

ბიზნეს-პროცესების და კომპიუტერული ქსელების იმიტაციური მოდელირების აზიზის თანამედროვე კონცეფციის ანალიზი

ზურაბ გასიტაშვილი¹, ინგა აბულაძე¹, ვლადიმერ წვერაძე²,
მაკა ხართიშვილი¹

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
2-საქართველოს საავტომობილო-საგზაო კოლეჯი

რეზიუმე

განხილულია ბიზნეს-პროცესების მოდელირების ძირითადი კლასიკური სტანდარტული სისტემები – IDEF0, IDEF3, DFD და ახალი კლასიკური, თანამედროვე სტანდარტი – BPMN (*Business Process Modeling Notation*) – ნოტაცია ბიზნეს-პროცესების მოდელირებისათვის. აგრეთვე მიმოხილულია ბიზნეს-პროცესების იმიტაციური მოდელირების ყველაზე ცნობილი და გავრცელებული სისტემები: GPSS, Arena და AnyLogic და გამოთვლითი ქსელების მოდელირებაზე ორიენტირებული პროგრამული სისტემები: COMNET და NetMaker.

საკვანძო სიტყვები: იმიტაციური მოდელირება. კომპიუტერული ქსელები. საინფორმაციო ტექნოლოგიები. ბიზნეს-პროცესები.

1. შესავალი

დღესდღეობით ნებისმიერი საწარმოს ბიზნეს-პროცესების ანალიზი, მათი რეინჟინერინგი და ავტომატიზაცია წარმოადგენს მენეჯმენტის თეორიისა და საინფორმაციო ტექნოლოგიების შეპირაპირების აქტუალურ თემას.

საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით ბიზნეს-პროცესების ეფექტური ფორმირების ამოცანა აქტუალურია არა მხოლოდ მისი დანერგვის, არამედ მისი შემდგომი განვითარების ეტაპებზე. ბიზნეს-პროცესების მართვის სისტემის BPMS (*Business Process Management System*) და შესაბამისი მოდელის დამუშავება უზრუნველყოფს ბიზნეს-პროცესების ეფექტურ შესრულებასა და კონტროლს.

2. ძირითადი ნაწილი

როული ბიზნეს-პროცესების ზუსტი ეფექტურობის რაოდენობრივი შეფასების რეალური სურათის მისაღებად გამოიყენება იმიტაციური მოდელირება. როული იმიტაციური მოდელის აგება საკმაოდ შრომატევად სამუშაოს წარმოადგენს, ამდენად მისი ავტომატიზაცია სასურველია, რათა შესაძლებელი იყოს ოპერატიულად განვახორციელოთ ბიზნეს-პროცესებში მიზანმიმართული ცვლილებები. ამ მიზნისათვის გამოიყენება BPM-სისტემა. ასეთი ტიპის სისტემის საშუალებით შესაძლებელია ბიზნეს-პროცესებში ნებისმიერი სახის კორექტივის შეტანა. BPM-სისტემები უზრუნველყოფს უმოკლეს გზას ბიზნეს-პროცესების ფორმულირებიდან მათ ეფექტურ შესრულებამდე.

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს ბიზნეს-პროცესების და კომპიუტერული ქსელების იმიტაციური მოდელის ავტომატიზებული სისტემის შექმნის თანამედროვე კონცეფციის ანალიზი.

როგორც ცნობილია, ბიზნეს-პროცესების მოდელირების ძირითადი კლასიკური სტანდარტული სისტემებია – IDEF0, IDEF3, DFD.

- 1) IDEF0 (ფუნქციონალური მოდელირება) – ფუნქციონალური მოდელირებისა და გრაფიკული ნოტაციის მეთოდოლოგია, რომელიც განკუთვნილია ბიზნეს-პროცესების ფორმალიზაციისა და აღწერისათვის.
- 2) IDEF3 (ბიზნეს-პროცესების აღწერა) – სისტემაში მიმდინარე პროცესების დოკუმენტაციის სტანდარტი და მეთოდოლოგია. იგი ფართოდ გამოიყენება საინფორმაციო ტექნოლოგიებში, როგორც ბიზნეს-პროცესების ვიზუალური მოდელირების ინსტრუმენტი.
- 3) DFD (მონაცემთა ნაკადების დიაგრამა) – გამოიყენება ორგანიზაციის ბიზნეს-პროცესების მოდელირებისათვის.

BPWin არის ინსტრუმენტული საშუალება, რომელიც დამუშავებულია „Logic Works“ კომპანიაში. როგორც დასახელებიდან ჩანს, BP (*Business Process*) მიუთითებს ბიზნეს-პროცესებს და Win სუფიქსი გრაფიკულ ოპერაციულ სისტემას. BPWin გარემოში შესაძლებელია მოდელირების ზემოთ ჩამოთვლილი სამი მეთოდოლოგიის განხორციელება. ამ სამი სტანდარტიდან თითოეული წარმოადგენს უნიკალურს. მაგრამ მათი ერთობლიობა გვაძლევს პროცესების მოდელირების მთლიანი სურათის ანალიტიკას [1,2].

2000 წელს გამოჩნდა ახალი კლასიკური, თანამედროვე სტანდარტი – BPMN (*Business Process Modeling Notation*) – ნოტაცია ბიზნეს-პროცესების მოდელირებისათვის, რომელიც დამუშავდა BPMI (*Business Process Management Initiative*) კოალიციის მიერ და თანამედროვე პირობებში მას აქვს OMG (*Object Management Group*) კონსორციუმის მხარდაჭერა [3]. BPMN წარმოადგენს ბიზნეს-პროცესების

აღწერის „დე-ფაქტო“ სტანდარტს. მის მიზანს წარმოადგენს სტანდარტული ნოტაციის შექმნა, რომელიც ხელმისაწვდომი იქნება ყველა ბიზნეს-მომხმარებლისათვის. ბიზნეს-მომხმარებლებში შედის *ბიზნეს-ანალიტიკოსები*, რომლებიც დანტერესებულნი არიან ბიზნეს-პროცესების შექმნით და მათი გაუმჯობესებით; *ტექნიკური დამუშავებლები*, რომლებიც პასუხისმგებელნი არიან პროცესების რეალიზაციაზე და *მენეჯერები*, რომლებიც დაკავებულნი არიან აღნიშნული პროცესებით და მათი მართვით.

ბიზნეს-პროცესების აღსაწერად ასევე გამოიყენება UML (Unified Modeling Language) ენის აქტიურობის დიაგრამა, რომელიც აგრეთვე უზრუნველყოფილია OMG კონსორციუმის მიერ [4].

BPMN სისტემის საშუალებით მოდელი თვალსაჩინოდ აღწერს ბიზნეს-პროცესებს გრაფიკულ სახეში BPMN (Business Process Modeling Diagram) დიაგრამების სახით. არსებობს მრავალი პროდუქტი, სადაც შესაძლებელია BPMN-ნოტაციის განხორციელება. მათ შორის შეიძლება გამოვყოთ BizAgI უფასო პროგრამა. მასში თავმოყრილია BPMN-ს თითქმის ყველა შესაძლებლობა. BPMN-თვის არსებობს xml-დოკუმენტების სახეში წარმოდგენის უნიფიცირებული XPDL ენა [5]. აღნიშნული ენა, თავის მხრივ, გამოიყენება, როგორც შუალედური ფორმატი სხვადასხვა სისტემების შექმნისა და მოდელირებისათვის. იგი აგრეთვე უზრუნველყოფს მოდელის, შესრულების პროცესში მყოფ და დასრულებული პროცესების შესახებ ინფორმაციის შენახვას. ყველა ზემოხსენებული შენახული ინფორმაცია სტრუქტურირებული და წარმოდგენილია xml-ს ფაილის სახით.

ქვემოთ მოყვანილია მოდელირების ძირითადი პარადიგმების სია:

- 1) *ტრანზაქტულ-ორიენტირებული*. ტრანზაქტი, ანუ განაცხადი გადაადგილდება მოდელში. მაგალითად, იმიტაციური მოდელირების სისტემა GPSS;
- 2) *ობიექტ-ორიენტირებული*. შესაძლებელია მოდელის დაწერა ობიექტ-ორიენტირებული პროგრამირების მაღალი დონის ენაზე. მაგალითად, Java;
- 3) *პროცედურულ-ორიენტირებული*. სისტემაში ბიზნეს-პროცესების მოდელი აღიწერება პროცედურის დახმარებით. მაგალითად: სისტემა NetLogo;
- 4) *აგენტური* სისტემა, რომლის საშუალებით შესაძლებელია არა მთლიანი სისტემის, არამედ მისი შემადგენელი ნაწილების მოდელირება, რომლებიც მოდელში ერთდროულად ურთიერთქმედებენ გლობალური კონტროლის გარეშე. ასეთ სისტემებს მიეკუთვნება AnyLogic და RepastJ.

არსებობს იმიტაციური მოდელირების მრავალი სისტემა. ყველაზე ცნობილ და გავრცელებულ სისტემებს მიეკუთვნება: GPSS (*General Purpose Simulation System*), Arena და AnyLogic. მოდელირების სისტემის არჩევას გაითვალისწინება ისეთი კრიტერიუმები, როგორცაა მისი კოდის ჩაწერის შესაძლებლობა, გამოყენების მოხერხებულობა, უნივერსალურობა და თანამედროვეობა.

როგორც ცნობილია, GPSS სისტემა დამუშავდა 1961 წელს IBM ფირმის თანამშრომლის *ჯეფრი გორდონის* მიერ. მის მიერ დამუშავდა ენის პირველი ხუთი ვერსია: GPSS (1961), GPSS II (1963), GPSS III (1965), GPSS/360 (1967) და GPSS V (1971). 1977 წელს Wolverine Software (აშშ) კომპანიაში *ჯ.ო. ჰენრიქსონმა* შეიმუშავა GPSS-ის ახალი ვერსია, რომელსაც ეწოდა GPSS/H. აღნიშნულ პროგრამულ სისტემას გააჩნია GPSS/360-სა და GPSS/V-ს ყველა თვისება და ზემოხსენებულ ვერსიებთან შედარებით უდიდესი უპირატესობა, რომელიც ინტერაქტიულ რეჟიმში მოდელირების პროცესის ნაბიჯ-ნაბიჯ თვალყურის დევნების საშუალებას იძლევა [6]. 1984 წელს პერსონალური კომპიუტერებისათვის Minuteman Software კომპანიაში *ს. კოკის* ხელმძღვანელობით დამუშავებულ იქნა GPSS-ის პირველი ვერსია GPSS/PC. გასული საუკუნის ბოლო აღინიშნა ამავე კომპანიის მიერ ახალი პროგრამული პროდუქტის GPSSWorld-ის შექმნით, რომელმაც დღის სინათლე იხილა 1993 წელს. ბოლო დროის განმავლობაში დამუშავდა მისი რამდენიმე ვერსია, რომლებიც სულ უფრო ვითარდებოდა, რომელთაგან განსაკუთრებული აღნიშვნის ღირსია Micro-GPSS, რომელიც დამუშავებულია შვედეთში *ინგოლფ სტალის* მიერ. იგი წარმოადგენს გამარტივებულ ვერსიას, რომელიც განკუთვნილია GPSS და WebGPSS ენების შესასწავლად. ეს უკანასკნელი კი ემსახურება ინტერნეტ ქსელის მარტივი იმიტაციური მოდელის დამუშავებას.

სისტემა GPSSWorld იყენებს GPSS ენას და გააჩნია დიდი ფუნქციონალური შესაძლებლობები, მაგრამ არ შეუძლია იმუშაოს განაწილებულ რეჟიმში. GPSS-მოდელის შედეგების სისწრაფის ასაძლევად დამუშავებულ იქნა ახალი *დისკრეტულ-მოვლენითი* მოდელირების სისტემა OpenGPSS, რომელიც აგრეთვე იყენებს GPSS ენას.

მრავალმხრივი ექსპერიმენტული გამოკვლევები ცხადყოფს, რომ GPSSWorld და OpenGPSS სისტემებში ერთი და იმავე მოდელის დამუშავებისას, თანამიმდევრობით და განაწილებულ რეჟიმებში, დაახლოებით ერთი და იგივე შედეგები მიიღება. ხოლო რაც შეეხება სწრაფქმედებას, OpenGPSS სისტემა გაცილებით უფრო სწრაფქმედაა, ვიდრე GPSSWorld. მოდელირების სისწრაფე იზრდება კლასტერების კვანძების რაოდენობის გაზრდით, რომელიც უფრო თვალსაჩინოდ გამოიყურება სამი კვანძის შემთხვევაში. ჩვეულებრივ შემთხვევაში სისტემა მუშაობს ტირაჟირების რეჟიმში: მოდელირების სეგმენტები ავტომატურად

იყოფა (გადანაწილება) გამოთვლით კვანძებს შორის, მიმდინარეობს პარალელური გამოთვლები, ხოლო შემდეგ განხორციელდება შედეგების შეკრება. მოდელირების თვალსაზრისით, უფრო პერსექტიული იქნება კლასტერების მუშაობის ოპტიმიზაციის გამოკვლევა და დიდი რაოდენობის კლასტერების აგება, რომელიც შედგება 16-32 გამოთვლითი კვანძისაგან.

მოდელირების GPSS სისტემა გამუდმებით განიცდის განახლებას. მისი ბოლო კომერციული ვერსია გამოჩნდა დაახლოებით 4 წლის წინ, აგრეთვე არსებობს უფასო GPSSWorld ვერსია.

იმიტაციური მოდელირების მეორე სისტემა ARENA კოდისათვის იყენებს SINAM ენას, რომელიც ძალიან ჰგავს GPSS-ს. მისი შეზღუდვა მდგომარეობს იმაში, რომ მის კოდთან არ შეიძლება მუშაობა – ანუ კოდში ცვლილებების შეტანის შემდეგ შეუძლებელია პროგრამის გაშვება ARENA-ს დახმარებით. იმისათვის, რომ პროგრამა გაიშვას საჭიროა თვითონ ARENA მოთავსდეს IDEF3-მოდელში BPWin სისტემიდან.

იმიტაციური მოდელირების მესამე სისტემა AnyLogic დამუშავებულია XJ Technologies რუსულ კომპანიაში. მას გააჩნია მრავალფეროვანი გრაფიკული გარემო მოდელის დასამუშავებლად. თვით სისტემა AnyLogic დაწერილია დაპროგრამების Java ენაზე, ამიტომ ის წარმოადგენს მულტიპლატფორმულ პროგრამულ პროდუქტს. სისტემა მუშაობს Windows, Mac OS და Linux ოპერაციულ სისტემებში. ის ასევე არ საჭიროებს ლიცენზიას მოდელის გასაშვებად.

AnyLogic პროდუქტის საშუალებით შესაძლებელია იმიტაციური მოდელირების ქვემოთ ჩამოთვლილი სამი ცნობილი მეთოდის განხორციელება [7]:

- სისტემური დინამიკა;
- დისკრეტულ-მოვლენითი (პროცესორული) მოდელირება;
- აგენტური მოდელირება.

განსაკუთრებით დიდი ნაბიჯი გადაიდგა წინ 2003 წელს, როდესაც გამოვიდა AnyLogic 5 ვერსია, რომელიც ორიენტირებული იყო ბიზნეს-მოდელირებაზე [8].

კომპიუტერული ქსელების მოდელირებისათვის GPSS არ წარმოადგენს ხელსაყრელ სისტემას, რადგან მასში შეზღუდულია პარალელური გამოთვლების რაოდენობა (32-მდე).

კომპიუტერული ქსელების მოდელირების რეზულტატს წარმოადგენს მიმდინარე მოვლენებსა და პროცესებზე დაკვირვების შედეგად შეგროვილი სტატისტიკური მონაცემები ქსელის ისეთ მნიშვნელოვან მახასიათებლებზე, როგორცაა: რეაქციის დრო, არხებისა და კვანძების გამოყენების კოეფიციენტები, პროგრამული პაკეტის დაკარგვის ალბათობა და ა.შ.

ამასთანავე არსებობს იმიტაციური მოდელირების სისტემები, რომლებიც ორიენტირებულია შესასწავლ სისტემათა ვიწრო კლასზე და პროგრამირების გარეშე მოდელის აგების საშუალებას იძლევა.

უნდა აღინიშნოს, რომ დსთ-ს სივრცეში, და კერძოდ კი რუსეთის ფედერაციაში გავრცელებული იმიტაციური მოდელირების სისტემებია COMNET და NetMaker – გამოთვლითი ქსელების მოდელირებაზე ორიენტირებული პროგრამული სისტემები, რომლებშიც მოდელის შექმნის პროცესი გამარტივებულია.

COMNET იმიტაციური მოდელირების სისტემა დამუშავებულია CACI Products კომპანიაში და წარმოადგენს ქსელების იმიტაციური მოდელირების სისტემების ერთ-ერთ ლიდერს ბაზარზე, რომელიც უკვე 35 წელია უშვებს თავის პროდუქტს [9].

COMNET იმიტაციური მოდელირების სისტემის საშუალებით შესაძლებელია რთული ქსელების მუშაობის ანალიზი, რომლებიც მუშაობენ პრაქტიკულად ყველა თანამედროვე ქსელური ტექნოლოგიების ბაზარზე, როგორც ლოკალურ ასევე გლობალურ ქსელებში. COMNET-ის ბაზარზე აგებულია COMNET III და COMNETPredictor.

COMNET III advanceFeaturesPack პაკეტთან ერთად წარმოადგენს ქსელის დეტალური აღწერის მოდელირების სისტემას, ხოლო – COMNET Predictor ქსელის მწარმოებლობის სწრაფი შეფასების სისტემას.

OPNET Technologies ფირმის პროდუქტია NetMaker [10]. იგი გამოირჩევა მაღალი მწარმოებლობით, რომელსაც გააჩნია დამატებითი მოდელის უზარმაზარი რაოდენობა, რომლებიც განკუთვნილია შედეგების შესახებ ანგარიშის, ანალიზის, პროექტირების, ვიზუალიზაციის და დაგეგმვისათვის. აგრეთვე, NetMaker სისტემის საშუალებით შესაძლებელია ქსელის ტოპოლოგიის შესახებ მონაცემების შემოწმება; ტრაფიკის შესახებ ინფორმაციის იმპორტი რეალურ დროში. იგი სხვადასხვა მოდულებისაგან შედგება, მაგრამ გაცილებით ძვირადღირებულ პროდუქტს წარმოადგენს COMNET-თან შედარებით.

როგორც ცნობილია, არსებობს სისტემების მოდელირების 3 კლასი [2]:

- 1) აგენტის კლასი. მასში აღიწერება აგენტის ცვლადები, რომლებიც პასუხისმგებლები არიან მის ქცევაზე და ფუნქციები აგენტიდან პარამეტრების გადასაცემად და მათ მისაღებად.
- 2) ვარემოს კლასი. მასში აღიწერება ის გარემო, რომელშიც იმყოფება აგენტი (არაა აუცილებელი).

- 3) მოდელის კლასი. მასში იქმნება აგენტები და გარემო; აგრეთვე აღიწერება მოდელის შესასვლელი პარამეტრები, მიმდინარეობს სისტემის გრაფიკული სახით წარმოდგენა და მოვლენების რიგის შექმნა.

3. დასკვნა

ამრიგად, ნაშრომში განხილულია ბიზნეს-პროცესების მოდელირების ძირითადი კლასიკური სტანდარტები და ახალი თანამედროვე სტანდარტი – BPMN – ბიზნეს-პროცესების მოდელირებისათვის გრაფიკული ნოტაციის მოდელი. ამასთან ერთად, ავტორების მიერ ჩატარებულია მიმოხილვა იმიტაციური მოდელირების ყველაზე ცნობილი და გავრცელებული სისტემების GPSS, Arena, AnyLogic და გამოთვლითი ქსელების მოდელირებაზე ორიენტირებული პროგრამული სისტემების COMNET, NetMaker ირგვლივ.

ლიტერატურა:

1. Рахалов Д.А. Разработка пакета программ для имитационного моделирования бизнес-процессов.
2. http://ru.wikipedia.org/wiki/ERwin_Process_Modeler.
3. Object Management Group. Business Process Modeling Notation (BPMN). 2009. <http://www.omg.org/spec/BPMN/1.2>.
4. Object Management Group. Unified Modeling Language Specification. –2007. – <http://www.omg.org/spec/UML/2.1.2/Superstructure/PDF>.
5. Workflow Management Coalition. Interface 1: Process Definition Interchange Q&A and Examples. – United Kingdom, 1999
6. ფრანგიშვილი ა., გასიტაშვილი ზ., აბულაძე ი., წვერავა ვ. იმიტაციური მოდელირების ენა GPSS World როული სისტემების მოდელები. სტუ, თბილისი, 2009
7., 2007
8. AnyLogic 5, : - , 2006
9. <http://www.ranchnetworks.com/page.php?id=499&ratings=1>
10. http://www.opnet.com/news/press_releases/pr-2010/OPNET_DSauditor_final.html.

1-
 2-
 Резюме
 IDEF0, IDEF3, DFD , –BPMN (Business Process Modeling Notation)-
 AnyLogic , GPSS, Arena
 COMNET NetMaker.

ANALYSIS OF CONTEMPORARY CONCEPTION OF CONSTRUCTION OF THE SIMULATION MODELS OF BUSINESS-PROCESSES AND COMPUTER NETWORKS

Gasitashvili Z.¹, Abuladze I.¹, Tsverava V.², Khartishvili M.¹
 1-Georgian Technical University,
 2-Georgian Automobile-Road College

Summary

The represented article deals with the problem of the fundamental classic standard systems of modeling of business-processes-IDEF0, IDEF3, DFD and new classic, contemporary standard BPMN (Business Process Modeling Notation)-notation for modeling business-processes. Besides, there was made review of the very well-known and widely-spread systems of simulation modeling of business-processes like GPSS, Arena and AnyLogic and oriented on modeling of computing networks software systems, like COMNET and NetMaker.