

Nagy integráltságú termékmodellek intelligens, környezet-adaptív objektumainak elméleti megalapozása és kifejlesztése

OTKA T037304

Szakmai beszámoló

Bevezetés

A projekt eredményei a mérnöki objektumok leírásait tartalmazó, a legújabb mérnöki gyakorlatban általánossá váló termékmodellekkel, azok alkalmazással összefüggően meghatározható célokra megfelelő szervezésével kapcsolatosak. A kutatásokat a mérnöki alkalmazású számítógépes rendszerek fejlesztését akadályozó megválaszolatlan elméleti kérdések és felderítetlen összefüggés-rendszerek motiválták. A témán dolgozó kutatók arra a megállapításra jutottak, hogy a jelenlegi mérnöki rendszerek elméleti megalapozása erősen eltolódott az alkalmazott számítástechnika irányában, fantasztikus termelékeny eszközöket adva a mérnökök kezébe, ugyanakkora az ábrázolt információ-struktúrák szövevényes rendszerének követésére ezek a megoldások elméleti megalapozás híján nem vállalkozhatnak. A kutatás indító kulcsszavai az integráltság, amely a szerves információ-kapcsolati rendszerre, az intelligencia, amely az intelligens számítási eljárások bekapcsolására, valamint a környezet-adaptivitás, amely az éppen modellezett objektumoknak a környezeti kölcsönhatások figyelembe vételével való módosítására utal. A kutatók által alkalmazott megközelítésben a mérnöki munka összekapcsolt objektumok módosításaival kapcsolatos döntések sorozata, amelyek során az összekapcsolt objektumok rendszere terméké fejlődik. A kutatási program kialakulását a Bánki Donát Műszaki Főiskolán, majd a Budapesti Műszaki főiskolán, oktatási és kutatási célra alkalmazott, professzionális mérnöki rendszerekkel szerzett tapasztalatok serkentették. A kutatás sajátos módon érintett számos igen széles körben kutatott területet, miközben önmagában „fehér foltnak” számít, érdemi irodalma minimális. Ennek valószínű oka az informatikai technológia „berobbanása” a műszaki életbe, nem adva időt az amúgy alapvető fontosságú kutatásokra. Ami az első évi jelentésben még kérdésként szerepelt, a kutatások alapján kijelenthető: A virtuális világok területén vitathatatlanul alapokat rengető változások igénylik a mérnöki objektumok számítógépi leírásának alap kutatás szintű újragondolását.

A kutatás célja és eredményei az eredeti célok tükrében

A kutatás szerződésben rögzített, eredeti célkitűzése, amelytől lényeges eltérés nem következett be, intelligens objektumoknak, mint számítógépi modellek elemeinek elméleti megalapozása és fejlesztése. A modell-objektumoknak alkalmasnak kell lenni a modellezett mérnöki szféra (objektumok, összefüggések, tevékenységek) megfogalmazásakor hozott döntések hátterének, valamint ennek szférának a környezetével való kölcsönhatásainak a leírására. Az objektum ezt a leírást képes felhasználni önmagának, illetve környezetének adott körülményeken alapuló adaptív módosításával, valamint külső módosító hatások elfogadásával vagy elvetésével összefüggő kiértékelésekhez.

Az eredeti programban leírt, a szerződésben rögzített várható eredmények tekintetében szintén nem kellett lényeges módosításokat végezni a projekt megvalósítása során:

A hatások rendszerének és mechanizmusának, valamint kitüntetett tervezési és modell objektumoknak elemző meghatározása a kutatás további szakaszai számára.

Kitüntetett objektumok viselkedését meghatározó sajátosságok és ábrázolási módok azonosítása és definiálása.

A kitüntetett objektumok adaptív tulajdonságait meghatározó sajátosságok és ábrázolási módok azonosítása és definiálása.

Implementálható objektum-definíciók, amelyek a mérnöki tervezésben és a fizikai prototípusfejlesztést kiváltó számítógépes gyakorlatban egyaránt képesek a mérnöki alkalmazású virtuális technológia mára jól kirajzolódott következő generációjának megfelelő, magas színvonalú virtuális világ építőköveivé válni.

A létrejött eredményeket a hazai és nemzetközi közvélemény számára elérhető formában, ötvennégy angol nyelvű közleményben hoztuk nyilvánosságra. A projekt utolsó évében létrejött eredményeket tartalmazó közlemények részben már megjelentek. További közlemények ez évi közzésre elfogadottak, megjelenés alatt vannak, vagy benyújtottak. A széleskörű publikációs tevékenység egyfelől az újszerűnek számító kutatási terület iránti érdeklődés, másfelől a több potenciális alkalmazási terület következménye.

Vizsgálati módszerek

A kutatás céljának pontosabb meghatározásához azonosítottuk a számítógépi modelleken alapuló mérnöki tevékenység sajátosságait, ezek múltbeli és jelenlegi változásait, valamint várható tendenciáit. Meghatároztuk mérnöki tevékenységeknek azt a körét, ahol tervezett módszereink a legjobban illeszkednek a projektben tervezett modellezéshez. Elemeztük a mérnöki tevékenységek céljára alkalmazott számítógépi modellek belső és külső kapcsolatrendszerét, annak érdekében, hogy az új megközelítés minél több értékes logikai elemet tartalmazzon. Megvizsgáltuk azt is, hogy a kutatás tárgyát képező objektumok miként jelennek meg modellekben és felvázoltuk az objektumok koncepcionálásával, kialakításával, életútjával, önmagával és környezetével kapcsolatos „tevékenységével” és interaktív irányításával kapcsolatos alapelveket. Ennek az előzetes munkának az eredményeit rendszerezte a „Modeling and Problem Solving Techniques for Engineers” című munkában, amelyet az Elsevier kiadó jelentetett meg, a lehető legszélesebb körben publikálva látásmódunkat és rendszerezésünket.

A mérnöki objektum generalizált fogalmát a minél általánosabban alkalmazható eljárások létrehozásának érdekében vezettük be. Az minden fizikai és logikai „leírni és összekapcsolni valót” jelenthet, amely a mérnöki gyakorlatnak a virtuális világba való telepítésekor felmerül. A modell-objektumok alapvető tulajdonságainak tekintjük az aktivizálható leírást, a külső és belső asszociativitást, a kiterjesztett kommunikációt, valamint a leírt objektumok viselkedéseink mindenkorai körülményekhez való meghatározhatóságát. Ez egybecseng az ipari modellezés fejlődésével, azonban jelenleg a modellekbe épített intelligencia hiánya és a merev leírás ott még nem teszi lehetővé a leírások, viselkedések és kommunikációk egységes, intelligens adaptivitásának bevezetését, noha ezeknek a tulajdonságoknak a kezdeti implementációit a jelenlegi termékek fejlesztői hangsúlyozzák. Az elvégzett vizsgálatok ezért egyfelől nem szakterület (pl. gépészet), hanem feladat-orientáltak, másfelől nem számolnak olyan leírásokkal és eljárásokkal, amelyek nem alkalmasak bárhonnan kezdeményezhető adaptivitásra és intelligens megoldás-generálásra. Eredményként nem „tervező automatát”, „intelligens probléma-megoldó eszközt”, vagy „mesterséges intelligenciát” kívántunk létrehozni. Ennél „szürkébb” feladatot választottunk, amikor egy virtuális világ belső és külső informatikai kapcsolat-rendszerét kívántuk elemezni, amely azonban tartalmaz elemeket a fent idézett, a mai gondolkodásunkat kondicionáló, elsősorban korábbi kiváló gondolat-világokból. A kutatásnál tudomásul vettük, hogy a bármely földrajzi és kapacitásbeli méretben értelmezhető számítógépes tervezőrendszerekben nincsenek izoláltan elismerésre váró zsenialitások, hanem a teljesítményhez egy integrált rendszerben hozzájárulást adó, vagy ha a megmérettetés eredménye tényleg annyira pozitív, domináló zsenialitások működnek.

Komplex módon vizsgáltuk az eredményként tervezett integrált modell objektumok szerkezetét, belső folyamatait, a mérnöki folyamatokat, amelyekbe illesztve működnek, valamint a modellezett objektumok leírásait. Ez utóbbiak modellezett objektumok paramétereit és viselkedéseit, asszociativitásokat, szándékleírásokat, szándékszűréseken keresztül látható ismereteket, valamint adaptivitásokat tartalmaznak. Az integrált modell objektum formális meghatározásához a fenti elemek elegendők, ugyanakkor a modellezett objektumok felépülésével párhuzamosan a velük asszociatív ismereteket is kezeli.

Új eljárások

A modell-objektumok megalapozására, fejlesztésére, valamint a közben felmerült elméleti és módszertani kérdések megválaszolására végzett vizsgálatok eredményeit a teljesen, vagy túlsúlyban ennek a témának szánt, a projekt azonosítójának megjelölésével megjelent ötvenegy közlemény tartalmazza. Az eredményeket az eredeti kutatási tervnek megfelelően várt eredmény-csoportokba sorolva mutatjuk be, miután a kutatási terv lényeges megváltoztatására nem volt szükség. A bemutatott eredmények mind egymáshoz, mind a jelenlegi virtuális mérnöki rendszerek alapvetéseihez illeszkednek. A kutatás kitüntetett szerepet adott a virtuális világok olyan alapvető sajátosságainak, mint az integráltság, a kommunikáció, az adaptivitás, a modellezett világ viselkedéseinek kezelése, valamint az emberi szándékot, ezen keresztül tapasztalatot kifejező ismeretek.

1. A hatások rendszerének és mechanizmusának, valamint kitüntetett tervezési és modell objektumoknak elemző meghatározása a kutatás további szakaszai számára.

1.1 Mérnöki objektumokat leíró modell-objektumok valamely mérnöki tevékenység köré rendeződött aktivitásának meghatározása. Az adott körülményekre érvényes ismeretek és döntések szerint triviális megoldások keresése, vagy elfogadása a cél. Egy aktív objektumnak felrajzolható az életútja. Szerepe, funkcionalitása, ismeret-tartalma, kapcsolatrendszere, tudástartalma és ember-számítógép típusú irányíthatósága

egy kezdeti állapotból kiindulva változik, objektív feltételek és emberi szándék szerint fejlődik, majd szerepének, kapcsolatrendszerének és környezetre gyakorolt hatásának folyamatos csökkenése folyamán ki is szorulhat a virtuális mérnöki világból.

1.2 Integrált környezet-adaptív objektumok alapvető működésének meghatározása. Az objektumok meghatározásánál megtartottuk a ma fejletlennek tekintett modelleknek azt a tulajdonságát, hogy azok alapvetően specifikációkat és ismereteket foglalnak magukban, tervezési folyamat számára. Az objektumok virtuális környezetet képeznek, amely alapvetően meghatározza az éppen uralkodó külső körülmények változásának hatását az objektumok tartalmára. Az aktív objektumnak birtokában kell lenni mindannak a tudásnak, amely szükséges ahhoz, hogy a külső és belső hatásokra való reagálás képességét megszerezze. Kijelenthető, hogy nem lehet minden objektum sikeres. A sikertelenség jele például, hogy az objektum nem képes egy hagyományos modellnél nagyobb mértékben segíteni a mérnököket. Az objektum generálja kívánt hatását a külvilágra, de nem mindig tudja érvényesíteni.

1.3 Az aktív modell alkalmazásának alapfogalata. Egy modellezett objektum módosítása maga után vonja további saját módosulásait, valamint a logikailag vele összefüggő környezetét képező, illetve éppen a módosítás következtében logikai környezetébe került más modellezett objektumok módosításait. Mindezt a vizsgált objektumban és más objektumokban folyó kiértékelések határozzák meg és korlátozzák. A mérnök az ember-számítógép kapcsolaton keresztül követi és befolyásolja a kiértékelési folyamatokat, új elemekkel gazdagítja az objektumokat, és konfliktusokat old fel. Hatáskörét korábbi definíciókon keresztül önmaga, más személyek, valamint objektumok tevékenységeként létrejött korábbi és parallel kiértékelések korlátozhatják.

2. Kitéüntetett objektumok viselkedését meghatározó sajátosságok és ábrázolási módok azonosítása és definiálása.

2.1 A környezet-adaptív objektumok funkcióinak meghatározása. A funkciókat a modellezett mérnöki objektum viselkedéseinek adott körülmények között történő kiértékelése, az ön-kiértékelés és szükség esetén módosítás, a kísérlet más objektumok módosítására - ennek kapcsán alternatív megoldások generálása, amennyiben az objektum környezetére nem képes hatni -, végül új kapcsolatok keresése csoportokba soroltuk. Az objektum-humán együttes átvehet feladatot más együttesektől és át is adhat azoknak, saját, vagy magasabb prioritású külső elhatározás alapján. Ez utóbbi eljárást a virtuális tervezőirodák dinamizmusában képzeljük el implementálni, mint hozzájárulást a mindenkor legalkalmasabb tervezők, modellező eljárások és modellek kiválasztásának metodikájához.

2.2 Integrált modell kiterjesztett sajátosság alapú ábrázolása. A vizsgálatok alapján egy integrált modell körvonalazódott, amely a kutatás tárgyát képező objektumok meghatározásának egyik alapja. Meg kell határozni a modellezett rendszer elemeinek viselkedéseit és ezek kapcsolatát a modellben leírt paraméterekkel. Az eljárásban az alaksajátosságokat összekapcsoló relációk sajátosságként definiáltak, amely lehetővé teszi az alakokkal kapcsolatos adaptív láncok kezelését. Ezután minden egyéb információ, amely közvetlenül nem alaksajátosságot ír le, valamely alaksajátosság-leírás, vagy alaksajátosságok közötti összefüggés-leírás részeként funkcionál. Ezzel egységes és homogén modellábrázolás alakul ki.

2.3 A modell-objektum alapvető működései. Az intelligens objektum alapvető működéseiben fogadja a külvilág változásával kapcsolatos információt, erre reagálva adaptív hatásokat generál önmagára és más objektumokra vonatkozóan. A működések középpontjában a jelenleg körvonalazódó szituáció-kezelés van. Ez koordinálja a hatásokat, a struktúrákat és a viselkedéseket. Azonosítja a körülményeket és reaktív viselkedést generál. Ehhez a viselkedéseket szituáció-specifikusan kell definiálni a modellben. A szituáció valójában az esetet befolyásoló paraméterek meghatározott, sajátos, elemezendő helyzetet teremtő együttállása.

2.4 A modell-objektum informatikai struktúrája. Alapvetően a benne foglalt fizikai és logikai mérnöki objektumok entitásokkal és paraméterekkel történő leírását, az ezekkel kapcsolatos belső és külső asszociativitás-definíciókat, a definiált szituációk értékeléséhez és adaptív műveletekkel kapcsolatos döntésekhez szükséges ismereteket, a belső, a kifelé menő, és a kintről fogadott módosítási kezdeményezések engedélyezési feltételeit, valamint a viselkedéseknek és az adaptív műveleteknek a leírásait tartalmazza.

2.5 Konfliktusok különböző hatás-definíciók ütközésénél. A konfliktusokat a viselkedés-elemzés kezeli a szándéktulajdonosok hierarchiájának, a kapacitásokat érintő módosításoknak, az újonnan integrált erőforrásoknak és a módosított szándékoknak a módszerével. A konfliktus oka lehet kapacitás természetű, vagy valamely szándékkal szembehelyezkedő szándék. A kapacitás típusú konfliktusokat kapacitás, korlát, elemzés, küszöbérték-tudás, vagy tapasztalat idézi elő. A szándékkal szembenállás érinthet modellezett vagy

kommunikált szándékot. A modellezett szándékok meglévő döntésekkel, preferált vagy korábban elvetett megoldásokkal és preferált stratégiákkal kapcsolatosak. A kommunikált szándékok interakciók vagy sikertelen adaptív akciók.

2.6 Az integrált modell-objektum építésének folyamata. Az integrált modell-objektum generikus objektum-definícióból kiindulva, alapvető vagy kezdeti és hozzáadott jellemzőkből, intelligens tartalom és elemzés alapján történő adaptivitás-kezeléssel épül. A hozzáadott jellemzők önadaptivitásból és elfogadott külső adaptivitásból származnak. Az építés módszere jelentősen eltér a szokásostól, amennyiben a modellezett objektumok definiálása, majd kontextus és egyéb alapú kapcsolatba hozása helyett minden mérnöki objektumot létező modell-objektumok valamely működéseinek eredményképpen definiál és ír le.

3. A kitiüntetett objektumok adaptív tulajdonságait meghatározó sajátosságok és ábrázolási módok.

3.1 Az intelligencia emulációja modellezésnél. Magas szintű absztrakciót tekintve az integrált, környezet-adaptív, kezdeményezésre és más kezdeményezés elfogadására egyaránt alkalmas modell objektum kísérletet jelent arra, hogy a napi mérnöki feladatok megoldására alkalmazott modellező-elemző rendszerekben az intelligencia valamely emulációja valósuljon meg. A rendszerben emberi szándékot, valamint bevált és előírt gyakorlatot reprezentáló intelligens tartalom alapján, célokra megfelelő viselkedésre alapozott modell generálására kerül sor, mely modell alapvetően specifikációkból és ismeretekből áll. Az intelligens tartalmat modell-entitások automatikus generálására, paramétersorok meghatározására, valamint szimulációs vizsgálatokhoz alkalmazzák.

3.2 Integrált modell objektum általános struktúrája. Az integrált modell objektum egységes elvi struktúrájában paszportot, definíciókat, azok példányait, asszociativitásokat, valamint külső és belső kommunikációkat helyeztünk el. A definíciók a modellezett objektumokhoz kapcsolódnak. Entitások modellezett objektumokat, ismereteket, körülményeket és procedúrákat írnak le. A változások hatására, az asszociativitás-láncban, illetve a viselkedések újraelemzése következtében létrejött adaptív módosítási igény alapján, nem befolyásolt, befolyásolt vagy befolyás ismeretlen státuszt kapnak. Az asszociativitás lehet definiált, ismert de nem definiált, vagy ismeretlen. Folytatva a definíciók típusait, a megoldás modellezett objektumok együttállása, amelyhez procedúrák kapcsolódnak. A modellezett objektumhoz viselkedései tartoznak, amelyek a szituációk mellett procedúrákra mutatnak. A szituációkhoz körülmény-definíciók állnak rendelkezésre.

3.3 Szándékvezérelt modellezés. A modellezett objektumok paramétereivel kapcsolatos döntéseknél az ismerethasznosítás mechanizmusát az alábbiak szerint állapítottuk meg és modelleztük. A döntés folyamatában a felelős mérnök a meghatározó szándékforrás. A meghatározó szándékforrás ítéletén keresztül érvényesülő szándékforrások további mérnökök, valamint a beépült ismeretek. A meghatározó szándékforrás tudomásul veszi, hogy az övénel erősebb szándékok is vannak, amelyeket vagy figyelembe vesz, vagy erősebb szándékforrástól kér konfliktus-feloldást. Közben hasznosít korábban definiált ismereteket és maga is definiál új ismereteket vagy módosít korábban általa definiált ismereteket. Felhasználja tapasztalatait, melyhez tárolt ismeretet alkalmaz.

3.4 Szituáció alapú viselkedéselemzés módosítások hatásainak kiértékeléséhez. A modellezett objektum tartalma szerint néhány viselkedés jellemzi. Feltételezzük, hogy az objektum bármely változása, vagyis továbbfejlesztése vagy módosítása hatással lehet egy vagy több viselkedésre. Tehát a megváltozott objektum, illetve annak hatásövezetében, a változtatás következményeként megjelenő változtatások a viselkedések újraértékelését igényelhetik. Miután a viselkedés önmaga is tervezési cél, a tervezési cél, így az elvárt (specifikált) viselkedés is változhat, ezért fenteknek fordítva is működni kell. Ha a változások a viselkedésekhez definiált szituációkat módosítják, a viselkedést újra kell értékelni, különben nem. Az automatikusan aktivált újraértékelés "érzékenysége" beállítható.

3.5 Bevert modellalapú szimulációk és a javasolt viselkedés-elemzés kapcsolata. Számos szimulációt alkalmaznak ipari modellező rendszerekben. Az integrált modell objektumnak külső erőforrásként igénybe kell venni ezeket a szimulációkat. A szimuláció valamely tervezési célt vizsgál, ezért a javasolt viselkedés alapú változás-kezelésbe beilleszthető. A külső szimuláció működhet ismeretforrásként, ahol az ismereteket vagy maga adja, vagy az integrált modell objektumba épült ismereteket használja fel. Tekintetbe kell még venni a fejlett modellező-rendszerek azon képességét is, hogy azok képesek meghatározni a leírt objektumok paramétereinek optimális együttállását.

3.6 Modellezett objektum felépülése. Az objektum leírásának létrejötté a modell-objektumon belüli és az azon kívülről jött módosítási kísérletek sorozatának az eredménye. Amennyiben a módosítási kísérlet elfogadott

státuszt kap, a kívánt viselkedéseket meghatározó szituációk értékeléséhez szükséges körülmények határozzák meg az objektumot. A körülményeket egyrészt a külvilág (csatlakozások) kontextuális és egyéb asszociatív kapcsolatok formájában előírja, másrészt az alkalmazott ismeretek alapján kerül a döntéshez. A két származtatási mód konfliktusának előfordulása igen valószínű.

3.7 Módosítások a modellezett objektumban. Egy modell-objektum egy mérnöki folyamat meghatározott pontján, egymással összefüggésben ír le modellezett objektumokat. A modellezett objektumokkal kapcsolatos bármely változást, legyen annak célja azok fejlesztése, változat-képzése, vagy javítása, módosításnak tekintünk. Ennek célja a mérnöki folyamat számítógépi intelligenciával támogatott, egységes kezelésének a megvalósítása. A hagyományos, merev struktúrák mentén való haladást hatásövezeti elemzések váltják fel. A hatásövezetet asszociatív definíciók határozzák meg. Az elemzés egyaránt figyelembe vesz igényelt és elfogadott módosításokat és nagy valószínűséggel további módosítási igényeket generál, miközben kísérleteket tesz a hatásövezet kiszélesítésére.

3.8 Modellezett objektum módosulásainak a kommunikációja. A módosítások kommunikációja a hatásövezet mentén a mérnöki folyamat kritikus eljárási háttérét képezi. A modellezett objektumok viselkedésének elemzéséhez szorosan kapcsolódó kommunikáció a hatásövezetben definiált asszociatív kapcsolatok lánci mentén halad. A hatásövezet kiszélesítésének igénye új modellezett objektum paraméterek bekapcsolására új asszociatív definíciókat igényel. A kiszélesítési igényben jelentkező, de ismeretlen asszociatív kapcsolatban lévő, nem modellezett objektumok figyelembe vételét az eljárás a felelős mérnökök interakciója által megköveteli.

4. Implementálható objektum-definíciók, virtuális termékdefinícióhoz, virtuális világ építőköveinek létrehozása érdekében.

4.1 Komplex modellezett objektumok elemezendő sajátosságait magában foglaló mintarendszer konfigurációja. A vizsgálatok komplex, a kutatás tárgyát képező, objektumok elemezni tervezett sajátosságait magán hordozó mintarendszereként meghatároztuk azt a robotrendszert, amelyben alakmodellek alapján, kezdeti alakból valamilyen konverziós eljárással módosított fizikai alakokat kezelnek. A roboton definiált és az általa kezelt alakok térbeli, a robot trajektóriák által dinamizált kapcsolatban vannak. A mintarendszerben aktuális működéseket kell megfeleltetni a kezelt alakok, a robot, a kapcsolódó átalakítási folyamatok, a termelési program és a költségek specifikációinak. Ez a lista az objektumok bővülő külső kapcsolatai révén bővíthető.

4.2 Modell-objektumok létrehozásának folyamata. Az intelligens modell objektum létrehozásának folyamata a tervezői szándék definiálását, az ezt támogató háttér-információ menedzselését, az objektumban foglalt entitások generálását, valamint létező objektumokhoz való hozzáférés biztosítását vagy adatcsere-állomány generálását végzi. Mindezt létező objektumok környezet-adaptivitási aktivitása eredményezi. A továbbiakban az objektum irányítja saját kiegészítését új modell entitásokkal, illetve más objektumok entitásainak létrehozását. Valamely objektumok létrehozását tehát csak más objektumok kezdeményezhetik, amelyek asszociativitása így garantálható. Valamely létrehozott objektum részben vagy teljes egészében szükségtelenné teheti a létrehozó objektumot, amely ilyenkor inaktívvá válik: megsemmisül, vagy archívumba kerül.

4.3 Ismeretek beépülése többszintű modellbe. A modell-objektumokban csak az emberi szándék szűrőjén keresztül lehet létrehozni, beépíteni, vagy alkalmazni ismereteket. A kutatásban felhasználtuk a korábbi OTKA T 026070 projektben, az emberi szándék modellezésére kapott eredményeket. A javasolt eljárás elfogadja azt a klasszikus helyzetet, miszerint az ismeret egyaránt lehet a számítógépes eljárásba beágyazott, azzal integrált, vagy azon kívülről hivatkozott. A kutatás tárgyát képező integrált modell objektumok esetében azonos számítógépi eljáráson belül mindhárom eset előfordul. Vagyis van ismeret, amely nélkül az eljárás nem létezhet. Más szóval csak külső ismerettel meghajtott teljesen általános működési mechanizmus, amint az korábban a mesterséges intelligencia kutatások egyik célja volt, legtöbbször nem alkalmazható. Ez az elméleti eredmény természetesen nem zárja ki általános érvényű számítógépes eljárások (programok) alkalmazását, például fokozatos illesztés, mint implementációs módszer segítségével. Az integrált ismeret mellet mind több a hivatkozott ismeret. Ezekre azonban nem elég hivatkozni, ezeket ismerni kell, és el is kell érni. Ez az új eljárás, kifejezetten az implementálhatóságot elősegítő elméleti alapotként került be a kutatásba.

4.4 Intelligens alak-centrikus objektumleírás. A modellezett alak a komponenseikből felépülő modellezett objektumok esetében információ-integrátornak tekinthető, amennyiben minden más információ az alakinformációhoz kapcsolható. Ez egy régi felismerés, azonban az egyszerű funkcionális és a szabadformájú formatervezett alak-elemek egységét megteremtő határfelület-ábrázolások intelligens kezelése nem megoldott.

Ezért vizsgálatokat végeztünk, amelyekben az alakkal kapcsolatos objektum-leírásokat az integrált modell-objektumok sajátosságai szerint elemeztük.

4.5 Alapvető folyamatok. A mérnöki folyamatok szervezése érdekében a modell-objektum alapvetően fejlesztési, viselkedési, interfész és tanulási folyamatokat valósít meg. A fejlesztési folyamatok folyamatosan fejlesztik a generikus és a példány objektum-leírásokat, valamint a modellezési képességeket. A viselkedések elemzése és az ehhez szükséges szituációk generálása a modellezett objektumokra vonatkozó viselkedések leírásait használja. Az interfész folyamatok teszik lehetővé hatások kiadását és fogadását. Minták, szabályok és egyéb ismeret-elemek tanulását külön folyamatok szolgálják. A folyamatok feladata még a modellezés külső, pl. professzionális modellező rendszerbeli, vagy hozzákapcsolt intelligens eljárások biztosítása, alapvető jelentőségű erőforrásainak bekapcsolása.

4.6 Ismeretek és modell-objektum funkciók. A generalizált és aspektus-alapon álló ismeretbázist elsősorban emberek szándékai, modellezett objektumok viselkedései, háttérükkel leírt döntések, asszociatív összefüggésekből felépülő hatásövezetek, valamint generikus és reprezentatív példány objektum-definíciók alkotják. Az ismeretek a modell-objektum funkcióit támogatják, mint definíciók és alkalmazásuk, célok, döntések és tények felvetése és elfogadása, konfliktusok kezelése, módosítások következményeinek feltárása, valamint tapasztalatok archiválása.

4.7 Modellezett objektum információ-struktúrája. Kísérletképpen, a mérnöki objektumok gyakorlatából jól ismert többszintű információ-leírásnak a modell objektumokban való alkalmazására generált, kontextuális, attributált, kombinált, variáns, helyezett, elmozduló, befolyásolt, előállítás-irányított és fizikailag létező alakokhoz kapcsolódóan határoztuk meg az alak-centrikus mérnöki objektumok leírásának alkalmas szintjeit.