



## VERSLO PROCESŲ SIMULIACIJA: VERSLO PROCESŲ IR IŠTEKLIŲ MODELIŲ REIKALAVIMAI

Audrius RIMA<sup>1</sup>, Olegas VASILECAS<sup>2</sup>

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva  
El. paštas: <sup>1</sup>[audrius.rima@gmail.com](mailto:audrius.rima@gmail.com); <sup>2</sup>[olegas.vasilecas@vgtu.lt](mailto:olegas.vasilecas@vgtu.lt)

**Santrauka.** Pagrindinis verslo procesų modeliavimo kalbos (angl. *Business Process Model and Notation, BPMN*) tikslas yra paprastai ir suprantamai atvaizduoti grafiškai verslo procesų modelius. *BPMN* naudojama vis plačiau, ją bandoma pritaikyti įvairiose srityse. Viena iš sričių yra verslo procesų simuliacija, t. y. verslo proceso vyksmo atkūrimas programinėmis priemonėmis. Straipsnyje aprašomos verslo procesų simuliacijos, grindžiamos *BPMN* modeliais, problemos. Formuluojami išteklių ir verslo proceso modeliui keltini reikalavimai, kad šiuos modelius būtų galima panaudoti simuliacijai.

**Reikšminiai žodžiai:** ištekliai, verslo procesų modeliai, išteklių modeliai, išteklių modeliavimas, verslo procesų simuliacija.

### Įvadas

Verslo procesų modelis ir notacija (angl. *Business Process Model and Notation*, toliau *BPMN*) yra grafinė verslo procesų specifikavimo notacija. *BPMN* išreiškia verslo proceso kontrolės logiką ar darbo srautą (angl. *workflow*) (Weske 2012). Verslo procesų valdymo (angl. *Business process management*) priemonėse ši kalba pakankamai paplito ir yra vartojama. Įmonėse verslo procesų valdymas taikomas skirtingiems tikslams, pavyzdžiui, procesams automatizuoti ar perprojektuoti, procesų greitaveikai padidinti (Malinova, Mendling 2013). Verslo procesų valdymo priemonėse verslo procesų modeliams kurti plačiai taikoma *BPMN*, todėl tokius modelius būtų patogu naudoti ir kitiems tikslams. Tai leidžia išvengti sąnaudų, būtinų verslo proceso modeliui kurti pagal kitokią sutartinių ženklų sistemą, nereikia užtikrinti pagal skirtingas notacijas sumodeliuotų procesų vienodumo.

Vienas iš verslo procesų modelių pritaikymo tikslų yra optimizavimas. Verslo procesams optimizuoti gali būti taikoma verslo proceso simuliacija, arba imitavimas, t. y. verslo proceso vyksmo atkūrimas programinėmis priemonėmis. Tačiau norint *BPMN* modelį imituoti susiduriama su šios kalbos ribojimais. Vienas iš ribojimų yra nepakankamos modeliavimo galimybės išteklių atžvilgiu. *BPMN* modelio taikymas simuliacijai nesuteikia galimybės atkurti verslo proceso eigos, vykdomų veiklų, skirtingų procesų ir jų atvejų, konkurencijos dėl išteklių, nėra galimybės grafiškai atskirti nepriklausomų procesų ir įterptų procesų (Jefferys

2001; Trcka *et al.* 2008; Wohed *et al.* 2006). Kiekvienas naudojamas išteklius yra susijęs su tam tikra proceso veikla ar verslo proceso užduotimi. Be išteklių nevyksta joks verslo procesas, todėl, norint simuliuoti verslo procesą, reikia verslo proceso modelyje turėti apibrėžtus visus išteklius, veikiančius procese, o ne tik darbo srauto logiką (Dijkman *et al.* 2008), kuri apibrėžiama pagal *BPMN* modelį. Reikia užtikrinti, kad verslo proceso modelio veiklose būtų naudojami tik priskirti ištekliai arba proceso veiklos sietūs su priskirtais ištekliais. Kai kuriuose straipsniuose aprašoma, kaip, taikant *BPMN*, išteklius priskirti procesui (Owen, Raj 2003; Stroppi *et al.* 2011), tačiau nėra galimybės išteklių grafiškai atvaizduoti taip, kad jie būtų suprantami net ir verslo srities specialistams, pavyzdžiui, įmonės vadovams. Be to, tokie būdai nėra pakankamai išplėtoti, neapibrėžiamos visos išteklių savybės, būtinos verslo procesui imituoti.

*BPMN* nebuvo sukurta verslo procesams simuliuoti, todėl nėra suformuluota vienodų simuliacijos, grindžiamos verslo proceso *BPMN* modeliu, reikalavimų. Žinoma, be modeliavimo išteklių aspektu yra ir kitų verslo procesui simuliuoti būtinų aspektų (Vasilecas *et al.* 2013). Rengiant taikyti verslo proceso modelį proceso vyksmui atkurti būtina nuodugnesnė realaus verslo proceso analizė: ištiriama proceso veiklų trukmė, proceso įeigos, – o tai nėra aprašoma standartiniame *BPMN* modelyje. Sukurtas simuliuoti skirtas modelis dažniausiai pateikiamas programiniu pavidalu, šiame modelyje veikla turi būti apibrėžta tam

tikrais parametrais, ištekliais, atributais ir ryšiais. Turi būti įvertinama visa žinoma informacija apie procesą. Verslo proceso modelio eigai atkurti reikalingas simuliacijos variklis ir priemonė arba programinis kodas, gebantis šį variklį naudoti (Jefferis 2001; Weske 2012).

Straipsnyje analizuojamas *BPMN* tinkamumas verslo procesams simuliuoti, atliekama išteklių modeliavimo metodų analizė *BPMN* priemonėmis ir *BPMN* plėtiniai. Straipsnyje formuluojami išteklių modeliavimo reikalavimai verslo procesui imituoti.

### Susijusių darbų analizė

Verslo procesai – logiška tvarka išrikiuota darbų seka, lemianti klientui naudingą rezultatą. Modeliavimas, vykdymas ir vertinimas yra žinoma kaip verslo procesų valdymas (Enstone, Clark 2006; Zur Muehlen, Indulska 2010). Verslo procesų modeliai kuriami siekiant realų procesą atvaizduoti grafiniu pavidalu. Verslo procesų modelius dažniausiai kuria verslo dalykinės srities analitikai, juos pateikia informacinių sistemų kūrėjams. Šie, remdamiesi modeliais, kuria pradinis informacinių sistemų įgyvendinimo planus (Dufresne, James 2003; Trcka *et al.* 2008; Zur Muehlen, Indulska 2010). *BPMN* – grafinė notacija, plačiai taikoma įmonėse, modeliuojančiose verslo procesus (Russell *et al.* 2006), yra orientuota procesų sekoms atvaizduoti (Owen, Raj 2003).

Verslo procesų valdyje taikomas verslo procesų modeliavimas yra pagrįstas darbų srautu (angl. *work-flow*) koncepcija (Bajec, Krisper 2005). Ši koncepcija tampa *de facto* standartu ir dažniausiai esti sudaryta iš trijų aspektų: išteklių (angl. *resources*), duomenų srauto (angl. *data-flow*) ir valdymo srauto (angl. *control-flow*). Išteklių aspektas apibūdina užduočių iniciatorius. Valdymo srauto perspektyva apibūdina loginę užduočių tvarką. Duomenų srauto perspektyva apibūdina apsikeitimą informacija tarp užduočių (Russell 2006; Wohed *et al.* 2006).

Verslo proceso modeliavimas – tai tik pirmasis verslo procesų tobulinimo ar optimizavimo žingsnis. Vienas iš procesų modelio taikymo etapų – aprašyti, kaip viskas privalo, turi ar gali būti daroma. Grafinis modelis palengvina analitiko darbą su verslo atstovais, nes toks modelis aiškiai suprantamas abiem pusėms. Tai padeda išvengti projektavimo klaidų. Vėliau šie modeliai naudojami tobulinant procesus: siekiant suprasti ir pertvarkyti verslą, apibrėžti situacijas ir jų pasekmes, įvertinti procesų pokyčius dar prieš juos įgyvendinant, nustatyti galimas išlaidas ir reikiamus išteklius, nustatyti ir pašalinti neefektyvias proceso veiklas, numatyti rinkos pokyčius.

Verslo procesų modeliai paprastai būna statiniai, todėl, norint priimti svarbius sprendimus ir įvertinti jų įtaką, būtina simuliuoti. Tai padeda numatyti objektų ar reiškinių kaitos eigą, yra naudinga testuojant, analizuojant ar atliekant apmokymus, nes modeliai gali atspindėti tikras pasaulio sistemas. Tam tikrais atvejais tik atlikus tam tikrus veiksmus galima įvertinti jų pasekmes, o realių sprendimų, siekiant parinkti geriausius sprendimus, užtikrinančius visapusišką organizacijos sėkmę, kaina gali būti didelė. Daug organizacijų bando naudotis verslo procesų modeliais siekdamos išanalizuoti tam tikras savo verslo procesų būsenas (Chinosi, Trombetta 2012; Jefferis 2001). Pagrindinė simuliacijos idėja – pagal modelį procesas įvykdomas keletą kartų. Tai yra daroma siekiant nustatyti ne vieną reikšmę, o sudaryti patikimą reikšmių intervalą (Vukšić *et al.* 2007). Įprastai, prasidėjus simuliacijai, pirmiausiai nuskaitomi duomenys ir tik tada pradedami skaičiavimai. Simuliacija retai taikoma veiklos sprendimams priimti, tačiau dažnai paranki analizuojant pradinio verslo procesų modelį. Nors daugelis organizacijų bando remtis imitavimu, kad galėtų išanalizuoti verslo pokyčius, tačiau tik nedaugelis jų tai taiko efektyviai. Taip yra todėl, kad simuliacijos kūrimas ir jos palaikymas yra daug laiko užimantis procesas, ir dažnai simuliacijos rezultatai gali neatitikti realybės. Taip pat dažniausiai organizacijos nori spręsti aktualias dabarčias, o ne abstrakčias ateities problemas (Enstone, Clark 2006; van der Aalst *et al.* 2008).

Šiuolaikinėse modeliavimo ir simuliacijos priemonėse dažnai verslo procesų modeliai yra atskirti nuo verslo proceso vyksmo atkūrimo programinėmis priemonėmis. Simuliacijos priemonėse yra apibrėžiamas tik naudojamų išteklių skaičius. Taip pat organizacijos dažnai verslo proceso modeliuose ir atkurdamos proceso vyksmą neteisingai modeliuoja išteklius. Keletas pagrindinių išteklių modeliavimo atvejų, kai iškyla problemų ir simuliacijos rezultatai būna netikslūs (van der Aalst *et al.* 2008):

- ištekliai susiję su keliais procesais, o simuliacijos priemonė vienu metu vykdo tik vieną procesą;
- išteklius susijęs su dviem vykdomo proceso atvejais, o simuliacijos priemonė vienu metu atkuria tik vieną proceso atvejį;
- kai ištekliai neveikia pastovioju greičiu. Kintant darbo metui išteklių našumas gali kisti, o simuliacijos priemonės negali to įvertinti;
- ištekliai patys yra aktyvūs ir nusprendžia, kokį procesą ar veiklą vykdyti pirmiau. Simuliacijos priemonės to neleidžia apibrėžti;
- kai ištekliai veikia ne visą laiką;
- kai procesas gali pakisti priklausomai nuo supančios aplinkos.

Paminėtos išteklių modeliavimo problemos rodo, kad proceso eigos atkūrimo rezultatai gali nukrypti nuo realaus pasaulio procesų, todėl gali turėti įtakos neteisintiems sprendimams dėl verslo proceso tobulinimo ir taip padaryti nuostolių verslui. Siekiant problemų išvengti, verslo proceso simuliacijos modelis turi būti išsamesnis už statinį verslo proceso modelį ir įtraukti daugiau proceso aspektų. Todėl reikia turėti aiškiai suformuluotus reikalavimus keltinus simuliacijos priemonei ir į modelį įtraukiamiems aspektams.

### **BPMN modelio simuliacija**

Simuliacijos modelio kūrimas ir palaikymas yra daug pastangų reikalaujantis procesas, todėl jis kuriamas tik tam tikriems tikslams pasiekti. Išnagrinėjus literatūros šaltinius (Bosilj-Vuksic *et al.* 2007; Jansen-Vullers, Netjes 2006; Laguna, Marklund 2004) sudarytas galimų simuliacijos uždavinių sąrašas:

- naujų arba pakeistų procesų trukmės nustatymas;
- procesų kainos nustatymas;
- pajėgumų arba personalo darbo optimizavimas ir planavimas;
- poveikio procesui prognozavimas, kai keičiasi proceso įeiga;
- alternatyvių procesų palyginimas;
- skirtingų procesų scenarijų palyginimas.

*BPMN* verslo procesų modeliavime tapo *de facto* standartu, be to, suteikia verslo procesams grafinį vaizdumą ir yra plačiai taikomas įmonėse, todėl *BPMN* modelis turėtų palengvinti proceso eigos atkūrimą. Šiame modelyje jau yra apibrėžta visa verslo proceso logika, todėl tereikia surinkti papildomos informacijos, būtinos verslo proceso vyksmui atkurti programinėmis priemonėmis. Kadangi *BPMN* nebuvo skirtas verslo procesams simuliuoti, todėl taikant šią kalbą tam tikslui susiduriama su problemomis. Mokslinėje literatūroje nagrinėjama, kaip pritaikyti *BPMN* simuliacijai, be to, yra sukurta priemonių, kurios iš dalies palaiko *BPMN* modelio panaudojimą tam, tačiau kol kas nėra vieno standarto, kaip tai įgyvendinti.

Vienas iš didesnių šios notacijos trūkumų yra tai, kad *BPMN* nepakankamai modeliuoja išteklių aspektą (Enstone, Clark 2006). Taip pat ištekliai nesusieti su veiklomis. Verslo proceso ištekliai apima fiksuotąją ir mobiliąją įrangą, kontenerius, personalą, vartojamus reikmenis ir bet kuriuos kitus techninius bei materialius reikmenis, būtinus apdoroti esamą. Vienas iš išteklių skirstymo būdų – skirstymas į žmogiškuosius ir techninius. Taip pat gali būti skirstoma į kiekybinius, grafiko prieinamumo, dydžio, kainos, tvarkymo kainos. Išteklių modeliavimas taikomas naudojamiems

ištekliams apibūdinti (Jefferis 2001). Išteklių modeliavimo problema nagrinėjama straipsniuose (Großkopf 2007; Awad *et al.* 2009; Stroppi *et al.* 2011; Ouyang *et al.* 2010).

Dalis išteklių gali būti sumodeliuota naudojant *BPMN*. Šioje notacijoje tam tikra veikla ar veiklų seka su tam tikrais ištekliais grafiškai gali būti atvaizduojama tam tikru *BPMN* elementu, kuris vadinamas juosta (angl. *Swimlanes*) (Weske 2012). Šis elementas apibrėžia proceso dalyvius (vykdytojus), tačiau norint atkurti proceso eigą reikia įtraukti daugiau išteklių parametrų. Simuliuojant turi būti nurodyta, koks išteklius priskirtas veiklai, ar jis dalyvauja veikloje visą laiką, ar dėl jo yra konkuruojama, kiek veiklų su šiuo ištekliumi susiję, ar išteklius visada prieinamas ir kt. Be to, taikant tokį būdą, verslo proceso modelis esant dideliame veiklų skaičiui tampa sudėtingas.

Dar vienas iš *BPMN* modelio simuliacijos trūkumų – nėra elemento vaizduoti eilėms. Simuliuojant procesą reikia identifikuoti eiles ir taip pat stebėti, kiek darbų susikaupia prieš veiklą ar veiklas. Kita vertus, darbų eilės gali susidaryti prieš kiekvieną veiklą, tad modeliuojant procesą neįmanoma būtų identifikuoti visų eilių susidarymo vietų. Verslo procesų simuliacijos priemonių gamintojai problemą sprendžia įvairiai. *BonitaSoft* ([www.bonitasoft.org](http://www.bonitasoft.org)) tai sprendžia pateikdama atskaitą atlikus verslo proceso vyksmo atkūrimą. Atskaitoje pateikiama informacija apie susidariusias eiles, tačiau pats verslo procesas jam vykstant neanimuojamas, nėra dinamiškai vizualizuojamas. Kiti gamintojai, pvz., *TIBCO* ([www.tibco.com](http://www.tibco.com)), prie veiklų prideda papildomų indikatorių, kurie rodo apdorotus, vykdomus ir kitus laukiančius darbus, bei animuoja šį procesą. Tačiau tokia animacija dažnai nepateikia daug naudingos informacijos.

### **Reikalavimai, keliami verslo procesų, išteklių modeliams ir simuliacijos varikliui**

Simuliacijos variklis turi teisingai interpretuoti visus *BPMN* elementus, kuriais bus išreiškiamas verslo proceso modelis.

Kiekvienoje verslo proceso veikloje dalyvauja ištekliai, todėl turi būti galima priskirti veiklai išteklius, kurie naudojami arba atlieką veiklą. Be to, vienoje veikloje gali dalyvauti keletas išteklių, todėl turi būti galimybė veiklai priskirti ir daugiau nei vieną išteklių.

Taikoma modeliavimo kalba turi tikti grafiškai atvaizduoti išteklius grafiniame verslo proceso modelyje. Tai būtina, kad modelį suprastų verslo atstovai. Galimas išteklių vaizdavimo būdas pateikiamas O. Vasileco su bendraautoriais (Vasilecas *et al.* 2014) straipsnyje. Siūloma grafiškai vaizduoti išteklius pridendant komentarą, surašant visas išteklių savybes. Išteklių panaudojimas veikloje nurodomas susiejant komentarą su veikla.

Kiekvienas išteklius turi tam tikrą savybių, svarbių verslo proceso vyksmui. Dažnai versle reikia įvertinti skirtingų scenarijų atsiperkamumą, todėl turi būti įmanoma nurodyti išteklių naudojimo kainą. Kaina gali būti nurodoma vertinant panaudojamą išteklių kiekį, skaičių arba trukmę. Pavyzdžiui, personalo darbas gali būti įvertintas kaina už darbo valandą, o įrankio kaina – už vieną naudojimo kartą. Išteklių kaina gali priklausyti ir nuo laiko, kada jis buvo panaudotas. Pavyzdžiui, žmogaus darbas naktį ar per šventes vertinamas pagal didesnę tarifą nei įprastu darbo metu. Todėl simuliacijos priemonė turi tiktai aptartais būdais apibrėžti išteklių kainą, o simuliacijos variklis tai turi gebėti įvertinti ir pateikti teisingus išteklių naudojimo kainos apskaičiavimus.

Dauguma išteklių yra baigtiniai, todėl turi būti galimybė apibrėžti prieinamą išteklių kiekį. Atliekant verslo proceso simuliaciją šis kiekis turi būti sumažinamas, jei proceso veikloje naudojamas išteklius. Ištekliai, kurie yra nesunaudojami, simuliacijos metu turi būti pažymimi, o baigus veiklą gražinami. Simuliacijos variklis turi išteklius naudoti ir gražinti į saugyklą.

Turi būti galimybė apibrėžti išteklių vaidmenis. Tai ypač svarbu turint mintyje žmogiškuosius išteklius. Dažnai įmonėje vienas žmogus atlieka keletą vaidmenų.

Simuliuojant verslo procesą stengiamasi atkartoti kuo tikresnę realaus verslo situaciją, todėl svarbu atsižvelgti į tai, kad ištekliai ne visada gali būti prieinami naudoti. Prieinamumu apibrėžiamas išteklių darbo laikas, išteklių pertraukos ir pan.

Proceso veikloms ar visam verslo procesui turi būti suteikiamas prioritetas. Atsižvelgiant į prioritetą parenkama konkreti veikla ar procesas. Prioritetui parinkti turi būti apibrėžtos verslo taisyklės, siejančios išteklius su vykdoma veikla.

Simuliuojant verslo procesą svarbi šio proceso įeiga. A. Rimos su bendraautoriais (Rima *et al.* 2012) straipsnyje analizuotas vienas iš tokio proceso pavyzdžių – planavimo procesas, kai nuo proceso įeigos priklauso proceso našumas ir trukmė. Verslo procesų simuliacijos priemonės proceso įeigą dažnai apibrėžia statistiškai. Pavyzdžiui, aprašant įeigą nurodoma, kad klientai pasirodo su tam tikra tikimybe per apibrėžtą laiko tarpą. Tačiau būna atvejų, kai verslo proceso įeigos yra žinomos iš anksto. Tada reikia sužinoti, ar verslo sistema gebės apdoroti įeigą, koks bus išteklių užimtumas, kaip reikėtų optimizuoti procesą siekiant didinti pralaidumą.

Dažnai yra svarbi vykdymo trukmė, ypač, jei simuliacijos kūrimo tikslas – įvertinti pajėgumus. Analitikas, analizuodamas verslo procesą, turi aiškiai nustatyti maksimalią, minimalią ir vidutinę veiklų trukmę. Taip pat nustatyti, ar

veiklos trukmei įtakos turi išteklių kiekio padidinimas ar sumažinimas. Tai turi būti galima įgyvendinti simuliacijai skirtame modelyje.

Atkuriant proceso vyksmą svarbu apibrėžti įvykius. *BPMN* modelis gali apibrėžti visus procese vykstančius įvykius, todėl simuliacijos variklis turi gebėti juos tinkamai interpretuoti. Tačiau papildomai prie *BPMN* modelio turi būti apibrėžta įvykių tikimybė ar taisyklės, kaip įvykiai atsitiks simuliuojant verslo procesą.

Simuliacijos variklis turi galėti vykdyti kelis skirtingus procesus (ar daugiau), kurie naudotų tuos pačius išteklius, taip pat turi gebėti imituoti keletą verslo proceso atvejų vienu metu. Tai leistų įvertinti skirtingų procesų išteklių poreikį. Taip pat simuliacijos variklis turi perteikti konkurencijos aspektą. Tai yra aprašyta O. Vasileco su bendraautoriais (Vasilecas *et al.* 2013, 2014).

Simuliacijos variklis turi įvertinti verslo proceso kontekstą. Nuo konteksto gali pasikeisti vykdomų veiklų trukmė ar išteklių naudojimo kaina. Pavyzdžiui, realiame procese išteklių našumas gali priklausyti nuo metų, paros laiko ar kitų veiksnių, todėl simuliuojant verslo procesą svarbu į tai atsižvelgti.

## Išvados

Sukurti ir nuolat atnaujinti verslo proceso simuliacijos modelį sudėtinga. Plačiai vartojama *BPMN* kalba nėra pritaikyta verslo procesams simuliuoti. Vienas iš didžiausių *BPMN* kalbos trūkumų – nėra tinkamai modeliuojami ištekliai.

Analizė parodė, kad kol kas nėra priemonės ar metodo, kuris leistų tinkamai modeliuoti išteklius ir simuliuoti verslo procesą naudojant apibrėžtus išteklius. Straipsnyje suformuluoti reikalavimai, keltini išteklių ir verslo procesų modeliams bei simuliacijos varikliui.

Tolesniuose darbuose numatoma įgyvendinti šiuos reikalavimus praplečiant laisvai prieinamą atvirojo kodo *BPMN* grįstą simuliacijos variklį.

## Literatūra

- Awad, A.; Grosskopf, A.; Meyer, A.; Weske, M. 2009. *Enabling Resource Assignment Constraints in BPMN*. Technical report, Business Process Technology-Hasso Plattner Institute.
- Bajec, M.; Krisper, M. 2005. A methodology and tool support for managing business rules in organisations, *Information Systems* 30(6): 423–443.
- Bosilj-Vuksic, V.; Vlatko, C.; Vlatka, H. 2007. Criteria for the evaluation of business process simulation tools, *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge and Management* (2): 74–88.



- Chinosi, M.; Trombetta, A. 2012. BPMN: an introduction to the Standard, *Computer Standards & Interfaces* 34(1): 124–134.
- Dijkman, M. R.; Dumas M.; Ouyang C. 2008. Semantics and analysis of business process models in BPMN, *Information and Software Technology* 50(12): 1281–1294.
- Duffresne, T.; James, M. 2003. *Process modeling for e-business*. Information Systems Department, George Mason University.
- Enstone, L. J.; Clark, M. F. 2006. *BPMN and Simulation*. Technical Report, Lanner Group Limited.
- Großkopf, A. 2007. *An extended resource information layer for BPMN*. Hasso-Plattner-Institute for IT Systems Engineering, University of Potsdam.
- Jansen-Vullers, M. H.; Netjes, M. 2006. Business process simulation – a tool survey, in *Workshop and Tutorial on Practical Use of Coloured Petri Nets and the CPN*, 24–26 October 2006 Aarhus, Denmark, 77–96.
- Jefferis, R. P. 2001. *Simulation of business processes*. Widener University.
- Laguna, M.; Marklund, J. 2004. *Business process modelling, simulation and design*. Prentice Hall.
- Malinova, M.; Mendling, J. 2013. A qualitative research perspective on BPM adoption and the pitfalls of business process modeling, in *Business Process Management Workshops*. Springer, 77–88. 10.1007/978-3-642-36285-9\_10
- Owen, M.; Raj, J. 2003. *BPMN and business process management: introduction to the new business process modelling standard*. White Paper, Popkin Software.
- Ouyang, C.; Wynn, M. T.; Fidge, C.; ter Hofstede, A. H.; Kuhr, J. C. 2010. Modelling complex resource requirements in business process management systems, in *Proc. of 21st Australasian Conference on Information Systems*, 1–3 December 2010, Brisbane.
- Rima, A.; Šmaižys, A.; Vasilecas, O. 2012. Verslo taisyklėmis grindžiamas planavimas ir tvarkaraščių sudarymas, *Jaunųjų mokslininkų darbai* 4(37): 120–127.
- Russell, N.; Ter Hofstede, A. H. M.; Mulyar, N. 2006. *Workflow controlflow patterns: a revised view*. Technical Report BPM-06-22.
- Russell, N. 2006. On the suitability of UML 2.0 activity diagrams for business process modelling, in *Proc. of the 3rd Asia-Pacific conference on Conceptual modelling* January 2006, Hobart, Australia, 53: 95–104.
- Stroppi, L. J. R.; Chiotti, O.; Villarreal, P. D. 2011. A BPMN 2.0 extension to define the resource perspective of Business Process Models, in *Proc. of XIV Iberoamerican Conference on Software Engineering*, 27–29 April 2011, Rio de Janeiro, Brasil.
- Trcka, N.; van der Aalst, W.; Sidorova, N. 2008. *Analyzing control-flow and data-flow in workflow processes in a unified way*. Computer Science Report 08-31.
- van der Aalst, W.; Nakatumba, J.; Rozinat, A.; Russell, N. 2008. *Business process simulation: how to get it right*. BPM Center Report BPM-08-07, BPMcenter.org.
- Vasilecas, O.; Smajžys, A.; Rima, A. 2013. Business process modelling and simulation: hybrid method for concurrency aspect modelling, *Baltic Journal of Modern Computing* 1(3–4): 228–243.
- Vasilecas, O.; Laueckas, E.; Rima, A. 2014. Analysis of using resources in business process modeling and simulation, *Applied Computer Systems* 16: 19–25.
- Vukšić, B. V.; Ceric, V. C.; Hlupic, V. 2007. Criteria for the evaluation of business process simulation tools, *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge & Management* 2: 73–88.
- Weske, M. 2012. *Business process management: concepts, languages, architectures*. Springer Science & Business Media.
- Wohed, P.; van der Aalst, W.; Dumas, M.; ter Hofstede, A. H. M.; Russell, N. 2006. On the suitability of BPMN for business process modelling, *Business Process Management*. Springer, 161–176. 10.1007/11841760\_12
- Zur Muehlen, M.; Indulska, M. 2010. Modeling languages for business processes and business rules: A representational analysis, *Information systems* 35(4): 379–390.

## BUSINESS PROCESS SIMULATION: REQUIREMENTS FOR BUSINESS AND RESOURCE MODELS

A. Rima, O. Vasilecas

### Abstract

The purpose of Business Process Model and Notation (BPMN) is to provide easily understandable graphical representation of business process. Thus BPMN is widely used and applied in various areas one of them being a business process simulation. This paper addresses some BPMN model based business process simulation problems. The paper formulate requirements for business process and resource models in enabling their use for business process simulation.

**Keywords:** resources, business process models, models of resources, modelling of resources, business process simulation.