:1) pp. 44-47., (2011), http://tir.ipsitransactions.org/2011/January/Paper%2005.pdf, letöltve:2018,12,01.

[45] MESTER, G.: Obstacle Avoidance and Velocity Control of Mobile Robots. In: Proceedings of the 6th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics SISY 2008 (IEEEE) pp. 97-101., Subotica, (2008), DOI:10.1109/SISY.2008.4664918

[46] MESTER, G.; RODIC, A.: Sensor-Based Intelligent Mobile Robot Navigation in Unknown Environments. International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems (1:2) pp. 1-8, (2010), http://www.etfos.unios.hr/ijeces/wp-content/uploads/pappers/ijeces_vol_1_no_2_01.pdf, letöltve 2018.12.01.

[47] SZABÓ, A.; SZUCS, E.; BEREK, T.: Illustrating Training Opportunities Related to Manpower Facility Protection through the Example of Máv Co. Interdisciplinary Description of Complex Systems (16:3) pp. 320-326., (2018), DOI:10.7906/indecs.16.3.3

[48] MESTER, G.; PLETL S.; PAJOR, G.; BASIC, D.: Adaptive Control of Rigid-Link Flexible-Joint Robots. In: Proceedings of 3rd International Workshop of Advanced Motion Control, pp. 593-602., Berkeley, 1994,

[49] MESTER, G.; PLETL, S.; NEMES, A.; MESTER, T.: Structure Optimization of Fuzzy Control Systems by Multi-Population Genetic Algorithm. In: Proceedings of the 6th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, EUFIT'98, Aachen, Germany, 7.-10. September 1998; Verlag Mainz: Aachen, Germany, pp. 450–456.

[50] MESTER, G.; RODIC, A.: Simulation of Quad-rotor Flight Dynamics for the Analysis of Control, Spatial Navigation and Obstacle Avoidance. In: Proceedings of the 3rd International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (IWACIII 2013), Shanghai, China, 18.-21. October 2013; pp. 1-4.

[51] SHATNAWI, M. M.: Applying Information Security Risk Management Standards Process for Automated Vehicles. Bánki Reports (2:1) pp. 70-74., (2019), https://bk.bgk.uni-obuda.hu/index.php/BK/issue/view/4, letöltve 2020.01.31.

[52] ALBININÉ BUDAVÁRI, E.; RAJNAI, Z.: The Role of Additional Information in Obtaining information. Interdisciplinary Description of Complex Systems (17:3-A) pp. 438-443., (2019), DOI:10.7906/indecs.17.3.2

[53] HELL, P. M.; VARGA, P. J.: Drone systems for factory security and surveillance. Interdisciplinary Description of Complex Systems (17:3-A) pp. 458-467., (2019), DOI:10.7906/indecs.17.3.4

[54] PETŐ, R.: Security of Smart City. Interdisciplinary Description of Complex Systems (17:1) pp. 13-19., (2019), DOI:10.7906/indecs.17.1.3

[55] EMC CORPORATION: Information Storage and Management: Storing, Managing, and Protecting Digital Information. Indianapolis, John Wiley & Sons, Inc. (2010) 480 p., ISBN:978-0-470-61833-2

[56] KOVÁCS Z.: Az infokommunikációs rendszerek nemzetbiztonsági kihívásai. Disszertáció, pp. 118-119., Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola (2015), http://archiv.uni-nke.hu/feltoltes/uni-nke.hu/konyvtar/digitgy/phd/2015/kovacs_zoltan_2015.pdf

[57] MUHA L.; KRASZNAY Cs.: Az elektronikus információs rendszerek biztonságának menedzselése, pp. 7-15., Nemzeti Közszolgálati Egyetem. (2014), ISBN:9786155491658.

[58] MUHA L.; KRASZNAY Cs.: Az elektronikus információs rendszerek biztonságának menedzselése, pp. 55-59., Nemzeti Közszolgálati Egyetem. (2014), ISBN:9786155491658

[59] KOVÁCS Z.: Az infokommunikációs rendszerek nemzetbiztonsági kihívásai. Disszertáció, pp. 42-88., Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, (2015)

[60] TOKODY, D.; FLAMMINI, F.: The intelligent railway system theory. Internationales Verkehrswesen (69) pp. 38-40., (2017)

[61] MESTER, G.; PLETL, S.; PAJOR, G.; JEGES, Z.: Flexible Planetary Gear Drives in Robotics. Proceedings of the 1992 International Conference on Industrial Electronics, Control, Instrumentation and Automation - Robotics, CIM and Automation, Emerging Technologies, IEEE IECON '92, (2) pp. 646-649, ISBN:0780305825, DOI:10.1109/IECON.1992.254556, San Diego, California, USA, November 9-13, 1992.

[62] WOLZ, U.: The required technologies for Automotive towards 2020. Design Automation Conference (ASP-DAC), January 19-22, 2015, IEEE, Chiba, 2015, DOI: 10.1109/ASPDAC.2015.7058916.

[63] SAE INTERNATIONAL: Automated Driving - Levels of driving automation are defined in new SAE International standard J3016. SAE Webpage, pp. 1-2., 2016, https://web.archive.org/web/20161122062305/http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf, Letöltve: 2018.03.20.

[64] ROTAR, C.; IANTOVICS, L.B.: Directed Evolution – A New Metaheuristic For Optimization. Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research (7:3), pp. 183-200., (2017), DOI:10.1515/jaiscr-2017-0013.

[65] RODIC, A.; MESTER, G.; STOJKOVIĆ, I.: Qualitative Evaluation of Flight Controller Performances for Autonomous Quadrotors. In PAP, E. (Eds.) Intelligent Systems: Models and Applications, Topics in Intelligent Engineering and Informatics (3:2), pp. 115-134., (2013), DOI:10.1007/978-3-642-33959-2_7.

[66] BRASSAI, S.T.; IANTOVICS, L.B.; ENACHESCU, C.: Optimization of Robotic Mobile Agent Navigation. Studies in Informatics and Control (21:4), pp. 403-412., (2012), https://sic.ici.ro/past-issues/volume21-issue4-2012/brassai/, letöltve 2018.03.20.

[67] RODIC A.; JOVANOVIC, M.; POPIC, S.; MESTER, G.: Scalable Experimental Platform for Research, Development and Testing of Networked Robotic Systems in Informationally Structured Environments. Symposium Series on Computional

Intelligence, Workshop on Robotic Intelligence in Informationally Structured Space, In: Proceedings of the IEEE SSCI 2011, pp. 136-143., Paris, (2011)

[68] MESTER, G.: Novi trendovi naučne metrike. Proceedings of the XXI Skup Trendovi Razvoja: Univerzitet u Promenama, TREND (2015) paper No. UP 1-3, pp. 23-30, ISBN 9788678926808, DOI:10.13140/RG.2.1.1754.2486, Zlatibor, Serbia, 23-26.02.2015.

[69] MESTER, G.: New Trends in Scientometrics. Proceedings of the SIP 2015, 33nd International Conference Science in Practice, pp. 22-27., (2015)

[70] MESTER, G.: Backstepping Control for Hexa-Rotor Microcopter. Annals of Faculty Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering, Tome VIII, Fascicule (3) pp. 121-125., ISSN 15842665, (2015)

[71] MESTER, G.: Obstacle - Slope Avoidance and Velocity Control of Wheeled Mobile Robots Using Fuzzy Reasoning. Proceedings of the IEEE 13th International Conference on Intelligent Engineering Systems, April 16-18, 2009, pp. 245-249., (2009)

[72] RODIC, A., MESTER, G.: Control of a Quadrotor Flight. Proceedings of the ICIST Conference, pp. 61-66., ISBN:9788685525124, Kopaonik, Serbia, 03-06.03.2013.

[73] ALBININÉ BUDAVÁRI, E., RAJNAI, Z.: Social Engineering - The Hidden Control. Proceedings (63:1) Paper 60, 6 p., (2020)

[74] MESTER, G.: Sensor-Based Control of Autonomous Wheeled Mobile Robots. The Ipsi BgD Transactions on Internet Research, TIR (6:2) pp. 29-34., ISSN 18204503, (2010)

[75] MESTER, G.; RODIC, A.: Navigation of an Autonomous Outdoor Quadrotor Helicopter. Proceedings of the 2nd International Conference on Internet Society Technologie and Management ICIST, ISBN: 9788685525100, pp. 259-262, Kopaonik, Serbia, 01-03.03.2012.

[76] MESTER, G.: Modeling of the Control Strategies of Wheeled Mobile Robots. Proceedings of the Kandó Conference 2006, 12-13.01.2006, pp. 1-3., (2006).

[77] MESTER, G.: Modeling of Autonomous Hexa-Rotor Microcopter. Proceedings of the III-rd International Conference and Workshop Mechatronics in Practice and Education, MechEdu 2015, pp. 88-91, ISBN:9788691881504, Subotica, Serbia, 14-16.05.2015.

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: Az automatizált járművek új kategorizálása 73

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: A felhő-architektúra rétegei 17
2. ábra: A filozófiai alapú rendszermodell pólusok 25
3. ábra: A pólusok dimenzionálása 26
4. ábra: A példa algoritmushoz használt tér 27
5. ábra: Az energiaáramlási útvonal modellezésének alapelvei 32
6. ábra: A rendszer energetikai modelljének sémája 40
7. ábra: A rendszerek közötti energetikai modellezés sémája 40
8. ábra: A zárt rendszerek egyszerűsített modellje 41
9. ábra: A duális rendszerek általános modellje 41
10. ábra: A komplementer duális rendszerek modellezése 43
11. ábra: A klaszter-technológia működési elve 46
12. ábra: A grid-technológia működési elve 47
13. ábra: A virtualizáció modellje 48
14. ábra: A split-technológia működési elve 49
15. ábra: Az IT infrastruktúra általános szerkezeti rétegei 55
16. ábra: IT Infrastruktúrák részletes rétegszerkezete 57
17. ábra: A modellezés dimenzióinak kialakítása 58
18. ábra: A modell szerkezete 59
19. ábra: Grid séma 66
20. ábra: Klaszter séma 66
21. ábra: Az infrastruktúra rétegződése 72
22. ábra: Felhő technológiák a járművek IKT rendszerének rétegeiben 79

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Nagy köszönettel tartozom Prof. Dr. Rajnai Zoltán rektor-helyettes úrnak, témavezetőmnek, aki hihetetlen mértékű türelemmel, állandó rendelkezésre állással, építő ötleteivel és diplomatikus kritikáival támogatta a dolgozat elkészülését. A témához tartozó szakterületek akadémiai szintű elméleti és gyakorlati ismerete tökéletes hátteret adott számomra a szükséges ismeretek elsajátításához és a kutatáshoz. A publikációk támogatásával az erkölcsi és szellemi épülés, a közösségi élet támogatásával a társadalmi épülés lehetőségét teremtette meg.

Nagyon szépen köszönöm Dr. Tokody Dánielnek a szakmai és mentális támogatást, mely jelentősen megkönnyítette a megpróbáltatások terheinek viselését. Továbbá köszönöm neki a publikációk támogatását, amely által elérhetővé vált a publikációs követelmények teljesítése. Valamint köszönöm a Doktoranduszok Országos Szövetségében végzett odaadó közösségi munkáját, amely által részt vehettem magam is a Szövetség munkájában, megismerve a főbb tudományterületek jelenlegi fiatal kutatóinak munkáit.

Nagyon szépen köszönöm Prof. Dr. Mester Gyulának és Prof. Dr. Josip Stepanic-nak a szakmai tudáshálózatuk támogatását, továbbá a magas szintű szakmai segítségüket és hozzájárulásukat a publikációs stratégiám végrehajthatóságához.

Köszönet illeti Prof. Dr. Iantovics Barnát, Dr. Papp Józsefet, Ady Lászlót a konferenciák, publikációk, kutatások környezetének előkészítésében való részvételükért.

Köszönöm szépen Dr. habil. Velencei Jolánnak a filozófiai, Prof. Dr. Muha Lajosnak az irányításelméleti, Dr. Számadó Rózának a változáselméleti ismereteim mélyítését.

Köszönöm szépen Dr. Szűcs Endrének, Prof. Dr. Berek Lajosnak, Dőring Andrásnak és Dr. Rubóczki Edit Szilviának segítő munkájukat a tanulmányi előmenetelemben.

Külön köszönet illeti Dr. Erbszt András, akinek állhatatos és kitartó munkája lehetővé tette, hogy a tanulmányaimat és a kutatásaimat komoly egészségi problémától mentesen tudjam folytatni.

Köszönet a Biztonságtudományi Doktori Iskola közösségének, a Doktoranduszok Országos Szövetségének, illetve a munkahelyi közösség támogatásáért.

S végül, de nem utolsó sorban köszönöm szépen családomnak, s kifejezetten Feleségemnek a mérhetetlen türelmet és kitartást.