

Automatsko generisanje konceptualnog modela baze podataka na osnovu kolaborativnog modela poslovnog procesa

Goran Banjac, Dražen Brđanin, Slavko Marić

Elektrotehnički fakultet

Univerzitet u Banjoj Luci

Banja Luka, Bosna i Hercegovina

goran.banjac@etfbl.net, bdrazen@etfbl.net, ms@etfbl.net

Sadržaj—U ovom radu je prikazan jedan pristup za automatsko generisanje inicijalnog konceptualnog modela baze podataka na osnovu kolaborativnog modela poslovnog procesa. Polazni model reprezentovan je BPMN dijagramom, a ciljani model UML dijagramom klasa. Primena implementiranog ATL-zasnovanog generatora ilustrovana je na realnom modelu.

Ključne reči—ATL; baza podataka; BPMN; kolaborativni model; konceptualni model; poslovni proces; UML

I. UVOD

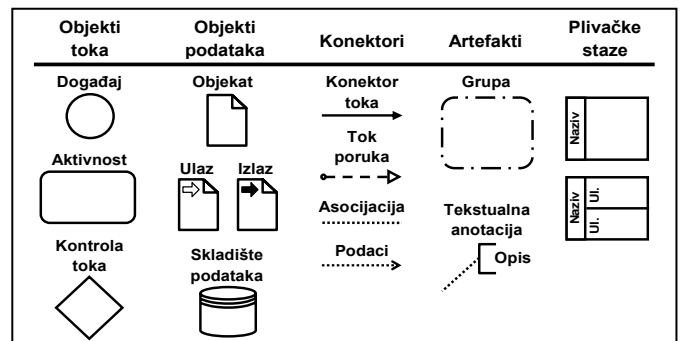
Prva i najvažnija faza u procesu projektovanja baze podataka jeste konceptualno modelovanje, koje za cilj ima specifikaciju strukture baze podataka na visokom nivou apstrakcije. Automatizacija konceptualnog modelovanja je predmet istraživanja dugi niz godina. Posebnu kategoriju pristupa za automatizovano generisanje konceptualnog modela podataka čine pristupi koji kao polazni osnov uzimaju grafički reprezentovanu specifikaciju zahteva. Iako je prvi rad [1], u kojem se predlaže sinteza modela podataka na osnovu grafički reprezentovane specifikacije zahteva, tj. modela, objavljen pre više od 25 godina, **modelom vodeni pristupi za sintezu modela podataka** (eng. *Model Driven Synthesis of Data Model – MDSDM*) još uvek su predmet intenzivnog istraživanja, jer semantički potencijal grafički reprezentovanih specifikacija korisničkih zahteva nije identifikovan u meri koja omogućava automatsko generisanje kompletnog ciljnog modela podataka. Pregled postojećih MDSDM pristupa dat je u [2]. Istraživanje [2] pokazuje da se MDSDM pristupi mogu podeliti na: funkcionalno orijentisane, procesno orijentisane, komunikaciono orijentisane i ciljno orijentisane. Većina postojećih MDSDM pristupa koristi procesno orijentisani model kao polazni model. I u ovom radu se kao polazni osnov koristi procesni model – kolaborativni BPMN model [3].

Rad je organizovan na sledeći način. Nakon uvoda, u drugom delu ukratko je prikazana polazna notacija. U trećem delu je analiziran semantički potencijal kolaborativnog BPMN modela, na osnovu čega su specifikovana pravila za automatsko generisanje ciljnog modela. Primena implementiranog generatora ilustrovana je u četvrtom delu. U petom delu su ukratko prikazani postojeći BPMN-zasnovani MDSDM pristupi, kao i njihove osnovne karakteristike. Na kraju su dati zaključci i pravci za nastavak istraživanja.

II. KOLABORATIVNI BPMN MODEL

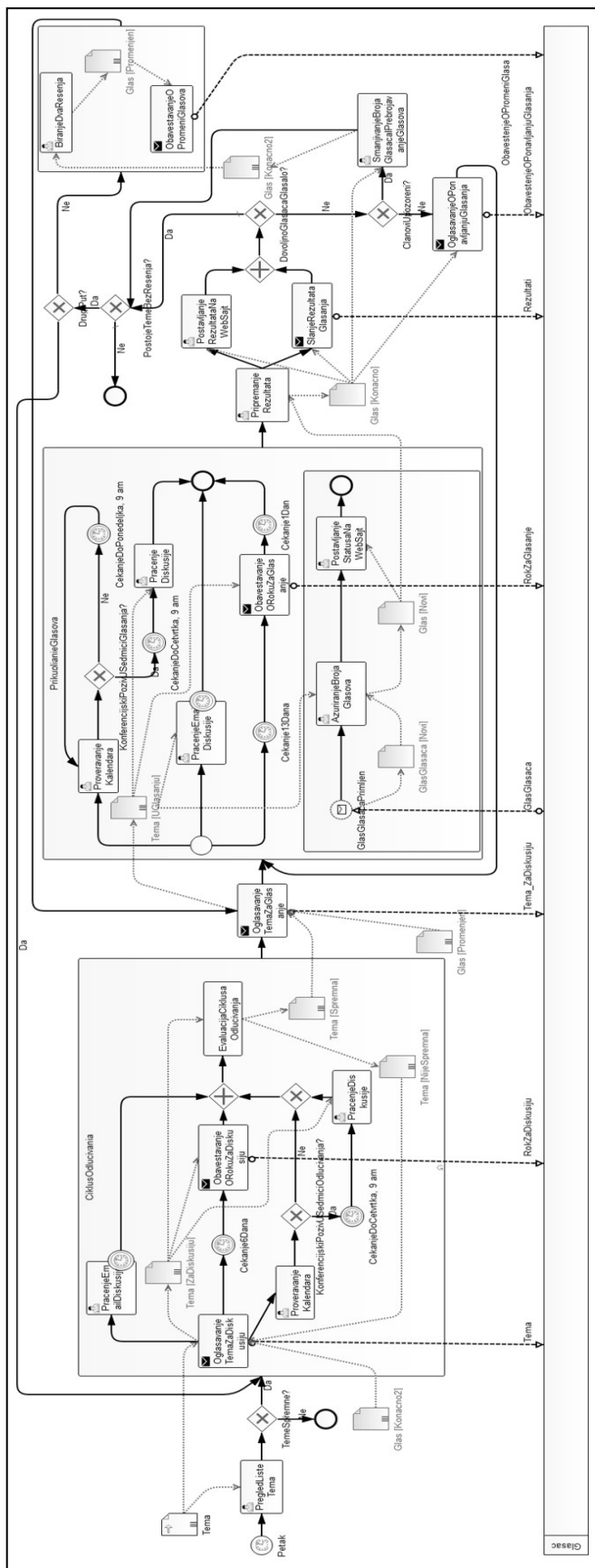
BPMN [3] podržava tri tipa *end-to-end* modela: (1) orkestracija (eng. *orchestration*), (2) koreografija (eng. *choreography*), i (3) kolaboracija (eng. *collaboration*). Kao polazni model za automatsko generisanje konceptualnog modela, u ovom radu se koristi kolaborativni model poslovnog procesa. Kolaborativni model omogućava modelovanje razmene poruka između dva ili više poslovnih učesnika. Model kolaboracije obično sadrži dve ili više plivačkih staza, koje predstavljaju učesnike u kolaborativnom modelu poslovnog procesa. Razmena poruka između učesnika se predstavlja tokovima poruka koji povezuju dva učesnika ili odgovarajuće elemente koji pripadaju nekim učesnicima.

BPMN poseduje bogat skup elemenata, koji su podeljeni u pet osnovnih kategorija: (1) objekti toka (eng. *flow objects*), (2) objekti za modelovanje podataka (eng. *data*), (3) konektori (eng. *connection objects*), (4) plivačke staze (eng. *swimlanes*), i (5) artefakti (eng. *artifacts*). Pregled osnovnih BPMN elemenata za modelovanje dat je na sl. 1. Detaljna specifikacija (relevantnog dela) BPMN metamodela može se naći u [3].



Slika 1. Osnovni BPMN elementi za modelovanje [3].

Na sl. 2 dat je ilustrativni BPMN dijagram, koji reprezentuje kolaborativni model poslovnog procesa "E-mail glasanje". Ovaj model koristi se u radu za ilustraciju primene implementiranog generatora. Prikazani model predstavlja modifikovanu verziju modela koji je korišten prilikom razvoja notacije (BPMN), a opisan je u [4].



Slika 2. Model poslovnog procesa "E-mail glasanje".

III. KOLABORATIVNI MODEL POSLOVNOG PROCESA KAO OSNOV ZA GENERISANJE KONCEPTUALNOG MODELA

U ovom delu prezentovan je semantički potencijal kolaborativnog modela poslovnog procesa za automatizovano generisanje konceptualnog modela podataka. Na osnovu identifikovanog semantičkog potencijala, specifikovana su pravila za sintezu ciljnog modela. Pristup koji se koristi u ovom radu zasniva se na ranije identifikovanom semantičkom potencijalu UML dijagrama aktivnosti za automatsko generisanje konceptualnog modela [5], a prilagođen je BPMN konceptima koji imaju istu semantiku kao koncepti u UML dijagramu aktivnosti i dodatno je proširen na koncepte sa sličnom semantikom (npr. tokovi poruka).

Za reprezentaciju ciljnog konceptualnog modela koristi se UML dijagram klasa [6]. S obzirom na početni cilj istraživanja – generisanje pravilne strukture ciljnog modela, klase ne poseduju operacije, a sve asocijacije su binarne. Svaki entitetski tip se modeluje korespondentnom klasom istog imena. Svaka klasa u ciljnom modelu ima po jedan atribut čiji je naziv *id* (primarni ključ). Svaki vezni tip se modeluje korespondentnom asocijacijom istog imena. Multiplikativnosti krajeva asocijacije odgovaraju kardinalnostima mapiranja te ograničenjima učešća odnosnih entitetskih tipova u datom tipu veze. Pored opštih asocijacija, u ciljnom modelu se koristi i agregacija (specifična asocijacija koja omogućava modelovanje veza tipa *deo-celina*). Detaljna specifikacija UML metamodela može se naći u [6].

A. Automatsko generisanje klasa

Prema [5], klase mogu da se generišu na osnovu tri tipična koncepta u kolaborativnom modelu poslovnog procesa, a to su: **učesnici**, **objekti** i **aktivacije postojećih objekata**.

Svaki učesnik u polaznom modelu mapira se u odgovarajuću klasu istog imena u ciljnom modelu. Svaki učesnik može (ali i ne mora) da ima jednu ili više uloga, a svaka uloga može da se podeli na (pod)uloge. Uloge se, takođe, mapiraju u odgovarajuće klase u ciljnom modelu. Kako neke uloge koje pripadaju različitim učesnicima, mogu imati isti naziv, nazivi generisanih klasa treba da su različiti. Nazivi generisanih klasa, koje odgovaraju ulogama, dobijaju se konkatencijom naziva odnosnog učesnika i date uloge. Nazivi klasa, koje odgovaraju podulogama, dobijaju se konkatencijom naziva odnosnog učesnika, naziva svih naduloga te naziva date poduloge.

Tokom izvršavanja poslovnog procesa, učesnici izvršavaju zadatke/operacije. Svaki zadatak može da ima neke ulazne i/ili neke izlazne objekte koji mogu biti u različitim stanjima. Prema [5], postoje dve kategorije objekata: generisani objekti i postojeći objekti. Generisani objekti su objekti koji su generisani u posmatranom poslovnom procesu. Nakon generisanja, ti objekti mogu da predstavljaju ulazne objekte za neke druge zadatke. Tim zadacima može da se menja njihovo stanje ili se na osnovu njih mogu generisati neki drugi objekti. Postojeći objekti su objekti koji nisu kreirani u datom, nego u nekom drugom poslovnom procesu. Postojeći objekti se u posmatranom poslovnom procesu mogu u nekim zadacima koristiti za generisanje drugih objekata. Pored ovih zadataka, moguće je postojanje zadataka kojima se menja stanje postojećih objekata, što se naziva aktivacijom postojećih objekata. Nakon aktivacije, aktivirani postojeći objekti mogu, slično generisanim objektima, da predstavljaju ulaz u neki sledeći zadatak.

U kolaborativnom modelu poslovnog procesa učesnici razmenjuju poruke. Poruke mogu da budu zapravo objekti koji su generisani nekim zadatkom u datom procesu, a koji se nakon prijema mogu koristiti u nekim drugim zadacima.

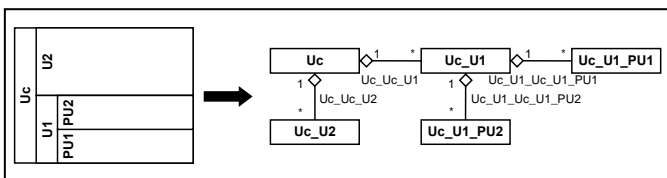
Prema [5], svaki različit tip objekta mapira se u klasu čiji naziv odgovara nazivu tipa objekta. Zbog slične semantičke prirode objekata i tokova poruka, isto pravilo može da se primenjuje i za objekte i za tokove poruka, odnosno svaki različit tip toka poruka se mapira u klasu čiji naziv odgovara nazivu tipa toka poruka.

Aktivacija predstavlja činjenicu da neki postojeći objekat predstavlja ulaz u neki zadatak koji menja stanje datog postojećeg objekta. Prema [7], naziv klase koja predstavlja aktivaciju objekta dobija se konkatencijom naziva objekta i naziva stanja.

B. Automatsko generisanje asocijacija

Razlikujemo tri tipa asocijacija u ciljnom konceptualnom modelu: *učesnik-učesnik*, *učesnik-objekat* i *objekat-objekat*.

Asocijacije tipa učesnik-učesnik. U kolaborativnom modelu poslovnog procesa, učesnici mogu imati različite uloge. Svaku ulogu obavlja neki konkretan učesnik. Tokom vremena, istu ulogu mogu obavljati različiti učesnici. Dakle, svaka uloga predstavlja apstrakciju nekog broja entiteta istog tipa. To implicira da klasa koja odgovara nekom učesniku mora biti povezana sa klasama koje predstavljaju uloge koje pripadaju datom učesniku. Analogno važi i u slučaju ako je neka uloga podeljena na poduloge. U tom slučaju, klasa koja predstavlja datu ulogu mora biti povezana sa klasama koje predstavljaju poduloge na koje je podeljena data uloga. Klasa koja predstavlja nekog učesnika/ulogu treba da bude povezana agregacijom sa klasom koja predstavlja ulogu/podulogu koja pripada datom učesniku/datoj ulozi, pri čemu je kardinalnost mapiranja 1:*. Primena ovog pravila ilustrovana je na sl. 3.



Slika 3. Mapiranje učesnika i uloga u konceptualni model.

Asocijacije tipa učesnik-objekat. Postoje tri osnova za generisanje asocijacija tipa *učesnik-objekat*, a koji se odnose na: (1) generisanje i naknadnu upotrebu generisanih objekata, (2) razmenu poruka, i (3) aktivaciju postojećih objekata i naknadnu upotrebu aktiviranih objekata.

Kao što je već navedeno, generisani objekti su objekti koji se kreiraju u posmatranom poslovnom procesu, izvršavanjem nekog zadatka od strane nekog učesnika. Tokom vremena, isti učesnik može da generiše više objekata istog tipa. S druge strane, generisani objekat je generisan od strane tačno jednog učesnika. Odatle sledi da za svaki zadatak, kojim se generiše objekat, u ciljnom modelu treba generisati binarnu asocijaciju između klase koja odgovara datom učesniku i klase koja odgovara generisanom objektu, pri čemu je kardinalnost mapiranja 1:*

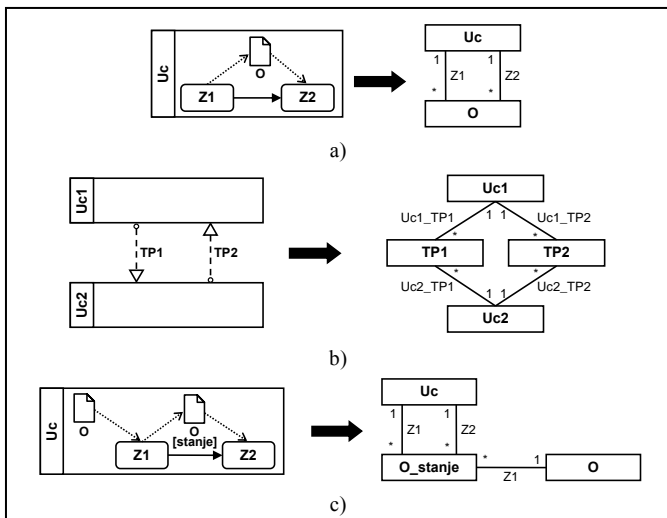
Generisani objekat, nakon kreiranja, može biti ulazni objekat za neki zadatak kojeg obavlja isti ili drugi učesnik. Tokom vremena, isti učesnik može više puta da izvrši dati zadatak, ali svaki put nad objektom koji je generisan u datoj instanci poslovnog procesa, a to je svaki put drugi objekat. Odatle sledi da za svaki zadatak, koji kao ulaz ima generisani objekat, u ciljnom modelu treba generisati binarnu asocijaciju između klase koja odgovara učesniku (koji izvršava dati zadatak) i klase koja odgovara generisanom objektu, pri čemu je kardinalnost mapiranja 1:*. Na sl. 4a) data je ilustracija generisanja i upotrebe generisanih objekata, te mapiranje u konceptualni model.

U kolaborativnom modelu poslovnog procesa učesnici razmenjuju poruke, što se reprezentuje odgovarajućim tokovima poruka. Tokom vremena, isti učesnik može da šalje više poruka istog tipa nekom drugom učesniku. Analogno tome, isti učesnik može da primi više poruka istog tipa od nekog drugog učesnika. S druge strane, jedna poruka zavisi od tačno dva učesnika: onog koji je poslao poruku i onog koji je primio poruku. Odatle sledi da za svaki tok poruka u ciljnom modelu treba generisati dve binarne asocijacije čije su kardinalnosti mapiranja 1:* i to: (1) između klase koja odgovara učesniku koji šalje poruku i klase koja odgovara datoj poruci, i (2) između klase koja odgovara učesniku koji prima poruku i klase koja odgovara datoj poruci. Ovo pravilo je ilustrovano na sl. 4b).

Aktivacija postojećeg objekta predstavlja upotrebu postojećeg objekta u nekom zadatku uz promenu njegovog stanja. Pre izvršavanja takvog zadatka, postojeći objekat se nalazi u nekom inicijalnom stanju (tipično se ne prikazuje), a nakon promene njegovog stanja (odnosno izvršavanja datog zadatka) – aktivacije, takav objekat (aktiviran) često predstavlja ulaz u neki drugi zadatak. Prilikom izvršavanja aktivacije, učesnik aktivira jedan ili više postojećih objekata istog tipa, zavisno od toga da li je elementom na dijagramu predstavljen jedan objekat ili kolekcija objekata. Tokom vremena, neki učesnik može da aktivira više postojećih objekata (u svakoj instanci poslovnog procesa po jedan ili više objekata), a jedan postojeći objekat je aktiviran od strane tačno jednog učesnika. Tokom vremena jedan postojeći objekat može biti aktiviran više puta, svaki put od strane drugog učesnika koji ima istu ulogu. Odatle sledi da za svaku aktivaciju, u ciljnom modelu treba generisati binarnu asocijaciju između klase koja odgovara učesniku koji vrši aktivaciju (obavlja dati zadatak) i klase kojom se reprezentuju postojeći objekti, pri čemu je kardinalnost mapiranja *:*. Kako je aktivacija reprezentovana aktivacionom klasom (koja tipično ima svoje attribute), tada se pomenuta asocijacija može zameniti sa dve asocijacije čije su kardinalnosti mapiranja 1:* i to: (1) asocijacijom između klase koja reprezentuje učesnika koji vrši aktivaciju i aktivacione klase, i (2) asocijacijom između klase kojom se reprezentuje postojeći objekat i aktivacione klase.

Nakon aktivacije, aktivirani objekat često predstavlja ulaz u neki drugi zadatak kojeg obavlja isti ili drugi učesnik. Tokom vremena, učesnik može više puta da izvršava dati zadatak i svaki put kao ulaz se koristi neki drugi aktivirani objekat (svaki put je to objekat koji je aktiviran u datoj instanci poslovnog procesa). S druge strane, aktivirani objekat u nekom zadatku koristi tačno jedan učesnik. Odatle sledi da za svaki zadatak, koji kao ulaz ima

aktivirani objekat, u ciljnom modelu treba generisati asocijaciju između klase koja odgovara učesniku (koji izvršava dati zadatak) i klase koja odgovara aktivaciji (aktivaciona klasa), pri čemu je kardinalnost mapiranja 1:*. Na sl. 4c) data je ilustracija aktivacije postojećih objekata i upotrebe aktiviranih objekata, te mapiranje u konceptualni model.



Slika 4. Ilustracija pravila za generisanje asocijacija tipa učesnik-objekat: a) generisanje i upotreba generisanih objekata, b) razmena poruka, c) aktivacija postojećih objekata i upotreba aktiviranih objekata.

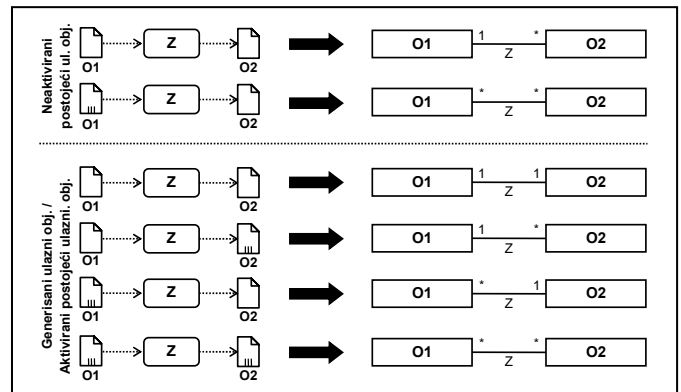
Asocijacije tipa objekat-objekat. Prema [5], postoje dva osnova za generisanje asocijacija tipa objekat-objekat, a koji se odnose na: (1) aktivaciju postojećih objekata, i (2) zadatke koji imaju ulazne i izlazne objekte.

Kako je već opisano u prethodnom delu, u ciljnom modelu potrebno je generisati binarnu asocijaciju između klase kojom se reprezentuje postojeći objekat i aktivacione klase, čija je kardinalnost mapiranja 1:*, kao što je ilustrovano na sl. 4c).

Zadaci se, prema broju različitih tipova ulaznih i izlaznih objekata, mogu klasifikovati u sledeće četiri kategorije [5]:

- SISO – zadaci sa jednim ulazom i jednim izlazom (eng. *single input – single output*),
- MISO – zadaci sa više ulaza i jednim izlazom (eng. *multi input – single output*),
- SIMO – zadaci sa jednim ulazom i više izlaza (eng. *single input – multi output*),
- MIMO – zadaci sa više ulaza i više izlaza (eng. *multi input – multi output*).

Prema [5], MISO i SIMO zadaci predstavljaju specijalne slučajeve MIMO zadataka, a MIMO zadaci (zadaci koji imaju $m \in \mathbb{N}$ tipova ulaznih objekata i $n \in \mathbb{N}$ tipova izlaznih objekata) mogu se posmatrati kao skup od $m \cdot n$ SISO zadataka. SISO zadaci imaju ulazne objekte jednog tipa (to mogu biti: generisani objekti, prethodno aktivirani postojeći objekti ili postojeći objekti koji nisu prethodno aktivirani) i izlazne objekte drugog tipa (to mogu biti: generisani objekti ili aktivirani postojeći objekti). Klase koje reprezentuju ove vrste objekata predstavljaju *source* i *target* klase asocijacija tipa objekat-objekat koje se generišu na osnovu korespondentnih zadataka. Svi SISO slučajevi ilustrovani su na sl. 5.



Slika 5. SISO slučajevi i mapiranje u konceptualni model.

Svaki izlazni objekat (bilo da se radi o generisanom, bilo o aktiviranom postojećem objektu) zavisi od jednog ulaznog objekta ukoliko se na ulazu nalazi jedan objekat datog tipa (tada je multiplikativnost *source* klase, u asocijaciji koja se generiše na osnovu SISO zadatka, jednaka 1), odnosno od više objekata ako se na ulazu nalazi kolekcija objekata datog tipa (u tom slučaju multiplikativnost *source* klase je jednaka *).

Ako je ulazni objekat generisan ili aktiviran postojeći, tada svakom ulaznom objektu odgovara jedan izlazni objekat ukoliko se na izlazu nalazi jedan objekat datog tipa (tada je multiplikativnost *target* klase jednaka 1), odnosno svakom ulaznom objektu odgovara više izlaznih objekata ako se na izlazu nalazi kolekcija objekata datog tipa (tada je multiplikativnost *target* klase jednaka *).

Ako je ulazni objekat neaktiviran postojeći objekat, tada je multiplikativnost *target* klase uvek jednaka * i ne zavisi od toga da li se na izlazu nalazi jedan objekat datog tipa ili kolekcija objekata datog tipa, jer isti postojeći objekat, tokom vremena (i u slučaju da se na izlazu nalazi jedan objekat), može više puta da bude iskorišten za generisanje, odnosno aktivaciju izlaznih objekata.

IV. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Na osnovu identifikovanog semantičkog potencijala i pravila specifikovanih u prethodnom delu, implementiran je ATL (ATLAS Transformation Language [8]) zasnovani generator ciljnog modela. Za implementaciju generatora korišten je ATL *plugin* u okviru Eclipse-Topcased [9] platforme.

Implementirani generator kao polazni osnov uzima BPMN model serijalizovan u XML formatu [3] i automatski generiše XMI [10] reprezentaciju UML dijagrama klasa (.uml fajl). Za vizuelizaciju dijagrama se koristi ugrađena Topcased funkcionalnost. S obzirom na prostorna ograničenja rada, detalje implementacije [11] izostavljamo.

Primenom generatora na ilustrativni model poslovnog procesa, datog na sl. 2, dobijen je konceptualni model baze podataka prikazan na sl. 6. U skladu sa identifikovanim semantičkim potencijalom i specifikovanim pravilima, generator je generisao odgovarajuće klase i asocijacije. Ukupno je generisano 11 klasa (dve klase koje reprezentuju učesnike, sedam klasa koje se odnose na generisane objekte i tokove poruka, jedna klasa koja se odnosi na postojeći objekat, i jedna

klasa koja se odnosi na aktivaciju postojećeg objekta) i 43 asocijacije, od čega je 38 asocijacija tipa *učesnik-objekat* (jedna po osnovu generisanja objekata, 11 po osnovu upotrebe generisanih objekata, 16 po osnovu razmene poruka, jedna po osnovu aktivacije postojećih objekata, i devet po osnovu upotrebe aktiviranih objekata) i pet asocijacija tipa *objekat-objekat* (jedna po osnovu aktivacije postojećih objekata i četiri na osnovu zadataka koji imaju ulazne i izlazne objekte). U generisanom modelu nema asocijacija tipa *učesnik-učesnik*.

Posmatrano iz perspektive projektanta baze podataka, sve generisane klase i većina asocijacija mogu da budu ocenjene kao ispravno generisane i da bi kao takve bile zadržane u ciljnom modelu. Samo manji broj asocijacija je generisan sa delimično pogrešnim kardinalnostima, tj. pogrešnim multiplikativnostima jednog kraja asocijacije (npr. asocijacija *PracenjeDiskusije* između klasa *InterniUcesnik* i *Tema_ZaDiskusiju* je generisana sa kardinalnošću 1:*, a kako je moguće da se konferencijski poziv ne održava u sedmici odlučivanja, asocijacija treba da ima kardinalnost 0..1:*) ili mogu biti ocenjene kao redundantne (npr. asocijacija *InterniUcesnik_GlasGlasaca* između klasa *InterniUcesnik* i *GlasGlasaca* je redundantna jer su ove klase povezane preko asocijacije *AzuriranjeBrojaGlasova*, tako da se može ukloniti iz ciljnog modela).

Na osnovu provedene kvalitativne analize automatski generisanog konceptualnog modela, može se provesti i odgovarajuća kvantitativna evaluacija (rezultati su dati u tabeli I). Za kvantitativnu ocenu automatski generisanog konceptualnog modela korištene su sledeće metrike: N_g – broj automatski generisanih koncepata, N_t – broj tačno generisanih koncepata koji mogu da se zadrže u modelu, N_p – broj pogrešno generisanih koncepata koji ne mogu da se zadrže u modelu, N_v – broj suvišno generisanih koncepata koji ne treba da se zadrže u modelu (višak), N_m – procenjeni broj koncepata koji nedostaje u modelu u odnosu na ciljni model (manjak).

Za ocenu pristupa i implementiranog generatora mogu da se koriste mere koje se uobičajeno koriste za ocenjivanje automatski generisanih modela na osnovu tekstualnih specifikacija [12], [13].

Kompletnost (eng. *recall*) je mera koja reprezentuje procenat ciljnog konceptualnog modela koji je automatski generisan, tj. procenjeno procentualno učešće automatski generisanih koncepata u ukupnom broju koncepata u ciljnom modelu, odnosno:

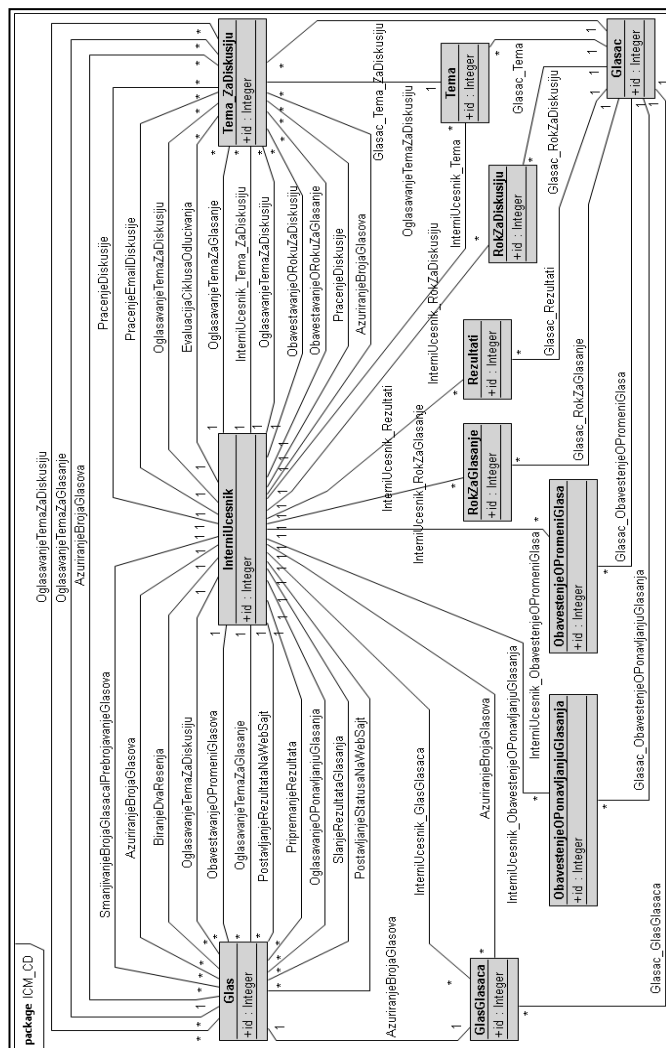
$$K = \frac{N_t}{N_t + N_m} \cdot 100 [\%]. \quad (1)$$

Preciznost (eng. *precision*) je mera koja reprezentuje procenat tačno generisanih koncepata u automatski generisanom modelu, odnosno:

$$P = \frac{N_t}{N_t + N_p} \cdot 100 [\%]. \quad (2)$$

TABELA I. REZULTATI KVANTITATIVNE EVALUACIJE

Koncepti	Metrike i mere						
	N_g	N_t	N_p	N_v	N_m	K [%]	P [%]
Klase	11	11	0	0	0	100	100
Asocijacije	43	37	6	2	1	97	86

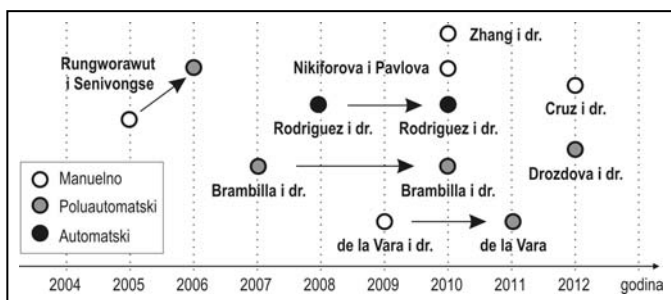


Slika 6. Konceptualni model podataka generisan na osnovu modela sa sl. 2.

V. POREĐENJE SA POSTOJEĆIM PRISTUPIMA

Kao polazni model za MDSDM, BPMN se koristi u [14]–[25]. Pregled postojećih BPMN-zasnovanih MDSDM pristupa dat je na sl. 7. Samo u [17] i [18] dat je predlog QVT implementacije automatizovanog generatora konceptualnog modela podataka, ali sa skromnim rezultatima prilikom generisanja ciljnog modela. U [19]–[22] predloženi su pristupi koji omogućavaju poluautomatsko generisanje ciljnog modela, dok su u ostalim radovima predložene smernice koje nisu implementirane, na osnovu čega se predloženi pristupi mogu okarakterisati kao manuelni.

Iako u literaturi postoji relativno velik broj radova koji prezentuju MDSDM pristupe koji kao polazni osnov uzimaju BPMN model poslovnog procesa, istraživanje [2] pokazuje da se većina predloženih pristupa zasniva na neformalnim pravilima ili smernicama, što ne omogućava automatsko generisanje modela sa adekvatnom strukturom u pogledu broja klase i njihovih veza. Za razliku od pristupa prikazanog u ovom radu, postojeće (malobrojne) implementacije automatskog generatora omogućavaju generisanje ciljnog modela podataka sa veoma niskom kompletnošću i preciznošću.



Slika 7. Pregled BPMN-zasnovanih MDSDM pristupa.

VI. ZAKLJUČAK

Implementirani generator je eksperimentalno verifikovan na nekoliko realnih modela, a u ovom radu su dati rezultati za jedan ilustrativni primer. Kvalitativna evaluacija je pokazala da implementirani generator ne generiše prekobrojne klase, te da generiše mali broj prekobrojnih asocijacija. Generator generiše mali broj asocijacija sa delimično netačnim kardinalnostima koje su posledica nekih kontrolnih obrazaca, koji nisu razmatrani u ovom radu. Kvantitativna evaluacija za navedeni primer je pokazala da generator generiše ciljne modele sa vrlo visokom preciznošću (>85%) i kompletnošću (>95%), čime su potvrđeni inicijalni eksperimentalni rezultati prezentovani u [5], [7] i [26].

U nastavku istraživanja, potrebno je izvršiti evaluaciju pristupa na statistički pouzdanom (većem) broju modela i identifikaciju dodatnog semantičkog potencijala kolaborativnog modela poslovnog procesa za automatizovano generisanje potpunog konceptualnog modela. Deo budućeg istraživanja biće usmeren ka sintezi konceptualnog modela na osnovu poslovnog modela koji predstavlja kolekciju modela pojedinačnih poslovnih procesa.

LITERATURA

- [1] J. L. Carswell and S. B. Navathe, "SA-ER: A methodology that links structured analysis and entity-relationship modeling for database design", in Proc. of ER'87, Elsevier, 1987, pp. 381–397.
- [2] D. Brđjanin and S. Maric, "Model-driven techniques for data model synthesis", Electronics, vol. 17, No. 2, pp. 130–136, 2013.
- [3] –, Business Process Model and Notation (BPMN), v2.0, OMG, 2011.
- [4] –, BPMN 2.0 by Example, v.1.0, OMG, 2010.
- [5] D. Brđjanin and S. Maric, "An approach to automated conceptual database design based on the UML activity diagram", Computer Science and Information Systems, vol. 9, No. 1, pp. 249–283, 2012.
- [6] –, Unified Modeling Language: Superstructure, v2.4.1, OMG, 2011.
- [7] D. Brđjanin and S. Maric, "Towards the automated business model-driven conceptual database design", in Advances in Databases and Information Systems, AISC, vol. 186, T. Morzy, T. Harder and R. Wrembel, Eds. Springer, 2012, pp. 31–43.
- [8] F. Jouault, F. Allilaire, J. Bezivin, and I. Kurtev, "ATL: A model transformation tool", Science of Computer Programming, vol. 72, No. 1-2, pp. 31-39, 2008.
- [9] TOPCASED Project: Toolkit in OPen-source for Critical Application & SystEms Development. <http://www.topcased.org>.
- [10] –, MOF 2 XMI Mapping Specification, v2.1.1, OMG, 2007.
- [11] G. Banjac, Automatizovano generisanje konceptualnog modela baze podataka na osnovu kolaborativnog modela poslovnog procesa, završni rad II ciklusa, Elektrotehnički fakultet, Banja Luka, 2014.

- [12] H. Harmain and R. Gaizauskas, "CM-Builder: A natural language-based CASE tool for object-oriented analysis", Automated Software Engineering, vol. 10, No. 2, pp. 157-181, 2003.
- [13] N. Omar, P. Hanna, and P. McKeivitt, "Heuristics-based entity-relationship modelling through natural language processing", in Proc. Of AICS '04, 2004, pp. 302-313.
- [14] J. Zhang, P. Feng, Z. Wu, D. Yu, and K. Chen, "Activity based CIM modeling and transformation for business process systems". Int. Jour. of Soft. Eng. and Know. Eng., vol. 20, no. 3, pp. 289–309, 2010.
- [15] O. Nikiforova and N. Pavlova, "Application of BPMN instead of GRAPES for twohemisphere model driven approach", in ADBIS 2009 Workshops, LNCS, vol. 5968, J. Grundspenkis et al. Eds. Springer, 2010, pp. 185–192.
- [16] M. Drozdová, M. Mokryš, M. Kardoš, Z. Kurillov, and J. Papán, "Change of paradigm for development of software support for elearning", in Proc. of ICETA'12, IEEE, 2012, pp. 81–84.
- [17] A. Rodriguez, E. Fernandez-Medina, and M. Piattini, "Towards obtaining analysislevel class and use case diagrams from business process models", in ER Workshops 2008, LNCS, vol. 5232, I.Y. Song et al. Eds. Springer, 2008, pp. 103–112.
- [18] A. Rodriguez, I. Garcia-Rodriguez de Guzman, E. Fernandez-Medina, and M. Piattini, "Semi-formal transformation of secure business processes into analysis class and use case models: An MDA approach", Inf. and Soft. Technology, vol. 52, No. 9, pp. 945–971, 2010.
- [19] W. Rungworawut and T. Senivongse, "Using ontology search in the design of class diagram from business process model", in Proc. of PWASET '12, 2006, pp. 165–170.
- [20] M. Brambilla, J. Cabot, and S. Comai, "Automatic generation of workflow-extended domain models", in MoDELS'07, LNCS, vol. 4735, G. Engels et al. Eds. Springer, 2007, pp. 375–389.
- [21] M. Brambilla, J. Cabot, and S. Comai, "Extending conceptual schemas with business process information", Advances in Software Engineering, vol. 2010, article ID 525121, 2010.
- [22] J.L. de la Vara, "Business process-based requirements specification and object oriented conceptual modelling of information systems", PhD Thesis, Valencia Polytechnic University, 2011.
- [23] W. Rungworawut and T. Senivongse, "From business world to software world: Deriving class diagrams from business process models", in Proc. of the 5th WSEAS Int. Conf. on Applied Informatics and Communications, WSEAS, 2005, pp. 233–238.
- [24] J.L. de la Vara, M.H. Fortuna, J. Sanchez, C.M.L. Werner, and M.R.S. Borges, "A requirements engineering approach for data modelling of process-aware information systems", in BIS 2009, LNBIP, vol. 21, W. Abramowicz Ed. Springer, 2009, pp. 133–144.
- [25] E.F. Cruz, R.J. Machado, and M.Y. Santos, "From business process modeling to data model: A systematic approach", in Proc. of QUATIC '12, IEEE, 2012, pp. 205–210.
- [26] D. Brđjanin, G. Banjac, and S. Maric, "Automated synthesis of initial conceptual database model based on collaborative business process model", in ICT innovations 2014, AISC, vol. 311, A. Madevska Bogdanova and D. Gjorgjevikj, Eds. Springer, 2015, pp. 145–155.

ABSTRACT

In this paper we present an approach to automatic generation of initial conceptual database model based on collaborative business process model. The source model is represented by the BPMN diagram, while the target model is represented by the UML class diagram. The application of the implemented ATL-based generator is illustrated on a real model.

AUTOMATIC GENERATION OF CONCEPTUAL DATABASE MODEL BASED ON COLLABORATIVE BUSINESS PROCESS MODEL

Goran Banjac, Dražen Brđjanin, Slavko Marić