

Modelltranszformációk validálása és alkalmazása

Validating and Applying Model Transformations

A modell alapú szoftverfejlesztés, a modellvezérelt paradigma alkalmazása esetén a különböző absztrakciós szintű modellek és azok transzformációi révén automatizált, követhető és ellenőrizhető lépésekkel áll elő a kifejlesztett rendszer vagy annak egy része. A modellvezérelt paradigma általános elterjedése azonban a korábbi optimista becslésekkel ellentétben nem a várt ütemben történik, egyrészt a paradigmaváltás nehézségei, másrészt kellően általános, hatékony és minőségében ellenőrzött megoldások hiánya miatt. A szakterület-specifikus nyelvek esetében, főleg műszaki területeken, jelentős előrelépés történt az utóbbi években. Az értekezés a modellvezérelt fejlesztés központi elemére, a modelltranszformációkra koncentrál: hatékony, gyakorlatban is alkalmazható megoldásokat dolgoz ki transzformációk validációja, szakterületspecifikus nyelvek megalkotása és alkalmazása kapcsán.

Az értekezés szerzője rátalált a terület húzó ágazatára, emellett jól látja a modelltranszformációs módszerek gyakorlati használatának fontosabb akadályait és ezért munkája során ezen problémák lehetséges megoldásait vizsgálta. Elmondhatjuk, hogy az értekezés célkitűzése egy nemzetközileg intenzíven kutatott terület alapvető kérdéseire irányul. A szerző jelentős lépéseket tett annak érdekében, hogy egy érdekes elméleti kutatási terület alkalmazhatóságát előre mozdítsa.

Az értekezés tézisei új tudományos eredményeket mutatnak be a modelltranszformációk verifikációja és validációja, valamint szakterület-specifikus nyelvekhez kapcsolódóan modellvezérelt megoldások támogatása, tervezési minták alkalmazása és szakterület-specifikus tulajdonságok validálása terén. Habár a tézisek tartalma egységes irányba mutat, az eredmények szerteágazó területeket érintenek. Az eredmények közül kiemelném a tervezési minták bevezetését szakterület-specifikus nyelvek használata esetén, a modelltranszformációk kezelésének kiegészítését szakterület-specifikus validáló feltételekkel, melyhez a validáló kényszerek transzformáció közbeni kiértékelése is társul, melyek folyamatról a szerző belátta, hogy nem módosítja a kimeneti modellt. Az értekezés számos eredményt ismertet, melyek közös tulajdonsága, hogy az elméleti eredmények jelentős gyakorlati hatással rendelkeznek.

A szerző vezető szerepet játszik az elméleti eredmények gyakorlati alkalmazásában, mely a legnyilvánvalóbban a VMTS és a SensorHUB keretrendszerek folyamatos továbbfejlesztésében nyilvánul meg. Az eredmények számos hazai és nemzetközi projekthez kapcsolódóan születtek meg illetve azokban kerültek alkalmazásra. A szerző munkássága ezen a téren is kiemelkedő, EU projektek mellett hazai ipari szereplőkkel és hazai kutatóműhelyekkel is végzett közös munkát. Sőt, a számos jelenleg is folyamatban levő kutatási projekt, a friss publikációk a jövőre nézve is pozitív képet mutatnak.

A doktori értekezés mögött jelentős publikációs tevékenység áll. A tézisek eredményei számos folyóiratcikkben és konferenciatickkben jelentek meg, a szerző 132 publikációja közül 42-őt jelölt meg, melyek közvetlen módon kapcsolhatók a tézisekben összefoglalt eredményekhez. A szerző eredményeit a szakterület meghatározó nemzetközi folyóirataiban publikálta, az impakt faktoros publikációinak száma 12. Az eredmények nemzetközi elismertségét jól példázza, hogy a terület

elismert folyóirataiban publikál (Journal on Software and Systems Modeling és Journal of Software Testing, Verification & Reliability). Emellett ki kell emelni, hogy a szerző a terület vezető konferenciáján, a MODELS konferencián (ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems) ún. "Tutorial" szekció keretein belül tartott oktatást a terület kutatóinak két alkalommal is Simulink modellek kezelése gráf-újraírással, illetve ipari tapasztalatok a metamodellezés, modellfeldolgozás és szimuláció területén címmel.

Az értekezés tartalma a formai követelményeknek megfelelő terjedelemben kerül ismertetésre, nyelvezete szabatos, igyekszik a tömör, érthető fogalmazásra. A fogalmak, módszerek megértését ábrák segítik. A tézisek önálló fejezetekben kerülnek bemutatásra, az értekezés végén külön tézispontok szerinti összefoglalóval. Az értekezés összességében igényes munka, mely megf. a formai, szerkesztési követelményeknek.

A pályázó tudományos munkája meggyőző, magas színvonalú és inspiráló. A három tézisben bemutatott eredményeket új tudományos eredményeknek ismerem el, melyek megfelelnek az MTA doktora cím odaítélése kapcsán támasztott követelményeknek. Mindezek alapján javaslom a nyilvános vita kitűzését és Lengyel László részére az MTA doktora cím odaítélését.

A továbbiakban az értekezéshez kapcsolódó megjegyzéseimet, kérdéseimet részletezem.

Az értekezés a motivációk és az értekezés szerkezetének ismertetése után egy nagyobb fejezet keretein belül tárgyalja különböző szakterületek kapcsolódási pontjait. Az értekezés tézisei igen sok témához kapcsolódnak, melyeket így is csak érintőlegesen tudott tárgyalni a szerző. A magasabb szintű ismeretek (IoT világa, szoftverfejlesztési módszerek) után magáról a (meta)modellezéssel, a modelltranszformációkkal akár kis példákon keresztül jó lett volna megismertetni az olvasót, még mielőtt magukat a transzformációs módszereket tárgyalja a fejezet, azonban a disszertáció méret korlátai ezt megnehezítették.

1. Tézis - GRÁFÚJRAÍRÁS ALAPÚ MODELLTRANSZFORMÁCIÓK VERIFIKÁLÁSÁT ÉS VALIDÁLÁSÁT TÁMOGATÓ MÓDSZER

Az első tézis a gráfújraírás alapú transzformációk tesztelésével foglalkozik. Egy átfogó kép megalkotásához szükséges alapvető definíciók és a modelltranszformációk osztályozása a kiinduló pontja a tézisnek. A szerző tulajdonságosztályokat vezetett be, melyek verifikációs/validációs megoldásokra nézve segítenek eligazodni, lehetővé téve a transzformációs megoldások összehasonlítását. A modelltranszformációk validálásához sok esetben a modelleket egy másik területhez tartozó modellé alakítják, pl. Petri hálók, melyek lehetővé teszik adott tulajdonság kézenfekvő bizonyítását. A szerző jelentős kontribúciója a különböző validálási útvonalak és a hozzájuk tartozó osztályok megalkotása. A számba vett tulajdonság osztályok széleskörűen lefedik a fontosabb tulajdonságokat, emellett a szerző kiértékeli az elérhető transzformációs módszereket, eszközöket és modell-ellenőrzőket az általa megalkotott szempontok szerint.

A modelltranszformációk igen bonyolultak is lehetnek, melyeket az adott szakterület szakemberei sokszor iteratívan fejlesztenek. A szerző a teljes lefedettséget biztosító statikus módszerek és az inputtól függő dinamikus módszerek között definiált köztes szinteket, melyek segítségével bizonyos – gyakorlati szempontból fontos – területeken jelentősen csökkenthető a komplexitás. Ezen felül, mivel a tapasztalatok azt mutatják, hogy a modellvezérelt fejlesztés során fellépő hibák jelentős része a

transzformációkban található, a tézis további fontos eredménye maguknak a transzformációknak a tesztelésére irányul. A tesztelés a mai napig egyik leghatékonyabb módszer hibák megtalálására, ezáltal a minőség növelésére. A bemutatott módszer alkalmas input modelleket generál. A generáláshoz több módszert is megad a szerző, pl. minden lehetséges útvonal bejárása. A módszer nemcsak a transzformációk tesztelésére alkalmas, hanem a transzformációs motorok tesztelésére is. A bemeneti és kimeneti modell közötti megfelelésség ellenőrzése általában kézi módszerrel történik. Ehhez a tézishoz kapcsolódik a szerző egyik fontos publikációja, mely a tesztelés és verifikáció területén nemzetközileg elismert STVR (Journal of Software Testing, Verification & Reliability) folyóiratban jelent meg „Formal specification and analysis of functional properties of graph rewriting-based model transformation” címmel.

Kérdések

1. A forrás modellekből cél modellekbe történő modelltranszformációk mellett lehetőség van a fordított irányú transzformációkra is (reverse engineering). Milyen eredmények vannak a szakirodalomban az ilyen jellegű transzformációk vizsgálatára, és van-e szerepük a modelltranszformációk verifikációja területén?
2. Hagyományos fejlesztési projekteknél (pl. nyílt forráskódú Java projektek) általában ezres-tízezres nagyságrendben készülnek egységesztek. A generált, teszteléshez használt bemeneti modellek száma a tapasztalatok alapján milyen határok között mozog egy szakterület-specifikus nyelv esetén?

2. Tézis - MODELLVEZÉRELT MEGOLDÁSOK TÁMOGATÁSA SZAKTERÜLET-SPECIFIKUS NYELVEK ÉS MODELLFELDOLGOZÓK ALKALMAZÁSÁVAL

A tézis olyan módszereket mutat be, melyek a szoftverfejlesztés folyamatát több ponton segítik. A modellvezérelt megoldások a követelmény és tervezés fázisokon túl a kódgenerálás, tesztelés területén is alkalmazhatók. A szerző kollégáival megvalósított egy Eclipse alapú rendszert, mely támogatja a folyamat során készített modellek kezelését – használati eset, aktivitás, követelmények és fogalom (concept) modellek. A szerző kiemeli a tesztek modell alapján történő generálását, mely jelentős erőforrás megtakarítást jelenthet a fejlesztés során. Szintén fontos momentum a módszerben, hogy elősegíti a követelmények, a rendszermodellek és a tesztek közötti nyomon követhetőséget, ami nemcsak a kezdeti fejlesztési, hanem a szoftver evolúciós fázisban bír nagy jelentőséggel: hibajavítás, új vagy módosult követelmények esetén a fejlesztők általában segítség nélkül kell megtalálják mely programrészletek valósítanak meg egy adott követelményt. Ebben a munkában a kapcsolat a követelmények és a megvalósított rendszer között jelentős emberi erőforrást takaríthat meg. A tézis eredménye még a szakterület-specifikus nyelvek modellvezérelt támogatásának módszere, mely kiterjed a nyelvek kialakítására és kezelésére is. Ez a folyamat kritikus egy-egy nyelv bevezetését és későbbi sikeres használatát illetően. A szerző megoldást ad a szakterület-specifikus nyelvek szöveges és grafikus reprezentációjának együttes kezelésére is.

A tézis további eredményei a Simulink modellek integrálása a gráfújrírás alapú keretrendszerbe, illetve az energiahatékonyság modell szinten történő kezelése. A Simulink modellek kezelésének kérdései sokszor felmerülnek tudományos fórumokon, a nyelv elterjedtsége miatt is jó demonstrációs eszköz. A szerző sikeresen alkalmazza eredményeit Simulink modellek integrációja és validálása során.

Kérdések

3. A napjainkban nagyon elterjedt agilis szoftverfejlesztési folyamat teremt-e új kihívásokat és lehetőségeket a modell alapú szoftverfejlesztési módszerekben?
4. A kidolgozott folyamatot támogató eclipse alapú rendszerben pl. a Use case modellek támogatása mennyire felel meg az UML szabványnak, illetve mik a legjelentősebb hozzáadott értékek egy általános UML modellezést támogató eszközhöz képest?

3. Tézis – SZAKTERÜLET-SPECIFIKUS TERVEZÉSI MINTÁK ALKALMAZÁSA ÉS SZAKTERÜLET-SPECIFIKUS TULAJDONSÁGOK VALIDÁLÁSA

A szoftverfejlesztésben a tervezési minták (design patterns) fogalma praktikusságuk, alkalmazhatóságuk és a minőségre való pozitív hatásuk miatt gyorsan elterjedt. Az első körben ismertté vált klasszikus minták katalógusa több szempontból is kibővült az évek során. A minták programkódnál absztraktabb szintekre is értelmet nyertek, pl. menedzsment szintje, és elterjedtek az ellen-minták leírásai is (anti-patterns). A minták erőssége a tapasztalati úton felhalmozott tudás formába öntésében rejlik. A modellvezérelt fejlesztésben a minták természetes módon a modellek és transzformációk tervezésében jelentkeznek. A szerző jelentős eredménye a szakterület specifikus modellezéshez kapcsolódva a tervezési minták bevezetése. Az elméleti alapokat a részleges példányosítás és a kapcsolódó fogalmak megalkotása jelenti, melyek révén részleges modellelemek kezelése is lehetséges. A szerző a metamodelleket a transzformációkkal azonos szinten kezelve, egy közös meta-meta szintet bevezetve több kapcsolódó tulajdonságot igazol részleges példánymodellekről, melyek a gyakorlatban előforduló problémák kiküszöbölésében alkalmazhatóak. Az eredmények alapján a VMTS rendszer kibővítésre került, így a módszer lehetővé teszi egy szakterület specifikus minta alkalmazását egy másik szakterületen is, biztosítva a tudás gyors újrafelhasználását.

A tézis másik nagyobb horderejű eredménye a szakterület-specifikus tulajdonságok kezelése és azok transzformáció közbeni validálása. A szerző definiálta a tulajdonságokhoz kapcsolódó pozitív és negatív sikerfeltételek fogalmait, és algoritmusokat dolgozott ki, melyek a feltételek alapján validáló transzformációs szabályokat állítanak elő. A feltételek megfogalmazhatóak kényszerekként is és gráf mintaként is (hasonlóan, mint a negatív alkalmazási feltételek (NAC) módszere, azonban ebben az esetben a feltétel a kimeneti modellre vonatkozik). A módszer frappáns, a validáló transzformációk menet közben végrehajthatók, és igazolt tulajdonságuk, hogy a validáción kívül nem módosítják a kimeneti modellt, tehát mellékhatás nélkül alkalmazhatóak.

A gyakorlatban azonban a validáló transzformációk átszövik (crosscutting) az eredeti transzformációkat. Ez nemcsak a generált validáló kényszerek tulajdonsága, a gráf topológián túl szöveges formában definiált kényszereket sok esetben áttekinthetőbb lenne külön modulként kezelni, azonban az átszövő jellegük miatt ez gyakran problémába ütközik. A szerző módszert és algoritmusokat adott meg, melyek az ismétlődő validációs kényszerek részben automatikus elemzésével azonosítják az átszövő kényszereket. Ezáltal megvalósul a kényszerek elkülönített kezelése, a kényszereket csak a szükséges hívási pontokon hivatkozzák a modellek.

Kérdések

5. A tervezési minták általában egy katalógus formájában jutnak el szélesebb közönséghez. A Graf IEC projektben, vagy más szakterületen készült ilyen katalógus?
6. A transzformációk modellfeldolgozás közbeni ellenőrzésére vannak-e más eredmények a szakirodalomban, pl. a gráfminta alapú leírás alkalmazása erre a célra?

Szeged, 2018. október 14.

Gyimóthy Tibor