

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ხელნაწერის უფლებით  
სოფიო სტომადოვა

**ბიზნეს-პროცესების მართვის გაუმჯობესება პროცესების  
მოპოვების ტექნოლოგიისა და რისკის ზღვრული  
მაჩვენებლების სინთეზით**

სადოქტორო პროგრამა “ინფორმატიკა”  
შიფრი 0613

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი  
დისერტაციის  
ავტორეფერატი

თბილისი  
2021 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში  
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი  
მართვის ავტომატიზებული სისტემების დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფ. ეკატერინე თურქია

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება ----- წლის "-----" -----, ----- საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის -----  
----- საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს  
სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----  
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,  
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს მდივანი პროფ. თინათინ  
კაიშაური

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა და გამოყენების სფერო. ორგანიზაციული ბიზნეს-პროცესები ორგანიზაციის დაინტერესებულ მხარეებს (როგორც შიდა ასევე გარე) შორის გარკვეული მიზნებისა თუ ამოცანების მიღწევის ბიჯების ერთობლიობაა. ბიზნეს-პროცესის ნებისმიერი ორგანიზაციის ქმედითობის მანიშნებელია და მასში შემავალი ყოველი პროცესის სწრაფი და ხარისხიანი შესრულება უზრუნველყოფს მის სიცოცხლის უნარიანობას. ბიზნეს-პროცესები მიმდინარეობა არ მთავრდება მხოლოდ ადამიანებთან კომუნიკაციით, ისინი ვრცელდება საინფორმაციო სისტემებში და საბოლოოდ ქმნის კომპლექსურ პროცესს, ცხოვრების ტემპის აჩქარებამ და ტექნოლოგიურმა განვითარებამ პროცესების მყისიერ შესრულებაზე მოთხოვნები გაზარდა, გამომდინარე აქედან ორგანიზაციულ საქმიანობებში დაშვებულმა შეცდომებმა იმატა, მუდმივად და არაფორმალურიზებულიად ხდება პროცესების ცვლილება, ამ ცვლილებების ფონზე საჭირო ხდება საინფორმაციო სისტემებით მართვადი გარემოს პერიოდული ან მუდმივი ცვლილებები, რაც ძირითადად რეალურ გარემოზე ხდება, ამ ყველაფრის გათვალისწინებით ბიზნეს-პროცესების ეფექტური მართვა მენეჯერისთვის დიდ გამოწვევას წარმოადგენს. გარდა მართვის ნაწილისა, რთული გახდა კომპლექსურ პროცესებში მიმდინარე ხარვეზების აღმოჩენა, შესაბამისი კონტროლების დამატება მათი აღმოფხვრისა თუ მონიტორინგისთვის, პროცედურულ დონეზე გაწერილი პროცესების შედარება რეალურთან შესაბამისობის დადგენის მიზნით, კომპლექსურ პროცესში არსებული შეუსაბამობების ფონზე, რთულია და ფაქტობრივად შეუძლებელი ადეკვატური, დროული და ეფექტური გადაწყვეტილებების მიღება თუ ორგანიზაციის მმართველი ორგანოსთვის არ არის ნათელი რეალური პროცესი და ის ხარვეზები რაც ამ პროცესს ახლავს.

**სამუშაოს მიზანი, კვლევის ობიექტი და მეთოდები, ძირითადი შედეგები**

**და მეცნიერული სიახლე.** ორგანიზაციების საქმიანობები აწყობილია თეორიულ მეთოდებზე და ისტორიულ-პრაქტიკულ გამოცდილებაზე დაყრდნობით. როგორც წესი, საქმიანობები მოიცავს წინასწარ განსაზღვრულ პროცესებსა და პოლიტიკა-პროცედურებს, თუმცა თითქმის ყველა მიმართულების პროცესებში იკვეთება ინსტრუქციების, პოლიტიკებისა და პროცედურების აცდენები და დაგეგმილი პროცესიდან გადახვევები, რეალიზებული სისტემის არაკორექტული ფუნქციონირება და პროცედურებთან შეუსაბამობა, ზოგიერთ შემთხვევაში იკვეთება არაფორმალიზებული ბიზნეს-პროცესები, რომელსაც თან ახლავს დაფარული რისკები. ზემოთ ჩამოთვლილი პრობლემები პრინციპში ნაწილობრივ დასაშვებად ჩაითვლება თუ ის ზიანს არ მიაყენებს ორგანიზაციის მიზანს თუ სტრატეგიულ განვითარებას, თუმცა ამის განსაზღვრა საკმაოდ რთულია და როგორც წესი ასეთი ტიპის პრობლემებს უარყოფით შედეგამდე მივყავართ. წინასწარ დაგეგმილი პროცესის რეალურ პროცესთან შედარების, ანალიზისა და დახვეწისთვის განვითარდა პროცესების მოპოვების ტექნოლოგია - Process mining, რომელიც ემყარება პროგრამული გადაწყვეტის, მონაცემთა მეცნიერებისა და ბიზნეს-პროცესების მართვის მეთოდების ერთობლიობის სინთეზს.

აღწერილი გადახრებისა და შეუსაბამობების თვალსაზრისით, სადისერტაციო ნაშრომის მიზანია ბიზნეს-პროცესების მართვის გაუმჯობესება პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიისა და ორგანიზაციის ზღვრული მაჩვენებლების ბაზაზე.

დისერტაცია მიმართულია ორგანიზაციული ბიზნეს-პროცესების მართვის საკითხებსა და ბიზნეს-პროცესების ეფექტურად მართვის მექანიზმის შემუშავებაზე. განხილულია პროცესების მართვასთან დაკავშირებული მიდგომები. აღწერილია პროცესების აღმოჩენის ტექნოლოგიის განვითარების ბაზისი, რომელსაც წარმოადგენს ბიზნეს-პროცესების

მოდელირება, სამუშაო პროცესის კოორდინაციის მართვის სისტემა და მონაცემთა მეცნიერების მეთოდები. მეთოდების მხრივ წარმოდგენილია პროცესების მართვასთან დაკავშირებული საერთაშორისო მიდგომები - BPMN, ბიზნეს-წესები, მონაცემთა მეცნიერების ტექნოლოგია Data science, მონაცემთა მოპოვების ტექნოლოგია Data mining, მანქანური სწავლება- Machine learning, ექვსი სიგმას (six sigma) მეთოდი ბიზნეს-პროცესების მართვაში, ალფა-ალგორითმი, პროცესების მოპოვების ტექნოლოგია - process mining, რისკის ძირითადი ინდიკატორები, ეფექტურობის ძირითადი ინდიკატორები.

ნაშრომის სამეცნიერო სიახლედ წარმოდგენილია პროცესების მოპოვების მეთოდოლოგიის, რისკის ძირითადი ინდიკატორებისა და წარმადობის ძირითადი ინდიკატორების მეთოდების სინთეზი.

აღწერილი მიდგომების ბაზაზე წარმოდგენილია პრაქტიკული მაგალითები და გაანალიზებულია მიღებული შედეგები, რაც თემის აქტუალობიდან გამომდინარე სამეცნიერო სიახლის ეფექტურობას აჩვენებს.

**ნაშრომის აპრობაცია.** დისერტაციაში წარმოდგენილი საკითხები მოხსენებული იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის შესაბამის სემინარებზე. განხილული საკითხები წარმოდგენილ იქნა საერთაშორისო და ადგილობრივ კონფერენციებსა და დაბეჭდილ სტატიებში, რომელთა ნუსხაც თან ერთვის ავტორეფერატს. გარდა ამისა, სადოქტორო პროგრამის გეგმის შესაბამისად მომზადდა და ჩატარდა ორი თემატური სემინარი და შესაბამისი კოლოკვიუმები, დისერტაციის ძირითადი შედეგების შესახებ.

**ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა.** დისერტაცია მოიცავს რეზიუმეს (ქართულ და ინგლისურ ენაზე), შესავალს, სამ თავს, დასკვნას, ნახაზების ნუსხასა (76 დასახელება) და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას (50 დასახელება). დისერტაცია მოიცავს 125 ნაბეჭდ გვერდს.

## დისერტაციის შინაარსი

### თავი I.

ნაშრომის პირველი თავი ეხება ორგანიზაციული პროცესების მართვის მიმდინარე პრობლემების ანალიზს ბიზნეს-პროცესებისა და სამუშაო პროცესების კოორდინაციის მართვის მიმართულებით. განხილულია ორგანიზაციაში დაგეგმილი ბიზნეს-პროცესების რეალურ გარემოში მუშაობის შესაბამისობისა და თანხვედრის პრობლემები.

გამოკვლევულია ის მნიშვნელოვანი და აქტუალური საკითხები, რაც დაკავშირებულია მენეჯერული გადაწყვეტილების მიღებისთვის ორგანიზაციაში რეალური ინფორმაციის ფლობასთან დაკავშირებით. შესწავლილია ორგანიზაციებში საოპერაციო რისკების მართვის, რისკის ძირითადი მაჩვენებლებისა და ბიზნეს-პროცესის შესრულების გადახრებისა და შესაბამისობის აღმოჩენის მეთოდები და მონიტორინგის საშუალებები.

ჩამოყალიბებულია ამოცანები ბიზნეს-პროცესების მართვის საკითხების გაუმჯობესებისთვის. ამ მხრივ დეტალურადაა განხილული თანამედროვე და უახლესი პროცესების მოპოვების ტექნოლოგია. შემოთავაზებულია კონცეფცია პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიისა და რისკის მაჩვენებლების სინთეზურ გამოყენებაზე.

ნაშრომის მიზნის მიღწევისთვის განსაზღვრულია შემდეგი ამოცანების შესრულება:

1. ორგანიზაციის პროგრამულ სისტემაში ფუნქციონალური და არაფუნქციონალური მოთხოვნების შესრულების მყისიერი შედეგების გამოვლენის ხერხების გაანალიზება მენეჯერული გადაწყვეტილების მიღებისთვის; არაფორმალური ბიზნეს-პროცესების ფორმალიზაციის ხელშეწყობის გზების ძიება; პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის შესწავლა სამუშაო კოორდინაციის მართვის პროცესების სრულყოფისთვის;

2. ბიზნეს-პროცესის შესრულების გადახრებისა და შესაბამისობის აღმოჩენის მეთოდებისა და მონიტორინგის ფუნქციების გამოკვლევა ზღვრული მაჩვენებლების მიმართულებით.
3. ორგანიზაციის სამუშაო ნაკადის კოორდინაციის მართვის პროცესში დაგეგმილი და შესრულებული ოპერაციების კვლევა და შედარებითი ანალიზი პროცესების მოპოვების process mining ტექნოლოგიის მეთოდის ბაზაზე;
4. მოვლენებზე ბაზირებული სააღრიცხვო ჟურნალების წარმოების კვლევა ალფა ალგორითმისა და XES სტანდარტის დახმარებით; პროცესების სიმულაციის დამუშავება პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის პროგრამული სისტემების გამოყენებით (PROM, Disco, Fluxion)
5. პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიისა და რისკის მაჩვენებლების (KPI, KRI) სინთეზის ანალიზი და პრაქტიკული გამოყენება.

შედეგად, მიღწეული იქნება რეალიზებულ სისტემაში ფუნქციონალური და არაფუნქციონალური მოთხოვნების შესრულების მყისიერი შედეგების გამოვლენა მენეჯერული გადაწყვეტილების მიღებისთვის;

განხილულია ბაზარზე წარმოდგენილი პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის მხარდამჭერი ისეთი სისტემები, როგორცაა PROM, DISCO, CELONIC. პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის მამოძრავებელ ბირთვს წარმოადგენს სააღრიცხვო ჟურნალები ე.წ. Event log, რომელიც ინფორმაციული სისტემებიდან ამოღებული ჩანაწერებია რეალური მოქმედებების შესახებ. იმისათვის, რომ მოხდეს ტექნოლოგიის ეფექტური გამოყენება, საინფორმაციო სისტემები უნდა დაპროექტდეს და აიწყოს ისე, რომ შესაძლებელი იყოს სააღრიცხვო ჟურნალების სახით მოხდეს, რაც შეიძლება მეტი ჩანაწერის წამოღება მათი შემდგომი ანალიზისათვის. იმის გათვალისწინებით, რომ ტექნოლოგიის მამოძრავებელ ბირთვს წარმოადგენს სააღრიცხვო ჟურნალები, მისი გამოყენების უმნიშვნელოვანეს მოთხოვნას წარმოადგენს სააღრიცხვო ჟურნალების ხარისხი, რომელიც

მოიცავს როგორც ზოგადად სააღრიცხვო ჟურნალების არსებობას, ასევე მათ სისრულეს და დეტალიზაციას.

ProM რედაქტორი ბიზნეს-ქმედებათა მონიტორინგის ბიზნეს-ოპერაციების მართვის, ბიზნეს-პროცესების ანალიზის ერთგვარი პლატფორმაა CASE, Workflow, BPMN სტანდარტის დიაგრამების, სხვადასხვა ტიპის პეტრის ქსელის მოდელების, XML დოკუმენტების ურთიერთ გარდაქმნისა და ანალიზისთვის. ProM რედაქტორი ბიზნეს-პროცესების სხვადასხვა ტიპის მოდელებისა და დიაგრამების, ურთიერთ ტრანსფორმაციის, ანალიზის, კომპოზიციის, გარდაქმნისა და ექსპორტის საშუალებას იძლევა.

CELONIS ის SAP-ის ბაზების მხარდაჭერას ახდენს. CELONIS-ში სააღრიცხვო ჟურნალების იმპორტისთვის საჭიროა მონაცემთა წყაროს კავშირის დაყენება dedicated PostgreSQL-თან. CELONIS-ს შეუძლია მხოლოდ დროის ნიშნულის გამოყენება, რომელიც გამოითვლება სააღრიცხვო ჟურნალის იმპორტის შემდეგ.

Disco-ს ინსტრუმენტის დაყენება შესაძლებელია Windows-სა და Mac OS X სისტემებზე. Disco კითხულობს წინასწარ კონფიგურირებულ ფაილებს სხვადასხვა სტანდარტულ ფორმატში: .mxml and .mxml.gz; .xes and .xes.gz; .fxl. სააღრიცხვო ჟურნალების ატვირთვის პროცესში, სისტემა იძლევა შესაძლებლობას მოხდეს ატვირთული ფაილის კონფიგურაცია, Disco უზრუნველყოფს პროცესის გახსნის ავტომატურ შედარებას, მაშინვე როგორც კი სააღრიცხვო ჟურნალი იტვირთება სისტემაში. Disco -ს ინსტრუმენტს აქვს შესაძლებლობა მეტრიკები გაერთიანდეს და პროცესიდან გადასვლის მაჩვენებელზე (ისარი) დადგომით ყველა ფუნქციონალის ერთიანი გამოყენებით, პროცესზე დაკვირვება განხორციელდეს.

შესწავლილი ინსტრუმენტების ფარგლებში გაანალიზებულია მათი ფუნქციონალი და წარმოდგენილია შესაბამისი შედარებითი ანალიზი.



პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ ტექნოლოგია ეფუძნება რეალურ მოქმედებაზე ჩანაწერს და გვადლევს შესაძლებლობას მოვახდინოთ დაგეგმილი და ნამდვილი პროცესების შედარება. ორგანიზაციაში პროცესების მართვის პროცესში მენეჯმენტის/დამკვეთის მუდმივი ინტერესის სფეროს წარმოადგენს დაგეგმილი აქტივობების შესრულების კონტროლი და შესრულების ხარისხი. როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, შესასრულებელ ამოცანებში ხშირად ვხვდებით პროცესის ცვლილებებს, ამოცანის შესრულების ვადებთან დაკავშირებულ უზუსტობებს, რაც ოპერაციული დონის მართვაში მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს. შედეგად შესაძლოა ორგანიზაცია აღმოჩნდეს გარკვეული რისკების წინაშე, ამის თავიდან აცილების რეკომენდირებულ საშუალებას წარმოადგენს მუდმივ და კონკრეტულ პარამეტრებზე ორიენტირებული მონიტორინგი, რომელიც დამოკიდებულია ამოცანის შესრულების მოთხოვნებზე. ეს პარამეტრები პროცესების მუშაობის არა-ფუნქციონალურ ნაწილს წარმოადგენს, საადრიცხო ჟურნალის წარმოების არქიტექტურად/ჩონჩხად უნდა განიხილებოდეს.

პროცესების მონიტორინგის მეტრიკები წარმოადგენს პროცესის ზღვრულ მაჩვენებელს, რომელიც თუ შედეგად ასახავს წარმატებას ის ხდება ეფექტურობის ანუ წარმადობის ძირითად მაჩვენებლად, რომელიც ნებისმიერ პროცესში გამოსახავს სასურველი შედეგის მიღწევის მაჩვენებელს.

საადრიცხო ჟურნალები წარმოადგენს რეალურ ჩანაწერებს სისტემაში შესრულებული მოქმედებების შესახებ, რომლის მიხედვითაც მომხმარებელი იღებს რეალურ წარმოდგენას მის გარემოში მიმდინარე პროცესების შესახებ - პროცესების მოპოვების ტექნოლოგია შედეგების ვიზუალური წარმოდგენისა და მათი ანალიზის შესაძლებლობას იძლევა. ხოლო რისკის მაჩვენებლები პროცესების მართვაში მეტი მოქნილობისა და ეფექტურობის გამოცდილი და პრაქტიკული საშუალებაა, რომელიც

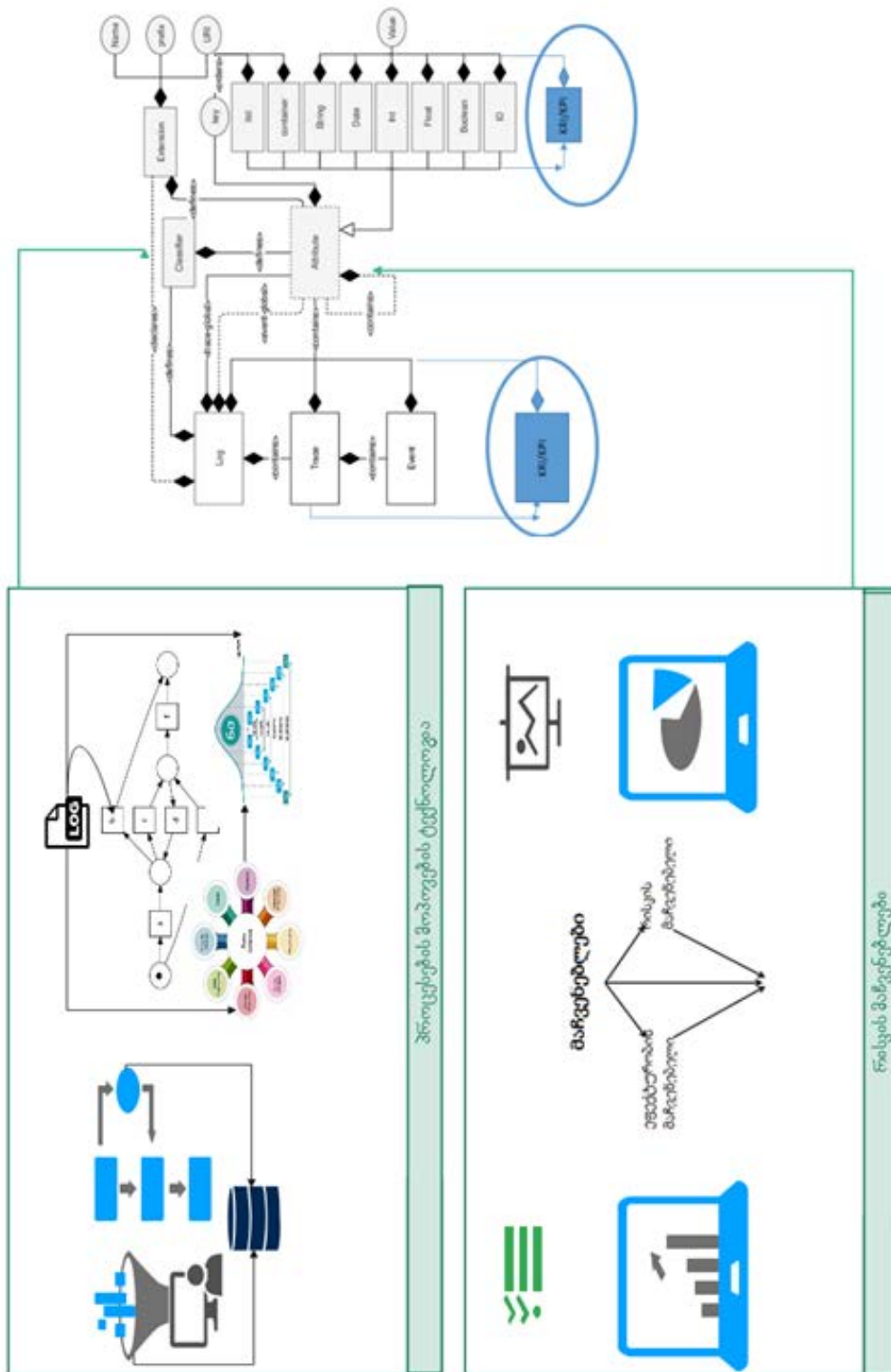
გვადლევს შესაძლებლობას განსაზღვრული მაჩვენებლებით ვმართოთ ორგანიზაციის რისკის პროფილი;

პროცესების მართვის ამ ორი ინსტრუმენტის შერწყმა პროცესების მართვის საკითხებში ეფექტური მექანიზმის საშუალებაა.

სინთეზი მიიღწევა პროცესების მოპოვების Process mining ტექნოლოგიაში პროცესის მონიტორინგის შესაბამისი მეტრიკების საადრიცხვო ჟურნალში გამოყენებით. საადრიცხვო ჟურნალებში ჩანაწერები პროცესებს აღწერს, სწორედ თითოეული პროცესისთვის წინასწარ განსაზღვრული რისკის მაჩვენებლებით და შესაბამისი ზღვრული მაჩვენებლებით სრულდება სინთეზი,

სინთეზის შედეგად რისკის ძირითადი ინდიკატორები და ეფექტურობის ძირითადი მაჩვენებლები მოახდენენ პროცესში რისკების მონიტორინგს, პროცესების მოპოვების ტექნოლოგია მოახდენს პროცესის მონიტორინგს. აღნიშნულით უზრუნველყოფილი იქნება ნებისმიერ ტიპის ორგანიზაციულ პროცესზე მორგების შესაძლებლობა და დროული რეაგირების შესაძლებლობა.



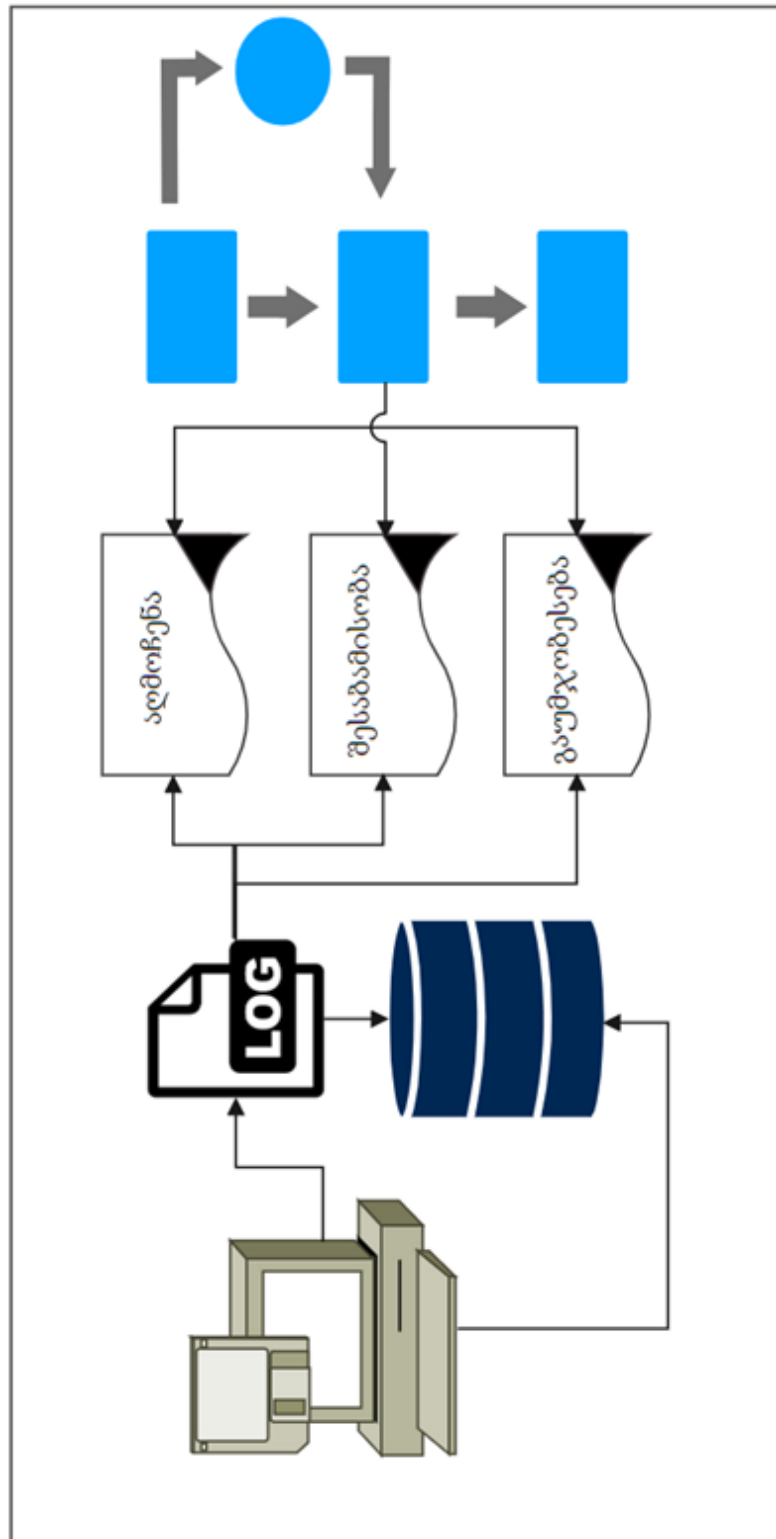


სურ. 2 საადრიცხო ჟურნალის დონეზე წარმოდგენილი კორელაცია

## თავი II

მეორე თავში წარმოდგენილია პროცესების მოპოვების process mining ტექნოლოგიის არქიტექტურა. სხვა ტექნოლოგიებისა და მოდელირებისგან ის იმით განსხვავდება, რომ ეფუძნება რეალური მოვლენების შესახებ ჩანაწერებს. ის გვაძლევს შესაძლებლობას შევადაროთ პროცესები. ამიტომაც უკეთ გამოსახვენ სინამდვილეს და ატარებენ ინფორმაციას რეალური მოვლენების შესახებ და არა იმაზე თუ რა უნდა ყოფილიყო ან იყო დაგეგმილი. პრაქტიკიდან გამომდინარე, ორგანიზაციული პროცესების მართვაში მენეჯმენტისთვის მუდმივ ინტერესს წარმოადგენს დაგეგმილი პროცესების შესრულების კონტროლი - პროცესის შესრულების მთლიანობის, შესრულების დინამიკის, პროცესის შემსრულებლების აქტივობის და პროცესში ჩართული შემსრულებლების ურთიერთ კომუნიკაციის გამართულობის ჭრილში. პროცესების აღმოჩენის ტექნოლოგია ახალი მძლავრი ინსტრუმენტია ორგანიზაციაში ბიზნეს პროცესების ეფექტურობის ამაღლებისთვის. იგი, არის ინფორმაციის მიღების საშუალება, რომელიც ეფუძნება ფაქტებს და ეხმარება ორგანიზაციას პროცესების გაუმჯობესებაში. მას გააჩნია სამი ძირითადი მიდგომა, რაც მოიცავს:

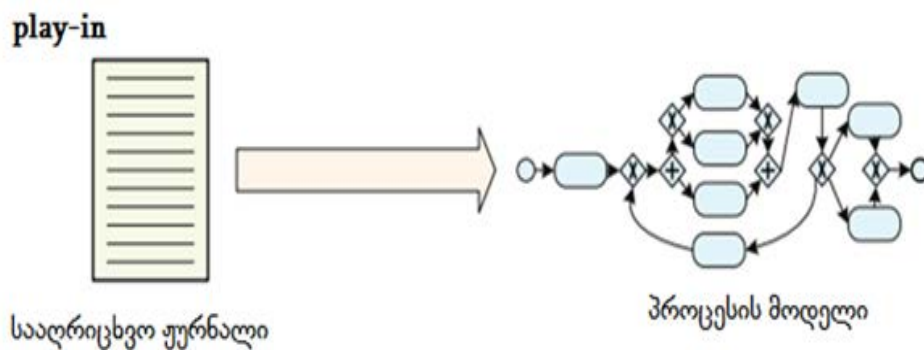
1. მონაცემების აღმოჩენას ()
2. მონიტორინგს
3. გაუმჯობესებას



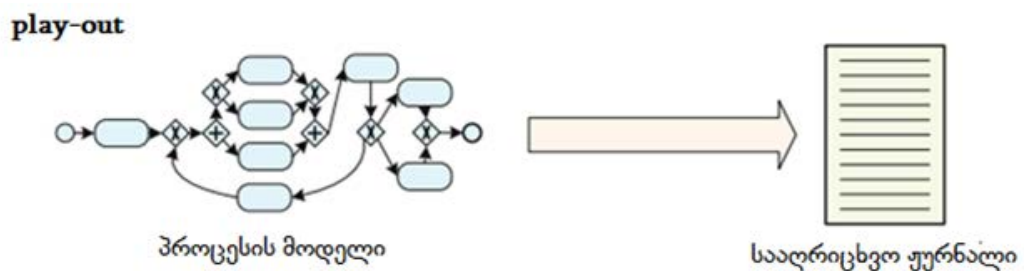
სურ. 3 ძირითადი მიდგომების ფრაგმენტი

ტექნოლოგიას გააჩნია სამი ანალიზის ტიპი:

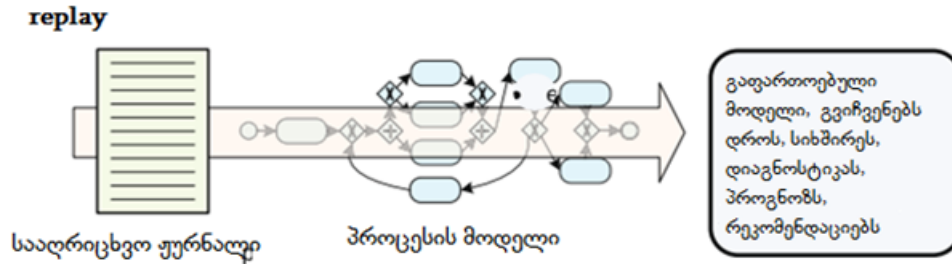
- play-out - გვთავაზობს მზა მოდელით მუშაობას განსხვავებული პროცესების სცენარების შესრულების სიმულაციისთვის.
- play-in - play-out-ის საწინააღმდეგო ტიპი. შემომავალი მონაცემების სახით, მიღებულია ინფორმაცია ქცევასთან დაკავშირებით. რის საფუძველზეც აუცილებელია შეიქმნას მოდელი.
- replay - ერთდროულად იყენებს პროცესის მოდელს და მოვლენების ჟურნალში არსებულ ინფორმაციას ამოღებასთან დაკავშირებით.



სურ. 4 play-in ტიპის ვიზუალიზაცია



სურ. 5 play-out ტიპის ვიზუალიზაცია



სურ. 6 replay ტიპის ვიზუალიზაცია

ლიტერატურაში განიხილავენ პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის კავშირის ორი ტიპის კავშირს Lasagna processes (ლაზანიის დამზადების პროცესი) და Spaghetti processes (სპაგეტის დამზადების პროცესი). Lasagna პროცესი სტრუქტურირებულია და განსაზღვრული წესით/მიმდევრობით მუშავდება. Spaghetti processes ასოცირდება არასტრუქტურირებულ პროცესებთან.

process mining იყენებს ალფა ალგორითმს. ეს არის ძიების ალგორითმი, რომელიც მიისწრაფის კვანძების შემცირებისკენ მინიმალური ალგორითმის ხის ძიების შეფასებისას. საბოლოო ჯამში პროცესების მოპოვების ტექნოლოგია ალფა ალგორითმის გამოყენებით ახდენს პეტრის ქსელის ბაზაზე ვიზუალურად პროცესის აღქმის შესაძლებლობას.

ალფა ალგორითმის ერთ მნიშვნელოვან ცნებას წარმოადგენს სააღრიცხვო ჟურნალების სისრულე. მუშა N პროცესის სააღრიცხვო ჟურნალი ითვლება სრულად, თუ ის შეიცავს ყველა სხვა N ჟურნალს და ყველა t გასასვლელს ამ ჟურნალიდან. მაგალითად, შემდეგი ქსელისთვის სრულ სააღრიცხვო ჟურნალს აქვს შემდეგი სახე [abcd, acbd, ef], რადგანაც ის მოიცავს ამ ქსელის ყველა შესაძლო კვალს.

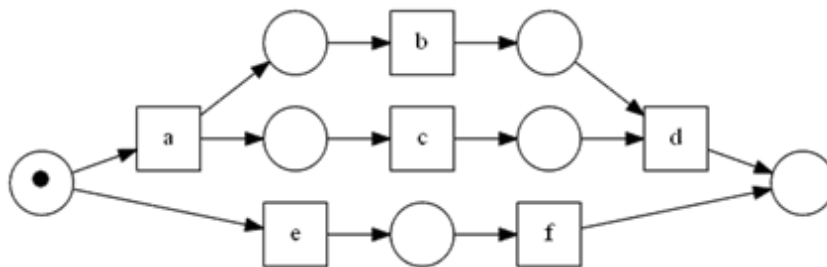


## კავშირი

იმისათვის, რომ აღმოვაჩინოთ მუშა პროცესის სააღრიცხვო ჟურნალი, ჩვენთვის აუცილებელია დავადგინოთ გადასვლებს შორის წესრიგი/მიმდევრობა. ეს კავშირები შემდგომში გამოიყენება ადგილების ძებნისა და ადგილებსა და გადასვლებს შორის კავშირებით.

- პირდაპირი მემკვიდრეობა  $x > y$  ჩვენ ვამბობთ  $x > y$ , თუ ვხედავთ ჟურნალებში ქვე-კვალს  $\dots xy \dots$
- მიზეზობრიობა  $x \rightarrow y$ . ჩვენ ვამბობთ  $x \rightarrow y \Leftrightarrow x > y \wedge y \not> x$  - თუ გვაქვს კვალი  $\dots xy \dots$  და არ გვაქვს კვალი  $\dots yx \dots$ . ეს კავშირები ნიშნავს, რომ ჩვენ გვჭირდება დავსვათ ადგილი  $x$ -სა და  $y$ -ს შორის.
- პარალელური  $x \parallel y$ . ჩვენ ვამბობთ  $x \parallel y \Leftrightarrow x > y \wedge y > x$  - თუ ჩვენ შეგვიძლია დავინახოთ როგორც  $\dots xy \dots$  ასევე  $\dots yx \dots$  ამ შემთხვევაში ჩვენ ვერ დავსვავთ ადგილს  $x$ -სა და  $y$ -ს შორის. ეს სიმეტრიული კავშირია :  $a \parallel b \rightarrow b \parallel a$ .
- Unrelated  $x \# y$ . ჩვენ ვამბობთ  $x \# y \Leftrightarrow x \not> y \wedge y \not> x$  - როდესაც არ გაგვაჩნია  $\dots xy \dots$  ან  $\dots yx \dots$  კვალი. ესეც სიმეტრიული კავშირია  $x \# y \rightarrow y \# x$

მაგალითისთვის განვიხილოთ მუშა პროცესის შემდეგ სქემა:

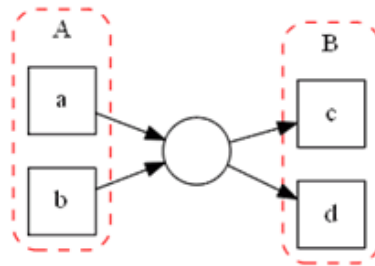


[abcd, acbd, ef] ჟურნალიდან შეიძლება დავასკვნათ შემდეგი

- $a > b, a > c, b > c, b > d, c > b, c > d, e > f$
- $a \rightarrow b, a \rightarrow c, b \rightarrow d, c \rightarrow d, e \rightarrow f$
- $b \parallel c$

## Limitations შეზღუდვები

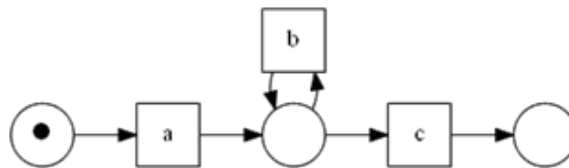
$\alpha$  ალგორითმს გააჩნია გარკვეული შეზღუდვები. მას არ შეუძლია მოკლე კვანძების დამუშავება, ასევე მას არ შეუძლია იპოვოს გრძელვადიანი დამოკიდებულებები.



სურ. 7 მოკლე კვანძის ფრაგმენტი

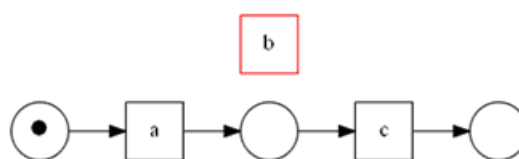
## კვანძები ერთიანი სიგრძით

თუ სამუშაო პროცესში არის მოკლე კვანძები ერთიანი სიგრძით,  $\alpha$  ალგორითმი ვერ შეძლებს მის აღმოჩენას ხელახლა. მაგალითად, გვაქვს ჟურნალი [ac, abc, abbc, abbbc], რომელიც იყო შემდეგი ქსელით გენერირებული:



სურ. 8 ჟურნალის ქსელის ფრაგმენტი

მაგრამ  $\alpha$  ალგორითმმა დააგენერირა სხვა მოდელი, რომელიც განსხვავდება:

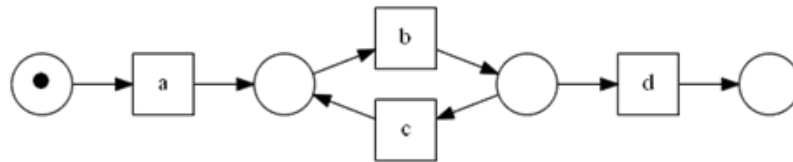


**სურ. 9 ალფა ალგორითმით გენერირებული პროცესის ფრამგენტი**

მიზეზი მდგომარეობს შემდეგში: ჩვენ ვერ ვხედავთ ბიჯს  $a$  და  $b$  სიმრავლეების წყვილების ძიებისთვის. ჩვენ აქ გვინდა რომ  $b \in A$  and  $b \in B$ , მაგრამ ეს ვერ მოხდება, რადგანაც  $b \neq b$  ( $\neq$  ნიშნავს არას)

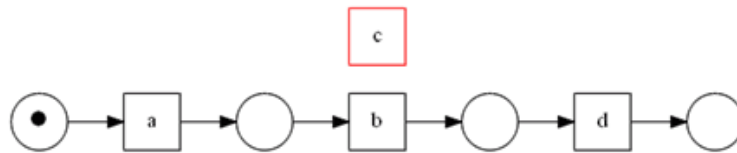
**კვანძები ორიანი სიგრძით**

კიდევ ერთი  $\alpha$  ალგორითმის შეზღუდვა მდგომარეობს შემდეგში: ჩვენ არ შეგვიძლია აღმოვაჩინოთ სიგრძით ორიანი კვანძი ხელახლა. მაგალითად, გვაქვს მოდელი, რომელიც აგენერირებს ჟურნალს  $[abd, abcdbd, abcdbcdbd]$ :



**სურ. 10 ორიანი კვანძის ფრამგენტი**

მაგრამ აი რას პოულობს  $\alpha$  ალგორითმი:



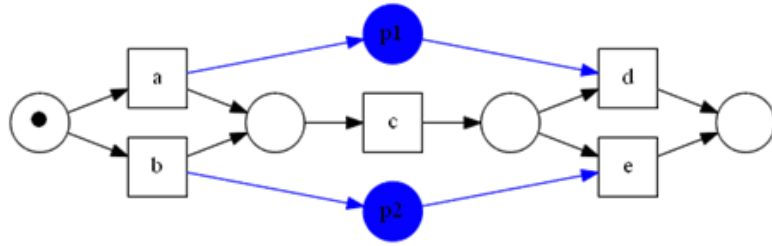
**სურ. 11 ალფა ალგორითმით გენერირებული პროცესის ფრამგენტი**

მიზეზი შემდეგშია: ჩვენ ვფიქრობთ, რომ  $b \parallel c$ , რადგანაც  $b > c$  და  $c > b$ , მაგრამ ამ სიტუაციაში ეს ასე არ არის.

**არალოკალური დამოკიდებულებები**

$\alpha$  ალგორითმის ბოლო პრობლემას, რომელიც რამდენიმე დამოკიდებულებით აისახება წარმოადგენს შემდეგი:

ქვემოთ განიხილება სამუშაო პროცესის ქსელი, რომელმაც დააგენერირა შემდეგი სახის ჟურნალი -  $[acd, bce]$



სურ. 12 პროცესის ქსელის ფრაგმენტი

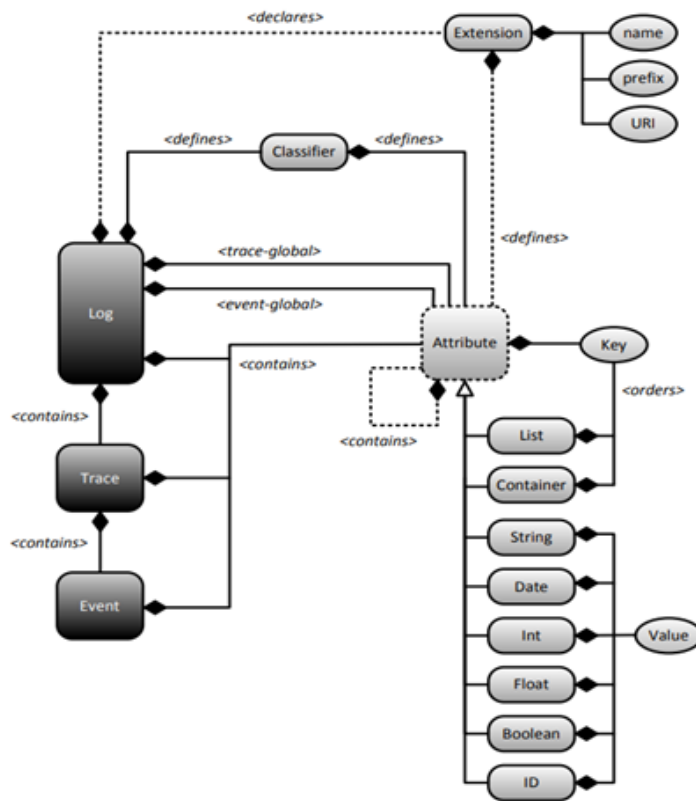
პროცესის შეზღუდვები, რომლის წარმოდგენა შესაძლებელია შემდეგი სახით:

1. თუ მე მივედი სამსახურში მანქანით, მე გავემგზავრები მანქანით (p1)
2. თუ მე მივედი სამსახურში მატარებლით, მე გავემგზავრები მატარებლით (p2)

ლურჯი ფერები განსაზღვრავს არალოკალურ დამოკიდებულებებს. მათთან დაკავშირებით არის არსებობს შემდეგი სახის პრობლემა: ეს შეზღუდვები ვერ იქნება აღმოჩენილი  $\alpha$  ალგორითმის მიერ. მიზეზი კი იმაში მდგომარეობს, რომ ისინი არ ჩანს ჟურნალში. სინამდვილეში ეს პრობლემა მხოლოდ  $\alpha$  ალგორითმს არ ეკუთვნის, ეს process mining-ის ალგორითმებს ეხება.

2010 წელს IEEE ჯგუფის მიერ მოხდა Process mining-ისთვის სააღრიცხვო ჟურნალების XES სტანდარტის განსაზღვრა. XES დაფუძნებულია XML ფორმატზე. რადგანაც XES მიისწრაფის იყოს მონაცემთა გაცვლისთვის უნივერსალური ფორმატი, სტანდარტად განსაზღვრულია მხოლოდ ის ელემენტები, რომელიც შეიძლება იყოს იდენტიფიკატორი პრაქტიკულად ნებისმიერ გარემოში ყველა დანარჩენი ინფორმაცია კი არასაჭირო ატრიბუტად იქცევა. XES სტანდარტი განსაზღვრავს სემანტიკას თეგების ენაზე. რომლის მიზანია ინფორმაციული სისტემების ქცევის დაფიქსირება სააღრიცხვო ჟურნალებში. ამას გარდა სტანდარტში ჩართულია XES გაფართოების საბაზისო კოლექცია, რომლებიც განსაზღვრავენ ჟურნალებში ჩაწერილი განსაზღვრული ატრიბუტებისთვის სემანტიკას. XES მეტა-

მოდელის საბაზისო კლასი ამბობს, რომ ჟურნალი შეიცავს Trace-ების არაცარიელ კოლექციას და Trace-ები შეიცავენ მოვლენების არაცარიელ ჩანაწერებს. კვალი საადრიცხო ჟურნალში ითვლება მოუწესრიგებლად (არასტრუქტურირებულად), მაშინ როდესაც მოვლენები ტრასებში ითვლება მოწესრიგებულად (სტრუქტურირებულად). ჟურნალები, ობიექტები და ის გზა, რომელსაც გადის მოვლენა თავისთავად არანაირ ინფორმაციას არ შეიცავენ, ისინი მხოლოდ დოკუმენტის სტრუქტურას განსაზღვრავენ.



სურ. 13 XES სტანდარტის სრული მეტა-მოდელი

სხვადასხვა სისტემებს შორის თავსებადობის გამარტივებისთვის XES სტანდარტში IEEE ჯგუფი გვთავაზობს XES სერტიფიცირებას. ეს სერტიფიკატი ინსტრუმენტს XES სერტიფიცირების რამდენიმე დონეს ანიჭებს იმპორტის და ექსპორტის ჭრილში. აღნიშნული სერტიფიკატი მარტივი ხდება მონაცემთა წარმატებული იმპორტი სხვა ინსტრუმენტში.

კლასიკური გაგებით, რისკის ინდიკატორი ორგანიზაციაში გამოიყენება იმისთვის, რომ განისაზღვროს რისკის პროფილი და შესრულდეს დაკვირვება მის ცვლილებებზე.

KPI - ეფექტურობის ძირითადი მაჩვენებლები ორგანიზაციას ეხმარება სტრატეგიული და ორგანიზაციული მიზნების მიღწევაში. ეფექტურობის მაჩვენებლების გამოყენება ორგანიზაციას შესაძლებლობას აძლევს შეაფასოს თავისი მდგომარეობა სტრატეგიის რეალიზაციის შეფასებაში. KPI შეიძლება იყოს „ფინანსური“ და „არაფინანსური“, „წამყვანი“ და „ჩამორჩენილი“, ის შეიძლება იყოს „რაოდენობრივი“ ან „ხარისხობრივი“. ეფექტურობის ძირითადი მაჩვენებელი, როგორც წესი გამოიყენება პროგრამული უზრუნველყოფის ეფექტური პროცესის შეფასებაში. ეფექტურობის მაჩვენებლის შედგენა ინდივიდუალურია ორგანიზაციის სპეციფიკიდან გამომდინარე. დროთა განმავლობაში, ორგანიზაციის ზრდის, ფუნქციების ცვლილებისა და სხვა მიზეზების გამო აუცილებელია პერიოდულობით ხდებოდეს ინდიკატორის გადახედვა/ჩასწორება.

რისკის ძირითადი ინდიკატორი - KRI არის მაჩვენებელი, რომელიც გვაჩვენებს რამდენად სარისკოა ჩვენი აქტივობა. KRI არის მექანიზმი, რომელიც წინასწარ გვატყობინებს პოტენციურ მოვლენებს, რომელსაც შეუძლიათ უწყვეტი პროცესისთვის დანაკარგის მიყენება (როგორც ფინანსური, ასევე რეპუტაციული). რისკის ინდიკატორი გვიჩვენებს მათემატიკური ფორმულებით/მოდელებით რესურსების დეგრადაციის/ცვლილების ამა თუ იმ ფორმის პოტენციალის შეფასებას. KRI - არის მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტი რისკების მართვაში. იგი გამოიყენება მონიტორინგის გაძლიერებისთვის, რისკების შემცირებისა და რისკების ანგარიშგების გაუმჯობესებაში. საოპერაციო KRI არის „ზომა“ (მეთოდი), რის მიხედვითაც შესაძლებელია შესაძლო დანაკარგები გამოავლინო, სანამ ისინი მოხდება.

### თავი III

ედღენება ბიზნეს-პროცესების გაუმჯობესებისთვის შემოთავაზებული კონცეფციის პრაქტიკული რეალიზაციის საკითხებს, რაც პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიისა და ორგანიზაციის ძირითადი ინდიკატორების სინთეზს ეხება. განხილულია პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის მხარდამჭერი ერთ-ერთი მოწინავე პროგრამული უზრუნველყოფის ინსტრუმენტი „Disco“ და შექმნილია მისი მუშაობის სახელმძღვანელო ფუნქციონალური აღწერის თვალსაზრისით. შემოთავაზებულია რეალიზებული პრაქტიკული მაგალითები და ნაჩვენებია „Disco“ პროგრამული სისტემის მუშაობის პრინციპები. ნაჩვენებია ამ ინსტრუმენტის შესაძლებლობები დაგეგმილი და რეალური პროცესების შედარებითი ანალიზისთვის. პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის გამართულად მუშაობის უზრუნველსაყოფად ახსნილია სააღრიცხვო ჟურნალების ფორმირების თავისებურებანი და შემოთავაზებულია რეკომენდაციები მონაცემთა ბაზის ცხრილების სტრუქტურის სწორი რეალიზაციისთვის. მოქნილი დაპროექტების (Agile) გუნდების მუშაობის მაგალითზე ნაჩვენებია რისკის ძირითადი ინდიკატორის, ეფექტურობის ძირითადი ინდიკატორისა და პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის ერთობლივი მუშაობის უზრუნველყოფა და პრაქტიკული გამოყენება.

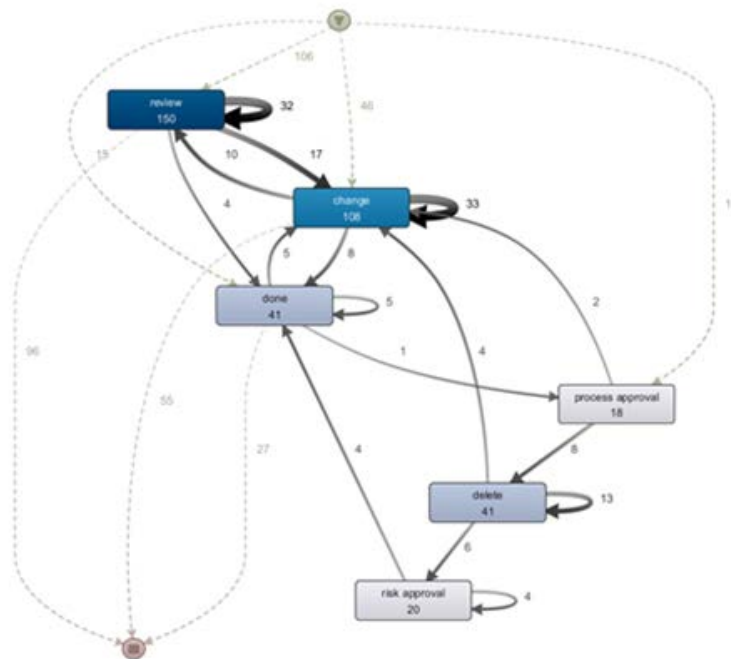
პროცესების ფორმალიზების პრობლემა იკვეთება, ბოლო პერიოდში, ძალზედ აქტუალურ Agile პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავების დაპროექტების მიდგომაში. პროექტების მართვის მოქნილი მიდგომა, დაფუძნებულია იტერაციული (iterative) დამუშავების პრინციპებზე, რომელიც უზრუნველყოფს უფრო მეტ „თავისუფლებას ფორმალიზებისგან“ და ორიენტირებულია დეველოპერების მოქნილ მუშაობაზე, განსხვავებით დაპროექტების კასკადური (Waterfall) მიდგომისგან. Process mining ტექნოლოგიის გამოყენება Agile-ზე დაფუძნებული პროცესებისთვის ეფექტიანია, ვინაიდან process mining იძლევა მოვლენაზე-ორიენტირებული სააღრიცხვო ჟურნალების წარმოების შესაძლებლობას და

რეალიზებული პროცესების ფორმალიზაციას უზრუნველყოფს. კვლევისთვის განხილულია ერთერთი კომპანიის მიმდინარე პროგრამული პროექტი რომელიც Scrum მეთოდით იმართება, პროექტში გამოიყენება C#, MS Visual Studio და ანალიზისთვის XES სტანდარტი.

Case ID	activity	Start Date	End Date	indicators	Customer ID	Product	Service Type	Resource
Case 1	review	9.3.10 8:05	9.3.10 8:10	human error	Customer 1	bancomat	Referred to Servicer	tester
Case 1	change	11.3.10 10:30	11.3.10 10:32	fraud risk	Customer 1	bancomat	Referred to Servicer	developer
Case 1	done	11.3.10 11:45	11.3.10 11:52	human error	Customer 1	bancomat	Referred to Servicer	analyst
Case 2	change	4.3.10 11:43	4.3.10 11:46	fraud risk	Customer 2	bancomat	Referred to Servicer	developer
Case 3	change	25.3.10 9:32	25.3.10 9:33	fraud risk	Customer 3	bancomat	Referred to Servicer	developer
Case 4	change	6.3.10 11:41	6.3.10 11:51	fraud risk	Customer 4	cashsystem	Referred to Servicer	developer
Case 5	change	18.3.10 10:54	18.3.10 11:01	fraud risk	Customer 5	bancomat	Product Assistance	developer
Case 6	change	25.3.10 17:09	25.3.10 17:13	fraud risk	Customer 6	bancomat	Referred to Servicer	developer
Case 6	change	25.3.10 17:16	25.3.10 17:18	fraud risk	Customer 6	bancomat	Referred to Servicer	developer

სურ. 14 საადრიცხო ჟურნალის ფრაგმენტი

Disco-ს ინსტრუმენტში საადრიცხო ჟურნალების შეტვირთვის შედეგად იკვეთება, რომ პროცესი რეალურად სხვა მიმდევრობით შესრულდა ვიდრე იყო დაგეგმილი, გარკვეულ ბიჯებზე არ მოხდა რისკის მენეჯერის და პროცესის მფლობელის ჩართულობა, გარკვეულ ეტაპებზე დაფიქსირდა, რომ ცვლილებების შემთხვევაში არ იქნა შესაბამისი პირის ჩართულობა, ასევე, ცვლილებები განხორციელდა ისეთ პროცესებზე, რომელზეც პროცესზე დასტური არ იყო მიღებული.



სურ. 15 სისტემაში რეალიზებული პროცესის ვიზუალიზაცია



მოცემული კვლევიდან გამომდინარე, გაანალიზებული და წარმოდგენილია ის ხარვეზები რაც Agile-თი შესრულებულ პროცესს თან ახლავს. რადგან Agile-ის სპეციფიკა მოითხოვს დავალებების სწრაფ და მოკლე დროში დასრულებას, ამის გამო რთულია პროცესის მონიტორინგი, თუმცა სააღრიცხვო ჟურნალში ინდიკატორების სინთეზი იძლევა პროცესის მართვის ეფექტურ საშუალებას.

## დასკვნა

ჩატარებული თეორიულ და ექსპერიმენტულ გამოკვლევათა საფუძველზე მიღებული შედეგების ბაზაზე შეიძლება შემდეგი დასკვნების ჩამოყალიბება:

1. განსაზღვრული სამოქმედო გეგმის ფარგლებში წარმოდგენილი და გაანალიზებულია პროცესების მოპოვების ტექნოლოგია, მისი მუშაობის ძირითადი პრინციპები და მიდგომები, რომლის გამოყენება უზრუნველყოფს სამუშაო კოორდინაციის მართვის პროცესების სრულყოფას;
2. შესწავლილია ბიზნეს-პროცესის შესრულების გადახრებისა და შესაბამისობის აღმოჩენის მეთოდები რისკის ძირითადი ინდიკატორისა და ეფექტურობის ძირითადი ინდიკატორების თვალსაზრისით, გამოკვლეულია ზღვრული მაჩვენებლების მიმართულებით მონიტორინგის საშუალებები.
3. შესწავლილი პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის ფარგლებში გაანალიზებულია ტექნოლოგიის მხარდამჭერი სისტემები და შემოთავაზებულია მათი შედარებითი ანალიზი. წარმოდგენილია უპირატესობებისა და ნაკლოვანებების ანალიზი.
4. ჩატარებულია ორგანიზაციის სამუშაო ნაკადის კოორდინაციის მართვის პროცესში დაგეგმილი და შესრულებული ოპერაციების კვლევა და შესრულებულია შედარებითი ანალიზი პროცესების მოპოვების process mining ტექნოლოგიის მეთოდის ბაზაზე;

5. გამოკვლეულია მოვლენებზე ბაზირებული სააღრიცხვო ჟურნალების წარმოების საკითხები, ალფა ალგორითმისა და XES სტანდარტის დახმარებით;
6. გაანალიზებულია ალფა ალგორითმის მუშაობის პრინციპი და XES სტანდარტის მოთხოვნები სააღრიცხვო ჟურნალებისთვის.
7. შესრულებულია პროცესების სიმულაციის დამუშავება პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის პროგრამული სისტემების გამოყენებით (PROM, Disco, Fluxion)
8. შეჯამების სახით შეიძლება ითქვას, რომ ორგანიზაციული ბიზნეს პროცესების მართვის საკითხების გაუმჯობესებისთვის ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის, რისკის ძირითადი ინდიკატორისა და ეფექტურობის ძირითადი მაჩვენებლის სინთეზი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს პროცესში ადრეულ ეტაპზე მოხდეს ხარვეზებისა და გადახრების აღმოჩენა და მყისიერი რეაგირება გამოსწორებისთვის. რაც მთავარია, ისევე როგორც პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიაა უნიკალური და მორგებადი ყველა პროცესზე, ინდიკატორებიც უნიკალურია ამ თვალსაზრისით და იძლევა მოქნილობის შესაძლებლობას.

### **კონფერენციებში მონაწილეობა**

1. სტუ-ს UNESCO-ს კათედრის „ინფორმაციული საზოგადოება“ დაარსების 15 წლის იუბილე;
2. აკადემიკოს გოჩა ჩოგოვადის იუბილესადმი მიძღვნილი კონფერენცია - „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები“

## პუბლიკაციები

1. ე. თურქია, ს. სტომადოვა, სამუშაო ნაკადების ვიზუალიზაცია პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის ბაზაზე, No 2(24), 2017
2. ე. თურქია, ს. სტომადოვა, მ. ბიტარაშვილი, ბიზნეს-პროცესების მართვის სრულყოფა process mining-ტექნოლოგიის გამოყენებით, No 1(23), 2017
3. ე. თურქია, ს. სტომადოვა, ვ. გელოვანი, Improvement of complex Business processes management using process mining technology, 2(26), 2018; ISSN 1512-3979
4. ს. სტომადოვა, Improving Business Process Management by Synthesizing Process Mining Technology and Risk Indicators, The International Scientific-Technical Conference „Information Society and Technologies for Intensification of Education“, 20-22 May, Tbilisi, Georgia
5. ე. თურქია, ს. სტომადოვა, პროცესების მოპოვების ტექნოლოგიის გამოყენება პროექტების მართვის Agile მეთოდისთვის, #1(68), 2021

## Abstract

### **Improving business process management by synthesizing process mining technology and risk marginal indicators**

Improving organizational business processes and related workflow management issues is an ongoing challenge for an organization's management chain.

The constant development of information systems and their increasing complexity ultimately complicates the ability to really perceive the real process and effectively manage it, while in the absence of process control, we face such disadvantages as system failures, process failures, human errors, fraud. etc. Inaccuracies, non-compliance with deadlines, customer complaints, delays between the planned and the actual process, incorrect operation of the implemented systems, ineffective performance, hidden risks and many other risks that ultimately affect both the reputation of the organization and its financial side can be detrimental.

It should be noted that in the era of digitalization, in some cases, process management is so chaotic that as a result of an uncontrolled complex process, we

get a product that is almost impossible to manage, given that complex processes are located in complex information systems.

In terms of efficient process management, Process Mining technology offers process monitoring and observation simulation. It is based on real workflow data to represent the actual process and identify gaps and deviations.

Offers many analysis tools that allow you to discover informal processes and see the real picture of the process. Identifying deviations in the planned process and obtaining the actual completion of the process using the organization's information systems. Methods for improving the use of extraction technology for observing process risks and emerging deviations, as well as for analytical interpretation of process efficiency are presented.

In particular, the dissertation describes the principle of operation of the process extraction technology, proposes the principle of operation of the technological core of the technology - the so-called event log of accounting journals, discusses the alpha algorithm associated with the principle of its operation, examines the basic requirements that apply to accounting journals and must be met

As for the improvement of technologies, it is possible to synthesize / correlate key risk indicators (KRI - Key Risk Indicator) and key performance indicators (KPI - Key Performance Indicator). Key risk indicators predict adverse process outcomes and enable us to respond to them in advance and manage the risks associated with the process by implementing appropriate controls.

Process KPIs allow us to see how effectively an organization is performing if a particular process is moving towards an effective goal, whether it is abandoning that direction, and this is achieved by developing appropriate thresholds for both the KPI and the performance indicator.

Thresholds are set primarily based on historical data and experience. Therefore, we can say that the correlation of risk and efficiency indicators with the processes detected by the process extraction technology gives effective results for a further action plan, which means at which point the process requires more effort, the introduction of additional control mechanisms or monitoring.

By synthesizing these indicators, the user of the technology gains the advantage of making a decision to improve the process more efficiently and instantly.

The dissertation presents the main problems related to the issues of process control, suggests ways to solve them, presents a process control environment, discusses the relevance and efficiency of the problem solving method.

The results of the discussed problems are presented in the form of practical examples, where both the effective operation of the extraction process technology

and the real processes obtained as a result of the use of the extraction process technology and the synthesis of risk indicators and identified deviations and the corresponding analysis are presented.

This method makes it possible to timely detect deficiencies, detect deviations from the process, and analyze failures of control mechanisms. What can be considered as a positive and powerful mechanism in terms of effective process management.

keywords: **process mining, waterfall, agile, key performance indicator, key risk indicator; alfa algorithm, six sigma.**