

# VERSLO TAISYKLĖMIS GRINDŽIAMAS PLANAVIMAS IR TVARKARAŠČIŲ SUDARYMAS

**Audrius Rima, Aidas Šmaižys, Olegas Vasilecas**

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Klaipėdos universitetas*

## **Įvadas**

Planavimo procesai verslui yra svarbūs ir reikalauja įvairiapusių žinių bei gero susijusių verslo procesų ir juos atliekančių aptarnavimo sistemų apribojimų išmanymo. Čia galima išskirti tokias veiklas: darbų ir užduočių paskirstymas laike, resursų priskyrimas, darbo laiko planavimas, aptarnavimo sistemų eilių valdymas ir kt. Šioms veikloms atlikti organizacijose neišvengiamai skiriami nemaži žmogiškieji išteklių, o už planavimą atsakingas darbuotojas turi gebėti susisteminti nuolat plūstančią naują informaciją ir adekvačiai reaguoti į besikeičiančią verslo situaciją, nuolat koreguoti anksčiau parengtus planus. Pavyzdžiui, atliekant tvarkaraščio sudarymo proceso sprendimus, dispečeriui reikia atsižvelgti į daugybę įvairiausių parametrų: įvertinti verslo proceso veikloms ir užduotims atlikti reikalingų resursų prieinamumą, įvertinti rizikas ir aptarnaujamo objekto ypatybes, užduočių paskirstymo ir jų eiliškumo atitikimą verslo politikai bei jos taisyklėms. Paprastai žmogui būna sunku operatyviai įvertinti tokias situacijas ir priimti sprendimus daugelio kriterijų kontekste. Todėl, tokius sprendimus žmogus dažniausia priima vadovaudamasis savo patirtimi, ieškodamas praeityje pasitaikiusių panašių situacijų arba tiesiog laikydamasis taisyklių, t. y. naudodamas per keletą metų sukauptas struktūrizuotas žinias. Čia galėtų pagelbėti planavimo procesų automatizavimas, tačiau tokios planavimui skirtos informacinės sistemos dažniausiai negali operatyviai prisitaikyti prie nuolat besikeičiančios verslo aplinkos ir tų pokyčių sąlygų naujų reikalavimų.

Kita vertus, planavimo (tvarkaraščių sudarymo) sistemos yra glaudžiai susijusios su įmonės tikslais ir turi palaikyti didelius taisyklių rinkinius, o taip pat remti verslo atstovų interesus (Bayegan, Mosleni, 2011). Be to, tvarkaraščio sudarymo procesas ribojamas turimų resursų, o optimalaus tvarkaraščio sudarymas padeda juos išnaudoti bei planuoti geriau. Tačiau daugelis šiuolaikinių informacinių sistemų nepritaikytos verslo procesams optimizuoti, todėl ilgainiui tampa visiškai netinkamos verslui ir nebetenkina besikeičiančių tos sistemos reikalavimų, o daugelis verslo problemų, kurios atsiranda dėl netinkamo planavimo, taip ir lieka sunkiai išsprendžiamos.

Straipsnyje nagrinėjama tvarkaraščių sudarymo (*angl.* scheduling) proceso modeliavimo ir sprendimų logikos atskyrimo bei jos tolimesnio panaudojimo informacinių sistemų kūrimui problema.

Pasiūlytas tvarkaraščių sudarymo procesas: jo laiko planavimo apribojimai užrašomi deklaratyviomis taisyklėmis, sudarančiomis verslo lygmens taisyklių modelį, kuris vėliau transformuojamas vertikalčiai trijų lygmenų karkaso (Vasilecas, Smaizys, 2007) atžvilgiu iki vykdomo programų kodo. Toks požiūris leidžia kurti lanksčias, nesunkiai prie besikeičiančių verslo sąlygų pritaikomas arba prisitaikančias ir planavimo procesus automatizuojančias informacines sistemas, skirtas tvarkaraščių sudarymui.

## **Susijusių darbų apžvalga**

Įvairiuose šaltiniuose tvarkaraštis apibrėžiamas kaip rinkinys veiklų, susietų su tam tikru laiko periodu, aibe tai veiklai priskirtų resursų ir specifine vieta (Ouyang, Wynn, Kuhr ir kt., 2011). Tvarkaraščių sudarymo procesas yra sprendimų priėmimo procesas, kuris reguliariai taikomas daugelyje gamybos ir paslaugų įmonių ir yra susijęs su resursų paskirstymu laike (Pinedo, 2008). Tvarkaraščių sudarymo procesui įtakos turi ne tik technologijos, bet ir organizacinis aspektas, taip pat ir žmogaus, tvarkaraščių sudarytojo, indėlis, pvz., asmeninė patirtis, o problemų sprendimas – reikšmingiausias gebėjimas (Berglund, Karlum, 2007). Atsižvelgiant į tai, kad, sudarant tvarkaraštį, didžiulį vaidmenį atlieka žmogus, susijęs su tam tikra organizacine struktūra, technine infrastruktūra ir konkrečiu laiko momentu prieinamų išteklių struktūra, tvarkaraščių sudarytojui turi būti labai svarbu, kad ta padedanti informacinė sistema būtų pakankamai lanksti ir užtikrintų operatyvų jos pritaikymą prie pasikeitusių verslo sąlygų.

Sunku rasti mokslinės literatūros apie kūrimą tokių informacinių sistemų, kuriose būtų numatyta tvarkaraščių sudarymo ir planavimo dalies perkonfigūravimo galimybė (Choi, Lee, 2011). Straipsniuose dažnai pristatomi nauji tvarkaraščių sudarymo metodai, pateikiama informacijos apie naujus algoritmus, tačiau nekalbama apie jų lankstų integravimą į informacinę sistemą ar galimybę algoritmus adaptuoti prie nuolat besikeičiančių verslo sąlygų. Be to, siūlomi algoritmai ir metodai yra sudėtingi ir sunkiai suvokiami paprastiesiems darbuotojams, sudarantiems tvarkaraščius bei planus, ir tik keletas iš pasiūlytų metodų buvo įgyvendinti praktikoje (Riezebos, Hoc, Mebarki ir kt., 2011).

Kita vertus, plačiai nagrinėjami gamybos tvarkaraščių sudarymo uždaviniai. Populiariausi yra

nuoseklumo sąryšių (*angl.* openshop), dalinai nuoseklios gamybos (*angl.* jobshop), nuoseklios gamybos (*angl.* flowshop), lankstūs nuoseklios gamybos, vienos mašinos ir paralelių mašinų uždaviniai (Pinedo, 2008). Tačiau šie uždaviniai neišsprendžia visų tvarkaraščių sudarymo situacijų.

Sudarant tvarkaraščius, neišvengiamai atliekami sprendimai, kurie gali priklausyti nuo konkrečios situacijos, norimo rezultato ir t. t. Tokie sprendimai gali būti klasifikuojami kaip tikslūs (*angl.* exact), euristiciniai (*angl.* heuristics), hibridiniai (*angl.* hybrid) ir simuliaciniai / sprendimo paramos sistemų (SPS) (Ribasa, Leistenb, Araminan, 2010). Tikslūs sprendimai atliekami metodais, kurie pasiekia optimalų variantą, žingsnis po žingsnio nuosekliai atliekant nustatytas procedūras, palaipsniui leidžiančias sukurti pageidaujamą rezultatą. Tobulinimo (*angl.* improvement) sprendimų kategorija siejama su metodais, pagerinančiais pradinį ar jau patobulintą sprendimą. Hibridiniai metodai yra nevienalyčiai, mišrūs, kombinuoti. Simuliaciniais / SPS sprendimų metodais nagrinėjami specifiniai atvejai ir skiriasi tuo, kad jais analizuojama modeliujamo verslo proceso trukmė, atsižvelgiant į darbų eigos maršrutizavimo taisykles ir įvairinius ribojimus. Kiti literatūros šaltiniai (Ram, Liu, 2005; Choi, Lee, 2011; Amador, 2012) išskiria ir verslo taisyklėmis grindžiamus metodus.

Realiuose gamybos procesuose užsakymai pateikiami nenutrūkstamai ir yra sunkiai prognozuojami. Be to, dėl įvairių aplinkybių, kurių iš anksto numatyti negalima, dažnai kinta darbams atlikti naudojamos įrangos prieinamumo trukmė, todėl nuolat susidaro nukrypimų nuo tvarkaraščio. Tokia aplinka nėra statinė, todėl dažniausiai nagrinėjamas dinaminis dalinai nuoseklus tvarkaraščio sudarymo uždavinys, kai visą laiką kinta sąlygos ir į nukrypimus nuo aktyvaus tvarkaraščio turi būti atsižvelgta (Dominic ir kt., 2004). Statiniuose tvarkaraščio sudarymo uždaviniuose, kurie palyginti reti, paprastai priimama prielaida, kad visų darbų savybės yra žinomos jau pradedant sudaryti tvarkaraštį ir nekis jį sudarant.

Kai kurie autoriai (Tilgner, 2010) dar išskiria ir ribojimų paieškos problemas (tvarkaraščių sudarymo, resursų paskirstymo, maršrutų parinkimo), kurios dažniausiai atsiranda priimant sprendimus gamyboje. Šie ribojimai būna nestruktūrizuoti ir nuolat kinta. Tokiais atvejais tradicinis matematinis programavimas (tiesinis arba mišrus sveikųjų skaičių programavimas) yra nepakankamas (Pawek, Jaroslaw, 2008), nes ribojimus vaizduoja dirbtinai (paprastai 0–1 kintamojo reikšmėmis), o dėl ilgos skaičiavimų trukmės negalima apdoroti didesnio ribojimų, susijusių su pagrindine problema, skaičiaus. Be to, kiekvienai problemai spręsti turi būti sukuriama speciali programinė įranga. Iš čia išplaukia, kad tokių programų

sukūrimo laikas yra gana ilgas, pačios programos yra sudėtingos, o pasikeitus verslo reikalavimams neįmanoma greitai pritaikyti programinio kodo konkrečiai problemai spręsti. Todėl atsiranda poreikis vartoti metodus, leidžiančius greitai pritaikyti sistemą prie pasikeitusiu reikalavimų.

Kai kurie autoriai (Tarantilis ir kt., 2008) siūlo metodą, kuris apima verslo taisykles ir darbų srautų (*angl.* workflow) variklį. Tačiau toks darbo laiko planavimo gamybinėje aplinkoje būdas dar nepakankamai ištirtas, nors darbų srautus kartu su verslo taisyklėmis ir mėginama naudoti tiekimo grandinės valdymui (Ram, Liu, 2005; Gawel, Pilch, 2009).

Taigi, vienas iš būdų operatyviam tvarkaraščiui sudaryti, kad būtų įmanoma jį bet kada pakeisti pagal poreikį keičiant tvarkaraščio sudarymo algoritmą, – tai naudojimas taisyklių. Dalinai nuoseklios gamybos tvarkaraščio sudarymo uždavinys, kaip nurodo J. Paralič ir J. Csonto (1997), S. Abdenadher, Schenk (1999), gali būti užrašomas kaip ribojimo tenkinimo uždavinys (*angl.* constraint satisfaction problem). Paprastai verslo taisyklėmis užrašomi „kieti“ ribojimai, kainų statomos sąlygos, kurios visada privalo būti tenkinamos, ir „negriežti“ ribojimai, kai sąlygos tenkinamos tada, kai tai įmanoma. Versle dar išskiriami teisinio reguliavimo, organizacinių taisyklių, personalo duomenų bei darbuotojų norų ribojimai. Teigiama, kad deklaratyvios taisyklės lengviau suprantamos, trumpesnės ir lengviau modifikuojamos nei imperatyvus laiko planavimo kodas (Tilgner, 2010). Remiantis vienu iš apibrėžimų, – programa yra deklaratyvi, jei ji aprašo, ką reikia daryti, o ne kaip sukurti rezultatą.

Analizuojant pastarojo dešimtmečio mokslinę literatūrą, pastebėta, kad iš programų sistemos inžinerijos analizės kryptį dinga laiko perspektyva, itin svarbi planavimo ir tvarkaraščių sudarymo uždaviniams spręsti. Be to, kai kurie autoriai nurodo, kad, analizuojant verslo procesų modelius, sukurtus naudojant BPMN, galima nustatyti, kurioje vietoje susidaro eilės, tačiau, nagrinėjant atidžiau, pastebima, kad daug sudėtingų dalykų išlieka paslėpta (Waller, Clark, Enstone, 2006). UML taip pat neturi laiko perspektyvos, todėl „ProMarte“ konsorciumas pasiūlė praplėsti UML kalbą MARTE (Object Management Group, 2006). MARTE praplečia UML papildomais konceptais, skirtais realaus laiko sistemoms projektuoti. Pirmiausia išskiriamas laikas, resursų priskyrimas ir kitos nefunkcinės savybės. S. Hekmat (2005) siūlo verslo lygmenyje išskirti eiles, kad, vykstant verslo procesui, darbas būtų užlaikytas tol, kol atsilaisvins reikiamas resursas. Be to, autorius siūlo ir tam tikslui skirtą eilių vaizdavimo grafine notacija.

Apibendrinant apžvelgtus mokslinės literatūros šaltinius, galima teigti, kad vienas iš būdų

informacinei sistemai padaryti lengviau modifikuojamą – atskirti sprendimų logiką nuo sistemos kodo ir duomenų, atskiroje saugykloje išlaikant nepalietas verslo logiką išreiškiančias taisykles. Galima teigti, kad, modeliuojant planuojamus verslo procesus, kai kuriose situacijose svarbu atvaizduoti eiles ir pateikti laiko perspektyvą.

### Automatizuoto tvarkaraščių sudarymo priemonės ir įrankiai

Daugelis įrankių tvarkaraščiams sukurti yra skirti darbuotojų darbo grafikams, kursų tvarkaraščiams rengti. Tačiau gamybinių procesų tvarkaraščiams sudaryti kuriami produktai dažnai nėra atskiri, o yra tiesiog integruojami į organizacijose naudojamas ERP sistemas, kurių modifikavimas ir pritaikymas besikeičiantiems verslo poreikiams yra sudėtingas uždavinys. Kita įrankių grupė (pvz., DroolsPlanner) skirta tam, kad atidalytų planavimą ir tvarkaraščių sudarymą. DroolsPlanner yra verslo taisyklių valdymo sistemos Drools modulis, kurio pagrindas yra taisyklių variklis, numatytas automatinio planavimo problemoms spręsti (Amador, 2012). DroolsPlanner gali būti taikomas laiko planavimo, maršruto paieškos, tvarkaraščių sudarymo ir kt. problemoms spręsti. Naudojantis šiuo įrankiu, planuojamo verslo proceso ribojimai užrašomi verslo taisyklėmis, joms kartu nustatant tam tikrą svorį, o sprendimo rezultatas išvedamas vartojant taisyklių variklį. Toks metodas leidžia verslo atstovams pateikti laiko planavimo taisykles jiems suprantama kalba, o ne programinį kodą. Tačiau pagrindinis Drools trūkumas yra tai, kad šios verslo taisyklės ir jų valdymo sistema, užrašytos DRL kalba, yra skirtos įgyvendinti sistemoms, parašytoms Java kalba.

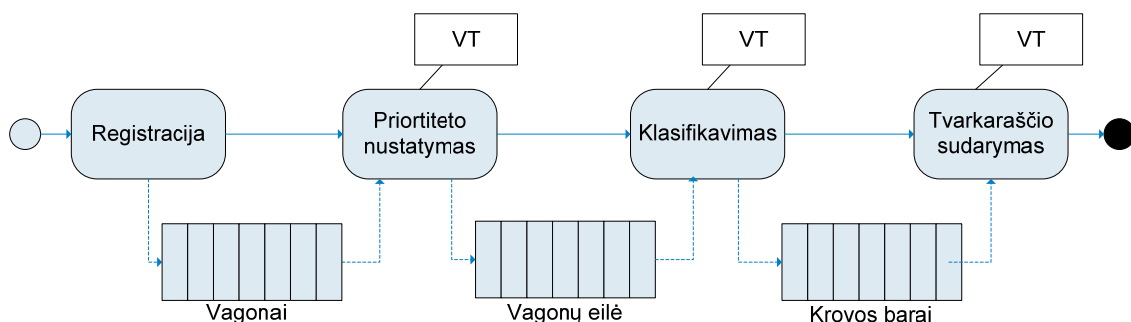
Kitas įrankis – Rules2CP – naudoja to paties pavadinimo modeliavimo kalbą, kuria siekiama žinių vaizdavimo verslo taisyklėmis pritaikyti paradigmą ribojimams programuoti. Anot autorių, tai turėtų sudaryti galimybę neprogramuotojams išreikšti nuo procedūrinės interpretacijos taisyklių mašinoje nepriklausančias žinias, kurios vėliau transformacijomis

būtų paverčiamos veikiančia programa, skirta problemoms spręsti kombinatorinės optimizacijos kontekste (Fages ir kt., 2008; 2010). Nors Rules2CP, anot autorių, ir atitinka verslo taisyklių manifesto principus (Fages, Martin, 2010), jį nėra verslo taisyklių vaizdavimo kalba, nes ja užrašomų taisyklių abstrakcijos lygis nepakankamas. Todėl prieš pateikiant verslui Rule2CP taisykles, jas vis vien tektų papildomai užrašyti viena iš verslo taisyklių vaizdavimo kalbų – SRML (Simple Rule Markup Language), SBVR (Object Management Group, 2006), Rule2ML arba išreikšti reikalavimais.

### Atvejo tyrimas

Šiame skyriuje nagrinėjama sistema – vagonų iškrovimo baras su keturiomis aptarnavimo eilėmis (krovos barais). Vykdamą įprastą veiklą, atvykę vagonai registruojami ir įvertinami jais atgabento krovinio savybes, nustatomas jų aptarnavimo prioritetas, t. y. jų aptarnavimo eiliškumas, taip sudarant atvykusių vagonų aptarnavimo tvarkaraštį. Tokią sistemą galima projektuoti kuriant krovos proceso modelius su eilėmis. Vėliau, pasitelkus besikaupiančią patirtį ir įgytas žinias, tokio proceso valdymas paprastai mėginamas tobulinti (optimizuoti) siekiant nustatytų verslo tikslų. Pz., pasiekti efektyviausius tokios masinio aptarnavimo sistemos eksploatacijos parametrus arba mažinti atskirų resurso sunaudojimą, užtikrinti aukščiausią verslo proceso kokybę, pasiekti maksimalų pelną ar pajamas ir pan. Šie verslo procesų optimizavimo prioritetai yra nepastovūs ir gali būti nuolat keičiami priklausomai nuo verslo politikos. Todėl informacinė sistema, skirta tokio verslo procesų planavimui, privalo užtikrinti pakankamą lankstumą ir leisti verslo proceso planavimą bet kada pritaikyti prie konkrečių sąlygų, pvz., sezoniškumo, kai vasarą siekiama efektyvesnio energetinių išteklių sunaudojimo, o žiemą – aptarnavimo sistemos eilių maksimalaus pralaidumo arba norima užtikrinti kuo skubesnį konkretaus kliento vagonų iškrovimą.

Nagrinėjamas vagonų krovos planavimo verslo procesas susideda iš 4 subprocesų (1 pav.).



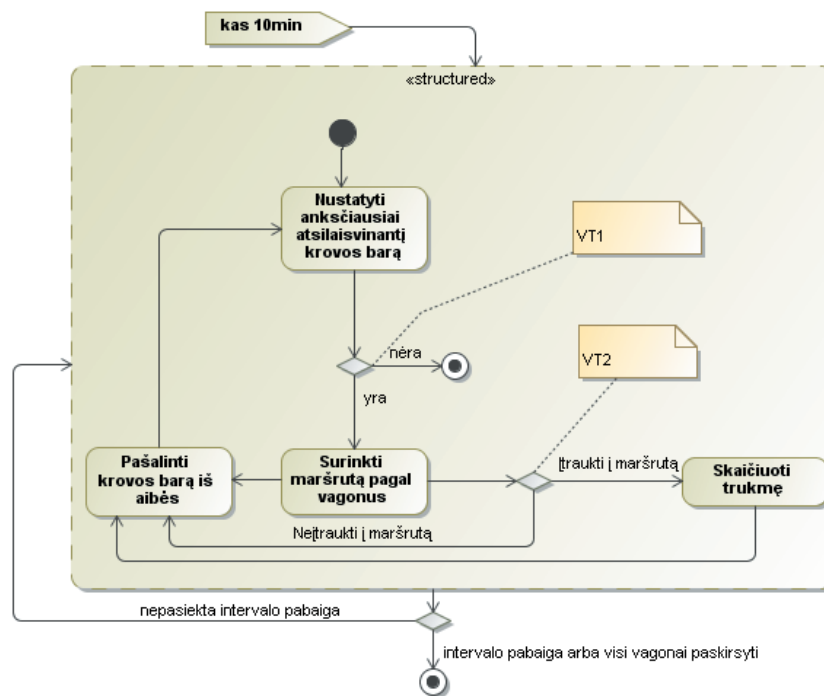
1 pav. Vagonų krovos planavimo procesas

Pirmojo subproceso metu registruojamas atvykęs vagonas ir atgabento krovinio savybės. Iš esmės tai yra pradinis, parengiamasis etapas, kurio metu tokioje planavimui skirtoje informacinėje sistemoje būtų įvedami pradiniai duomenys, teikiantys faktus tolimesniems intelektualizuotiems procesams.

Prioriteto nustatymo procesas – tai vagonų aptarnavimo eilės sudarymas. Jo metu nustatoma, kurie vagonai turi būti aptarnaujami anksčiau, o kurie dar turi palaukti. Atsižvelgdami į siekį atskirti verslo logiką nuo procesų, šioje vietoje siūlome pasitelkti verslo taisyklės. Kadangi prioritizavimui taikoma verslo logika yra nepastovi, tad, pritaikius atskirtas verslo taisyklės, galima kiekvieną kartą, prieš vykdant patį procesą, jas pakeisti. Dėl to automatiškai keisis ir vagonų aptarnavimo prioritetai. Pvz., mūsų tiriamam atvejui prioritetus nustatome vartodami skalę nuo 1 iki 5, kur 1 žymi aukščiausią prioritetą, o 5 – žemiausią.

Klasifikavimo procesas skirtas tam, kad pagal specialiai šiam tikslui sukurtą verslo taisyklių rinkinį paskirstytų vagonus į jais atgabentam kroviniui iškrauti tinkamus krovos barus.

Tvarkaraščio sudarymo procesas (detalizuotas 2 pav.) skirtas krovai 24 valandoms į priekį planuoti. Pagrindinis šio proceso metu sukuriamas rezultatas yra tvarkaraštis. Nagrinėjamas procesas prasideda anksčiausiai atsilaisvinančio krovos baro paieška. Šios procedūros metu tikrinama, ar per artimiausias 10 minučių yra atsilaisvinančių krovos barų, t. y. tokių, kuriuose planuojama baigti krovą. Jei toks krovos baras surandamas, tuomet verslo taisyklės pritaikomos tolimesniam tikrinimui, būtent, ar šiame krovos bare galima planuojamu laiku vykdyti krovą. Verslo taisyklės gali įvesti įvairių apribojimų, pvz., neleisti tam tikrame krovos bare vykdyti krovos naktį arba tam tikrame krovos bare nustatytu laiku krova išvis negali būti vykdoma (pvz., dėl remonto darbų). Jei nagrinėjame laiko intervale randamas laisvas krovos baras, tuomet bandoma surinkti maršrutą arba, kitaip sakant, vagonų grupę šiam krovos barui. Surinkus maršrutą, tikrinama, ar šis tinkamas krauti nagrinėjamame krovos bare. Tai realizuojama verslo taisyklėmis. Jei maršrutas tinkamas krauti, tuomet, naudojantis istoriniais duomenimis, šiam maršrutui prognozuojama krovimo trukmė.

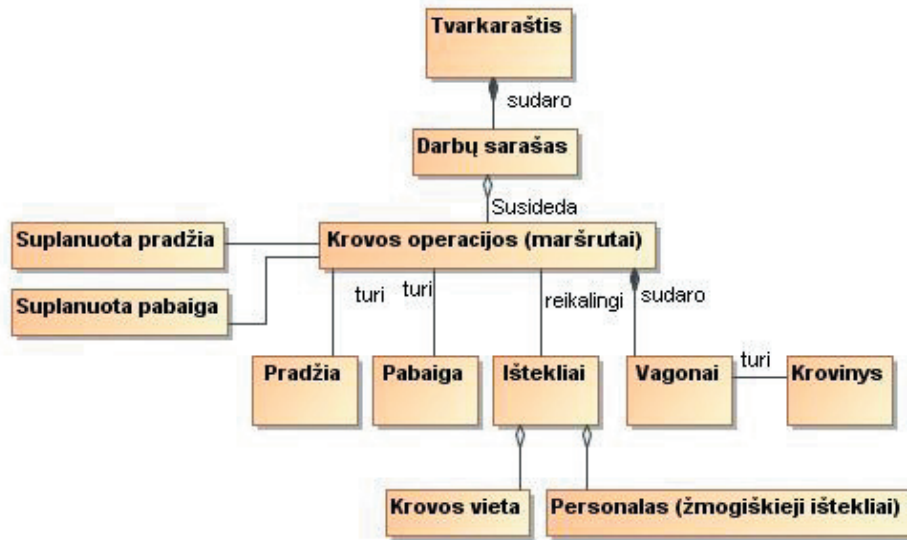


2 pav. Tvarkaraščio sudarymo proceso modelis

Toliau pristatysime siekiamo planavimo proceso rezultato – tvarkaraščio metamodelį (3 pav.). Ti-

riamo atvejo tvarkaraštį sudaro darbų sąrašas, kuris susideda iš krovos operacijų (maršrutų).





3 pav. Tvarkaraščio metamodelis

Kiekvienai krovos operacijai reikalingi ištekliai, būtent: personalas (žmogiškieji ištekliai) ir krovos baras (t. y. vieta, kurioje gali būti vykdoma krova). Visos vagonų krovos operacijos privalo turėti pradžios ir pabaigos laiką ir faktinį krovos darbų pradžios bei pabaigos laiką, kuris atsiranda tada, kai suplanuota operacija realiai pradeda ir užbaigiamas. Kiekvienos krovos operacijos metu iškraunami

vagonai susiejami su jais atgabentų kroviniu ir jo sąlygomis.

Anksčiau pateiktą nagrinėjamo planavimo proceso atvejį iliustruosime pavyzdžiu, sprendimų verslo logikos specifikavimui pasitelkdami verslo taisykles, išreikštas sprendimų lentelėmis. Pradėsime pavyzdį nuo atvykusių vagonų registracijos metu surinktų duomenų (1 lentelė).

1 lentelė. *Registruoti vagonai*

Eil. nr.	Vagonų skaičius	Produktas	Krovinio savininkas	Gamykla	Atvykimo laikas
1	2	Kroviny A	Klientas A	Gamykla A	2012.03.01 11:00
2	2	Kroviny B	Klientas A	Gamykla A	2012.03.01 11:00
3	2	Kroviny A	Klientas B	Gamykla A	2012.03.01 11:00
4	2	Kroviny B	Klientas B	Gamykla A	2012.03.01 11:00
5	4	Kroviny A	Klientas A	Gamykla B	2012.03.01 12:30
6	4	Kroviny B	Klientas C	Gamykla B	2012.03.01 12:30
7	4	Kroviny A	Klientas C	Gamykla B	2012.03.01 12:30
8	4	Kroviny A	Klientas A	Gamykla B	2012.03.01 12:30

Pagal planavimo proceso modelį atvykusiems vagonams nustatome prioritetą, remdamiesi verslo taisyklėmis (2 lentelė): stulpelyje pavaizduota pirma taisyklė – „Jei vagonas stotyje laukia daugiau nei 12 valandų, tai nustatyti prioritetą 5“.

Vykdydami klasifikavimo veiklą, nustatome, kuriame krovos bare gali būti aptarnaujama kiekviena vagonų grupė. Klasifikuojama pagal taisykles (3 lentelė). Pirmoji jų – „Jei vagonas yra su kroviniu A, tai toks maršrutas gali būti aptarnaujamas 1 krovos bare ir 3 krovos bare“.

2 lentelė. *Prioriteto nustatymo sprendimo lentelė*

Sąlygos		Taisyklės						
		1	2	3	4	5	6	7
S1	Klientas B	N	T	T	N	N	T	N
S2	Kroviny X	N	T	N	T	T	T	N
S3	Vagonas laukia >12 val.	T	N	N	T	N	T	N
Veiksmai								
V1	Nustatyti prioritetą 5	X			X		X	
V2	Nustatyti prioritetą 4		X	X				
V3	Nustatyti prioritetą 3					X		
V4	Nustatyti prioritetą 1							X

3 lentelė. *Krovos baro priskyrimo sprendimo lentelė*

Sąlygos		Taisyklės	
		1	2
S1	Kroviny A	T	N
S2	Kroviny B	N	T
Veiksmai			
V1	Krovos baras 1	X	
V2	Krovos baras 2		X
V3	Krovos baras 3	X	
V4	Krovos baras 4		X

4 lentelė. *Tinkami krovos barai*

Eil. nr.	Tinkami krovos barai
1	1, 3
2	1, 3
3	1, 3
4	1, 3
5	2, 4
6	2, 4
7	1, 3
8	1, 3

Atlikus krovos barų priskyrimo veiksmus, gaunama faktų lentelė (4 lentelė), kuri jau gali būti naudojama tvarkaraščio sudarymo proceso sprendimams priimti.

Nagrinėjamoje situacijoje krovos barai gali neaptarnauti vagonų tam tikru paros metu, tuomet tokį krovos barą reikėtų praleisti. Krovos barui nustatyti taikomos verslo taisyklės (5 lentelė). Čia pirma verslo taisyklė reiškia: „Jei tinkamas 1 krovos baras ir laikas yra nuo 6 iki 18 valandos, tuomet krovos baras tinkamas“.

5 lentelė. *Krovos baro parinkimo vagonui sprendimo lentelė*

Sąlygos		Taisyklės															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
S1	Tinkamas 1 krovos baras	T	T	T	T	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
S2	Tinkamas 2 krovos baras	N	N	N	N	T	T	T	T	N	N	N	N	N	N	N	N
S3	Tinkamas 3 krovos baras	N	N	N	N	N	N	N	N	T	T	T	T	N	N	N	N
S4	Tinkamas 4 krovos baras	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	T	T	T	T
S5	Laikas nuo 0–6 val.	N	N	T	N	N	N	T	N	N	N	T	N	T	N	N	N
S6	Laikas nuo 6–12 val.	T	N	N	N	T	N	N	N	T	N	N	N	N	T	N	N
S7	Laikas nuo 12–18 val.	N	T	N	N	N	T	N	N	N	T	N	N	N	N	T	N
S8	Laikas nuo 18–24 val.	N	N	N	T	N	N	N	T	N	N	N	T	N	N	N	T
Veiksmi																	
V1	Įtraukti į maršrutą	X	X			X	X			X	X			X	X	X	X
V2	Neįtraukti į maršrutą			X	X			X	X			X	X				

Tvarkaraščių sudarymas – tai iteracinis procesas, kurio metu nagrinėjamo vagonų krovos atvejui visus vagonus surikiuojame krovai, atsižvelgdami į jais atgabento krovinio savybes ir vadovaudamiesi tuo metu galiojančiose sprendimų lentelėse pateikta verslo logika. Reikia pastebėti, kad šitaip sudaromas tvarkaraštis gali būti papildomai optimizuojamas atsižvelgiant į konkrečią verslo politiką. Pavyzdžiui, užtikrinant maksimalų vagonų skaičių, iškraunamą per parą, galima nekreipti dėmesio į gamybines sąnaudas. Tokias atvejais reiktų pasitelkti papildomus verslo procesų simuliacijos įrankius ir parinkti geriausiai prioritetinius kriterijus atitinkantį tvarkaraštį. Tam tikrais atvejais galima pasitelkti ir tikimybinis algoritmus, padedančius prognozuoti ateities verslo sistemos būsenas. Tos sistemos naudojamos kaip papildomi faktai, interpretuojami priimant sprendimus tvarkaraščių sudarymo metu.

### Išvados

1. Atlikus analizę, nustatyta, kad tvarkaraščio sudarymas dažnai nagrinėjamas mokslinėje literatūroje, tačiau pasiūlyti metodai retai įgyvendinami naudojamose informacinėse sistemose, nes tie metodai sudėtingi, sunkiai suvokiami verslo atstovų, atsakingų už planavimo ir tvarkaraščių sudarymo procesus, o sukurtos informacinių sistemų programos lanksčiai nepritaikomos prie

nuolat kintančių verslo reikalavimų ir aplinkos.

2. Atlikus atvejo analizę, nustatyta, kad, nuolat atnaujinant verslo procesų planavimui naudojamas žinias ir jas išreiškiant verslo taisyklėmis, jas galima pritaikyti tvarkaraščių sudarymui, o toks verslo taisyklėmis grindžiamas tvarkaraščių sudarymo procesas leidžia verslo atstovams suprantama kalba perteikti sprendimų logiką ir ją keisti.
3. Apibendrinus taisyklėmis grindžiamais planavimo ir tvarkaraščių sudarymo metodais įgytą patirtį, nustatyta: optimizuojant planuojamus verslo procesus tam tikro rodiklio atžvilgiu, reikia papildomai pasitelkti verslo procesų simuliacijos įrankius, kurie leistų įvertinti pagal deklaratyvias taisykles generuojamų tvarkaraščių tinkamumą ir padėtų išrinkti geriausiai esamą politiką atitinkantį tvarkaraštį.

### Literatūra

1. Abdennadher S., Schenk 1999, Nurse Scheduling using Constraint Logic Programming. *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference Proceedings*. P. 838–844. Menlo Park: AAAI Press.
2. Amador L., 2012, *Drools Developer's Cookbook*. Birmingham: Packt Publishing.
3. Bayegan E., Moslehi K., 2011, Experience with Rule Engines in an Outage Scheduling System. *Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE*. P. 1–8.

- San Diego: IEEE.
4. Berglund M., Karlton J., 2007, Human, technological and organizational aspects influencing the production scheduling process. *International Journal of Production Economics*. Vol. 110. Nr. 1–2. P. 160–174.
  5. Choi B. K., Lee H. Y., 2011, Using workflow for reconfigurable simulation-based planning and scheduling system. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. Vol. 24. Nr. 2. P. 171–187.
  6. Dominic P. D. D., Kaliyamoorthy S., Kumar M. S., 2004, Efficient dispatching rules for dynamic job shop scheduling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 24. Nr. 1–2. P. 70–75.
  7. Fages F., Martin J., 2008, From Rules to Constraint Programs with the Rules2CP Modelling Language. *Recent Advances in Constraints in Constraints*. P. 66–83. Springer-Verlag.
  8. Fages F., Martin J., 2010, Rules2CP and PKML User's Manual. <<https://contraintes.inria.fr/rules2cp>>.
  9. Gawel B., Pilch A., 2009, Usage of business rules in supply chain management. *Total Logistic Management*. Nr. 2. P. 1–9.
  10. Hekmat S., 2005, UML Process. PragSoft Corporation. <<http://www.pragsoft.com/books/UMLProcess.pdf>>.
  11. ObjectManagementGroup, 2006, Semantics of Business Vocabulary and Business Rules. <<http://www.omg.org/spec/SBVR/1.0/>>.
  12. Object Management Group, 2006, UML Profile for Modeling and Analysis of Real-Time and Embedded systems (MARTE). <<http://www.omg.org/omgmarte/Documents/Specifications/08-06-09.pdf>>.
  13. Ouyang C., Wynn M. T., Kuhr J.C., Adams M., Becker T., Hofstede A., Fidge C., 2011, Workflow support for scheduling in surgical care processes. *The 19th European Conference on Information Systems: ICT and Sustainable Service Development (ECIS 2011)*. P. 1–12.
  14. Paralič J., Csontó J., 1997, Optimal scheduling using constraint logic programming. *Proceedings of 8th Symposium on Information Systems IS'97*. P. 65–72. Varazdin.
  15. Pawek S., Jaroslaw W., 2008, A Declarative Framework for Constrained Search Problems in Manufacturing. *Proceeding IEA/AIE '08 Proceedings of the 21st international conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems: New Frontiers in Applied Artificial Intelligence*. P. 728–737. Berlin: Springer-Verlag.
  16. Pinedo M., 2008. *Scheduling Theory, Algorithms, and Systems*. Third Edition. New York: Springer.
  17. Ram S., Liu J., 2005, An Agent-Based Approach for Sourcing Business Rules in Supply Chain Management. *International Journal of Intelligent Information Technologies (IJIT)*. Vol. 1. Nr. 1. P. 1–16.
  18. Riezebos J., Hoc J.M., Mebarki N., Dimopoulos C., Pinot G., Wezel W. M. V., 2011, Design of scheduling algorithms: Applications. *Behavioral Operations in Planning and Scheduling*. P. 371–412. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
  19. Ribasa I., Leistenb R., Framiñan J. M., 2010, Review and classification of hybrid flow shop scheduling problems from a production system and a solutions procedure perspective. *Computers & Operations Research*. Vol. 37. Nr. 8. P. 1439–1454.
  20. Simple Rule Markup Language (SRML). <<http://xml.coverpages.org/srml.html>>.
  21. Tarantilis C. D., Kiranoudis C. T., Theodorakopoulos N. D., 2008, A Web-based ERP system for business services and supply chain management: Application to real-world process scheduling. *European Journal of Operational Research*. Vol. 187. Nr. 3. P. 1310–1326.
  22. Tilgner, C., 2010, Declarative Scheduling in Highly Scalable Systems. *Proceedings of the 2010 EDBT/ICDT Workshops*. P. 1–6. New York: ACM.
  23. Vasilecas O., Smaizys A., 2007, The Framework for Business Rule Based Software Modeling: An Approach for Data Analysis Models Integration. *Frontiers in Artificial Intelligence and Application Databases and Information Systems IV*. Vol 15. P. 175–188.
  24. Waller A., Clark M., Enstone L., 2006. L-sim: simulating BPMN diagrams with a purpose built engine. *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*. P. 591–597. Monterey: IEEE.

## THE BUSINESS RULE BASED ON PLANNING AND SCHEDULING

*Audrius Rima, Aidias Šmaižys, Olegas Vasilecas*

### Summary

The planning process is one of the most important and complicated processes in a dynamic businesses such as logistics, services, production etc. Scheduling is one of the planning processes which includes several strategic and tactical decision-making tasks. It is a complex process that depends on a number of properties: availability of resources, a flow of product, a change of technology, a change of business need etc. Such changes often lead further changes of the planning and scheduling process and involved information systems. The paper discusses separation of the scheduling logic from the implementation in the final code. The proposed approach is illustrated by providing a real life example, with planning constraints expressed in the business rule language that is understandable to most businesspeople and used by decision-processors designed and integrated into the software code.

**Key words:** business rules, scheduling, business process optimisation.

**VERSLO TAISYKLĖMIS GRINDŽIAMAS PLANAVIMAS IR TVARKARAŠČIŲ SUDARYMAS***Audrius Rima, Aidis Šmaižys, Olegas Vasilecas***Santrauka**

Planavimas dinamiškame versle, tokiam kaip logistika, paslaugos ir klientų aptarnavimas bei gamyba yra vienas svarbiausių ir sudėtingiausių procesų, įskaitant ir tvarkaraščių sudarymą. Jis yra glaudžiai susijęs su strateginio ir taktinio lygmens sprendimais. Tas sudėtingas procesas priklauso nuo daugelio kriterijų – resursų prieinamumo, produktų srauto, technologijų kitimo, verslo poreikių kitimo ir pan. Verslo aplinkos ar jos struktūros pokyčiai dažnai daro įtaką ir planavimo bei tvarkaraščių sudarymo procesams. Tai nuolat verčia keisti susijusias informacinių sistemų programas. Straipsnyje nagrinėjama tvarkaraščių sudarymo logikos atskyrimo ir pateikimo verslo sistemos lygmens atstovams bei realizavimo informacinėje sistemoje problema. Siūloma tvarkaraščių sudarymo uždavinius spręsti atskiriant naudojamą logiką, kuri išreiškiama pasitelkus planuojamo verslo proceso ribojimus. Siūlymas iliustruojamas nagrinėjant realų atvejį. Čia ribojimai išreiškiami verslo taisyklėmis – kalba, kuri yra suprantama verslo atstovams ir gali būti panaudota į programų sistemą integruotame automatizuotame sprendimų procese.

**Prasminiai žodžiai:** verslo taisyklės, tvarkaraščių sudarymas, verslo procesų optimizavimas.

Įteikta 2012-09-25