

VILNIAUS UNIVERSITETAS  
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS  
PROGRAMŲ SISTEMŲ KATEDRA

Baigiamasis bakalauro darbas

**Dalykinės srities modelio transformavimas į UML užduočių  
diagramas**

(Deriving use cases from business process)

Atliko: 4 kurso 1 grupės studentas

Aleksandras Sivkovas

(parašas)

Darbo vadovas:

Prof. dr. Saulius Gudas

(parašas)

Recenzentas:

prof. habil. dr. Vardaitis Pavardaitis

(parašas)

Vilnius  
2018

## Santrauka

Darbe rašoma apie sistemos funkcinių reikalavimų gavimą užduočių diagramos pavidalu iš dalykinės srities modelio. Parodomas reikalavimų inžinerijos bei įrankio šiam procesui atlikti aktualumas. Įrankis padėtų sumažinti klaidų kiekį, paspartintų procesą, jis leistų dalintis reikalavimais ir sekti jų pasikeitimus. Darbe nagrinėjami BPMN, UML ir SysML standartai bei pasiūlomi jų išplėtimai apibrėžiantys modelius reikalavimų inžinerijos automatizavimui. Taip pat pateikiamas algoritmas užduočių diagramos gavimui iš pasiūlyto BPMN išplėtimo ir aprašoma sukurta programa demonstruojanti jo veikimą.

**Raktiniai žodžiai:** BPMN, Užduočių diagrama, UML, SysML, DVGM

## Summary

The paper describes how to obtain the functional requirements of the system in the form of the use cases from business process. The relevance of requirement engineering and a tool for it is shown. The usage of tool would to reduce the amount of errors, speed up the process, allow sharing of requirements and tracking their changes. The paper analyses the standards of BPMN, UML and SysML, and proposes their extensions that could be used for automation of requirement engineering process. Also the algorithm for deriving use cases from extended BPMN and description of tool to demonstrate algorithm is provided.

**Keywords:** BPMN, Use cases, UML, SysML, DVCM

## Turinys

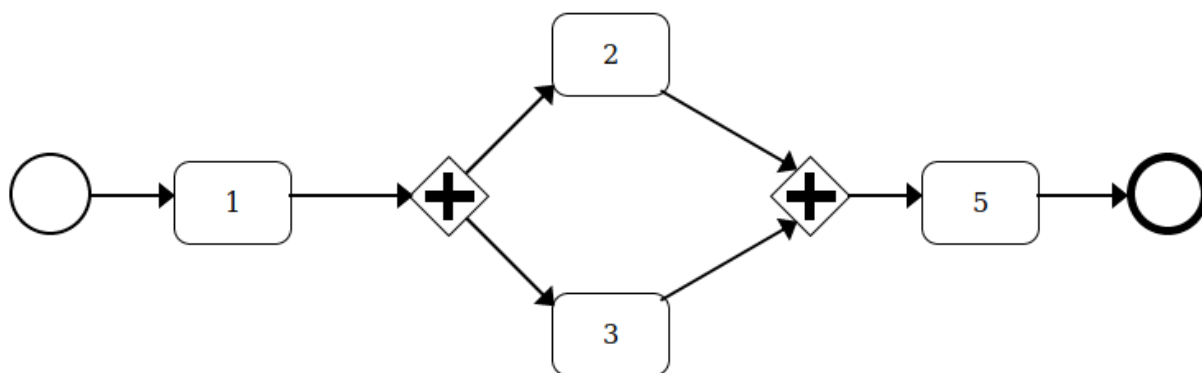
Įvadas .....	4
1. Veiklos srities modeliavimo metodai ir kalbos .....	7
1.1. BPMN diagrama .....	7
1.1.1. BPMN apimtis.....	7
1.1.2. BPMN komponentai .....	7
1.1.3. BPMN komponentų tarpusavio ryšiai .....	10
1.2. Veiklos modeliavimas.....	12
1.3. Detalizuotas vertės grandinės modelis – DVGM .....	13
1.3.1. DVGM apimtis .....	14
1.3.2. DVGM komponentai .....	14
1.3.3. DVGM komponentų tarpusavio ryšiai.....	16
1.3.4. DVGM kaip BPMN praplėtimas.....	16
1.4. Užduočių diagrama .....	17
1.4.1. Užduočių diagramos apimtis .....	20
1.4.2. Užduočių diagramos komponentai .....	20
1.4.3. Užduočių diagramos komponentų tarpusavio ryšiai.....	22
2. Veiklos modelių konvertavimas .....	23
2.1. UML diagramų transformavimo algoritmai .....	23
2.2. Algoritmas BPMN modeliui transformuoti į Užduočių diagramą .....	23
2.3. Užduočių diagramos išvedimas iš BPMN modelio.....	23
2.3.1. Ryšiai tarp BPMN ir užduočių diagramų .....	24
2.3.2. Ryšių tarp diagramų panaudojimas transformacijai .....	24
3. Programa BPMN transformacijai į užduočių diagramą .....	30
3.1. Funkciniai reikalavimai programai .....	30
3.2. Technologijos pasirinktos programos įgyvendinimui .....	34
3.2.1. Javascript .....	34
3.2.2. Node.js.....	34
3.2.3. Webpack .....	34
3.2.4. Babel .....	35
3.2.5. MobX .....	35
3.2.6. React .....	35
3.3. Programos veikimo pavyzdžiai .....	35
Rezultatai ir išvados .....	38
Literatūra .....	39
Santrumpos .....	41
Priedas Nr.1	
Priedas Nr.2	
Priedas Nr.3	
Priedas Nr.4	
Priedas Nr.5	
Priedas Nr.6	
Priedas Nr.7	
Priedas Nr.8	
Priedas Nr.9	
Priedas Nr.10	

## Įvadas

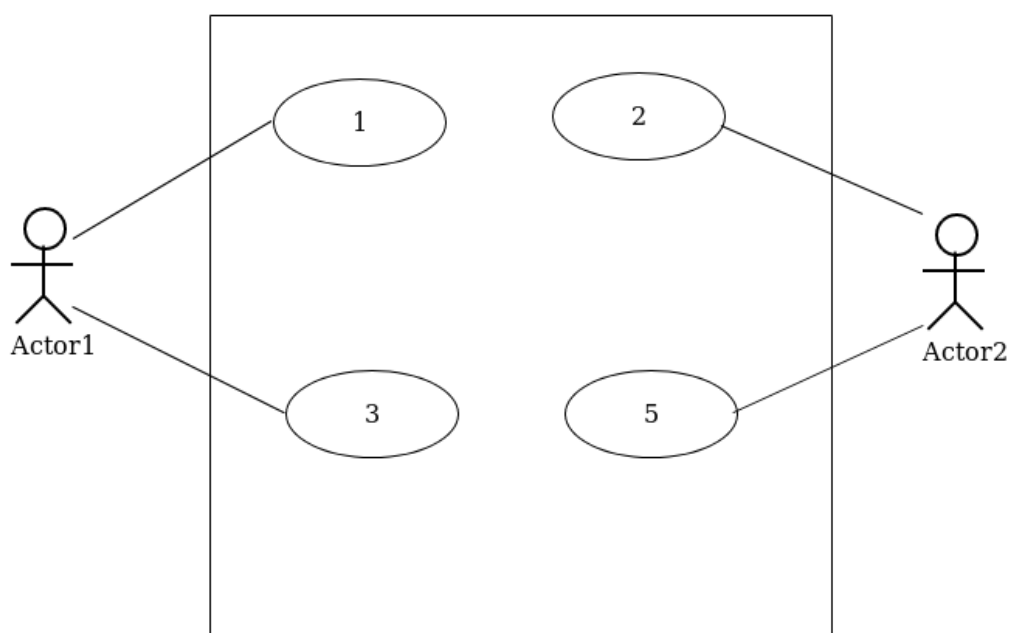
Reikalavimų inžinerija yra svarbi programų kūrimo dalis. Tai yra akivaizdus dalykas naudojant tradicines programų kūrimo metodologijas, bet ir pastarąjį dešimtmetį pripažinimo sulaukusiose judrioje metodologijose, svarbu žinoti kokia sistema yra kuriama. Straipsnis [ABS<sup>+</sup>17] kalba apie reikalavimų inžinerijos ypatumus ir trūkumus judrioje metodologijose. [JSB11] parodoma kaip užduočių diagramos galėtų būti naudojamos judrioje metodologijose. Taip pat, dėl didesnių galimybių susirasti įgudusių programų sistemų inžinierių, organizacijos vis labiau ima taikyti „globalų programų sistemų kūrimo metodą“. [UHM17] kalba apie reikalavimų inžineriją paskirstytose komandose (distributed teams). Viena iš straipsnio analizės išvadų yra „There Need To Be A Shared Understanding Between Teams About How Requirements Changes Would Be Dealt With“. Autoriai siūlo naudoti įrankį reikalavimų analizei ir sistemiškai tvarkingam reikalavimų specifikavimui.

Reikalavimų inžinerija yra sudėtinga programų kūrimo dalis. Proceso sudėtingumas dažnai tampa klaidų priežastimi. Čia atsiradusios klaidos sunkiai aptinkamos ir sukelia brangiai kainuojančias pasekmes, nes sekančiuose etapuose bus kuriama neteisingai apibrėžta programa. Norint išvengti klaidų galima kai kurias proceso veiklas automatizuoti. Nors yra daug modeliavimo įrankių, juose trūksta automatinio vieno modelio generavimo iš kito.

Projektuojant sistemą gali atsitikti toks atvejis (2 pav.). Čia pavaizduota, kad analitikas aptiko kokias funkcijas reikia įgyvendinti. Analizuodamas 1 pav. pavaizduotą veiklą jis aptiko vartojimo atvejus pažymėtus 1, 2, 3, 5. Taigi nuspręsta kurti sistemą pavaizduotą 2 pav.

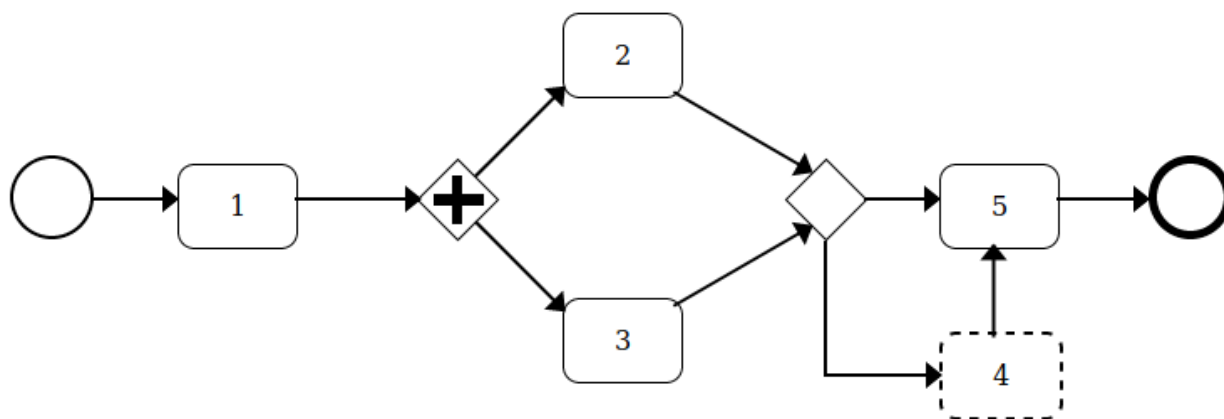


1 pav. Veiklos modelio pavyzdys

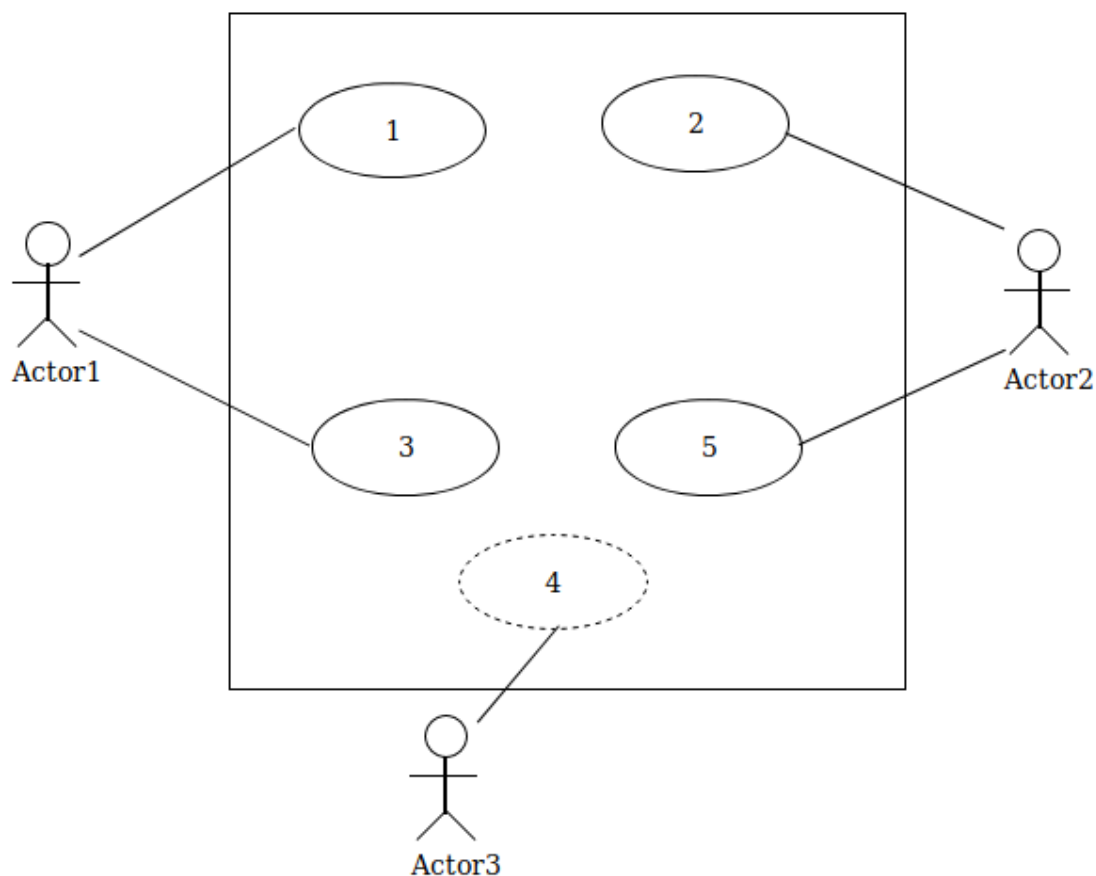


2 pav. Vartojimo atvejų diagramos sukurtos pagal 1 pav. veiklą pavyzdys

Bet vėliau paaiškėjo, kad norint įgyvendinti veiklą pažmėtą 5 kartais reikia duomenų iš 4 veiklos pažymėtos punktyrine linija (3 pav.). Taigi vartojimo atvejų diagramoje trūko 4 vartojimo atvejo (4 pav.). Analitikas to nepastebėjo ir įvyko projektavimo klaida apie kurią niekas nesužinojo.



3 pav. Pataisyto veiklos modelio pavyzdys



4 pav. Vartojimo atvejų diagramos sukurtos pagal 3 pav. pavyzdys

Sumažinti klaidų kiekį galima užrašant turimus duomenis ir automatiškai generuojant modelius. Generavimo įrankis galėtų patikrinti ar įvesties duomenys atitinka keliamus reikalavimus. Taip bus parodyti netikslumai ir analitikas galės pakoreguoti modelį.

Šio darbo tikslas – sukurti algoritmą **BPMN** modelio transformacijai į užduočių diagramas ir įgyvendinti programos prototipą. Užduočių diagramos yra svarbi reikalavimų inžinerijos dalis, kadangi ji apibrėžia naudotojo reikalavimus. Įmonės dažniausiai žino kaip ir kokias veiklas jos vykdo. Verslo procesą galima apibrėžti **BPMN** diagramomis. Bet ne viską, kas yra **BPMN** modelyje, galima perkelti į užduočių diagramą, todėl darbe bus apibrėžtas modifikuotas **BPMN** modelis, kuriame bus vaizduojama tik algoritmui aktuali informacija. Taip pat gali tekti pridėti papildomų atributų, kurie padės pasiekti tikslesnius rezultatus. Čia bus tiriamas **BPMN** modelio transformacijos į užduočių diagramas algoritmas.

Siekiami rezultatai yra:

1. Algoritmas galintis transformuoti **BPMN** modelį į užduočių diagramą(angl. Use case diagram).
2. Programa demonstruojanti algoritmo veikimą.

# 1. Veiklos srities modeliavimo metodai ir kalbos

## 1.1. BPMN diagrama

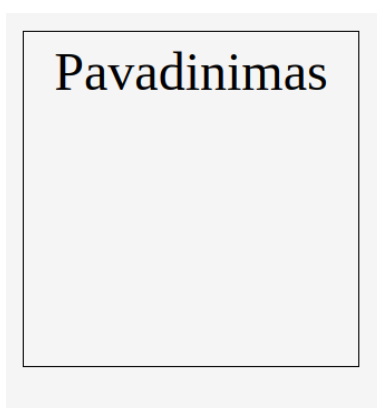
Norint standartizuoti verslo modelių atvaizdavimą 2004 metais organizacija BPMI išleido **BPMN 1.0** specifikaciją. Ji leido tiek vaizduoti esamus, tiek apsieisti kuriamų procesų reikalavimais. **BPMN** greitai išpopuliarėjo tarp vadybininkų, verslo analitikų ir programuotojų, nes pasiūlė pažįstamą verslo procesų atvaizdavimą ir turėjo matematinę pagrindą. Vėliau BPMI susijungė su **OMG** ir 2013 metais buvo išleista **BPMN 2.0** versija, kurioje **BPMN** įgavo geresnį skaitomumą, lankstumą ir išplečiamumą.

### 1.1.1. BPMN apimtis

**BPMN** specifikacija standartizuoja verslo procesų modelį, jų atvaizdavimo būdą ir duomenų apsieitimo formatą perduoti tiek modelį, tiek jo atvaizdavimą. Sutelkti dėmesiui į skirtingas proceso dalis pateikiami procesų ir choreografijos submodeliai. Bendradarbiavimo submodelis, į save įtraukiantis kitus, gali būti naudojamas pateikti iš karto viskam. Specifikacijos apimtis yra verslo procesai taigi dalykai kaip strategija, duomenų struktūros, resursai, taisyklės ir įstatymai neįeina į ją.

### 1.1.2. BPMN komponentai

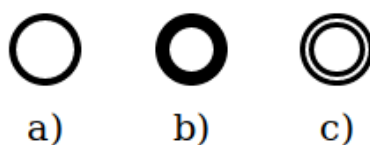
**BPMN** specifikacija leidžia atvaizduoti gana nemažai verslo proceso atributų [Obj11]. Specifikacijoje jie yra suskirstyti į pagrindinius ir išvestinius. Toliau pateikiami pagrindiniai **BPMN** komponentai.



5 pav. Juostos žymuo

Juosta (pool) žymi diagramos dalyvį. Šio komponento paskirtis yra parodyti už kokias veiklas ir koks vykdytojas yra atsakingas. Juosta gali būti skaidoma smulkiau norint konkrečiau nurodyti vykdytojų grupes ir jų pareigas, tuomet ji gali būti vadinama linija (lane). Juosta žymima apibraukiant tam tikrą sritį (5 pav.). Viduje yra vieta komponentams už kurių atlikimą atsakingas dalyvis.



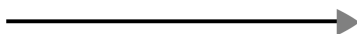


6 pav. Įvykio žymuo

Įvykis (event) žymi, kad įvyko kažkas, kas įtakojo proceso būseną. Šis komponentas dažniausiai turi priežastį (trigger) dėl ko jis įvyko ir pasekmes (result). Specifikacijoje įvykiai skirstomi į tris tipus: pradžios (6 pav. a), pabaigos (6 pav. b) ir tarpinius (6 pav. c). Žymėjimas yra tuščias apskritimas (6 pav.), viduje paliekant vietos tipo konkretizavimui.

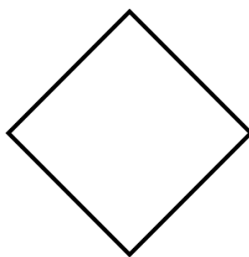
7 pav. Veiklos žymuo

Veikla (Activity) yra darbas atliekamas organizacijos procesuose. Ji gali būti atominė ir turėti tik pavadinimą arba skaidoma labiau, tokiu būdu tapdama subprocesu. Visais atvejais žymėjimas yra stačiakampis su užapvalintais kampais (7 pav.).



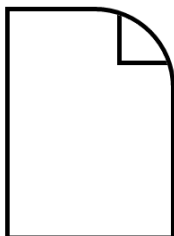
8 pav. Sekos srauto žymuo

Sekos srautas (Sequence Flow) žymi veiklų seką. Jeigu nenurodyta lygiagretumo veiklos modelyje vykdomos iš eilės. Šis komponentas parodo kokia tvarka tai vyks. Jį galima apibūdinti kaip grafo su kryptimis briauna, kryptis parodo kuri veikla turi būti įvykdyta vėliau. Sekos srautas žymimas solidžia linija ir užpildyto trikampio formos rodykle parodančia kryptį (8 pav.).



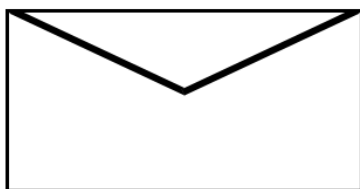
9 pav. Sprendimo žymuo

Sprendimas (gateway) gali būti įterptas sekos srautuose tarp veiklų. Jis žymi srautų išsišakojimą arba susijungimą. Šis komponentas parodo, kad priklausomai nuo konkretaus proceso būsenos bus vykdomos veiklos į kurias eina sekos srautai atitinkantys sprendimo sąlygas. Žymėjimas yra kvadratas pasuktas 45 laipsniu kampu (9 pav.). Viduje yra vieta sprendimo konkretizavimui.



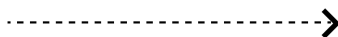
10 pav. Duomenų objekto žymuo

Duomenų objektas (data Object) pateikia informaciją apie tai kokių duomenų reikalauja veiklos vykdytojas norėdamas ją atlikti ir kokie duomenys pagaminami po jos vykdymo. Komponentas gali žymėti tiek neskaidomus tiek sudėtinius duomenis. Jis vaizduojamas (10 pav.) kaip stačiakampis su nukirptu dešiniuoju viršutiniu kampu ir trikampiu prie jo (arba kaip stačiakampis lapas su užlenktu dešiniuoju viršutiniu kampu).



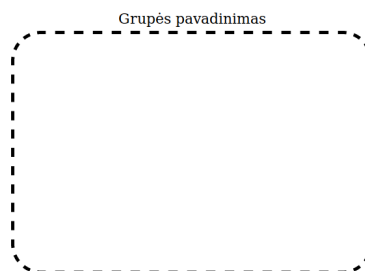
11 pav. Pranešimo žymuo

Pranešimas (message) žymi bendravimą tarp dalyviu. Šis komponentas skirtas apibrėžti perduodamai informacijai tarp jų. Vaizduojamas (11 pav.) stačiakampiu su trikampiu viduje (vokas).



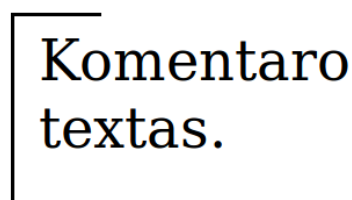
12 pav. Pranešimų srauto žymuo

Pranešimų srautas (Message flow) žymi duomenų perdavimą. Tai yra kryptinė grafo briauna, kuri jungia duomenų objektus ir žinutes su juos sukuriančiomis arba naudojančiomis veiklomis. Duomenų srautas į objektą ar žinutę rodo, kad tai yra veiklos išeiga, priešingu atveju tai yra veiklos įeiga, duomenys reikalingi jai įvykdyti. Vaizduojama (11 pav.) punktyrine linija su rodykle rodančia kryptį.



13 pav. Grupės žymuo

Grupė (group) skirta nurodyti modelio komponentų kategorijas. Ji neturi įtakos sekų ar duomenų srautams, o tik pasako kas priklauso tai pačiai kategorijai. Vaizdavimas diagramoje yra komponentų apibraukimas ir grupės pavadinimo nurodymas (13 pav.).



14 pav. Komentaro žymuo

Komentaras (text annotation) yra mechanizmas skirtas pateikti papildomai informacijai diagramos skaitytojams. Šis komponentas neįtakoja sekos ar duomenų srautų, o tik paaiškina kas ir kodėl vyksta. Žymimas skliaustu iš kairės komentaro teksto pusės (14 pav.).

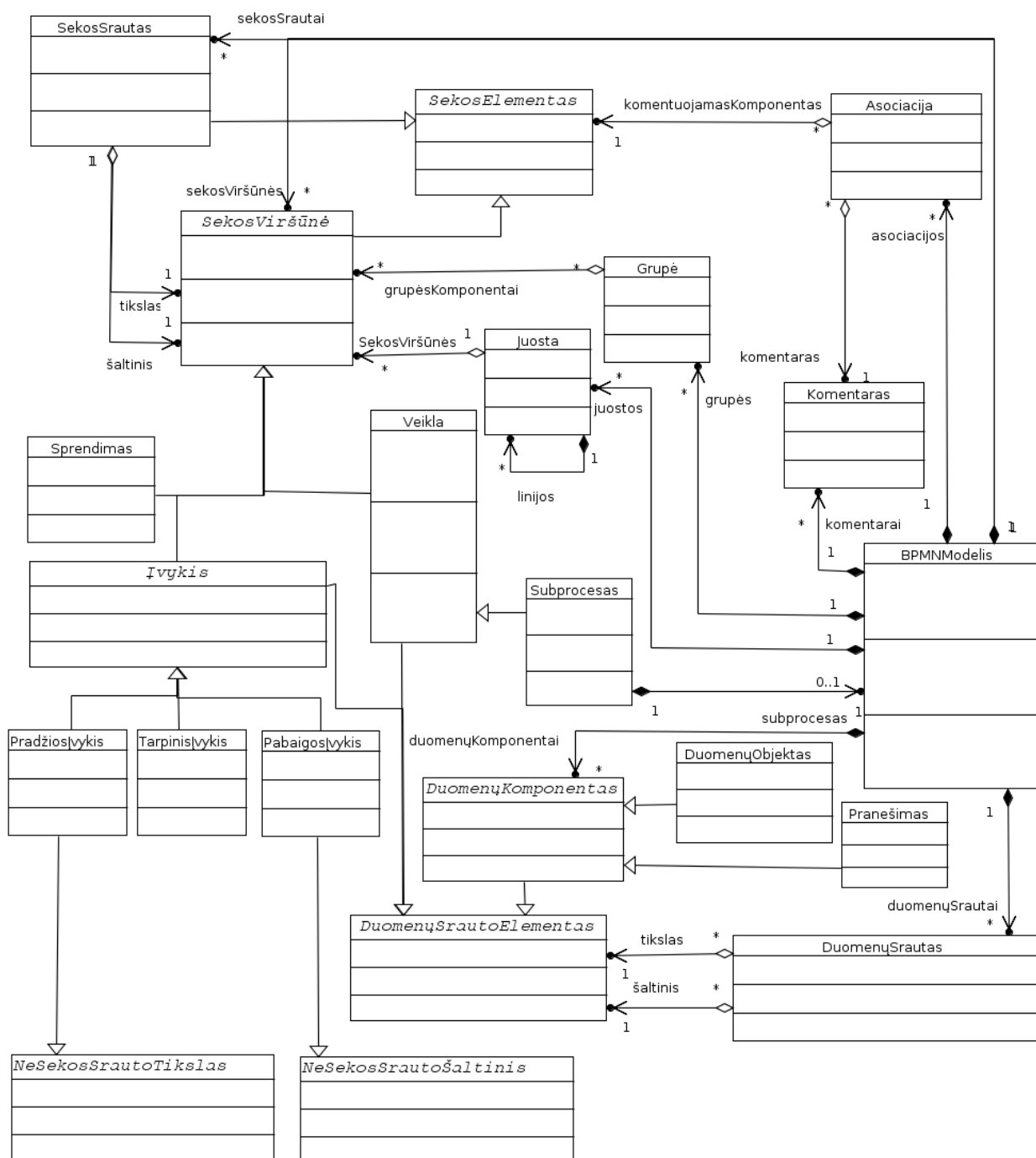


15 pav. Asociacijos žymuo

Asociacija (association) skirta komentarams susieti su modelio komponentais. Ji nurodo kuri diagramos dalis yra komentuojama. Asociacija vaizduojama punktyrine linija (15 pav.).

### 1.1.3. BPMN komponentų tarpusavio ryšiai

Norint modeliuoti verslo procesus vien komponentų nepakanka, taip pat reikia žinoti ir kaip jie sąveikauja tarpusavyje. Tarpusavio ryšius gana neblogai apibūdina metamodelis. Šiame darbe jis bus dažnai naudojamas tam tikslui. Skyriuje 1.1.2 aprašytų komponentų sąveiką galima pavaizduoti (16 pav.) metamodeliu.



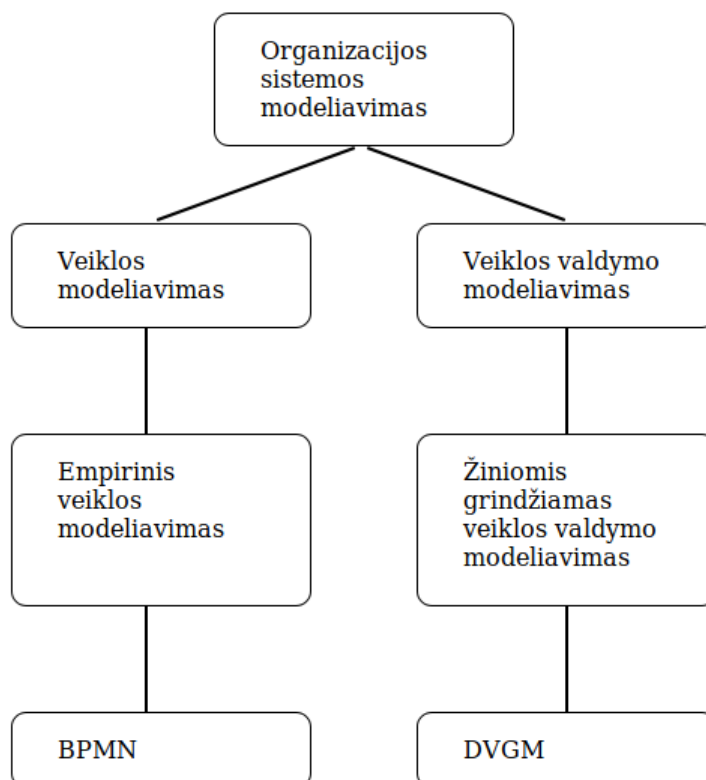
16 pav. BPMN pagrindinių komponentų metamodelis

Šiame metamodelyje tipas BPMNModelis yra šakninis komponentas. Jis savyje laiko sekos viršūnes, sekos srautus, juostas, grupes, duomenų komponentus, duomenų srautus, komentarus ir asociacijas. Komponentus metamodelyje galima suskirstyti į tris grupes: sekos komponentus, duomenų komponentus ir komentavimo komponentus. Sekos komponentams priklauso SekosElemento tipų hierarchija, duomenų komponentams priklauso DuomenųKomponento hierarchija ir DuomenųSrautas, komentavimui priklauso Komentaras ir Asociacija. Taigi galima iš eilės apibūdinti šias grupes iš kurių susideda **BPMN** modelis.

Sekos viršūnė yra abstrakcija nurodanti, kad tai yra komponentai jungiami sekos srautais, tokie kaip veikla, sprendimas ir įvykio subtipai. Įvykis yra abstraktus tipas nes modelyje būna kurie nors iš jo subtipų. Sekos srautas turi vieną šaltinį ir vieną tikslą. Autorius įveda 2 abstrakcijas: ne sekos srauto šaltinis ir ne sekos srauto tikslas, kad parodyti **BPMN** apribojimus, kurie draudžia pabaigos įvykiui būti sekos srauto šaltiniu, o pradžios įvykiui – tikslu. Grupės ir Juostos nurodo kurios sekos viršūnės joms priklauso. Juosta dar gali turėti linijų. Metamodelyje taip pat parodoma, kad Veikla gali būti subprocesas, tokiu būdu savyje laikydama kitą procesą. Duomenų srauto elementas yra autoriaus įvesta abstrakcija parodanti, kad jo subtipai gali būti jungiami duomenų srautais. Įvesta abstrakcija duomenų komponentas norint apibendrinti pranešimą ir duomenų objektą. Komentarai jungiamas Asociacija ir gali komentuoti sekos komponentus.

## 1.2. Veiklos modeliavimas

Veiklos modeliavimo metodologijas galima suskirstyti pagal savybes kuriomis jos pasižymi. Šiuo atveju jos skirstomos pagal tai, kaip naudoja žinias Toks suskirstymas parodys kaip sumodeliuoti daugiau naudingos informacijos ir kodėl šiame darbe naudojamas detalizuotas grandinės vertės modelis (**DVGM**).



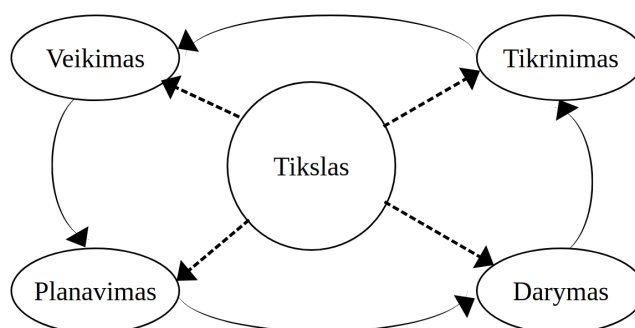
17 pav. Veiklos modeliavimo požymiai pagal žinių naudojimą

Skirstant veiklos modeliavimo metodus pagal žinių naudojimą galima pastebėti dvi šakas (17 pav.). Pirmoje veikla modeliuojama naudojant patirtį iš anksčiau stebėtų veiklų, tokiu atveju analitikas sudaro modelį, kuris jo manymu bus teisingas. Prie tokių metodologijų galima priskirti

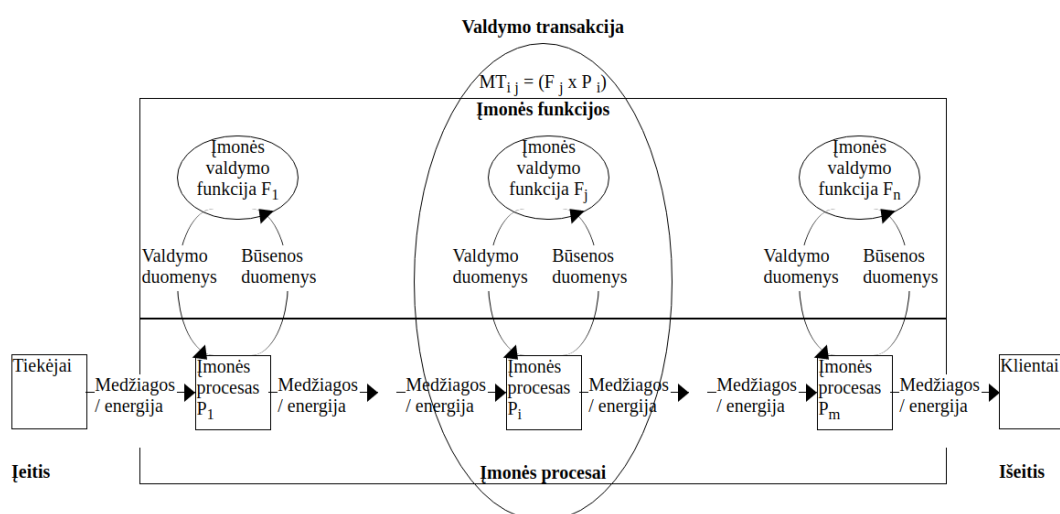
**BPMN**. Antroje šakoje veiklos valdymas modeliuojamas naudojant žinias apie tai koki modelį reikia sudaryti. Šiuo atveju yra paimamas teorijoje aprašytas modelis ir veiklos organizuojamos pagal jį. Tuo pasižymi **DVGM**.

### 1.3. Detalizuotas vertės grandinės modelis – DVGM

**BPMN** modelyje galima pastebėti organizacijos valdymo veiklų supratimo neapibrėžtumus [GL16]. Taip yra todėl, kad empirinio modeliavimo metodai neparodo informacijos arba resursų transformavimo priežasčių. Tačiau įmonę galima analizuoti ir transakcinių darbų sekų modelio (18 pav.) požiūriu, tokiu būdu organizuojant veiklą kaip teoriškai teisingą.



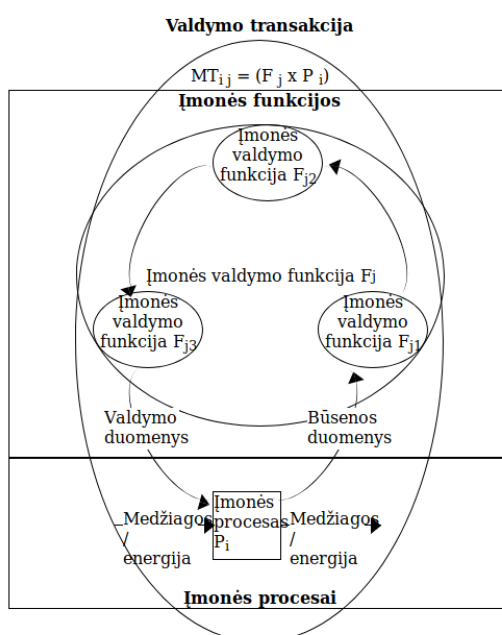
18 pav. Transakcinių darbų sekų modelio pavyzdys



19 pav. Detalizuotas M. Porterio vertės grandinės modelis

Darbe organizacijos procesas bus nagrinėjamas kaip transakcijų visuma. Materialios veiklos atskiriamos nuo valdymo veiklų.  $P_i$  žymi veiklos procesą, kuris transformuoja žaliavas, medžiagas, energiją ir formuoja materialią išėigą.  $F_j$  yra veiklos valdymo funkcija, informacijos (duomenų, žinių) transformavimo veikla, būtina valdant procesą  $P_i$ . Modelis yra suskirstytas į valdymo transakcijas  $MT_{ij} = F_j \times P_i$ . Tokiu būdu pateikiama daugiau informacijos apie įmonę. Diagrama bus vaizduojama kaip detalizuotas M. Porterio vertės grandinės modelis (19 pav).

Valdymo funkcija  $F_j$  gali būti suskaidyta smulkiau. (20 pav.) parodytas pavyzdys kai  $F_j$  susideda iš smulkesnių dalių  $F_{j1}$ ,  $F_{j2}$  ir  $F_{j3}$ . Kartu visa tai suteikia veiklos procesui  $P_i$  valdymo duomenis kuriuos jis panaudoja vykdymui. Vėliau grąžinami būsenos duomenys, jie panaudojami valdymo funkcijoje ir ciklas kartojasi.



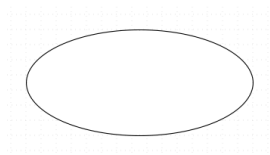
20 pav. Valdymo funkcijos  $F_j$  išskaidymo pavyzdys

### 1.3.1. DVGM apimtis

Detalizuotas vertės grandinės modelis leidžia modeliuoti organizacijos veikimą kaip transakcijų visumą. Jis atskiria vadybos veiklas nuo produkcijos veiklų. Parodomi valdymo informacijos ciklai, kurie kontroliuoja produkcijos veiklą ir padeda siekti organizacijos užsibrėžtų tikslų. Taip pat parodomi informacijos srautų tipai, produkcijos veiklų įeigos ir išėigos tipai. Visa tai leidžia suprasti kodėl įmonėje egzistuoja viena ar kita valdymo transakcija ir kaip jos įtakoja organizacijos tikslų pasiekimą.

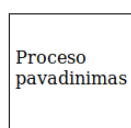
### 1.3.2. DVGM komponentai

Pateikiami pagrindiniai DVGM komponentai. Jie leidžia veiklą modeliuoti kaip transakcinių darbų seką, kurioje procesai yra atskirti nuo valdymo funkcijų.



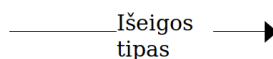
21 pav. Valdymo funkcijos žymuo

Valdymo funkcija (management function) darbas atliekamas organizacijoje, kuris prisideda į valdymo duomenų generavimą. Šio darbo įeiga paprastai savyje turi jo valdomo veiklos proceso proceso būseną. Atlikus darbą generuojami valdymo duomenys. Žymimas ovalu viduje paliekant vietos pavadinimui (21 pav.).



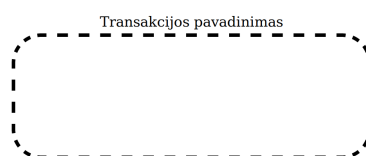
22 pav. Veiklos proceso žymuo

Veiklos procesas arba tiesiog procesas (process) yra darbas atliekamas organizacijoje, kuris tiesiogiai prisideda prie organizacijos gaminamos išėigos sukūrimo. Šis komponentas valdomas valdymo funkcijų per valdymo transakcijose keliaujančius duomenis. Joms, atlikęs darbą, per interakcijų sekos srautus jis pateikia savo būsenos duomenis ir gauna valdymo duomenis. Žymimas stačiakampiu viduje paliekant vietos pavadinimui (22 pav.).



23 pav. Interakcijų sekos srauto žymuo

Interakcijų sekos srautas (interactions sequence flow) parodo valdymo funkcijų ir veiklos procesų seką, taip pat kas pagaminama atliekant darbus. Kadangi organizacijos veikla vaizduojama ciklais vieno darbo išėiga tampa kito įeiga. Šis komponentas vaizduojamas solidžia linija su užpildyto trikampio formos rodykle gale ir išėigos (kuri tampa įeiga) tipo vardu prie pavaizduotos linijos (23 pav.).



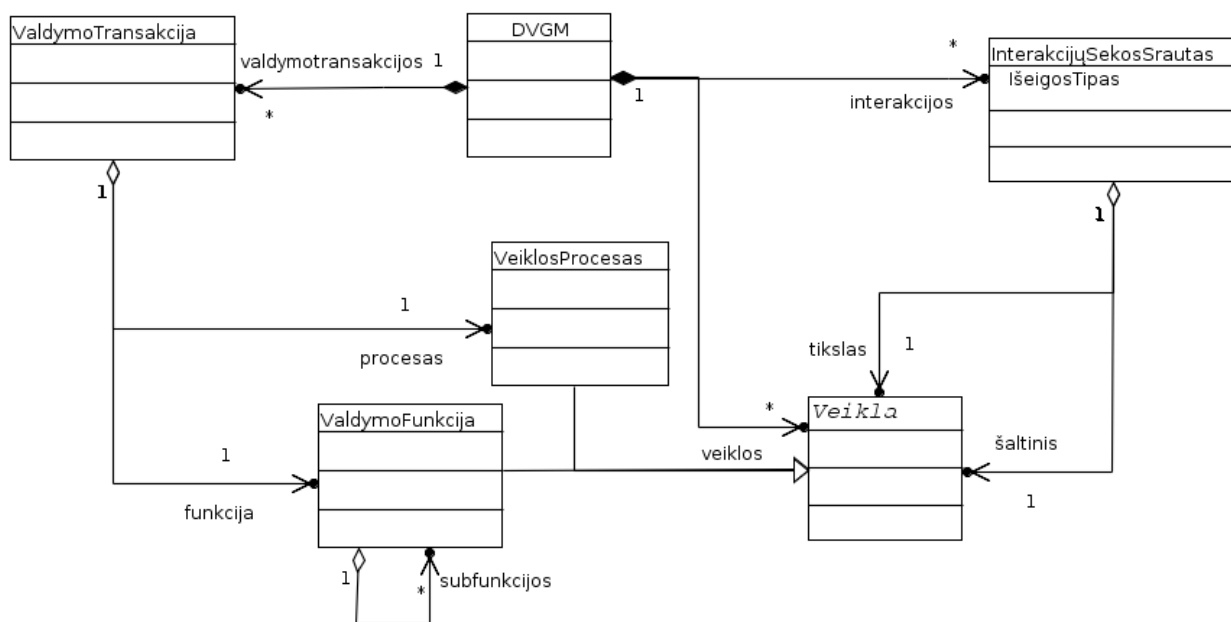
24 pav. Valdymo transakcijos žymuo

Valdymo transakcija (management transaction) parodo, kaip valdymo funkcijos kontroliuoja veiklos procesą. Šis komponentas žymi valdymo duomenų transformacijų ciklą. Jis vaizduojamas punktyrine linija apibraukiant transakcijai priklausančią veiklos procesą ir valdymo funkciją bei parašant transakcijos pavadinimą (24 pav.).



### 1.3.3. DVGM komponentų tarpusavio ryšiai

**DVGM** komponentų tarpusavio ryšiai pavaizduoti metamodeliu (25 pav.). Šakninis komponentas DVGM savyje laiko valdymo transakcijas, interakcijų sekos srautus ir veiklas. Veiklos jungiamos interakcijų sekos srautais, jie taip pat nurodo kokią išeią šiai interakcijai generuoja veikla. Veiklos skirstomos į veiklos procesus ir valdymo funkcijas. Valdymo transakcija turi nuoroda į procesą ir į valdančią funkciją, kuri gali susidaryti iš smulkesnių dalių, taip pat sujungtų interakcijų srautais.



25 pav. DVGM metamodelis

### 1.3.4. DVGM kaip BPMN praplėtimas

**DVGM** modelį galima apibrėžti ir kaip **BPMN** praplėtimą. Paveikslas 26 vaizduoja tokį praplėtimo pavyzdį, tai bus įvesties duomenų formatas kuriamam algoritmui. Tokiu būdu apibrėžtą modelį galima nagrinėti kaip **BPMN**.



savo specifikacijose **UML** [Obj15] ir **SysML** [OMG17] standartizuoja vartojimo atvejų modelį ir priskiria jį prie elgsenos apibūdinimo diagramų. 2011 metais Ivar Jacobson paskelbė užduočių modelio 2.0 versiją [JSB11], kuri pritaikyta prie judrių metodologijų projektų įgyvendinimo.

1 lentelė. Tekstinio naudojimo atvejo pavyzdys

<b>ID</b>	NA1
<b>Pavadinimas</b>	Registruoto naudotojo autentifikavimas

**Aktoriai**

1. Registruotas naudotojas.
2. Išorinė autentifikavimo sistema.

**Aprašas**

Registruotas naudotojas autentifikuojamas sistemoje.

**Prieš sąlygos**

1. Naudotojas nėra autentifikuotas sistemoje.

**Priežastys**

1. Naudotojas pareikalavo būti autentifikuotas.

**Po sąlygos**

1. Naudotojas yra autentifikuotas sistemoje.

**Pagrindinė užduočių seka**

1. Sistema pateikia autentifikavimo variantus.
2. Naudotojas autentifikuojamas sistemos turimu autentifikavimo būdu.
3. Sistema pateikia patvirtinimą, kad naudotojas autentifikuotas.

**Alternatyvios užduočių sekos**

- 2.1. Naudotojas autentifikuojamas išorine autentifikavimo sistema.

### Išimtinės užduočių sekos

\*.1. Naudotojas atsisako autentifikavimo.

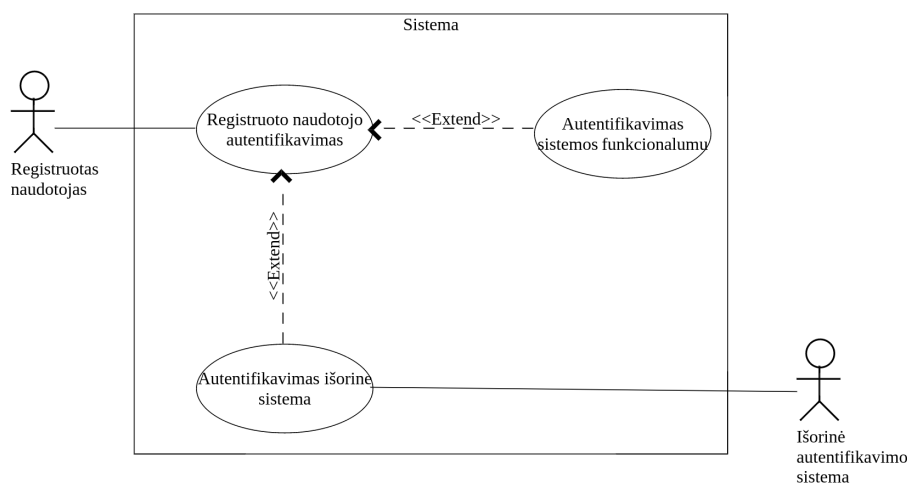
\*.1.1. Naudotojas pateikia autentifikavimo atsisakymą.

\*.1.2. Sistema nebereikalauja autentifikavimo duomenų.

3.1. Nepavyksta autentifikuoti naudotojo pateiktais duomenimis.

3.1.1. Sistema naudotojui pateikia pranešimą apie tai, kad jis negali būti autentifikuotas pateiktais duomenimis.

Lentelėje nr. 1 pavaizduotas autentifikavimo sistemoje tekstinio naudojimo atvejo pavyzdys. Naudojimo atvejai paprastai turi identifikacijos numerį pagal kurį nurodomi reikalavimų specifikacijoje. Taip pat pavadinimą, kad būtų patogiau apie jį kalbėti. Išvardinami aktoriai dalyvaujantys vykdyme. Naudojimo atvejis trumpai ir aiškiai aprašomas. Nurodomos kokios aktualios sąlygos būna prieš vykdant, kas įtakojo vykdymą ir rezultatai. Tuomet išvardinamos užduotys reikalingos pasiekti rezultatui. Jeigu naudojimo atvejis gali būti įvykdytas keliais būdais, jie nurodomi alternatyviose užduočių sekose. Jeigu vykdant užduočių sekas gali atsitikti kažkas, dėl ko nepavyksta pasiekti sėkmingo rezultato sąlygų, tai nurodoma išimtinėse užduočių sekose.



27 pav. Užduočių diagrama pagal 1 lentelę

Naudojimo atvejus galima atvaizduoti užduočių diagrama. 27 paveikslas vaizduoja 1 lentelėje aprašytą naudojimo atvejo užduočių diagramą. Pagrindinė užduočių seka pavaizduota naudojimo

atveju „Autentifikavimas sistemos funkcionalumu“, alternatyvi – „Autentifikavimas išorine sistema“, išimtinės sekos nepavaizduotos.

#### 1.4.1. Užduočių diagramos apimtis

Užduočių diagrama skirta apibūdinti kaip naudotojai siekia savo tikslų pasitelkdami sistemą. Ji parodo kokie yra funkciniai reikalavimai, naudotojų taksonomiją, duomenų srautus tarp naudotojų ir sistemos. Taip pat pateikia funkcijų hierarchijos modeliavimą ir leidžia jas suskaidyti (naudojant įtraukimo ryšį). Užduočių diagrama apibūdina funkcinius reikalavimus, ji nepateikia nei funkcijų atlikimo tvarkos, nei duomenų struktūrų naudojamų sistemoje.

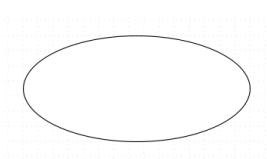
#### 1.4.2. Užduočių diagramos komponentai

Skirtingi šaltiniai pateikia kiek skirtingus komponentus ir jų apibrėžimus. Šiame darbe daugiausia taikomi **OMG** standartuose pateikti apibrėžimai. Toliau bus pateikiami **UML** standarte apibrėžtos užduočių diagramos komponentai.



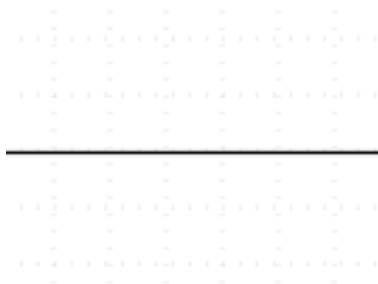
28 pav. Aktoriaus žymuo

Aktorius (actor) žymi naudotojo rolę. Ją gali atlikti tiek žmogus, tiek išorinė programų sistema. Aktoriai sąveikauja su bendravimo kanalais prijungtais naudojimo atvejais. Šis komponentas žymimas žmogumi iš pagaliukų (28 pav.).



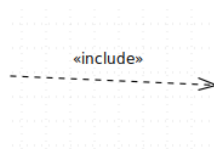
29 pav. Naudojimo atvejo žymuo

Naudojimo atvejis (use case) žymi veiklą kurias atlikus gaunamas naudingas rezultatas aibė. Rezultatas gali būti naudingas tiek vykdytojui, tiek kitiems suinteresuotiems žmonėms. Šis komponentas vaizduojamas elipse (29 pav.), naudojimo atvejo pavadinimas gali būti tiek elipsėje, tiek po ja.



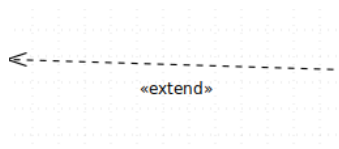
30 pav. Bendravimo kanalo žymuo

Bendravimo kanalas (communication path) žymi sąveika tarp aktorius ir sistemos. Šis komponentas diagramoje jungia aktorių su naudojimo atveju, taip parodydamas, kad prieš atlikdamas veiklas (sistemos funkcijas) naudotojas pateikia įvestį o po jų atlikimo gaunamas rezultatas. Jeigu bendravimo kanalo ryšio su aktoriumi gausa yra daugiau nei 1 reiškia naudojimo atvejui atlikti reikalingi keli vykdytojai, jeigu bendravimo kanalo ryšio su naudojimo atveju gausa yra daugiau nei 1 reiškia aktorius gali atlikti tas pačias veiklas daugiau nei vieną kartą. Asosijacija žymima solidžia linija (30 pav.).



31 pav. Įtraukimo žymuo

Įtraukimas (includes) žymi naudojimo atvejo suskaidymą. Šis komponentas modeliuoja sąryšį tarp dviejų vartojimo atvejų, taip parodydamas, kad įtraukiamo naudojimo atvejo veiklos yra atliekamos įtraukiančiame naudojimo atvejuje. Įtraukimą numatyta naudoti tuomet, kai tos pačios veiklos pasikartoja keliuose naudojimo atvejuose. Tos veiklos įdedamos į atskirą naudojimo atvejį ir prijungiamos šiuo ryšiu, tokiu būdu iškeliamas pasikartojantis funkcionalumas. Įtraukimas vaizduojamas punktyrine linija su rodykle prie įtraukiamo naudojimo atvejo ir patikslinimu dvigubuose kampiniuose skliaustuose (31 pav.).



32 pav. Išplėtimo žymuo

Išplėtimas (extends) žymi, kad esant tam tikroms sąlygoms naudojimo atvejis įtraukia veiklas iš kitų naudojimo atvejų. Šis komponentas numatytas naudoti bendram funkcionalumui išskirti, bet kitaip nei ryšys „Įtraukia“, parodo, kad veiklos įtraukiamos ne visada. Jis vaizduojamas punktyrine linija su rodykle prie išplečiamo naudojimo atvejo ir patikslinimu dvigubuose kampiniuose skliaustuose (32 pav.).

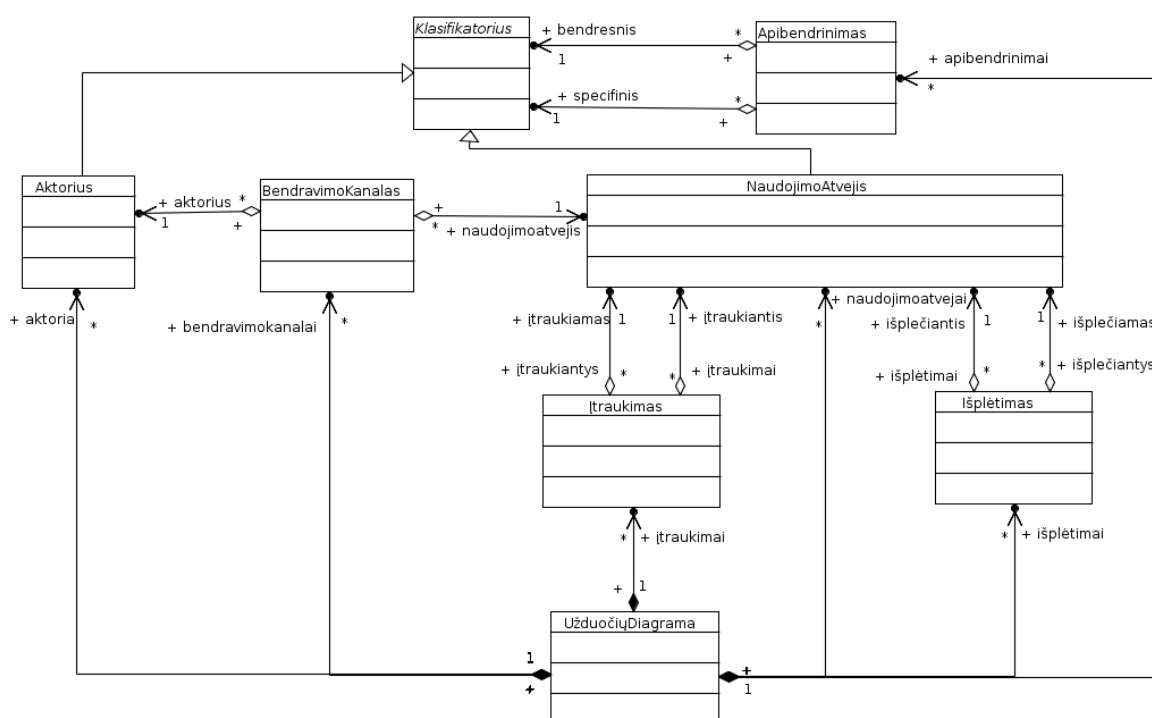


33 pav. Apibendrinimo žymuo

Apibendrinimas (generalization) žymi, kad elementas yra bendresnio elemento variantas. Nuo išplėtimo naudojimo atvejo apibendrinimas skiriasi tuo, kad pasakoma jog bent vienas iš apibendrinamų naudojimo atvejų funkcionalumą įtraukiamas į apibendrinančio naudojimo atvejo funkcionalumą. Žymimas solidžia linija su rodykle prie apibendrinamo naudojimo atvejo (33 pav.).

### 1.4.3. Užduočių diagramos komponentų tarpusavio ryšiai

Komponentų aprašytą 1.4.2 skyriuje tarpusavio ryšiai pavaizduoti metamodeliu (34 pav.). Jis sudarytas pagal **UML** ir **SysML** standartuose pateiktą informaciją.



34 pav. Užduočių diagramos metamodelis

Užduočių diagrama yra paketas savyje laikantis aktorius, naudojimo atvejus, bendravimo kanalus, įtraukimus, išplėtimus ir apibendrinimus. Bendravimo kanalas jungia vieną aktorių su vienu naudojimo atveju. Įtraukimas yra ryšys tarp įtraukiamo ir įtraukiančio naudojimo atvejo. Išplėtimas jungia išplečiamą naudojimo atvejį su išplečiančiu. **UML** modelis leidžia abstraktaus tipo klasifikatoriaus apibendrinimą. Aktorius ir naudojimo atvejais yra klasifikatoriaus subtipai, todėl gali būti apibendrinti.

## 2. Veiklos modelių konvertavimas

### 2.1. UML diagramų transformavimo algoritmai

### 2.2. Algoritmas BPMN modeliui transformuoti į Užduočių diagramą

Literatūroje yra parašyta apie **vartojimo atvejų diagramos** išvedimą iš **BPMN** modelio [DJ02]. Straipsnyje aprašytas algoritmas atlieka (3) transformaciją. Imamas modifikuotas **BPMN** modelis (1) ir tie **vartojimo atvejų diagramos** komponentai, kurie gali būti iš jo išvesti (2).

$$BPMNElements = \{Start, End, Role, Branch, Task, Transition\}; \quad (1)$$

$$UseCasesElements = \{Actor, Generalization, Association, UseCase, Include, ExtensionPoint, Extend\}; \quad (2)$$

$$BPMN(BPMNModelElements) \Rightarrow UseCases(UseCasesElements); \quad (3)$$

Autoriai pateikia suprastintus jų naudojamų modelių metamodelius (priedai Nr. 3 ir Nr. 4). Kadangi daugybė **BPMN** komponentų neturi jokios įtakos algoritmo rezultatui jie nėra minimi straipsnyje. Modelis taip pat praplečiamas sekos srautui pridedant laiko trukmę, kuri naudojama empirinėse algoritmo taisyklėse.

Algoritmo autoriai pirmiausia siūlo surasti ryšius tarp modelių. Juostos atitinka aktorius. Užduotys tuo tarpu grupuojamos, kol nepasiekia maksimalaus skaičiaus vykdomų be pertraukos, priklausančių tai pačiai juostai ir pagaminančių rezultatą. Tokia grupė pavadinama žingsniu ir yra laikoma atitinkančia vartojimo atvejį. Tokiu būdu galima gauti integruotą metamodelį apimantį savyje anksčiau minėtus metamodelius. Straipsnyje pateiktas suprastintas jo variantas (priedas Nr. 5) Tuomet lieka surasti kaip dar galima būtų panaudoti informaciją, patikslinti ir suprastinti gautoms diagramoms.

Vėliau pristatomas algoritmas. Jis Pirmiausia sudėlioja užduotis į proceso žingsnius. Vėliau juostos tampa aktoriais, o žingsniai jose – vartojimo atvejais. Galiausiai pasikartojančios užduotis išimamos iš žingsnių ir prijungiamos bendravimo kanalu įtraukia arba išplečia pagal situaciją.

### 2.3. Užduočių diagramos išvedimas iš BPMN modelio

Šio darbo tikslas, algoritmas galintis gauti užduočių diagramas iš **BPMN** modelio, bus kuriamas pagal 2.2 skyriuje aprašytą algoritmo sukūrimo pavyzdį. Pirmiausia bus rasti ryšiai tarp diagramų, vėliau sukurtas būdas juos panaudoti, galiausiai panaudota likusi modelio informacija patikslinti ir suprastinti diagramoms.

Nuo anksčiau minėto algoritmo jis skirsis tuo, kad naudos **BPMN** sukonstruota pagal **DVGM** metodologiją kaip įvesties duomenis. 2.2 skyriuje aprašytas algoritmas įvestiems duomenims aprašyti siūlo modifikuotą **BPMN** modelį ir užduočių diagramas sudaro vadovaudamasis empirinė-



mis taisyklėmis pasakančiomis kada geriau konstruoti užduotį. Šiame darbe kuriamas algoritmas užduotis konstruos remdamasis **DVGM** apibrėžta veiklos organizavimo teorija. Tai leis tiksliau apibrėžti užduočių diagramos naudojimo atvejų tarpusavio ryšius. 2.2 algoritmo autorių siūlomas būdas apibrėžti veiklos žingsnius atitinka **DVGM** transakciją, tokiu būdu nereikia taikyti empirinių taisyklių ieškant žingsnio pradžios ir pabaigos.

### 2.3.1. Ryšiai tarp BPMN ir užduočių diagramų

Norint duomenis iš vieno modelio perkelti į kitą galima pasinaudoti ryšiais esančiais tarp jų.

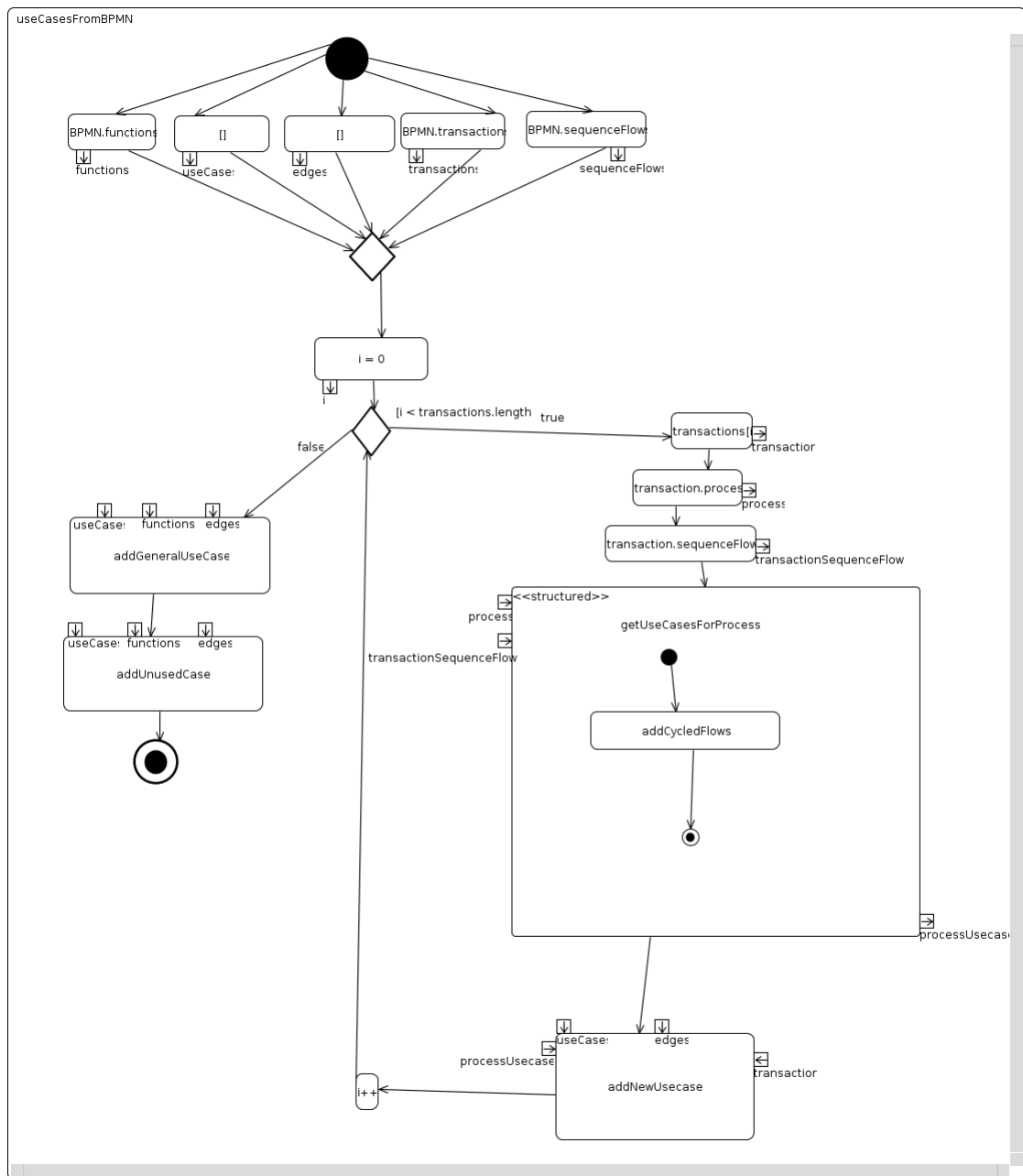
2 lentelė. Ryšiai tarp **DVGM** kaip **BPMN** praplėtimo ir užduočių diagramų

	Aktorius	Vartojimo atvejis	Bendravimo kanalas	Ištraukia	Išplečia
Juosta	+				
Valdymo funkcija		+		+	+
Įmonės procesas	+				
Valdymo transakcija		+		+	+
Interakcijų sekos srautas			+		

Iš juostos galima gauti Aktorius. Valdymo funkcija turi informacijos apie tai kokie vartojimo atvejai yra sistemoje ir kaip jie susiję vienas su kitu. Įmonės procesas taip pat yra aktoriai naudojantys sistemą. Valdymo transakcija yra vartojimo atvejis. Interakcijų sekos srautas parodo kokie duomenys keliauja bendravimo kanalais. Rasti ryšiai taip pat parodo kurie komponentai bus imami ir kurie gaunami. Taigi galima apibrėžti algoritmo įvesties ir išvesties duomenis.

### 2.3.2. Ryšių tarp diagramų panaudojimas transformacijai

Rasti ryšiai parodo į kokius **DVGM** komponentus reikia žiūrėti išvedant užduočių diagramos dalis. Toliau peržiūrimi diagramos variantai ir sudėliojami konkretūs žingsniai kuriuos reikia atlikti. Galiausiai gaunamas pseudokodas (Pseudokodas 1). Jo veikimas pažingsniui aprašomas, taip pat pavaizduotas (pav. 35).



35 pav. Algoritmo diagrama

1. Iškviečiama funkcija useCasesFromBPMN (Pseudokodas 1) paduodant jai **BPMN** modelį.

Pseudokodas 1: **UML** Užduočių diagramos gavimo iš **BPMN** modelio algoritmo pseudokodas

```

1 useCasesFromBPMN = function(BPMN){
2   transactions = BPMN.transactions;
3   sequenceFlows = BPMN.sequenceFlows;
4   useCases = [];
5   edges = [];
6   for(transaction in transactions){

```

```

7   process = transaction.process;
8   transactionSequenceFlows = transaction.sequenceFlows;
9   processUsecases = getUseCasesForProcess(process,
10      transactionSequenceFlows);
11   addNewUsecases(edges,useCases,processUsecases,transaction);
12 }
13 functions = BPMN.functions;
14 addGeneralUseCases(edges,useCases,functions);
15 addUnusedCases(useCases,functions);
16
17 UseCaseDiagram = {useCases,edges};
18 return UseCaseDiagram;
19 }

```

2. Po duomenų inicializavimo pirmiausia imamas transakcijos procesas (eil. 7) ir gaunami sekos srautai jungiantys komponentus transakcijoje (eil. 8).
3. Vėliau sukuriami vartojimo atvejai apibrėžiantys proceso valdymą (eil. 9) funkcija getUseCasesForProcess (Pseudokodas 2).

#### Pseudokodas 2: Funkcija getUseCasesForProcess

```

1  getUseCasesForProcess = function(process,sequenceFlows){
2    processFlows = sequenceFlows.filter(flow => (
3      flow.source == process
4    ));
5    cycledFlows = [];
6    for(flow in processFlows){
7      addCycledFlows(cycledFlows,[],
8        flow,process,sequenceFlows)
9    }
10   processUsecases = [];
11   for(flow in cycledFlows){
12     usecase = createUseCase(flow);
13     processUsecases.add(usecase);
14   }
15   return processUsecases;
16 }

```

4. Joje randami sekos srautai išeinantys iš proceso (eil. 2) ir kiekvienam iš jų rekursijos bū-

du surandami ciklai su procesu funkcija addCycledFlows (Pseudokodas 3). Kiekvienam iš cikle esančių sekos srautų sukuriamas vartojimo atvejis (eil. 10 - 14). Jų kolekcija ir yra (Pseudokodas 2) grąžinamas rezultatas.

### Pseudokodas 3: Funkcija addCycledFlows

```

1 addCycledFlows = function(cycledFlows,currentPath,
2   newFlow,process,sequenceFlows){
3   if(newFlow.target == process){
4     return true;
5   }
6   if(currentPath.contains(newFlow)){
7     return false;
8   }
9   if(cycledFlows.contains(newFlow)){
10    return true; // We already found path this way
11  }
12  nextFlows = sequenceFlows.filter(flow => (
13    flow.source == newFlow.target
14  ));
15  if(nextFlows.length == 0){
16    return false;
17  }
18  cycledFlows.add(newFlow);
19  currentPath.add(newFlow);
20  pathFound = false;
21  for(flow in nextFlows){
22    if(addCycledFlows(cycledFlows,currentPath,
23      flow,process,sequenceFlows)){
24      pathFound = true;
25      // No brake because we need to recursively add all paths
26    }
27  }
28  if(!pathFound){
29    cycledFlows.remove(newFlow);
30  }
31  currentPath.remove(newFlow);
32  return pathFound;
33 }

```

Minėta Funkcija (Pseudokodas 3) pirmiausia patikrina ar jau nėra ciklo su procesu ir jei taip patvirtina, kad parametras `currentPath` turi savyje kelia į procesą (eil. 3 - 5). Jei kelias užs ciklino grąžinamas neigiamas atsakymas (eil. 6 - 8), tai reiškia grįžimą atgal. Jei žingsnis veda į jau išsaugotą sėkmingą kelio atkarpą patvirtinamas jo teisingumas (eil. 9 - 11). Jei nei viena iš šių sąlygų nepasitvirtino paimami sekantys žingsniai (eil. 12). Jų neradus pranešama apie aklavietę (eil. 15 - 17). Kol kas pažymima, kad žingsnis yra sėkmingas (eil. 18) ir žengtas (eil. 19). Toliau ieškoma ciklų su procesu einant sekančiais sekos srautais (eil. 21 - 27). Neradus nei vieno kelio į procesą ištrinamas pažymėjimas apie žingsnio teisingumą (eil. 28 - 30). Kadangi keliai žengus šį žingsnį ištyrinėti grįžtama atgal (eil. 31).

5. (Pseudokodas 2) sukurti vartojimo atvejai pridedami prie jau gautų vartojimo atvejų kartu su ryšiais tarp jų funkcija `addNewUseCases` (Pseudokodas 4).

Pseudokodas 4: Funkcija `addNewUseCases`

```

1  addNewUseCases = function(edges,useCases,newUseCases,transaction){
2      if(newUseCases.length < 1){
3          return;
4      }
5      mainUseCase = createUseCase(transaction);
6      useCases.add(mainUseCase);
7      if(newUseCases.length == 1){
8          useCase = newUseCases[0];
9          mainUseCase.createdFromFlow = useCase.createdFromFlow;
10         mainUseCase.usedBy = useCase.usedBy;
11         return;
12     }
13     for(useCase in newUseCases){
14         useCases.push(useCase);
15         edge = createIncludeEdge(mainUseCase,useCase);
16         edges.push(edge);
17     }
18 }

```

Joje sukuriamas vartojimo atvejis visai transakcijai (eil. 5), pažiūrima kiek vartojimo atvejų rasta, jei vienas tai jo informacija išsaugoma į pagrindinį vartojimo atvejį (eil. 7 - 12). Radus daugiau, jie išsaugomi kaip įeinantys į transakciją (eil. 13 - 17).

6. Galiausiai randamos bendros funkcijos tarp transakcijų ir sukuriami apibendrinantys vartojimo atvejai (Pseudokodas 5).

Pseudokodas 5: Funkcija `addGeneralUseCases`

```

1 addGeneralUseCases = function(edges,useCases,functions){
2   for(f in functions){
3     useCasesUsingThisFunction = useCases.filter(useCase => (
4       useCase.createdFromFlow.to == f
5     ));
6     if(useCasesUsingThisFunction.length < 2){
7       continue;
8     }
9     generalUseCase = createGeneraluseCase(f);
10    useCases.push(generalUseCase);
11    for(useCase in useCasesUsingThisFunction){
12      edge = createExtendEdge(generalUseCase,useCase);
13      edges.push(edge);
14    }
15  }
16 }

```

7. Jeigu liko nepanaudotų funkcijų, iš jų sukuriami vartojimo atvejai su perspėjimais (Pseudokodas 6).

#### Pseudokodas 6: Funkcija addUnusedCases

```

1 addUnusedCases = function(useCases,functions){
2   for(function in functions){
3     if(useCases.includes(useCase =>(
4       useCase.createdFromFlow.target == f
5     ))) {
6       continue;
7     }
8     useCase = createUnusedUseCase(function);
9     useCases.push(useCase);
10  }
11 }

```

Sudėtingiausia algoritmo vieta yra transakcijos grafo viršūnių radimas (Pseudokodas 3), kuriam naudojamas paieškos į gylį algoritmas, taigi sudėtingumas yra tiesinis. Atlikusi šio algoritmo veiksmus programa iš Nr. 1 priede pavaizduoto vertės grandinės modelio gauna Nr. 2 priede pavaizduotas užduočių diagramas.

### 3. Programa BPMN transformacijai į užduočių diagramą

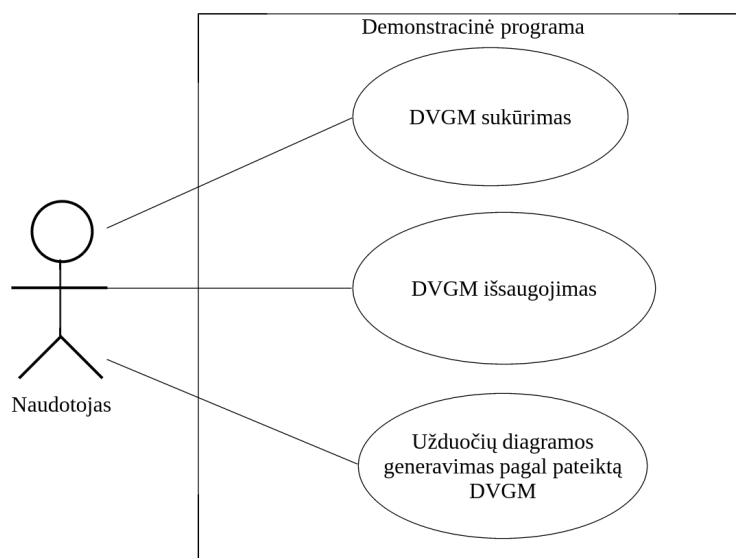
Vienas iš šio darbo tikslų yra programa, demonstruojanti algoritmo **BPMN** transformacijai į užduočių diagramą, veikimą. Programos įėjai pasirinktas **BPMN** išplėtimas **DVGM** modelis, išeiga – užduočių diagrama. Algoritmas aprašytas 2.1 skyriuje. Programos realizacija yra „github“ sistemoje. Ten galima rasti:

1. Programos kodą <https://github.com/Aleksandras-Sivkovas/diagrams-editor-app>.
2. Sutransliuotą demo versiją <https://aleksandras-sivkovas.github.io/diagrams-editor-app/>.
3. Pavyzdinį **JSON** formato duomenų failą, kurį galima importuoti programoje arba generuoti iš jo užduočių diagramas <https://aleksandras-sivkovas.github.io/diagrams-editor-app/dvcm.json>.

Algoritmo aprašyto 2.1 skyriuje realizaciją „Javascript“ kalba pateikiama Nr. 10 priede.

#### 3.1. Funkciniai reikalavimai programai

Čia aprašomi demonstracinės programos funkciniai reikalavimai. Jie pateikiami užduočių diagramos pavidalu (36 pav.) bei aprašomi 3, 4 ir 5 lentelėse. Šie reikalavimai parodys kokiomis funkcijos galės pasinaudoti naudotojas norėdamas pasižiūrėti algoritmo veikimą.



36 pav. Demonstracinės programos funkciniai reikalavimai.

3 lentelė. **DVGM** kūrimo naudojimo atvejis

<b>ID</b>	NA1
<b>Pavadinimas</b>	<b>DVGM</b> sukūrimas

**Aktoriai**

1. Naudotojas.

**Aprašas**

Naudotojas pasinaudojęs demonstracine programa sukuria **DVGM**.

**Prieš sąlygos**

1. Naudotojas yra atidaręs demonstracinės programos langą.

**Priežastys**

1. Naudotojas pareikalavo sukurti **DVGM**.

**Po sąlygos**

1. Naudotojas yra sukūręs **DVGM**.
2. Naudotojas mato savo sukurtą **DVGM** demonstracinės programos lange.

**Pagrindinė užduočių seka**

1. Demonstracinė programa pateikia interfeisą **DVGM** kūrimui.
2. Naudotojas kuria **DVGM**.

**Alternatyvios užduočių sekos****Išimtinės užduočių sekos**

4 lentelė. **DVGM** saugojimo naudojimo atvejis

<b>ID</b>	NA2
<b>Pavadinimas</b>	<b>DVGM</b> išsaugojimas
<b>Aktoriai</b>	
1. Naudotojas.	



**Aprašas**

Naudotojas išsaugo demonstracinę programą sukurtą **DVGM**.

**Prieš sąlygos**

1. Naudotojas yra atidaręs **DVGM** kūrimo interfeisą.

**Priežastys**

1. Naudotojas pareikalavo išsaugoti **DVGM**.

**Po sąlygos**

1. Naudotojas yra išsaugojęs **DVGM**.
2. Naudotojas žino, kad **DVGM** išsaugotas.

**Pagrindinė užduočių seka**

1. Demonstracinė programa pateikia išsaugojimo formatus.
2. Naudotojas pasirenka kaip saugoti **DVGM**.
3. Demonstracinė programa pareikalauja išsaugojimo informacijos.
4. Naudotojas įveda išsaugojimo informaciją.
5. Demonstracinė programa išsaugo **DVGM**.
6. Demonstracinė programa patvirtina, kad **DVGM** išsaugotas.

**Alternatyvios užduočių sekos****Išimtinės užduočių sekos**

- \*.1. Naudotojas atsisako išsaugoti **DVGM**.
  - \*.1.1. Naudotojas pateikia išsaugoti atsisakymą.
  - \*.1.2. Demonstracinė programa nebereikalauja duomenų.

**ID** NA3

**Pavadinimas** Užduočių diagramos generavimas pagal pateiktą **DVGM**

**Aktoriai**

1. Naudotojas.

**Aprašas**

Naudotojas demonstracinei programai programa pateikia **DVGM** ir programa sugeneruoja užduočių diagramą.

**Prieš sąlygos**

1. Naudotojas yra atidaręs programos langą.

**Priežastys**

1. Naudotojas pareikalavo sugeneruoti užduočių diagramą iš **DVGM**.

**Po sąlygos**

1. Demonstracinėje programoje yra užduočių diagramos duomenys.
2. Naudotojas mato sugeneruotą užduočių diagramą Demonstracinės programos lange.

**Pagrindinė užduočių seka**

1. Demonstracinė programa pateikia užduočių diagramos generavimo iš **DVGM** variantus.
2. Naudotojas pasirenka generuoti bendrą diagramą iš **DVGM**.
3. Demonstracinė programa pateikia interfeisą **DVGM** įvedimui.
4. Naudotojas įveda **DVGM**.
5. Demonstracinė programa sugeneruoja užduočių diagramos modelį.
6. Demonstracinė programa pavaizduoja užduočių diagramą lange.

**Alternatyvios užduočių sekos**

- 2.1. Naudotojas Naudotojas pasirenka iš **DVGM** sugeneruotą diagramą rodyti po vieną transakciją.

### **Išimtinės užduočių sekos**

- \*.1. Naudotojas atsisako generavimo.
  - \*.1.1. Naudotojas pateikia generavimo atsisakymą.
  - \*.1.2. Demonstracinė programa nebereikalauja duomenų.

## **3.2. Technologijos pasirinktos programos įgyvendinimui**

### **3.2.1. Javascript**

Programai įgyvendinti pasirinkta „Javascript“ programavimo kalba. Kadangi reikės atvaizduoti diagramas buvo nuspręsta atlikti tai panaudojant HTML galimybes. „Javascript“ yra aukšto lygio programavimo kalba. Naujausios jos versijos yra objektiškai orientuotos ir pateikia nemažai kitų aukšto lygio abstrakcijų. Ši kalba yra silpnai tipizuota, objektų išplėtimams naudoja prototipus. „Javascript“ suteikia naršyklių rodomiems puslapiams dinamiškumą. Ilgą laiką ji buvo naudojama tik tam, bet kalbai išpopuliarėjus, ją imta taikyti ir srityse kaip serverinės ar net darbastalio programos. „Javascript“ naudojama kaip interpretuojama programavimo kalba. Interpretavimo standartas „ECMAScript“ buvo išleistas 1997 metais, nuo to laiko jis smarkiai pasikeitė. 2018 metais labiausiai naršyklių pilnai palaikomas yra 5 standartas, šiame darbe rašomas kodas bus transliuojamas į jį.

Programos „Javascript“ kodui rašyti pasirinkta 6 „ECMAScript“ versija [ECM15].

### **3.2.2. Node.js**

Pasirinkta atviro kodo „Node.js“ programavimo aplinka [Dah09]. Ši aplinka pritaikyta dirbti su „Javascript“ projektais. Išoriniams paketams tvarkyti pasirinkta atviro kodo „NPM“ paketų tvarkyklė [RM10]. Ši tvarkyklė padeda tvarkyti „Javascript“ paketų versijas. Ji buvo pasirinkta nes yra pagrindinė „Node.js“ aplinkos paketų tvarkyklė.

### **3.2.3. Webpack**

Programos modelių surinkimas ir transliavimas aprašomas naudojant atviro kodo „Javascript“ modulių surinkimo bibliotekos „Webpack“ konfigūraciją [KLE10]. Ji leidžia pasirinkti kokius modulius ir koku būdu turi būti surinkti ir transliuoti. „Webpack“ naudojamas surinkti „Javascript“ projektą iš daugybės modulių ir transliuoti juos taip, kad palaikytų norimą versiją. Šiuo atveju „Javascript“ 6 standarto kodas transliavimas į 5, kad veiktų naršyklėse.

### 3.2.4. Babel

Programos kodas transliuojamas atviro kodo transliatoriumi „Babel“, kuris naudojamas kaip „Webpack“ prijungimas (plugin).

### 3.2.5. MobX

Programa modeliuojama naudojant MVC metodologiją. Modeliui ir kontrolieriui pasirinkta atviro kodo „MobX“ modeliavimo biblioteka [Wes15]. Ji leidžia kurti programos duomenų modelius ir kontroliuoja jų būsenos klausymąsi naudodama „Javascript“ objekto duomenų priskyrimo ir gavimo metodus.

### 3.2.6. React

Programos „MVC“ vaizdavimo dalis kuriama naudojant atviro kodo „React“ biblioteką [Wal13]. Ji pateikia patogų virtualaus dokumento objekto modelio interfeisą kuris pritaikytas veikti vienodai visose naršyklėse ir optimizuoja dokumento objekto modelio atnaujinimus. Taip pat turi patogią sintaksę vaizdo apibrėžimui – „JSX“. „React“ labai gerai integruojasi su „MobX“.

## 3.3. Programos veikimo pavyzdžiai

Atidarius programą matomas trumpas jos aprašymas. Programą galima lokalizuoti į konsolę įvedus komandą `editorModel.locale = "lt_LT"` (priedas Nr. 6). Programa pateikia grafinę diagramų atvaizdavimo sąsają, bet jų kūrimui pateikiamas komandinis interfeisas. Komandomis vadinami „window“ objektui priskirti programos objektai (naudojimo pavyzdys: kodas 1). Paspaudus mygtuką „Naujas“ matomas diagramos kūrimo langas (priedas Nr. 7). Pasirinkus „DVGM“ rodomas DVGM kūrimo sąsaja (priedas Nr. 8). Joje galimos DVGM redagavimo komandos. Suvedus komandas iš 1 kodo gaunamas DVGM modelis. Šiek tiek pakoreguotas grafine sąsaja jis pavaizduotas priede Nr. 9. Sudėtingesnio DVGM (priedas Nr. 1) JSON formato duomenų failas yra pateiktas <https://aleksandras-sivkovas.github.io/diagrams-editor-app/dvcm.json>.

Kodas 1: Komandos gauti Nr. 9 priede pavaizduotą DVGM

```

1 // Nodes
2 pp = editorModel.diagram.root.processesPool
3 fp = editorModel.diagram.root.functionsPool;
4 start = new dvcm.StartEvent()
5 start.position.y = 20
6 start.position.x = 100
7 pp.append(start)
8 p1 = new dvcm.Activity("P1")
9 p1.position.y = 160

```

```

10 p1.position.x = 85
11 pp.append(p1);
12 f1 = new dvcm.Activity("F1")
13 f1.position.y = 160
14 f1.position.x = 85
15 fp.append(f1)
16 end = new dvcm.EndEvent()
17 end.position.y = 340
18 end.position.x = 100
19 pp.append(end)
20 tr = new dvcm.Transaction("MT1")
21 editorModel.diagram.addComponent(tr)
22
23
24 // Edges
25 sf = new dvcm.SequenceFlow()
26 sf.source = start
27 sf.target = p1
28 editorModel.diagram.addEdge(sf)
29
30 sf = new dvcm.SequenceFlow()
31 sf.source = p1
32 sf.target = f1
33 editorModel.diagram.addEdge(sf)
34
35 sf = new dvcm.SequenceFlow()
36 sf.source = f1
37 sf.target = p1
38 editorModel.diagram.addEdge(sf)
39
40 sf = new dvcm.SequenceFlow()
41 sf.source = p1
42 sf.target = end
43 editorModel.diagram.addEdge(sf)
44
45 sf = new dvcm.InTransaction()
46 sf.source = tr
47 sf.target = p1
48 editorModel.diagram.addEdge(sf)

```

```
49  
50 sf = new dvcm.InTransaction()  
51 sf.source = tr  
52 sf.target = f1  
53 editorModel.diagram.addEdge(sf)
```

## Rezultatai ir išvados

1. Iš literatūros analizės apie reikalavimų inžineriją nustatytas reikalavimų inžinerijos aktualumas. Taip pat nustatytas įrankių reikalavimų inžinerijai aktualumas. Įrankis leistų:
  - (a) Sumažinti žmogiškąjį klaidos faktorių. Automatizavus procesą žmogus gautų teoriškai teisingus reikalavimus.
  - (b) Paspirtinti reikalavimų inžinerijos procesą.
  - (c) Padaryti reikalavimus prieinamus visiems komandos nariams. Visi žinotų koks yra projekto statusas.
  - (d) Sekti reikalavimų pasikeitimus.
2. Pagal modeliavimo kalbų standartų ir transformavimo algoritmų analizę nustatyta, kad trūksta **BPMN** transformavimo į užduočių diagramą algoritmo. Rastas algoritmas, kuris atlieka transformaciją remdamasis empirinėmis taisyklėmis.
3. Kadangi daugelis **BPMN** komponentų neturi įtakos užduočių diagramos generavimo rezultatui išanalizavus **BPMN** standartą sudarytas **BPMN** pagrindinių komponentų metamodelis. Jis apibūdina algoritmo įvesties duomenis.
4. Išanalizavus **UML** ir **SysML** standartus sudarytas užduočių diagramos metamodelis. Jis apibūdina algoritmo rezultatą.
5. Pasiūlytas **BPMN** standarto praplėtimas. Parodyta kokios anksčiau aprašyto algoritmo problemos išsprendžia generuojant užduočių diagramą pagal **BPMN** sukurtą pagal **DVGM** teoriją.
6. Išanalizavus modeliavimo kalbų standartus ir egzistuojančius algoritmus pasiūlytas **BPMN** transformavimo į užduočių diagramą algoritmas, kuris sukonstruoja užduočių diagramos modelį. Pateikiamas algoritmo pseudokodas bei jį apibūdinanti veiklos diagrama. Sukurtas algoritmas galėtų būti pritaikytas reikalavimų inžinerijos įrankyje.
7. Sukurta demonstracinė programa leidžianti:
  - (a) Kurti **BPMN** pagal **DVGM** teoriją.
  - (b) Iš sukurto modelio generuoti užduočių diagramą.

## Literatūra

- [ABS<sup>+</sup>17] Sehrish Alam, Shahid Nazir Bhatti, S. Asim Ali Shah, and Amr Mohsen Jadi. Impact and challenges of requirement engineering in agile methodologies: a systematic review. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8:411–420, 2017-11.
- [Dah09] Ryan Dahl. Node.js, 2009. URL: <https://nodejs.org>.
- [DJ02] R.M. Dijkman and Stef M.M. Joosten. An algorithm to derive use cases from business processes. 08:679–684, 2002-03.
- [ECM15] ECMA International. *Standard ECMA-262 - ECMAScript Language Specification*. 6 leid., 2015-06. URL: <http://www.ecma-international.org/ecma-262/6.0/ECMA-262.pdf>.
- [GL16] Saulius Gudas ir Audrius Lopata. Towards internal modelling of the information systems application domain. *Informatica, Lith. Acad. Sci.*, 27(1):1–29, 2016. URL: <http://content.iospress.com/articles/informatica/inf1085>.
- [ICJ<sup>+</sup>92] Jacobson Ivar, Magnus Christerson, Patrik Jonsson ir Gunnar Övergaard. *Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach*. Addison-Wesley, Reading, 1992.
- [JSB11] Ivar Jacobson, Ian Spence ir Kurt Bittner. *USE-CASE 2.0 The Guide to Succeeding with Use Cases*. Ivar Jacobson International SA., 2011. URL: [file:///C:/Users/bergerma/AppData/Local/Temp/Use-Case+2\\_0\\_Jan11.pdf](file:///C:/Users/bergerma/AppData/Local/Temp/Use-Case+2_0_Jan11.pdf).
- [KLE10] Tobias Koppers, Sean Larkin ir Johannes Ewald. Webpack, 2010-03. URL: <https://webpack.js.org/>.
- [Obj11] Object Management Group (OMG). Business process model and notation (BPMN). OMG Document Number formal/2011-01-03 (<http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>), 2011. Version 2.0.
- [Obj15] Object Management Group (OMG). Omg unified modeling language (OMG UML). OMG Document Number formal/2015-03-01 (<http://www.omg.org/spec/UML/2.5>), 2015. Version 2.5.
- [OMG17] OMG. OMG Systems Modeling Language (OMG SysML), Version 1.5, Object Management Group, 2017. URL: <https://www.omg.org/spec/SysML/1.5>.
- [RM10] Isaac Z. Schlueter and Rebecca Turner ir Kat Marchán. Node package manager, 2010. URL: <https://www.npmjs.com/>.
- [UHM17] Nabihah Usmani, Rabbia Hassan, and Waqas Mahmood. Impediments to requirement engineering in distributed team. *International Journal of Information Engineering and Electronic Business(IJIEEB)*, 9:10–18, 2017-11.



- [Wal13] Jordan Walke. React, 2013. URL: <https://reactjs.org/>.
- [Wes15] Michel Weststrate. Mobx, 2015. URL: <https://github.com/mobxjs/mobx>.

## Santrumpos

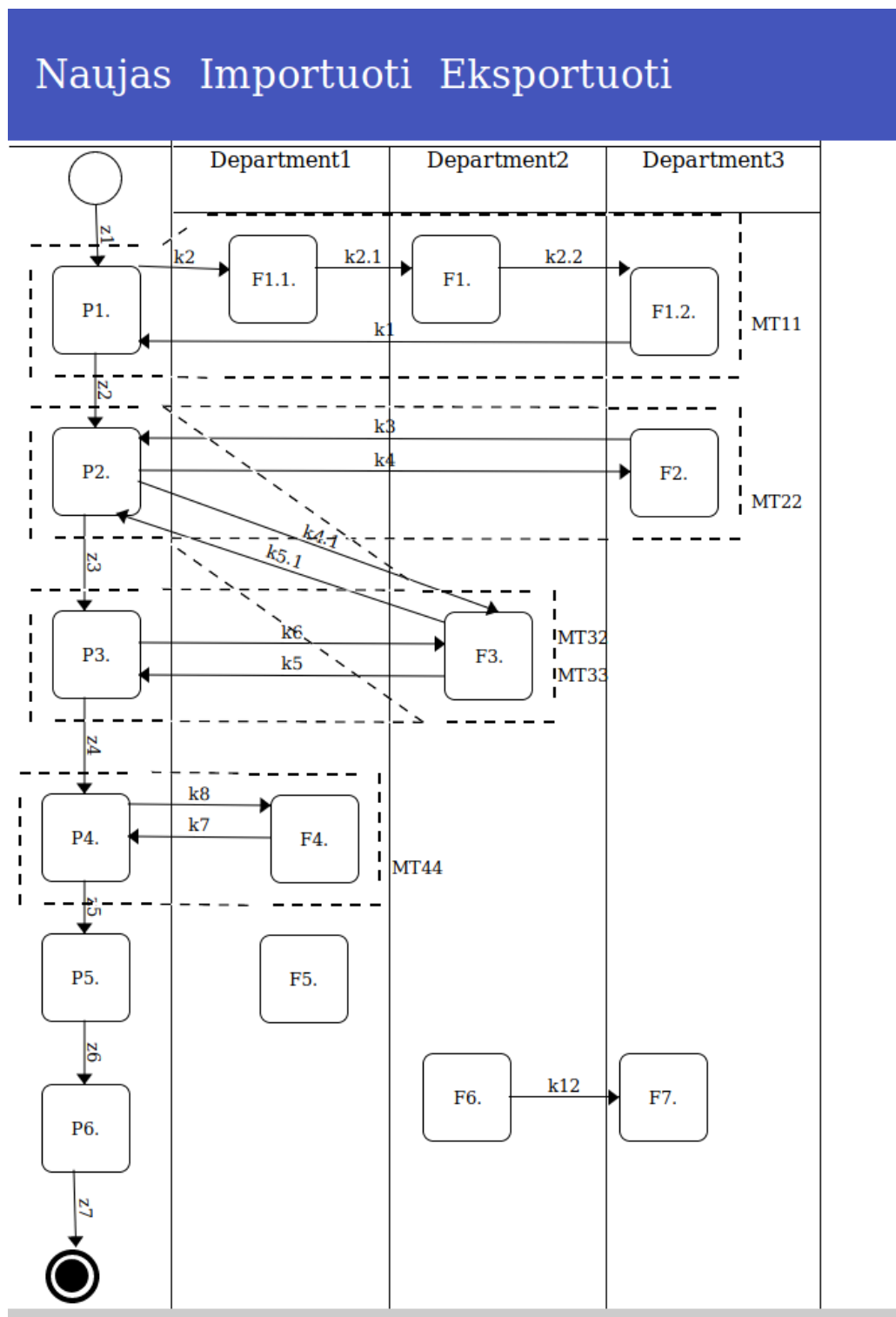
Šiame darbe naudojami žymėjimai:

1. **UML** – modeliavimo kalba, skirta suteikti standartinį sistemos analizės, architektūros, veikimo ir kūrimo pavaizdavimą [Obj15].
2. **SysML** – **UML** išplėtimas skirtas modeliuoti programų sistemas. [OMG17]
3. **OMG** (angl. Object Management Group) – atviras, tarptautinis ne pelno siekiantis technologijų standartų konsorciumas (<https://www.omg.org/>).
4. **JSON** (angl. JavaScript Object Notation) – atviras failo formato standartas naudojantis žmogui perskaitomą tekstą duomenims koduoti.

## Priedas Nr. 1

### Vertės grandinės modelis programos lange

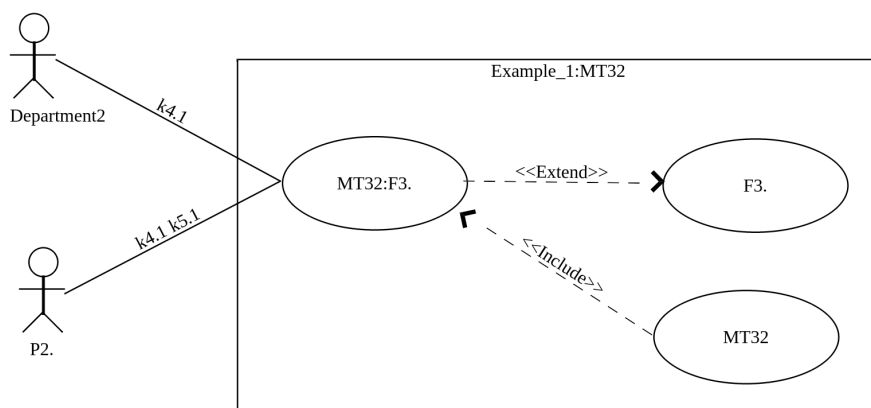
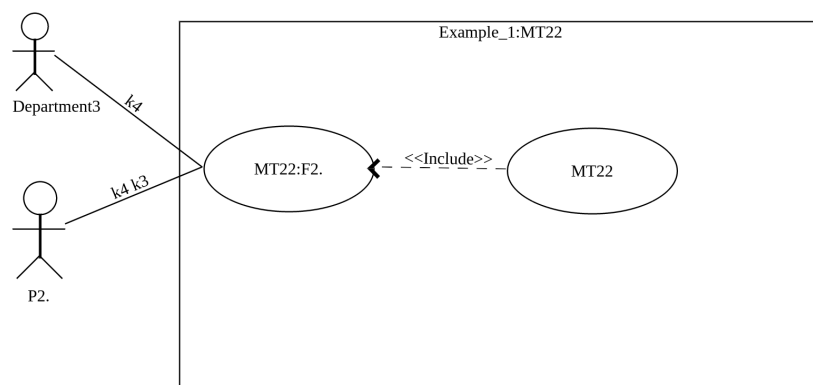
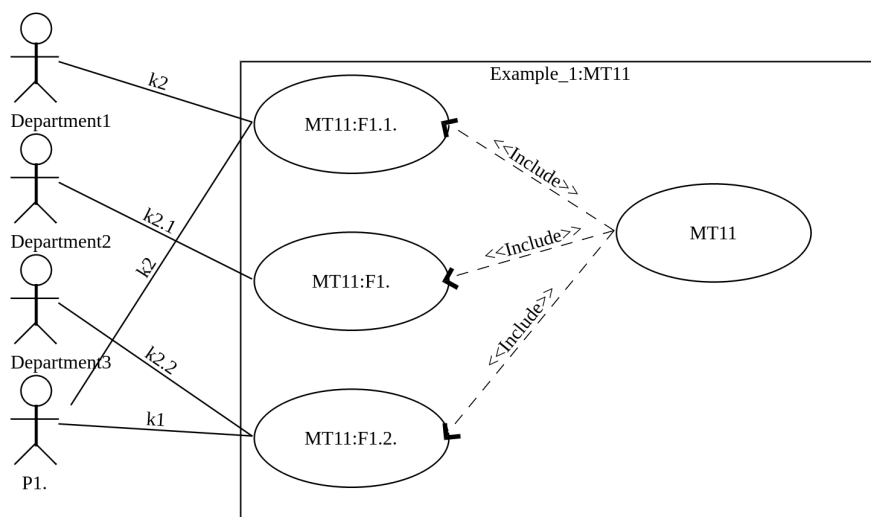
JSON formato duomenų failas yra pateiktas <https://aleksandras-sivkovas.github.io/diagrams-editor-app/dvcm.json>.

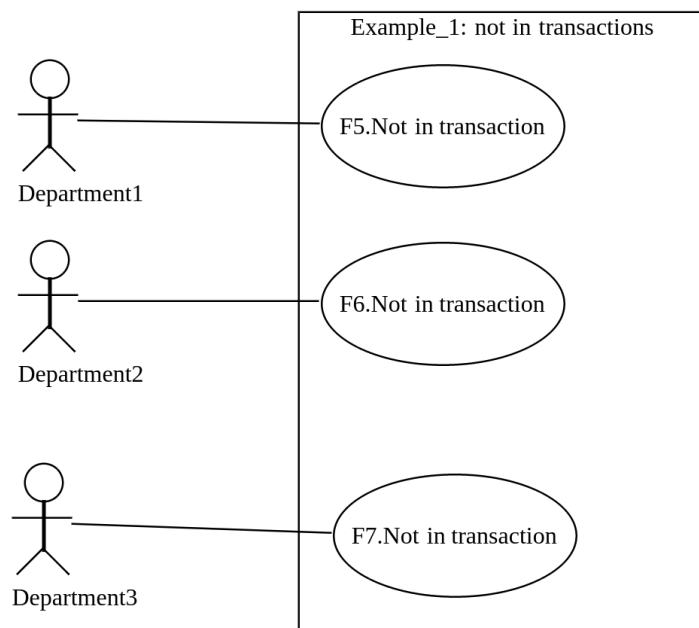
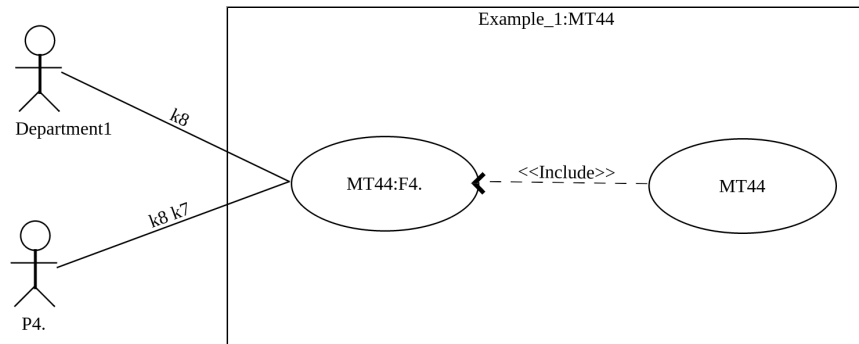
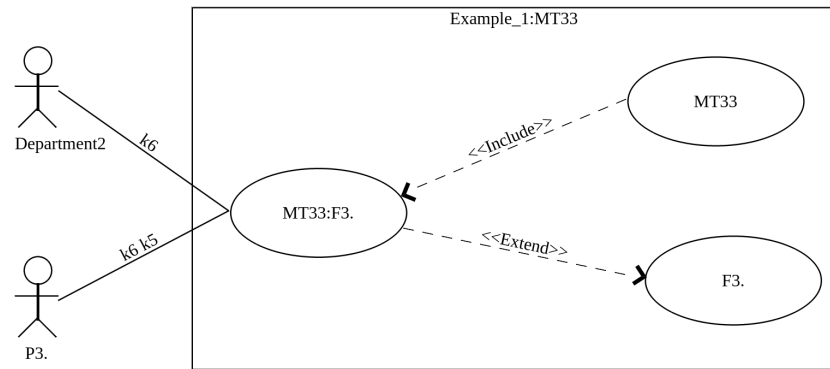


## Priedas Nr. 2

### Nr. 1 priedo užduočių diagramos

Iš Nr. 1 priedo **DVGM** transformuotos užduočių diagramos.

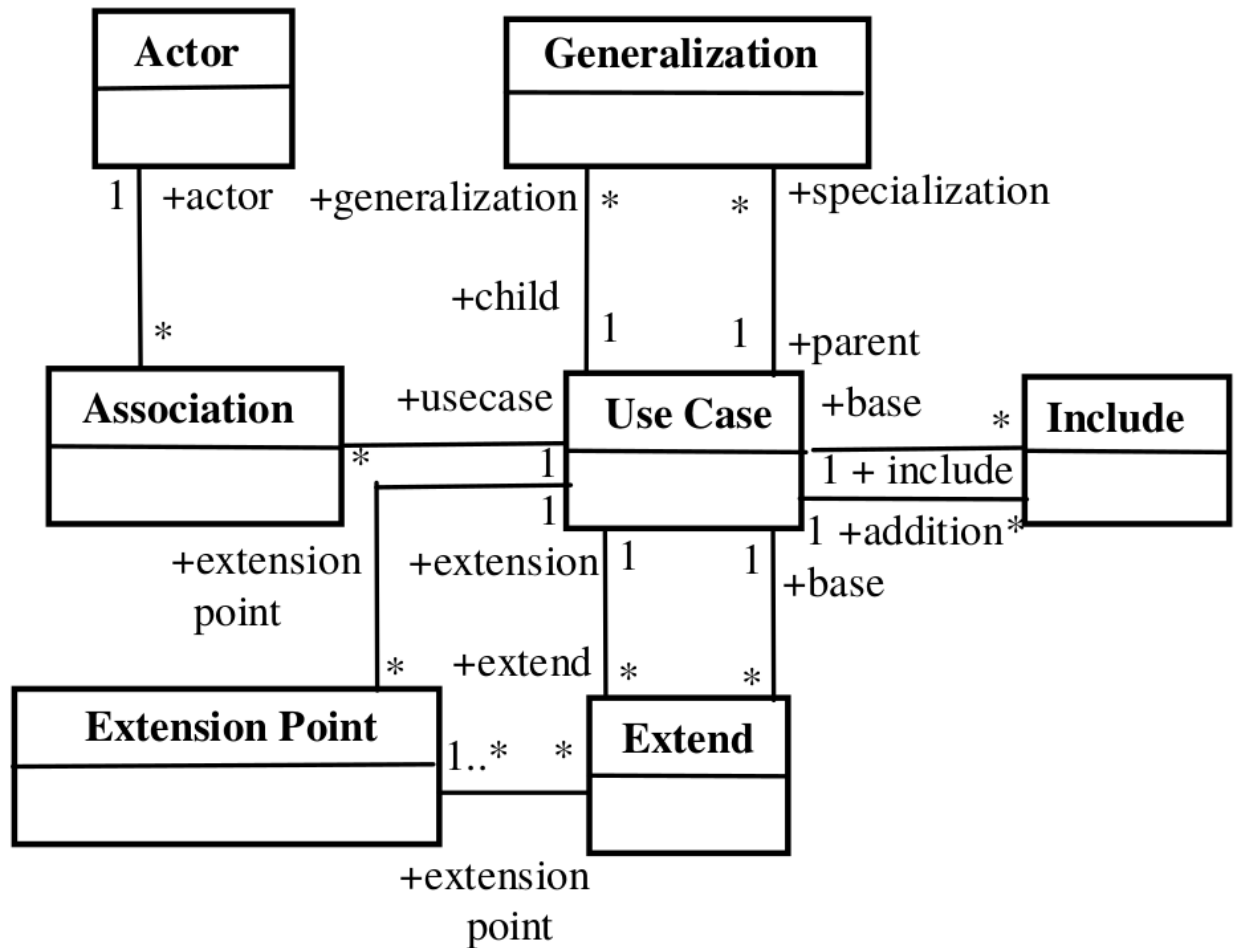




### Priedas Nr. 3

#### Užduočių diagramos metamodelis

Čia pateikiamas literatūroje rasto algoritmo straipsnio [DJ02] pateiktas Užduočių diagramos (Use case) metamodelis.

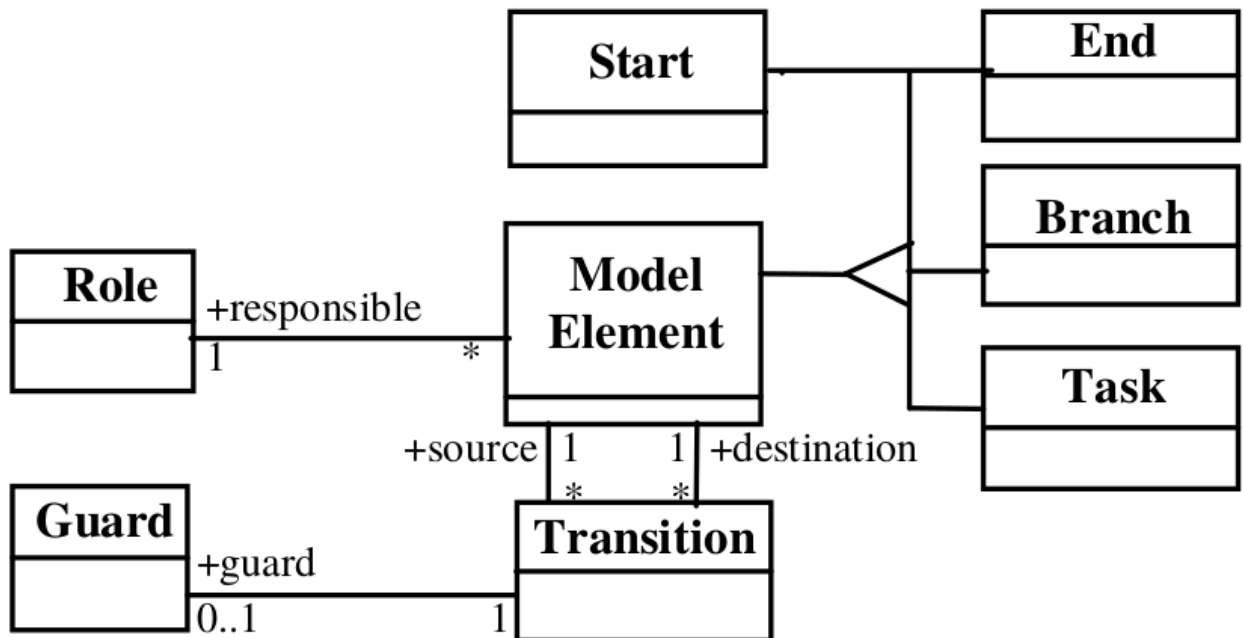


37 pav. Užduočių diagramos metamodelis

## Priedas Nr. 4

### BPMN metamodelis

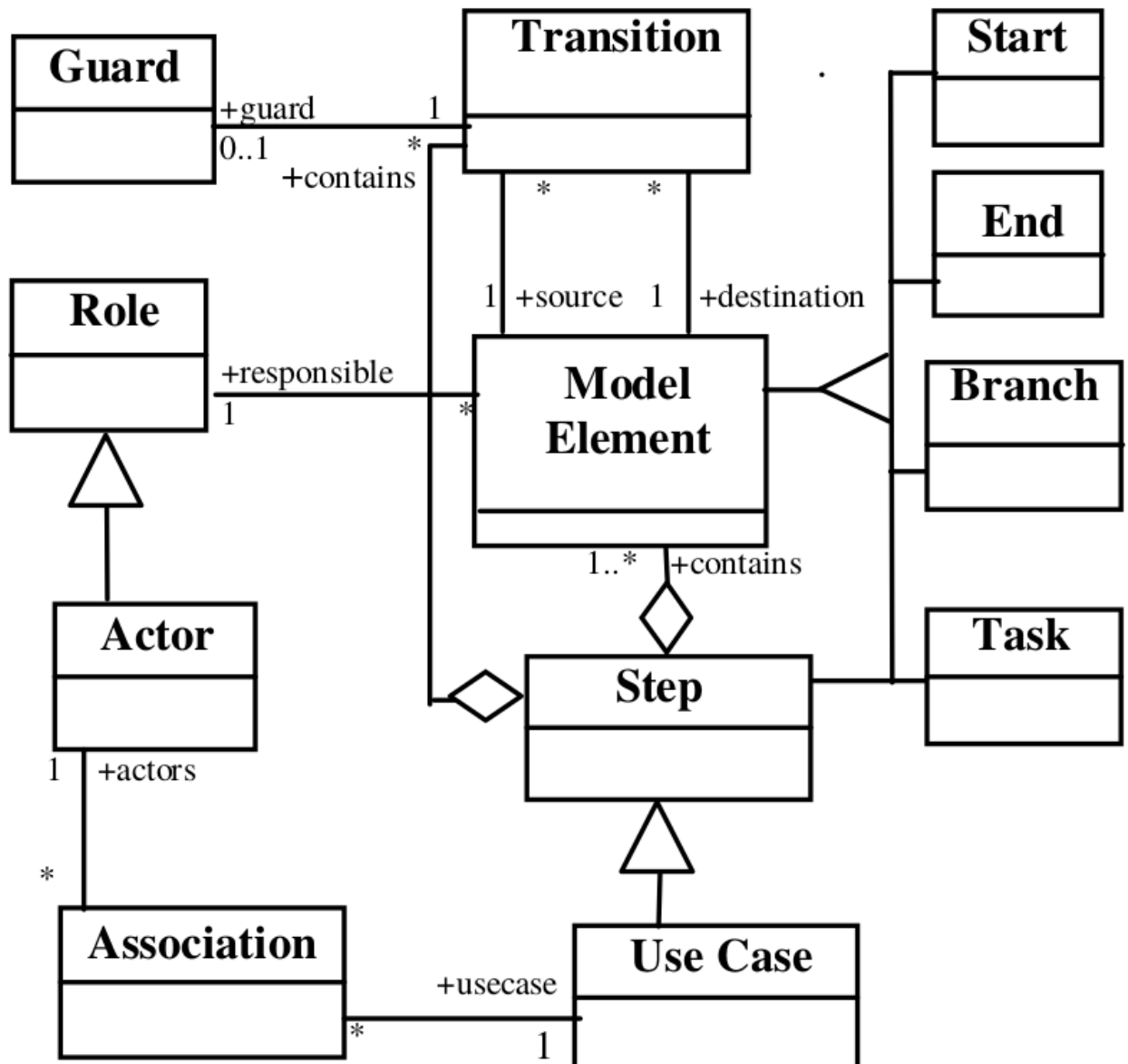
Čia pateikiamas literatūroje rasto algoritmo straipsnio [DJ02] pateiktas **BPMN** metamodelis.



## Priedas Nr. 5

### Integruotas metamodelis

Čia pateikiamas literatūroje rasto algoritmo straipsnio [DJ02] pateiktas integruotas **BPMN** ir užduočių diagramos (Use case) metamodelis.





**Priedas Nr. 6****Langas matomas atidarius programą**

## Naujas Importuoti

Diagramų tvarkyklė 0.0.0

Grafinė sąsaja:

Importuoti - Importuoti diagramos failą ir parodyti diagramą..

Eksportuoti - Eksportuoti atidarytą diagramą į failą ir pasiūlyti jį išsaugoti failų sistemoje.

Naujas->DVGM -Sukuria naują DVGM ir parodo jį.

Naujas->Užduočių diagrama->Nauja diagrama -Sukuria naują užduočių diagramą ir parodo ją.

Naujas->Užduočių diagrama->Generuoti iš DVGM -Sukuria užduočių diagramą iš DVGM ir parodo ją.

Priedas Nr. 7

Sukūrimo sąsaja

Naujas Importuoti

DVGM

Užduočių diagrama

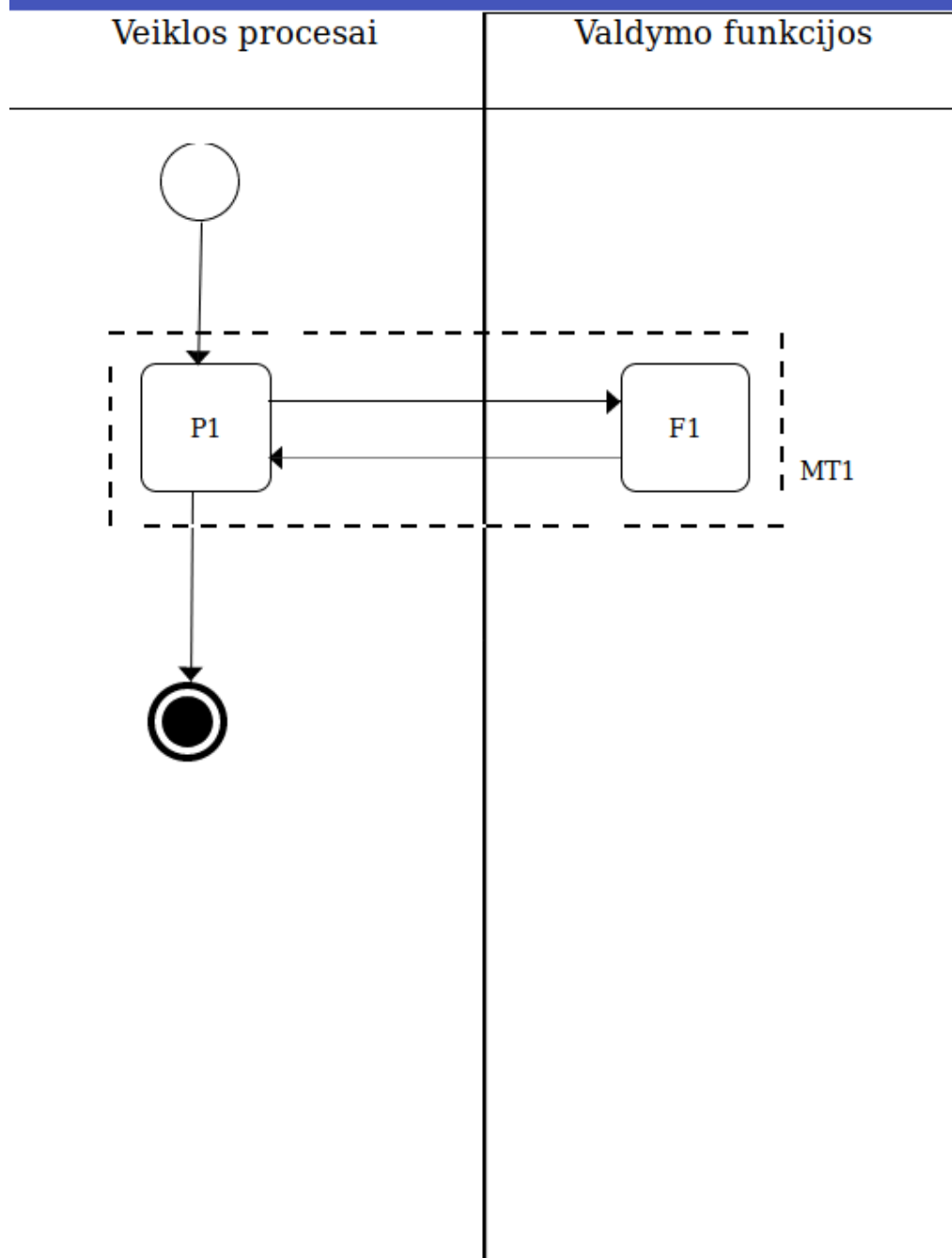
Atšaukti

**Priedas Nr. 8****DVGM Kūrimo sąsaja**

Naujas Importuoti Eksportuoti	
Veiklos procesai	Valdymo funkcijos

**Priedas Nr. 9****Sukurto DVGM pavyzdys**

## Naujas Importuoti Eksportuoti



## Priedas Nr. 10

### Pseudokodo realizacija Javascript kalba

Algoritmo aprašyto 2.1 skyriuje realizaciją „Javascript“ kalba.

```

1 import {DVCMMModel,Activity,SequenceFlow,Transaction} from "dvcmm";
2 import {UseCasesModel,UseCases,UseCase,Association,Inclusion,
3   Extension,System,Actor} from "use-cases"
4
5 export default class UseCasesGenerator {
6
7   generate(model){
8     if(model instanceof DVCMMModel){
9       return this.generateFromDVCMM(model);
10    }
11    return null;
12  }
13
14  _createUseCasesObject(){
15    return {
16      transactionuseCases: [],
17      functionUseCases: [],
18      subfunctionUseCases: [],
19      generalUseCases: [],
20      unusedUseCases: []
21    };
22  }
23
24  _generateDVCMMData(dvcmm){
25    const sequenceFlows = dvcmm.sequenceFlows;
26    const transactions = dvcmm.transactions;
27
28    const useCases = this._createUseCasesObject();
29    const edges = [];
30    const actors = new Map();
31    const mappings = {
32      useCasesFunctionsmap: new Map(),
33      useCasesTransactionsMap: new Map()
34    }
35

```

```

36  for(let transaction of transactions){
37      if(transaction.processes.length < 1){
38          continue;
39      }
40      const process = transaction.processes[0];
41      const transactionSequenceFlows = this.
42          _getTransactionSequenceFlows(transaction,sequenceFlows);
43      const cycle = this.
44          _getCycleForProcess(process,transactionSequenceFlows);
45      if(!cycle){
46          continue;
47      }
48      this._addUseCases(edges,useCases,actors,cycle,transaction,mappings);
49  }
50
51  // getFunctions
52  const functions = dvcm.activities.filter(activity =>
53      activity.isFunction);
54
55  this._addGeneralUseCases(edges,useCases,functions,mappings);
56  this._addUnusedCases(edges,useCases,functions,actors,mappings);
57
58  return {
59      useCases:useCases,
60      edges:edges,
61      actors:actors,
62      mappings:mappings,
63  }
64  }
65  generateFromDVCM(dvcm){
66      const dvcmData = this._generateDVCMData(dvcm);
67      return this._createUseCaseDiagramModel(
68          dvcm.name,
69          dvcmData.useCases,
70          dvcmData.edges,
71          dvcmData.actors
72      );
73  }

```

```

74 _getAllNodesUseCasesSet(useCases){
75     const set = new Set();
76     const entries = Object.entries(useCases);
77     for(let entry of entries){
78         const collection = entry[1];
79         for(let element of collection){
80             set.add(element);
81         }
82     }
83     return set;
84 }
85 generateByTransactionFromDVCM(dvcm){
86     const dvcmData = this._generateDVCMData(dvcm);
87     const transactions = dvcm.transactions;
88     const diagrams = [];
89     for(let transaction of transactions){
90         const useCasesFilterFunction = function(useCase){
91             const set = dvcmData.mappings.useCasesTransactionsMap.get(useCase);
92             if(!set){
93                 return false;
94             }
95             return set.has(transaction);
96         }
97         const useCases = this._createUseCasesObject();
98         useCases.transactionuseCases = dvcmData.useCases.
99             transactionuseCases.filter(useCasesFilterFunction);
100         useCases.functionUseCases = dvcmData.useCases.
101             functionUseCases.filter(useCasesFilterFunction);
102         useCases.subfunctionUseCases = dvcmData.useCases.
103             subfunctionUseCases.filter(useCasesFilterFunction);
104         useCases.generalUseCases = dvcmData.useCases.
105             generalUseCases.filter(useCasesFilterFunction);
106         const allUseCases = this._getAllNodesUseCasesSet(useCases);
107         const edges = dvcmData.edges.filter(edge=>{
108             if(edge instanceof Association){
109                 return allUseCases.has(edge.target);
110             }
111             if(edge instanceof Inclusion){
112                 return allUseCases.has(edge.target);

```

```

113     }
114     if(edge instanceof Extension){
115         return (allUseCases.has(edge.target) &&
116             allUseCases.has(edge.source));
117     }
118 }));
119
120 const actors = new Map();
121 for(let entry of dvcmData.actors.entries()){
122     const actor = entry[1];
123     if(
124         edges.some(edge =>(
125             edge.source == actor
126         ))
127     ){
128         actors.set(entry[0],actor);
129     }
130 }
131 diagrams.push(
132     this._createUseCaseDiagramModel(
133         dvcm.name+": " + transaction.name,
134         useCases,
135         edges,
136         actors
137     )
138 );
139
140
141 const useCases = this._createUseCasesObject();
142 useCases.unusedUseCases = dvcmData.useCases.unusedUseCases;
143 const edges = dvcmData.edges.filter(edge=>{
144     if(edge instanceof Association){
145         return useCases.unusedUseCases.includes(edge.target);
146     }
147     if(edge instanceof Inclusion){
148         return useCases.unusedUseCases.includes(edge.target);
149     }
150     if(edge instanceof Extension){

```



```

151     return (
152         useCases.unusedUseCases.includes(edge.target) &&
153         useCases.unusedUseCases.includes(edge.source)
154     );
155 }
156 });
157
158 const actors = new Map();
159 for(let entry of dvcmData.actors.entries()){
160     const actor = entry[1];
161     if(
162         edges.some(edge =>(
163             edge.source == actor
164         ))
165     ){
166         actors.set(entry[0],actor);
167     }
168 }
169 diagrams.push(
170     this._createUseCaseDiagramModel(
171         dvcm.name+": " + " not in transactions",
172         useCases,
173         edges,
174         actors
175     )
176 );
177
178
179 return diagrams;
180 }
181
182 _getTransactionSequenceFlows(transaction,sequenceFlows){
183     const activities = transaction.activities;
184     return sequenceFlows.filter(flow => (
185         (activities.includes(flow.source)) &&
186         (activities.includes(flow.target))
187     ));
188 }

```

```

189 _getCycleForProcess(process,sequenceFlows){
190     const processFlows = sequenceFlows.filter(flow => (flow.source ==
        process));
191     if(processFlows.length == 0){
192         return null;
193     }
194     const processFlow = processFlows[0];
195     const cycledFlows = [];
196     this._addCycledFlows(cycledFlows,[],processFlow,process,sequenceFlows);
197     const starts = cycledFlows.filter(flow => (flow.source == process));
198     if(starts.length == 0){
199         return null;
200     }
201     const ends = cycledFlows.filter(flow => (flow.target == process));
202     if(ends.length == 0){
203         return null;
204     }
205     return {
206         start: starts[0],
207         ends: ends,
208         cycledFlows: cycledFlows,
209         process: process
210     };
211 }
212 _addUseCases(edges,useCases,actors,cycle,transaction,mappings){
213     const mainUseCase = new UseCase(transaction.name);
214     useCases.transactionuseCases.push(mainUseCase);
215
216     let useCaseTransactions = new Set();
217     mappings.useCasesTransactionsMap.set(mainUseCase,useCaseTransactions);
218     useCaseTransactions.add(transaction);
219
220     const mainPrefix = transaction.name + ":";
221     const fuMap = new Map();
222     for(let flow of cycle.cycledFlows){
223         if(flow.target == cycle.process){
224             continue;
225         }
226         const name = mainPrefix + flow.target.name;

```

```

227     const useCase = new UseCase(name);
228     useCases.subfunctionUseCases.push(useCase);
229     const include = new Inclusion();
230     include.source = mainUseCase;
231     include.target = useCase;
232     edges.push(include);
233
234     const actorName = flow.target.parent.name;
235     let actor = actors.get(actorName);
236     if(!actor){
237         actor = new Actor(actorName);
238         actors.set(actorName,actor);
239     }
240
241     const association = new Association();
242     edges.push(association);
243     association.source = actor;
244     association.target = useCase;
245     let associationName = flow.name;
246     association.name = associationName;
247
248
249     fuMap.set(flow.target,useCase);
250
251     let functionUseCases = mappings.useCasesFunctionsmap.get(flow.target);
252     if(!functionUseCases){
253         functionUseCases = [];
254         mappings.useCasesFunctionsmap.set(flow.target,functionUseCases);
255     }
256     functionUseCases.push(useCase);
257
258     let useCaseTransactions = new Set();
259     mappings.useCasesTransactionsMap.set(useCase,useCaseTransactions);
260     useCaseTransactions.add(transaction);
261 }
262 this._addProcessAsActor(edges,actors,cycle,mainUseCase,fuMap);
263
264 }
265 _addProcessAsActor(edges,actors,cycle,useCase,fuMap){

```

```

266   const actorName = cycle.start.source.name;
267   let actor = actors.get(actorName);
268   if(!actor){
269       actor = new Actor(actorName);
270       actors.set(actorName,actor);
271   }
272
273   const nameMap = new Map();
274   for(let end of cycle.ends){
275       const fu = fuMap.get(end.source);
276       let name = nameMap.get(fu);
277       if(!name){
278           name = "";
279       }
280       nameMap.set(fu,name + " " + end.name);
281   }
282
283   let fu = fuMap.get(cycle.start.target);
284   let name = nameMap.get(fu);
285   if(!name){
286       name = "";
287   }
288   nameMap.set(fu,cycle.start.name + " " + name);
289
290   for(fu of nameMap.keys()){
291       const association = new Association();
292       edges.push(association);
293       association.source = actor;
294       association.target = fu;
295       association.name = nameMap.get(fu);
296   }
297 }
298
299 _addCycledFlows = function(cycledFlows,currentPath,
300     newFlow,process,sequenceFlows){
301     if(currentPath.includes(newFlow)){
302         return false;
303     }
304     if(cycledFlows.includes(newFlow)){
305         return true; // We already found path this way

```

```

305     }
306     if(newFlow.target == process){
307         cycledFlows.push(newFlow);
308         return true;
309     }
310     const nextFlows = sequenceFlows.filter(flow => (
311         flow.source == newFlow.target
312     ));
313     if(nextFlows.length == 0){
314         return false;
315     }
316     cycledFlows.push(newFlow);
317     currentPath.push(newFlow);
318     let pathFound = false;
319     for(let flow of nextFlows){
320         if(this._addCycledFlows(cycledFlows,currentPath,flow,
321             process,sequenceFlows)){
322             pathFound = true;
323             // No brake because we need to recursively add all paths
324         }
325     }
326     if(!pathFound){
327         // Remove newFlow
328         cycledFlows.splice(cycledFlows.indexOf(newFlow),1);
329     }
330     // Remove newFlow
331     currentPath.splice(currentPath.indexOf(newFlow),1);
332     return pathFound;
333 }
334
335 _addGeneralUseCases(edges,useCases,functions,mappings){
336     for(let f of functions){
337         const useCasesUsingThisFunction =
338             mappings.useCasesFunctionsmap.get(f);
339         if(!useCasesUsingThisFunction || (useCasesUsingThisFunction.length <
340             2)){
341             continue;
342         }
343         const generalUseCase = new UseCase(f.name);

```

```

342     useCases.generalUseCases.push(generalUseCase);
343     for(let useCase of useCasesUsingThisFunction){
344         const extend = new Extension();
345         extend.source = useCase;
346         extend.target = generalUseCase;
347         edges.push(extend);
348
349         let useCaseTransactions =
350             mappings.useCasesTransactionsMap.get(useCase);
351         if(useCaseTransactions){
352             let newUseCaseTransactions = mappings.useCasesTransactionsMap
353                 .get(generalUseCase);
354             if(!newUseCaseTransactions){
355                 newUseCaseTransactions = new Set();
356                 mappings.useCasesTransactionsMap.set(generalUseCase,
357                     newUseCaseTransactions);
358             }
359             for(let transaction of useCaseTransactions){
360                 newUseCaseTransactions.add(transaction);
361             }
362         }
363     }
364 }
365 }
366
367 _addUnusedCases(edges, useCases, functions, actors, mappings){
368     for(let f of functions){
369         if(mappings.useCasesFunctionsmap.get(f)){
370             continue;
371         }
372         const useCase = new UseCase(f.name + "Not in transaction");
373         useCase.errors = true;
374         useCases.unusedUseCases.push(useCase);
375
376         const actorName = f.parent.name;
377         let actor = actors.get(actorName);
378         if(!actor){
379             actor = new Actor(actorName);

```

```

380     actors.set(actorName,actor);
381 }
382 const association = new Association();
383 edges.push(association);
384 association.source = actor;
385 association.target = useCase;
386 }
387 }
388
389 _addActors(useCasesComponent,actors,componentMap){
390     let x = 10;
391     let y = 10;
392     for(let actor of actors){
393         const created = new Actor(actor.name);
394         componentMap.set(actor,created);
395         created.position.x = x;
396         created.position.y = y;
397         useCasesComponent.append(created);
398         y += actor.height + 20;
399     }
400 }
401
402 _addToLevels(edges,useCases){
403
404
405     let x = 10;
406     const distance = 300;
407     const levels = [];
408     levels.push({
409         cases: useCases.subfunctionUseCases.concat(useCases.unusedUseCases),
410         x:x,
411         y:10
412     });
413     if(useCases.transactionuseCases.length > 0){
414         x += distance;
415         levels.push({
416             cases: useCases.transactionuseCases,
417             x:x,
418             y:100

```

```

419     });
420 }
421 if(useCases.generalUseCases.length > 0){
422     x += distance;
423     levels.push({
424         cases: useCases.generalUseCases,
425         x:x,
426         y:100
427     });
428 }
429 return levels;
430
431 }
432 _createUseCaseDiagramModel(name,useCases,edges,actors){
433
434     const useCasesComponent = new UseCases();
435     const model = useCasesComponent.model;
436     useCasesComponent.model.name = name;
437     const system = new System(name);
438     system.position.x = 200;
439     system.position.y = 50;
440     useCasesComponent.append(system);
441
442     // const actorsList = actors.values();
443
444     const componentMap = new Map();
445
446     this._addActors(useCasesComponent,actors.values(),componentMap);
447
448     const levels = this._addToLevels(edges,useCases);
449     let maxY = 0;
450     for(let level of levels){
451         for(let useCase of level.cases){
452             const created = new UseCase(useCase.name);
453             componentMap.set(useCase,created);
454             created.position.x = level.x;
455             created.position.y = level.y;
456             level.y += useCase.height + 50;
457             if(level.y > maxY){

```



```

458         maxY = level.y;
459     }
460     system.append(created);
461 }
462 }
463
464 for(let edge of edges){
465     const created = new edge.constructor();
466     created.source = componentMap.get(edge.source);
467     created.target = componentMap.get(edge.target);
468     created.name = edge.name;
469     model.addEdge(created);
470     const ends = this._getLeftRight(created);
471     ends.leftPoint.y = Math.floor(ends.left.height/2);
472     ends.leftPoint.x = ends.left.width;
473
474     ends.rightPoint.x = 0;
475     ends.rightPoint.y = Math.floor(ends.right.height/2);
476 }
477
478 system.height = maxY+120;
479 system.width = levels[levels.length - 1].x + 300;
480
481 useCasesComponent.height = system.height + 400;
482 useCasesComponent.width = system.width + 400;
483
484
485 return model;
486 }
487
488 _getLeftRight(edge){
489     const el1 = edge.source;
490     const el2 = edge.target;
491     if(el1.positionInRoot.x < el2.positionInRoot.x){
492         // console.log(el1.positionInRoot.x + " < " + el2.positionInRoot.x);
493         return {
494             left:el1,
495             leftPoint: edge.sourcePoint,
496             right:el2,

```

```
497     rightPoint:edge.targetPoint
498   }
499 }
500 // console.log(el1.positionInRoot.x +" >= " + el2.positionInRoot.x);
501 return {
502   left:el2,
503   leftPoint: edge.targetPoint,
504   right:el1,
505   rightPoint:edge.sourcePoint
506 }
507 }
508
509 };
```