

# მულტიმოდალური გადაზიდვების იმიტაციური მოდელის აგება და კვლევა ბიზნესპროცესების კლასებისა და მდგომარეობათა დიაგრამების საფუძველზე

გიორგი სურგულაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## რეზიუმე

განიხილება მულტიმოდალური გადაზიდვების დინამიკური ბიზნესპროცესების იმიტაციური მოდელების აგების და კვლევის საკითხები პეტრის ქსელების გამოყენებით. ამ მოდელების კონსტრუირება ხორციელდება უნიფიცირებული მოდელირების ენის კლასებისა და მდგომარეობათა დიაგრამების საფუძველზე. შემუშავებულია მულტიმოდალური გადაზიდვების (გემი, რკინიგზა, ავტო- და საჰაერო ტრანსპორტი) საპრობლემო სფეროს სტანდარტულ და არასტანდარტულ მდგომარეობათა (Statechart) დიაგრამები. UML-ის დინამიკური დიაგრამებისა და პეტრის ქსელების გრაფის იზომორფიზმის საფუძველზე შესაძლებელი ხდება აქტიურობათა და მდგომარეობათა მოდელების შესაბამისი ბიზნესპროცესების მახასიათებლების კვლევა პეტრის ქსელებით. იმიტაციური მოდელირება განხორციელებულია PetNet++ და CPN პაკეტებით, ხოლო კლასების პროგრამული გენერაცია Visual Studio.NET 2015-ის პლატფორმაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** მულტიმოდალური გადაზიდვა. ბიზნესპროცესი. ლოგისტიკა. იმიტაციური მოდელირება. UML. მდგომარეობათა დიაგრამა. პეტრის ქსელები.

## 1. შესავალი

ტვირთების მულტიმოდალური გადაზიდვის საკითხი ლოგისტიკური მენეჯმენტის ამოცანაა. განვიხილოთ იგი აბსტრაქტული ფორმის მაგალითზე, კერძოდ გამოვკვეთოთ ამ პროცესში მონაწილე ძირითადი ობიექტები, მათი ურთიერთკავშირები და ის მეთოდები (ფუნქციები), რომლებიც ამ ობიექტების დამუშავების, ასახვის და შენახვის ოპერაციებს მოიცავს. ასეთი ამოცანების გადასაწყვეტად გამოიყენება ობიექტების და მეთოდების უნიფიცირებული მოდელირების UML ტექნოლოგია, კერძოდ კლასთა-ასოციაციის დიაგრამები და ობიექტ-როლური მოდელირების ORM ლოგიკურ-ალგებრული ინსტრუმენტი, საკვლევი ობიექტის მონაცემთა ბაზის კონცეპტუალური სტრუქტურის ასაგებად.

მულტიმოდალური გადაზიდვების პროცესი, რომლის ძირითადი მიზანი ტვირთების ტრანსპორტირებაა მიმწოდებლიდან დამკვეთამდე, არის მომსახურების განაწილებული სისტემა. მარტივად რომ წარმოვიდგინოთ, მიმწოდებელი (Supplier\_ID) აგზავნის ტვირთს (Freight\_ID) დამკვეთის (Client\_ID) მისამართზე (Client\_Address) [1].

როგორც ცნობილია, კლენტსა (ტვირთის მფლობელი) და მიმწოდებელს (გადამზიდავი) შორის ხელშეკრულებას აფორმებს ექსპედიტორი (შუამავალი), რომელსაც გააჩნია საჭირო ინფორმაცია ადგილობრივი და საერთაშორისო გადაზიდვების აგენტების, მარშრუტებისა და შესაბამისი ფასების შესახებ (ამ უკანასკნელის ცვლილებების შესახებაც) და სხვ. [1,3,7].

აღნიშნული ობიექტების და მათი თვისებების საფუძველზე მომდევნო პარაგრაფებში განიხილება მულტიმოდალური გადაზიდვების საპრობლემო სფეროს მდგომარეობათა დიაგრამების აგების ამოცანა. პეტრის ქსელის გრაფის იზომორფიზმის საფუძველზე მდგომარეობათა დიაგრამასთან, შესაძლებელი ხდება პეტრის ქსელის იმიტაციურ მოდელზე ექსპერიმენტების ჩატარება სისტემის ფუნქციური მახასიათებლების გამოსაკვლევად. ამ საკითხებს შევხებით მომდევნო პარაგრაფებში.

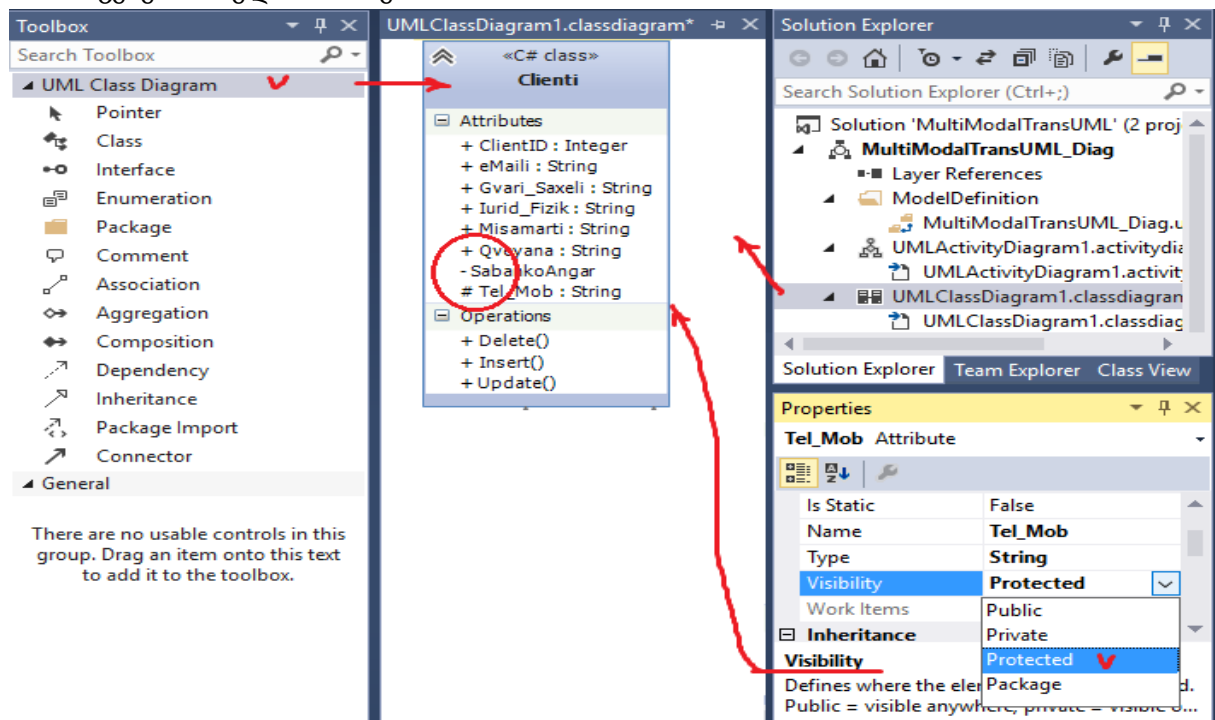
## 2. ძირითადი ნაწილი

### 2.1. მულტიმოდალური გადაზიდვების საინფორმაციო სისტემის კლასებისა და კლასთა-ასოციაციების დიაგრამების აგება

განვიხილოთ ჩვენს მიერ წინა პარაგრაფში აღწერილი ობიექტების უნიფიცირებული მოდელირების საკითხი UML-ტექნოლოგიის კლასების დიაგრამის საფუძველზე.

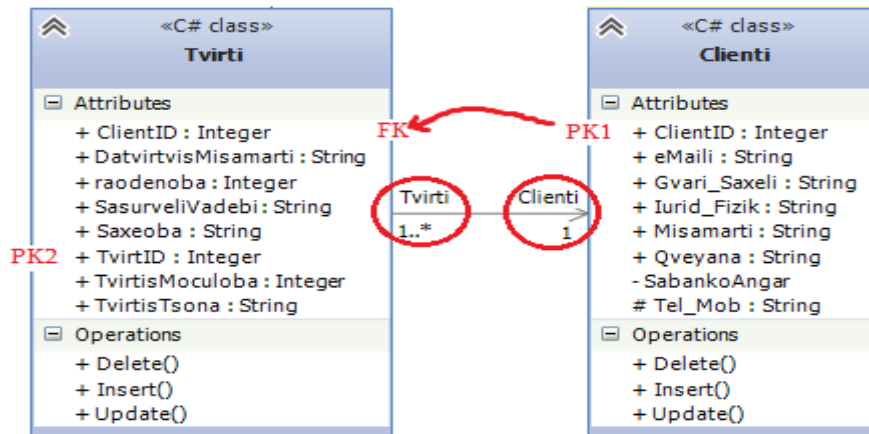
როგორც ვიცით, კლასი ერთგვაროვან ობიექტთა სიმრავლეა, რომელიც პროგრამული თვალსაზრისით მონაცემთა კომპლექსური ტიპია (სტრუქტურაა, ოღონდ მომხმარებლის კერძო სახის, რომელშიც შესაძლებელია გარკვეული ცვლადების (მონაცემების) და ფუნქციების (მეთოდების) დამალვა. Properties თვისებებში Visibility იქნება Private (-) ან Protection (#). ყველასთვის ხელმისაწვდომი მონაცემები და მეთოდები (+)-ითაა მოპკეპული, რაც Public-ს შეესაბამება [2].

სისტემის ობიექტების შესაბამისი კლასების აგება Visual Studio .NET გარემოში, UML Class Diagram ინსტრუმენტების პანელით, Client კლასით, Solution Explorer-ით და Properties-ით ნაჩვენებია 1-ელ ნახაზზე.



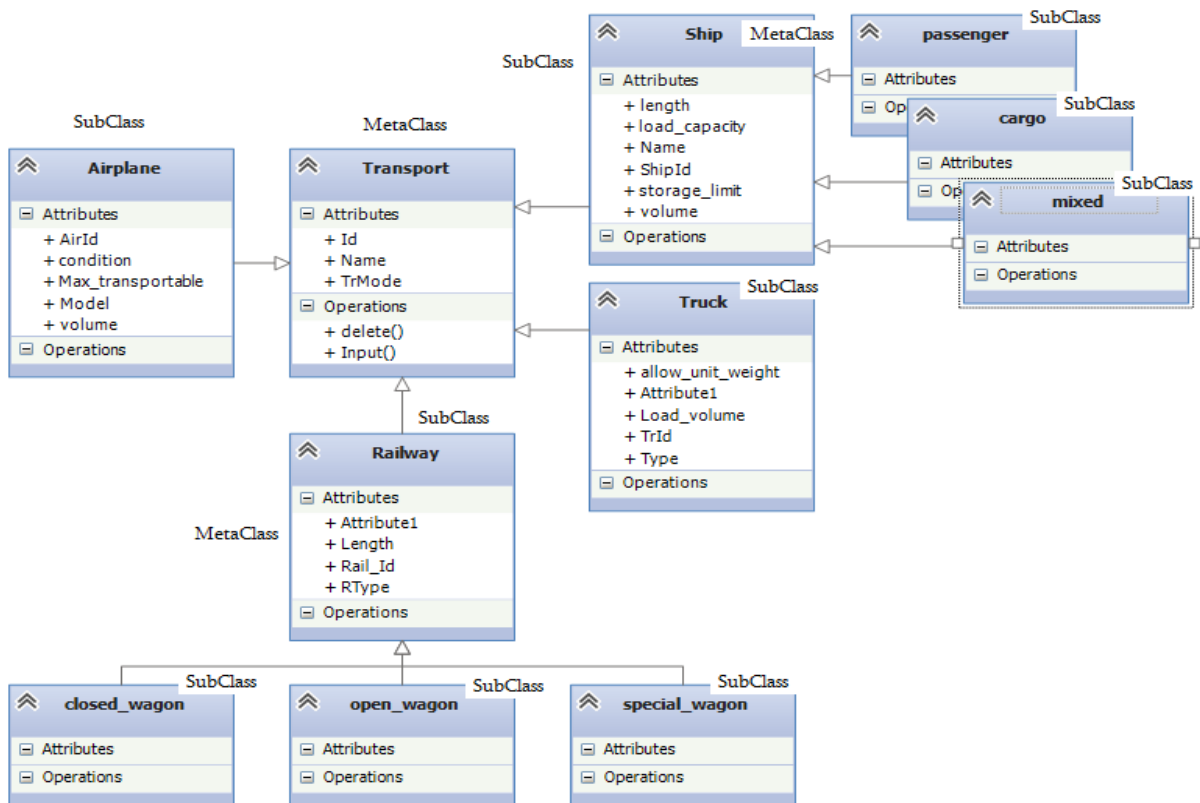
ნახ.1. კლასის ფორმირების მაგალითი VisualStudio.NET გარემოში

მე-2 ნახაზზე მოცემულია ორი კლასის შემთხვევა (Client და Tvirti). ანუ სქემაზე დამატა ტვირთის შესაბამისი კლასი (ატრიბუტებით და მეთოდებით). აქვე განისაზღვრა კავშირების ამ ორ კლასს შორის. კლასთაშორისი კავშირები შეიძლება იყოს: მემკვიდრეობითი, აგრეგატული, რელაციური და ასოციაციური [2].



ნახ.2. კლასის დამატება დიაგრამაზე

მე-3 ნახაზზე ილუსტრირებულია კლასთა ასოციაციის დიაგრამა მემკვიდრეობითი კავშირების საფუძველზე. ისარი მიმართულია „შვილიდან“ „დედისკენ“, რაც მათ ცალსახა დამოკიდებულებაზე მეტყველებს. „შვილს“ ჰყავს ერთი „დედა“, ხოლო „დედას“ შეიძლება ჰყავდეს რამდენიმე „შვილი“, ამიტომაც ეს არაა ცალსახა.



ნახ.3. მემკვიდრეობითი (inheritance) კავშირები ტრანსპორტის სახეების კლასებს შორის (კლასიფიკაცია)

მშობელი კლასი ლიტარატურაში ზოგჯერ „მეტაკლასად“ (MetaClass) მოიხსენიება, რომელიც შედგება ქვეკლასებისგან (SubClasses). შეიძლება იერარქიაში ქვეკლასი იყოს მის ქვევით მდგარი კლასისთვის მეტაკლასი. მაგალითად, კლასი MetaClass\_Transport არის მეტაკლასი ოთხი ქვეკლასისთვის: SubClass\_Airplane, SubClass\_Truck, SubClass\_Ship და SubClass\_Railway.

ამასთანავე, კლასი RailWay არის მეტაკლასი closed\_wagon, open\_wagon და special\_wagon ქვეკლასებისთვის, ხოლო მეტაკლასი Ship კი - passenger, cargo და mixed ქვეკლასებისთვის.

**ტვირთი** – წარმოების პროდუქციაა (ნედლეული, ნახევარფაბრიკატები, მზა პროდუქცია), მიღებული ტრანსპორტის მიერ გადაზიდვაზე [1-5].

ტვირთის თვისებები ან ატრიბუტები, რომლებიც მონაცემთა ბაზაში უნდა იქნას შენახული შემდეგია: იდენტიფიკატორი, ტიპი, მდგომარეობა, შეფუთვის ტიპი, ერთეულის ზომები (სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე), ერთეულის მოცულობა, ჯამური მოცულობა, ერთეულის წონა, ერთეულის რაოდენობა, ჯამური წონა, უსაფრთხოობა, საბაჟო კოდი, გამგზავნი, მიმღები, გადაზიდვის ხელშეკრულების იდენტიფიკატორი და სხვა.

ამგვარად, ტვირთი ხასიათდება შენახვის რეჟიმით, შეფუთვის, გადატვირთვისა და გადაზიდვის ხერხებით, ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით, გადაზიდვაზე წარდგენილი ტვირთების ზომებით, მოცულობით, მასითა და ფორმით [5].

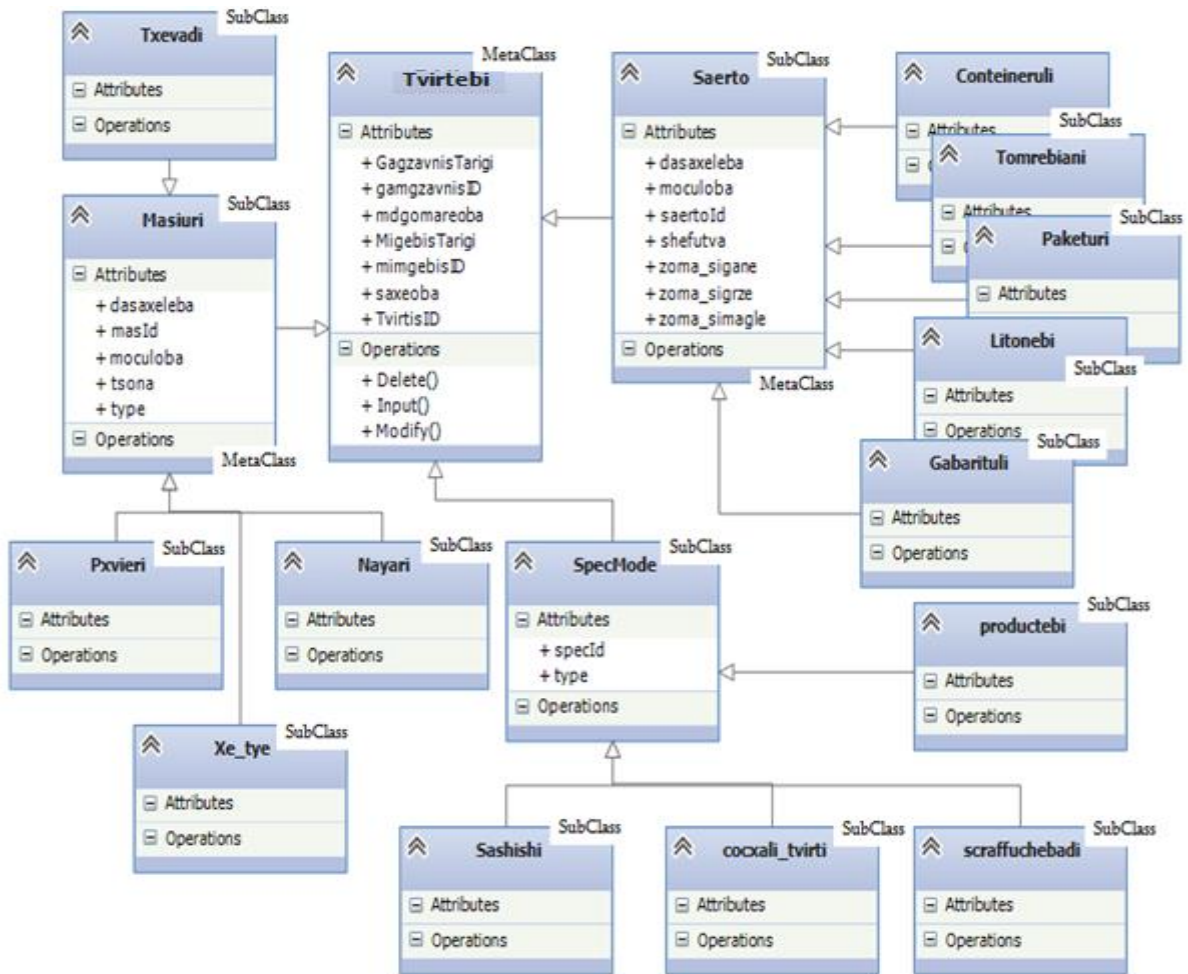
თუ ტვირთი შეფუთულია გადაზიდვების პირობების შესაბამისად, მარკირებულია წესების მიხედვით და იმყოფება საჭირო კონდიციურ მდგომარეობაში, იგი შეიძლება დაცულად იქნას გადაზიდული. ასეთ შემთხვევაში ითვლება, რომ იგი იმყოფება ტრანსპორტაბელურ მდგომარეობაში.

ტვირთის მდგომარეობების ერთობლიობა, მისი საწყისი მდგომარეობიდან საბოლოო მდგომარეობამდე, სატრანსპორტო წესებისა და ოპერაციების ჩათვლით, განხილული გვექნება მომდევნო პარაგრაფში მდგომარეობათა დიაგრამების (Statechart diagrams) სახით.

ახლა კი წარმოვადგინოთ ტვირთის, როგორც ობიექტის სახეები მისი კლასიფიკაციის საფუძველზე (ნახ.4). ტვირთების სახეობების დაჯგუფება შესაძლებელია შემდეგ კატეგორიებად: **ნაყარი და დაშლილი ნაყარი ტვირთები** [5].

ნაყარი ტვირთის კატეგორიებს მიეკუთვნება თხევადი, მშრალი ნაყარი, ნეო-ნაყარი, ბორბლიანი და გაყინული/გაგრილებული ტვირთები. **თხევადი:** ნედლი ნავთობი, ნავთობპროდუქტების უმრავლესობა, ღვინო, გათხევადებული ნახშირი; **მშრალი ნაყარი:** მარცვლეული, შაქარი, ფხვნილები (ალუმინის ჟანგი, თიხამიწა, ცემენტი); **ნეო-ნაყარი:** ტყის პროდუქტები, ფოლადის პროდუქტები, ბელირებული ჯართი; **ბორბლიანი:** ავტომანქანები, სატვირთო მანქანები, სარკინიგზო ვაგონები; **გაყინული/გაგრილებული:** ხორცი, ხილი, რძის პროდუქტები და ა.შ.

ქვემოთ მოცემული გვაქვს ტრანსპორტისა და ტვირთის კლასების საფუძველზე ავტომატურად გენერირებული C# კოდის ლისტინგები (Listing\_1,2):



ნახ.4. მემკვიდრეობითი (inheritance) კავშირები ტვირთის სახეების კლასებს შორის (კლასიფიკაცია)

```

//----Listing_1 ----- Transport -----
// <auto-generated>
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

public class Transport
{
    public virtual object Id { get; set; }
    public virtual object Name { get; set; }
    public virtual object TrMode { get; set; }
    public virtual void Input() {
        throw new System.NotImplementedException();
    }
    public virtual void delete() {
        throw new System.NotImplementedException();
    }
}

```

```

//----- Listing_2----- Tvirtebi -----
// <auto-generated>
using System;
using System.Collections.Generic;

```

```

using System.Linq;
using System.Text;
public class Tvirtebi
{
    public virtual object TvirtisID {get; set; }
    public virtual object saxeoba { get; set; }
    public virtual object mdgomareoba{ get; set;}
    public virtual object gamgzavnisID {get; set; }
    public virtual object mimgebisID{get; set;}
    public virtual object GagzavnisTarigi{get; set;}
    public virtual object MidgebisTarigi{get;set;}
    public virtual void Input() {
        throw new System.NotImplementedException();
    }
    public virtual void Modify(){
        throw new System.NotImplementedException();
    }
    public virtual void Delete(){
        throw new System.NotImplementedException();
    }
}
}

```

ტვირთების მულტიმოდალური გადაზიდვების პროცესის კლასთა ასოციაციის დიაგრამა ჩვენს მიერ შემუშავებულ იქნა [1,3,7] ნაშრომებში, ამიტომ მას დეტალურად არ განვიხილავთ. ჩვენთვის ამჯერად მნიშვნელოვანია მდგომარეობათა დიაგრამების ფორმირება შესაბამისი მოვლენების საფუძველზე.

## 2.2. მულტიმოდალური გადაზიდვების ბიზნესპროცესების მოდელირება UML-ის მდგომარეობათა (Statechart) დიაგრამებით

Statechart დიაგრამა არის UML-ის ერთ-ერთი მოდელი, რომელიც გამოიყენება სისტემის დინამიკური ქცევის აღწერის მიზნით. იგი განსაზღვრავს ობიექტის სახვადასხვა მდგომარეობებს მისი არსებობის მთელი პერიოდის მანძილზე [9]. ეს მდგომარეობები იცვლება მოვლენების (events) შესაბამისად. Statechart-ის გამოყენება სასარგებლოა რეაქციული სისტემებისათვის. ესაა სისტემა, რომელიც რეაგირებს შიგა ან გარე მოვლენებზე. Statechart დიაგრამა აღწერს მართვის ნაკადს ერთი მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში. მდგომარეობა არის ის, რომელშიც იმყოფება ობიექტი და იცვლება მაშინ, როდესაც ამოქმედდება მოვლენა. ამგვარად, Statechart დიაგრამის მნიშვნელოვანი მიზანია ობიექტის სასიცოცხლო დროის მოდელირება მისი შექმნიდან არსებობის დასრულებამდე.

Statechart დიაგრამა გამოიყენება აგრეთვე სისტემების პირდაპირი და რევერსიული პროექტირებისათვის, მაგრამ მისი მთავარი მიზანი მაინც რეაქციული სისტემის მოდელირებაა. Statechart-ის გამოყენების ძირითადი მიზნებია:

- სისტემის დინამიკური ასპექტების მოდელირება;
- რეაქციული სისტემის სასიცოცხლო დროის მოდელირება;
- ობიექტების სხვადასხვა მდგომარეობების აღწერა მისი მოქმედების პერიოდში;
- მდგომარეობათა მანქანის (სასრული ავტომატის) განსაზღვრა ობიექტის მდგომარეობათა მოდელირებისათვის.

Statechart დიაგრამის გამოყენება ყველა კლასისთვის არაა საჭირო. აუცილებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც კლასი შეიძლება იმყოფებოდეს რამდენიმე მდგომარეობაში და თითოეულ მათგანში მისი ქცევა იყოს სხვადასხვანაირი.

სისტემების ობიექტ-ორიენტირებული ანალიზისა და პროექტირების დროს, სანამ ავაგებთ Statechart დიაგრამას, უნდა დავადგინოთ: ძირითადი ობიექტები, რომელთა ანალიზია საჭირო; მდგომარეობები; მოვლენები.

### 2.2.1. ტვირთის მულტიმოდალური გადაზიდვის სტანდარტული Statechart-მოდელი

მე-5 ნახაზზე მოცემული მდგომარეობათა დიაგრამა ასახავს ტვირთის - როგორც კლასის ობიექტის მდგომარეობებს, ანუ რა მდგომარეობები უნდა გაიაროს ტვირთმა (ზოგადად) კლიენტის (გამგზავნის) მიერ მოთხოვნის ფორმირებიდან ბოლოს, ტვირთის ჩაბარებამდე მიმდებარე. ეს სტანდარტული ბიზნეს-პროცესი აგებულია არსებული წესების, მოთხოვნების და შეზღუდვების გათვალისწინებით, რომლებიც არსებობს საერთაშორისო და კონკრეტული ქვეყნების კანონმდებლობის საფუძველზე [6].

მრგვალკუთხედებში ჩაწერილია კონკრეტული მდგომარეობის ამსახველი ქმედება, მაგალითად: „ტვირთის სპეციფიკაცია განსაზღვრულია“, „ტვირთზე მოთხოვნა მიღებულია“, ... , „ტვირთის გადასაზიდი შეკვეთა გაფორმებულია“ და ა.შ. [7,11]

რომბებში მოცემულია პირობის (ბიზნეს-წესის) აღწერა, რომლის საფუძველზე მიიღება ერთი ან მეორე გადაწყვეტილება შემდეგი ქმედებისთვის. მაგალითად, თუ გადაზიდვის მარშრუტის ფასები არაა ცნობილი, მაშინ ექსპედიტორი მიმართავს გადამზიდავ ფირმებს ამ ინფორმაციის მოსაპოვებლად და პასუხის მიღების შემდეგ უგზავნის დამკვეთ-კლიენტს „კოტირების ფაილს“ (ანუ ფასების ნუსხას).

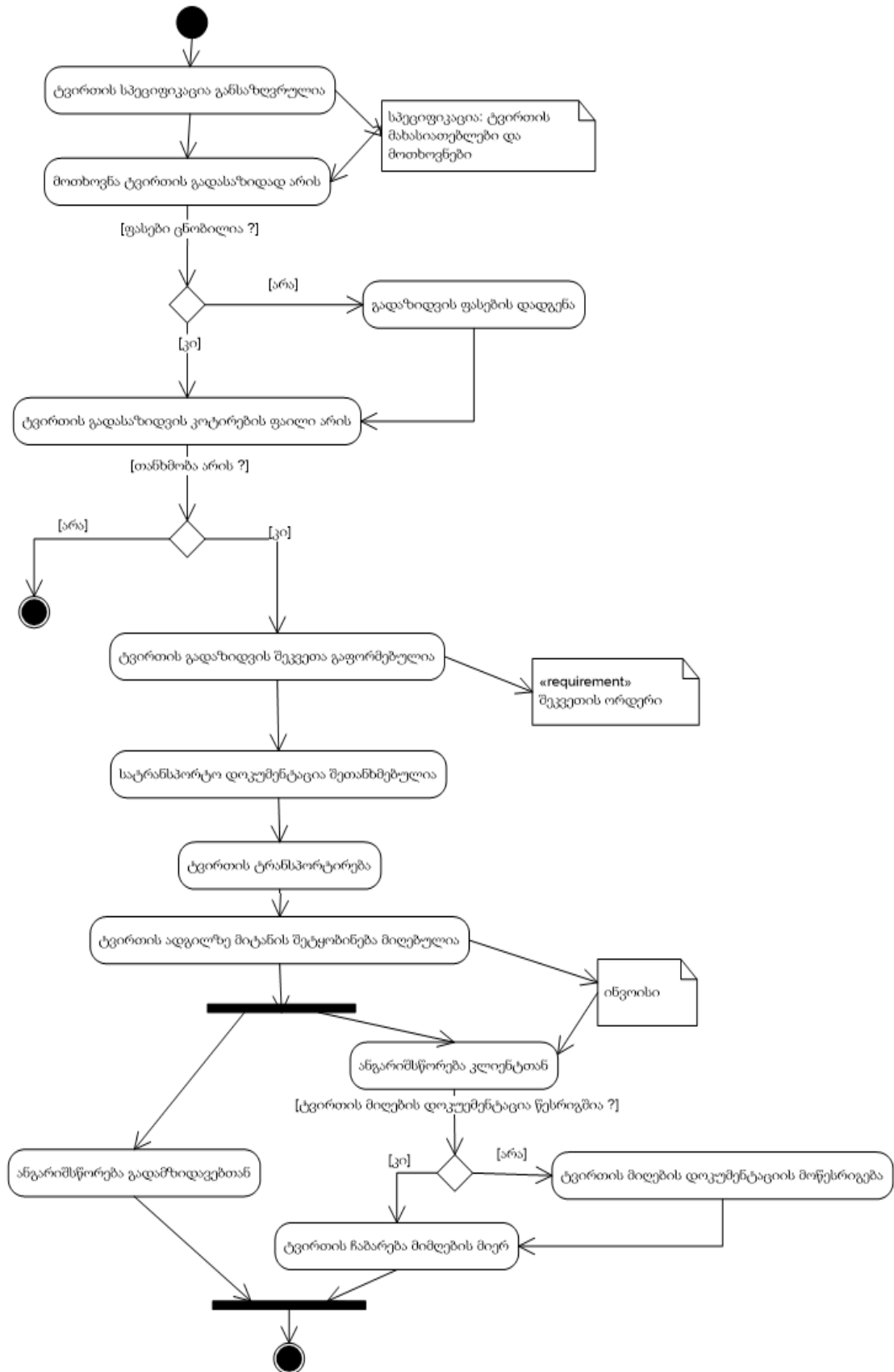
თუ კოლიენტისთვის მისაღებია ეს ფასები (მეორე რომბიკი), მაშინ იგი უგზავნის ექსპედიტორ „თანხმობას“, რის საფუძველზეც დგება „შეკვეთა (ორდერი)“.

შეკვეთის ორდერის გაფორმების შემდეგ ფორმდება შეთანხმება ექსპედიტორსა და გადამზიდავ ფირმას შორის ტრანსპორტირების პირობებსა და ვადებზე. ექსპედიტორი ათანხმებს გადამზიდავთან სატრანსპორტო დოკუმენტაციას, რის შემდეგაც გადამზიდავი იბარებს ტვირთს და იწყება ტრანსპორტირების პროცესი.

ტვირთის გადაზიდვის პროცესი შეიძლება იყოს მულტიმოდალური, ანუ საწყისი და საბოლოო პუნქტებს შორის მისი გადაზიდავა მოხდეს რამდენიმე ტრანსპორტის საშუალებით, კერძოდ ავტოტრანსპორტით, გემით, რკინიგზით და თვითმფრინავით. ეს ციკლური ოპერაციები, პუნქტიდან პუნქტამდე უნდა იყოს დეტალურად აღწერილი ხელშეკრულებაში და იურიდიული პასუხისმგებლობა ეკისრებათ ამ პროცესში მონაწილეებს [12,14].

შესაძლებელია აგრეთვე შუალედური საწყობების გამოყენება, თუ ამას მოითხოვს გადაზიდვის პროცესი. ყველა შესაძლო ვარიანტი უნდა იქნას წინასწარ გათვალისწინებული, დამატებითი მოსალოდნელი ხარჯები წინასწარ გათვლილი, ვინ უნდა გადაიხადოს ეს ხარჯები ან ჯარიმები და ა.შ.

ექსპედიტორის როლი ასეთ შემთხვევებში ძალზე მნიშვნელოვანია.



ნახ.5. სტანდარტული Statechart დიაგრამა ტვირთის გადაზიდვის პროცესისთვის



## 2.2.2. ტვირთის მულტიმოდალური გადაზიდვის არასტანდარტული Statechart-მოდელი

ახლა განვიხილოთ რამდენიმე არასტანდარტული შემთხვევა, რომლებიც შეიძლება აღმოცენდეს ტვირთების გადაზიდვის პროცესში და ისინი უნდა შესრულდეს [13,15].

ასეთ შემთხვევებს „მოვლენებს“ (Events) უწოდებენ და ისინი შეიძლება მოხდეს ან არ მოხდეს, გააჩნია როგორ ვითარდება პოლიტიკური, სტიქიური, ეკოლოგიური ან სხვა პროცესები. გარკვეული რისკების არსებობა არაა გამორიცხული და სასურველია მათი პრევენციის მიზნით გამოყენებული იყოს სხვადასხვა დამცავი მექანიზმები (მაგალითად, ტვირთების დაზღვევა და ა.შ.).

### 2.2.2.1. მოვლენა\_1: ფორს-მაჟორული სიტუაცია გადატვირთვის ან დანიშნულების პორტში

ვიხილავთ ტვირთის მულტიმოდალური ტრანსპორტირების კონკრეტულ მაგალითს: საზღვაო გადაზიდვა: ჩინეთიდან ფოთის პორტამდე; სახმელეთო გადაზიდვა: ფოთი - თბილისი. კლიენტთან შეთანხმებულია მთლიანი გადაზიდვის ტარიფი ჩინეთი - თბილისი და სატრანზიტო დრო 45 დღე. ფოთის პორტში ჭარბი შემომავალი ტვირთნაკადის გამო ხდება ტვირთების დაყოვნებით დამუშავება გაურკვეველი დროით (შესაძლებელია არა ტვირთების სიჭარბის, არამედ პორტის თანამშრომლების გაფიცვის გამო).

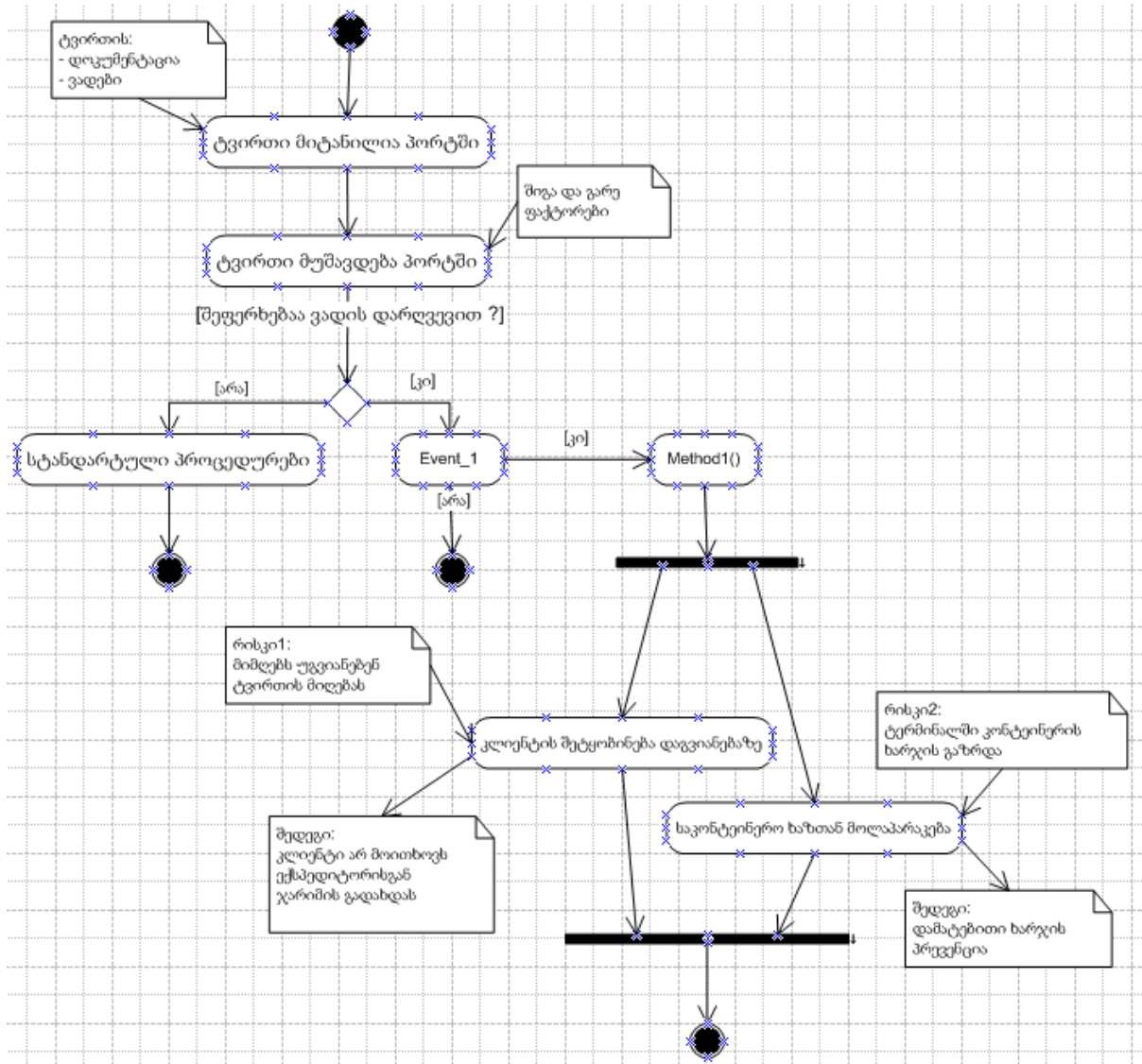
შესაბამისად დგება ორი რისკი:

1. სატრანზიტო დრო იზრდება ექსპედიტორის საქმიანობისგან დამოუკიდებელი მიზეზით, რაც კლიენტს უგვიანებს საქონლის მიღებას თბილისში;
2. საკონტეინერო ხაზი (გადამზიდავი) არ იღებს პასუხისმგებლობას საკუთარი სატვირთო ტერმინალის ოპერაციულ საქმიანობაზე, თუნდაც ხარვეზიანი იყოს. ის მხოლოდ ითვლის და ანგარიშობს ტერმინალში გაჩერებული კონტეინერების შენახვის საფასურს, რომლის გადახდა შესაძლოა დაეკისროს ექსპედიტორს.

ასეთ შემთხვევებში საჭიროა ორი ქმედების განხორციელება:

1. კლიენტისთვის სასწრაფოდ შეტყობინება დაყოვნების თაობაზე და ექსპედიტორის პასუხისმგებლობის არ დაყენების შესახებ მისგან დასტურის მიღება და
2. საკონტეინერო ხაზთან მოლაპარაკების წარმოება შესაძლო დამატებითი ხარჯის თავიდან აცილებაზე გარანტიის მიღების მიზნით.

აგრეთვე, უნდა გადაიხედოს საკონტეინერო ხაზის შემოთავაზება, მათი გადაზიდვის პირობების ჩათვლით, რომელიც ძალაში რჩება საზღვაო გადაზიდვის დასრულებამდე (სანამ ტვირთს ექსპედიტორი გასატანად მიაკითხავს ფოთის პორტში), რათა დავრწმუნდეთ, რომ აღნიშნული პირობები ითვალისწინებს მსგავსი ფინანსური რისკებისგან ექსპედიტორის დაცვას. და მეორე, გადაიხედოს კლიენტისათვის გაკეთებული შეთავაზება (ან ხელშეკრულება), რათა დავრწმუნდეთ, რომ კონკრეტული რისკებისგან დაცვის მექანიზმი მასში იყო თავიდანვე ჩადებული. მე-6 ნახაზზე მოცემულია შესაბამისი მოვლენის ასახვის Statechart- დიაგრამა.



ნახ.6. პორტში ფორს-მაჟორული სიტუაციის მდგომარეობის დიაგრამა

### 2.2.2.2. მოვლენა\_2: მულტიმოდალური გადაზიდვა გამონაკლისი სიტუაციით

დავუშვათ გვაქვს მულტიმოდალური გადაზიდვის შეკვეთა:

**საზღვაო + სარკინიგზო გადაზიდვა: ჰამბურგი (გერმანია) - ბიშკეკი (ყირგიზეთი)**

კლიენტი ამ შემთხვევაში ყირგიზეთული კომპანიაა, რომელიც უკვეთავს ქართულ ექსპედიტორულ კომპანიას მთლიან გადაზიდვას.

მოხდა ისე, რომ ბიშკეკში ჩასული სარკინიგზო ტვირთი, რომლის იმპორტულ რეჟიმში მოქცევა ევალემა ქართული ექსპედიტორული კომპანიის პარტნიორ კომპანიას ყირგიზეთში, უკავშირდება ექსპედიტორს და ეუბნება, რომ აღმოჩნდა ტვირთმიმღებს (კლიენტს) არ აქვს მზად (ანუ არ აუღია ჯერ) გარკვეული სახის ნებართვა სახელმწიფო უწყებიდან ტვირთის იმპორტირების თაობაზე.

ეს ნიშნავს, რომ ვაგონები დაყოვნდება დანიშნულების სადგურზე. ჩნდება დამატებითი შეკითხვები:

- უნდა მოხდეს თუ არა ტვირთის გადაცლა ვაგონებიდან დროებითი შენახვის საწყობში, სადაც ის გაჩერდება მანამ, სანამ მიმღები არ გადასცემს ნებართვას ყირგიზულ ექსპედიტორულ კომპანიას;

- თუ დაშვებულ იქნას ვაგონების მოცდენა, რაც რკინიგზისთვის დამატებით გადასახადს ნიშნავს.

საჭირო ღონისძიებები:

- მიმღებისგან მიღებულ უნდა იქნას წერილობითი გარანტია, რომ დროულად უზრუნველყოფს საბუთების მიწოდებას და რომ ყველა დაკავშირებულ ხარჯს აიღებს საკუთარ თავზე;

- ასევე ტვირთმიმღებმა უნდა გადაწყვიტოს და დაადასტუროს რომელი ვარიანტი ურჩევნია, გადმოცლა თუ ვაგონების მოცდენა.

- ხარჯთაღრიცხვა უნდა წარუდგინოს მას ქართულმა ექსპედიტორმა, რათა მიმღებმა შეძლოს შედარება, რომელი ვარიანტი უფრო ოპტიმალურია მისთვის.

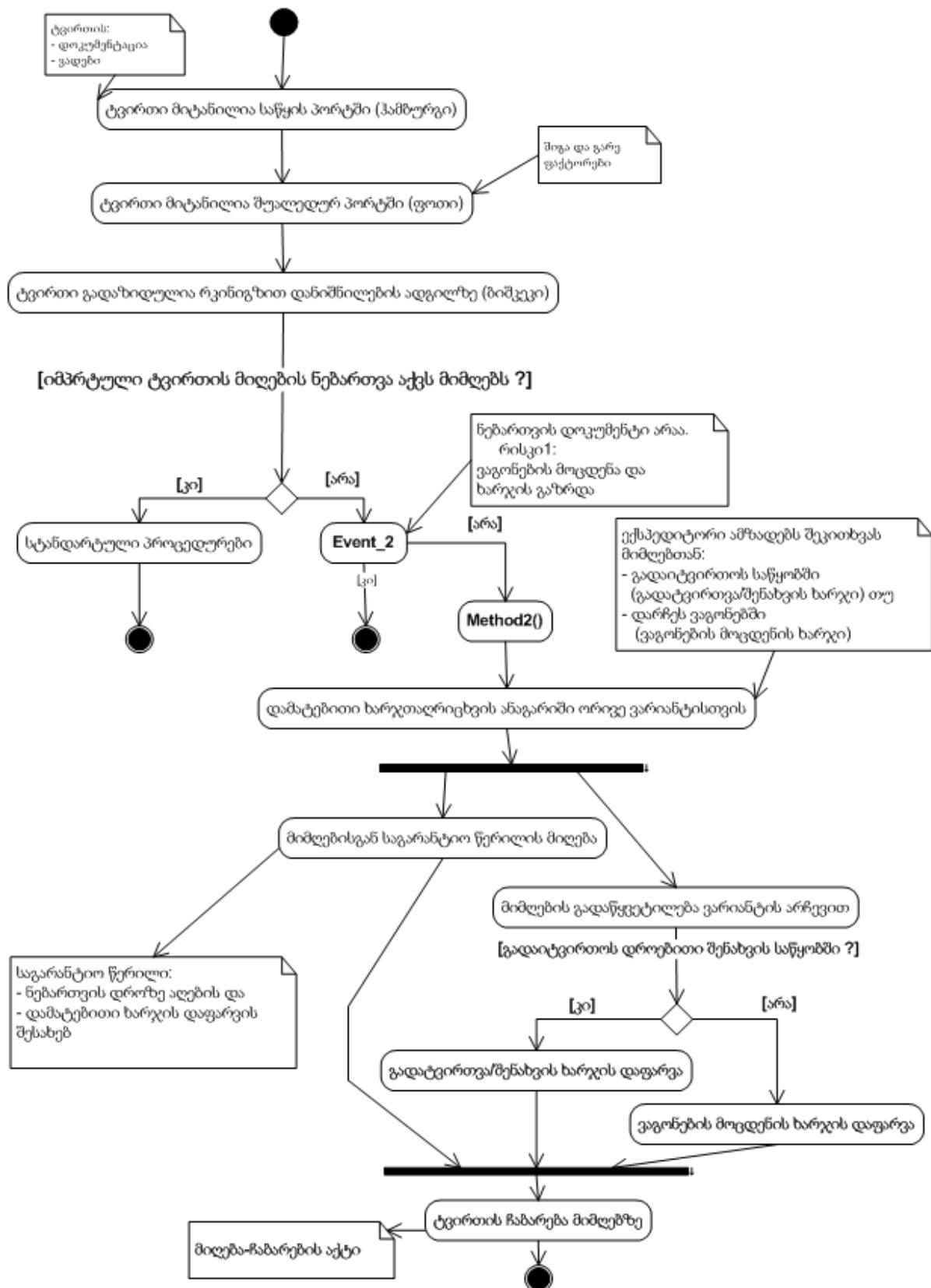
მე-7 ნახაზზე მოცემულია განხილული შემთხვევის მდგომარეობათა დიაგრამა.

### 2.2.2.3. მოვლენა\_3: დემურაჟის და მოცდენის ხარჯების ოპტიმიზაცია

საკონტეინერო ხაზები ექსპედიტორებს აძლევს კონკრეტულ ვადას, რათა მოხდეს კონტეინერების დროულად გატანა პორტიდან და შესაბამისად დროულად მათი დაბრუნება. დროულად არგატანის შემთხვევაში ირთვება დემურაჟის (ჯარიმების) მრიცხველი, ხოლო დროულად არ დაბრუნებისას - მოცდენის მრიცხველი.

მაგალითისათვის, 4 დღე თავისუფალია ტერმინალიდან არ გაიტანო გემიდან ჩამოტვირთული კონტეინერი, და 20 დღე იმისათვის, რომ ფოთის ტერმინალში ჩამოცლილი კონტეინერი წაიღო ალმაატაში (ყაზახეთი) და დააბრუნო ცარიელი კონტეინერი.

გარდა ამისა, სახმელეთო ავტოტრანსპორტი, რომელსაც ექსპედიტორი ქირაობს, აძლევს მას ვადას 48 საათს ტვირთის განბაჟება-დაცლაზე, რომლის შემდეგ 100-150 აშშდ უნდა გადაუხადოს ტვირთმიმღებმა მანქანის მძღოლს როგორც ავტოტრანსპორტის მოცდენის საფასური. დემურაჟის ხარჯი გამოწვეული შეიძლება იყოს სატრანზიტო დოკუმენტაციაში ხარვეზის არსებობით. მაგალითად, ტვირთმიმღებს 5 დღე დასჭირდა იმისათვის, რომ ქართული ექსპედიტორული კომპანიისათვის საბუთები მიეწოდებინა და ტვირთი დაყოვნდა ფოთში. სახმელეთო გადაზიდვის დასრულების შემდეგ კი, მიმღებს 4 დღე დასჭირდა ტვირთს განბაჟებასა და დაცლაზე ჯამში. ეს ნიშნავს რომ საკონტეინერო ხაზისგან ექსპედიტორი მოლოდინშია მიიღოს დამატებითი ინვოისირებული ხარჯები, 1 დღე დემურაჟი, 4 დღე კონტეინერის მოცდენა (რადგან ჯამურად კონტეინერი ჩვენს განკარგულებაში იყო ფოთში 5 დღე, გზაში 7 დღე, საბაჟოზე 4 დღე, უკან გზაში 7 დღე, ანუ ჯამში  $5+7+7+4=24$ , ნაცვლად 20 დღისა).



ნახ.7. მდგომარეობათა დიაგრამა გამოწვევის შემთხვევით  
 მოვლენა: „მიმღებს არ აქვს იმპორტული ტვირთის მიღების ნებართვის დოკუმენტი“

გარდა ამისა ავტოტრანსპორტი ითხოვს 2 დღე მისი მოცდენის საფასურის ანაზღაურებას.

ჯამური დამატებითი ხარჯის ანალიზი უნდა მოხდეს დინამიკაში და არა ერთიანად გადაზიდვის დასრულების შემდგომ, რადგან კლიენტთან წინასწარი შეთანხმების გარეშე წარმოუდგენელია შემდგომ მასთან რაიმე დამატებით თანხების გადახდაზე იქნას მიღწეული შეთანხმება.

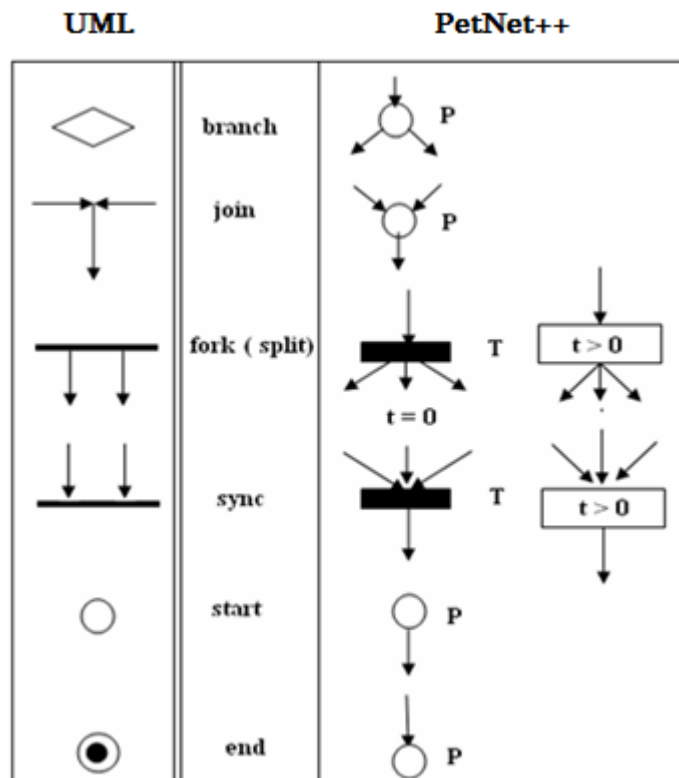
შესაბამისად რაც მალე მოახდენს ექსპედიტორი რეაგირებას, მით უფრო დაზღვეულია ფინანსური რისკისგან და კლიენტის უკმაყოფილებისგან.

მე-8 ნახაზზე მოცემულია განხილული შემთხვევის მდგომარეობათა დიაგრამა.

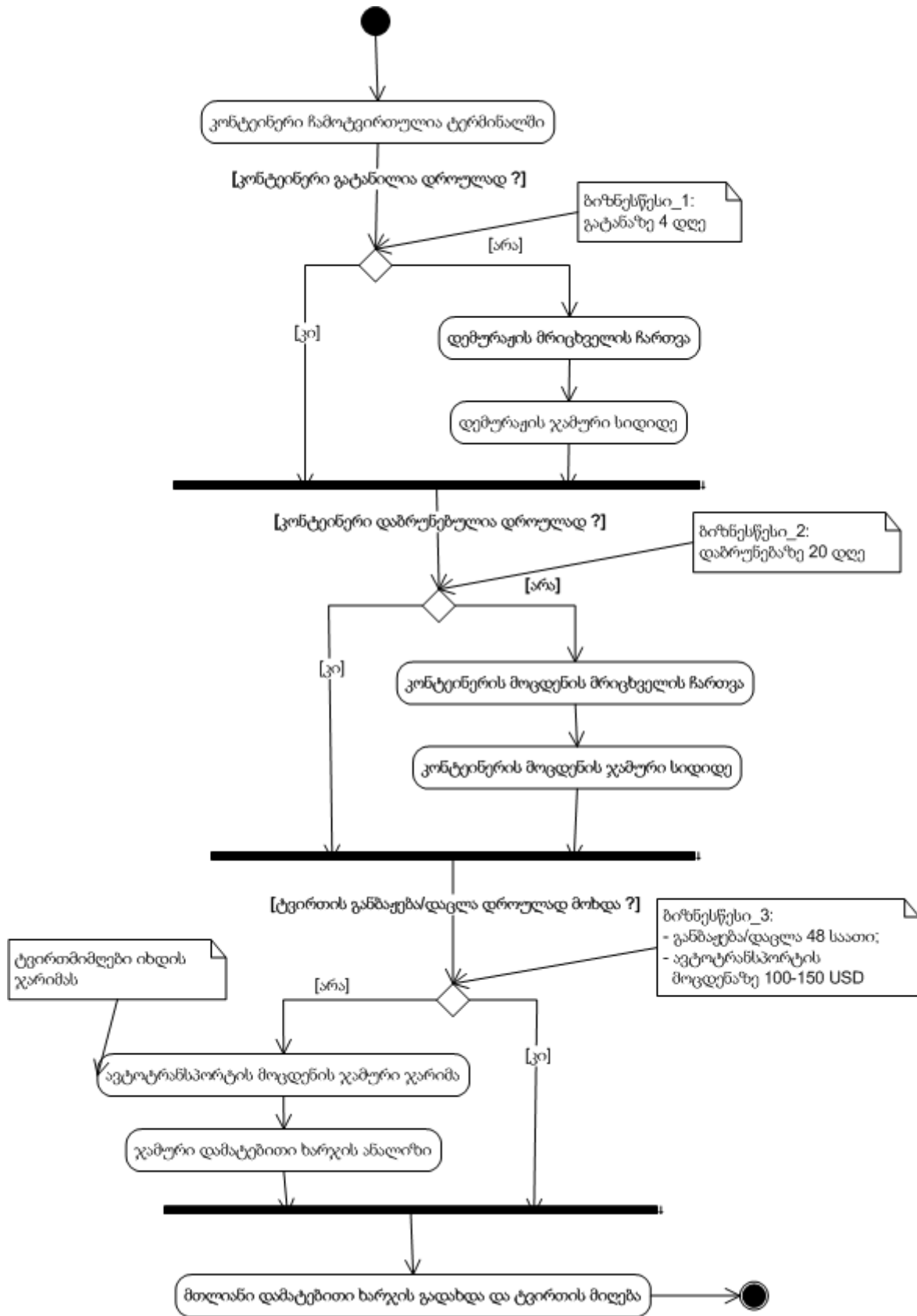
### 2.3. მდგომარეობათა დიაგრამის იმიტაციური მოდელის აგება პეტრის ქსელის საფუძველზე და მისი კვლევა

მდგომარეობათა დიაგრამაზე (მაგალითად, ნახ.5) გამოიყენება გრაფიკული ელემენტები: საწყისი და საბოლოო კვანძები, მოქმედება, შედგენილი-მოქმედება (იერარქიულად ჩადგმული პროცესი), განშტოება და შეერთება. ეს ელემენტები პეტრის ქსელში მოდელირდება გრაფის პოზიციებით (Pi) [13]. დაყოფისა (fork, split) და გაერთიანების (join, sync) ელემენტები კი მოდელირდება პეტრის ქსელის გადასასვლელებით (Tj). მე-9 ნახაზზე ნაჩვენებია ეს იზომორფული ელემენტები.

პეტრის ქსელის პოზიციებზე, გადასასვლელებზე ან/და რკალებზე დროითი დაყოვნების განსაზღვრას (მაგალითად, თითოეული ბიზნესპროცესის შესრულების დრო, მოთხოვნების მოსვლის ინტენსივობა და ა.შ.) დროითი პეტრის ქსელის ტიპი შემოაქვს, დაყოვნების დროთა ალბათურ განაწილებას – სტოქასტური პეტრის ქსელის ტიპი. ამასთანავე, პეტრის ქსელის გადასასვლელი შეიძლება იყოს ორი სახის: მყისიერად შესრულებადი ( $t=0$ , დროის დაყოვნების გარეშე) და დაყოვნებით (დროითი).

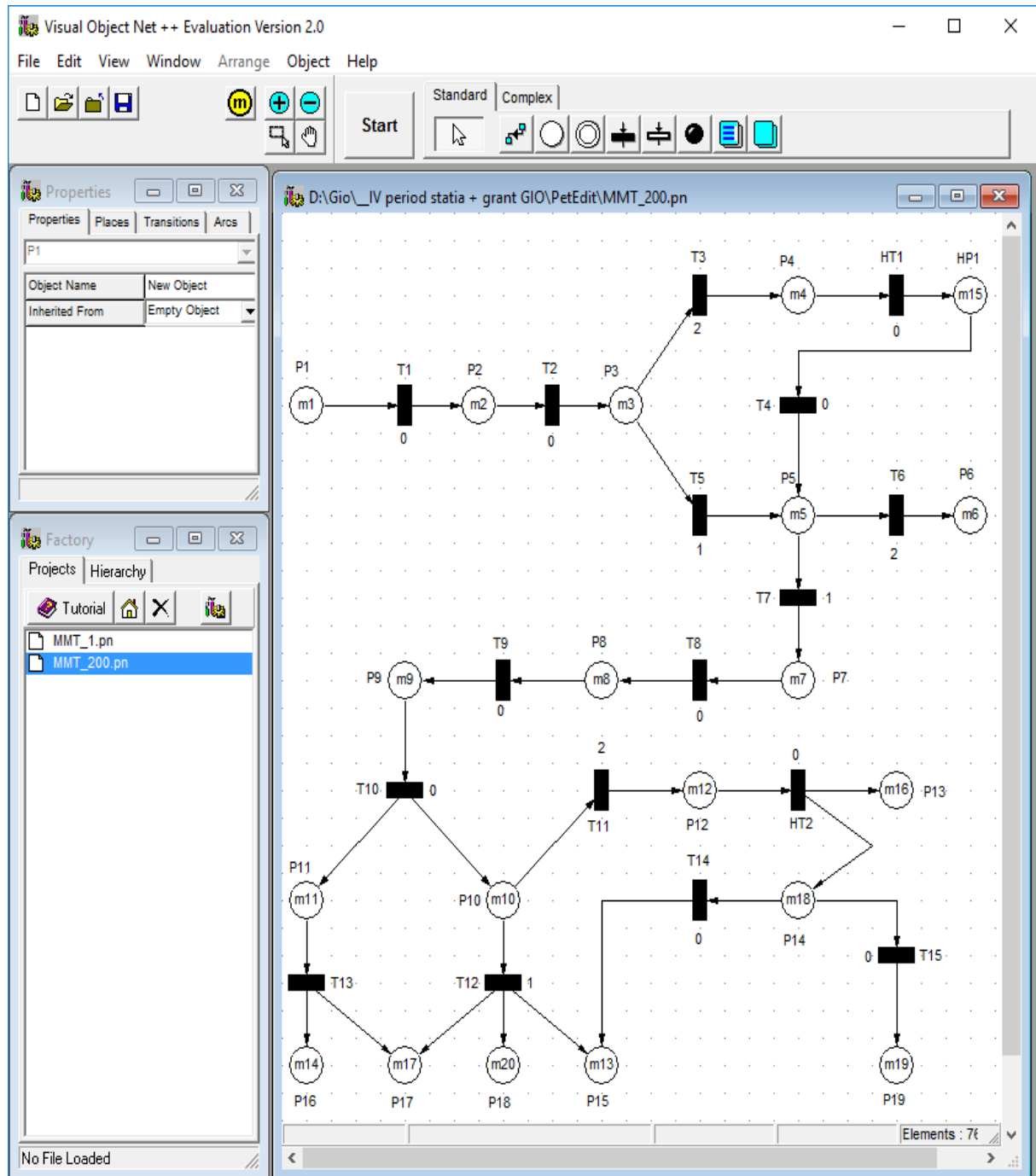


ნახ.9. UML და PetNet იზომორფული ელემენტები



ნახ.8. დემურაჟის და მოცდენის ხარჯების ოპტიმიზაციის მდგომარეობათა დიაგრამა

მე-10 ნახაზზე მოცემულია პეტრის ქსელის რედაქტორში (Visual Object Net++ პაკეტი) აგებული მდგომარეობათა დიაგრამის (ნახ.5) მაგალითი. როგორც ნახაზიდან ჩანს, პეტრის ქსელის სქემაზე გაჩნდა დამატებითი ელემენტები: დამხმარე-პოზიცია (Help Position - HP) და დამხმარე-გადასასვლელი (Help Transition - HT). ისინი აუცილებელია სქემის შესაკვრელად, როდესაც მოსაზღვრეა ორი პოზიცია ან ორი გადასასვლელი. ქვემოთ ცხრილებში მოცემულია პეტრის ქსელის პოზიციებისა (ცხრ.1) და გადასასვლების (ცხრ.2) შინაარსობრივი მნიშვნელობები.



ნახ.10. ტვირთის გადაზიდვის პროცესის სტანდარტული Statechart დიაგრამის შესაბამისი პეტრის ქსელის გრაფი (Visual Object Net++)

ცხრ.1

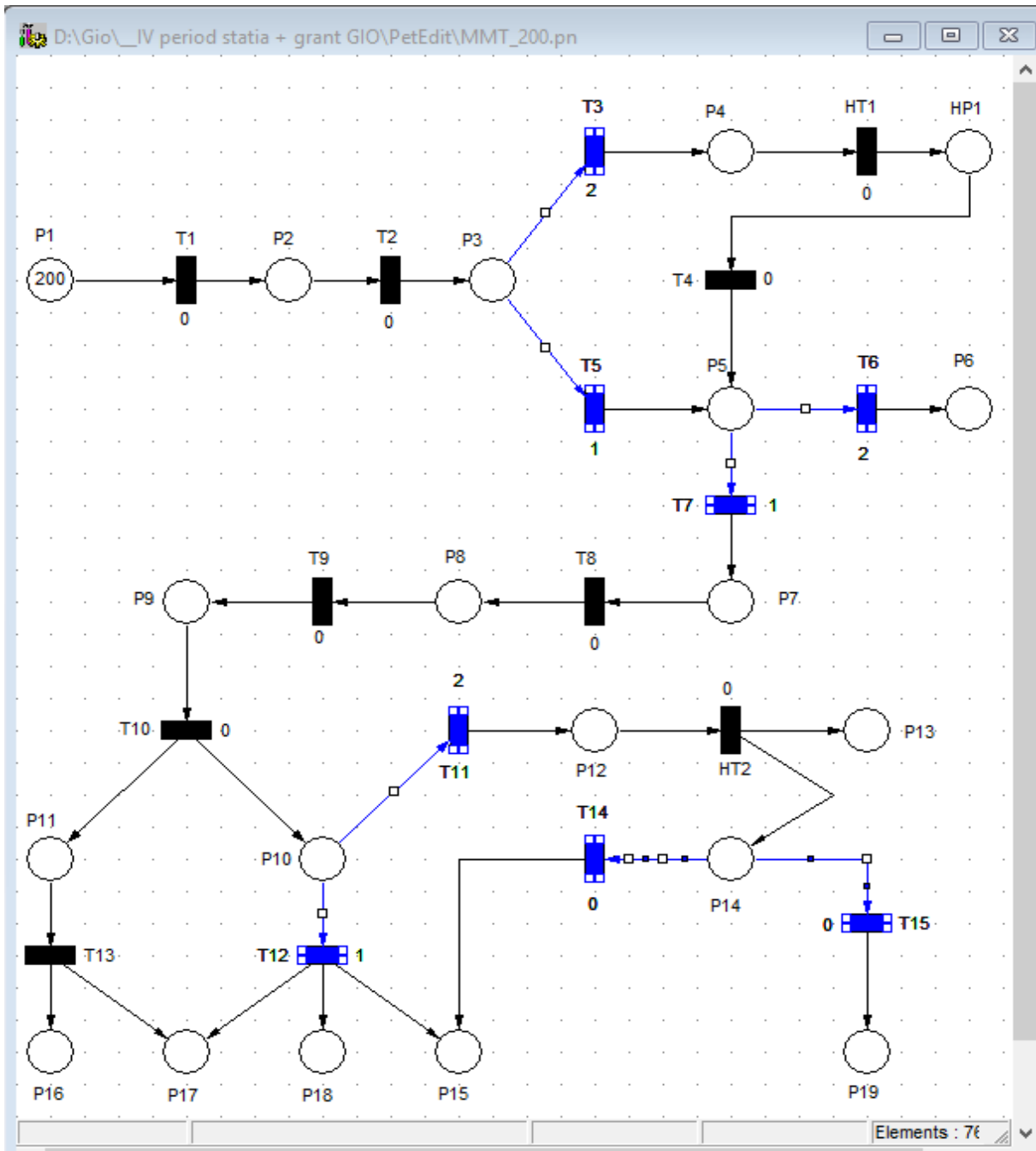
T_N	პოზიციის დანიშნულება
P1	გადასაზიდი ტვირთი ფიზიკურად დადგენილია
P2	გადასაზიდი ტვირთის სპეციფიკაცია (სავალდებულო პარამეტრების აღწერა) განსაზღვრულია
P3	ტვირთის გადაზიდვის მოთხოვნა
P4	ტვირთის გადაზიდვის ფასები არაა
HP1	ტვირთის გადაზიდვის ფასები დადგენილია
P5	ტვირთის გადაზიდვის კოტირების ფაილი მზადაა
P6	კლიენტის უარი მომსახურებაზე
P7	ტვირთის გადაზიდვის შეკვეთა (ორდერი)
P8	შეთანხმებული სატრანსპორტო დოკუმენტაცია
P9	ტვირთი ადგილზეა (ან შუალედურ პუნქტშია)
P10	ინვოისი კლიენტთანაა
P11	გადამზიდავთან ანგარიში გასწორებულია
P12	კლიენტი ტვირთის მიღების ნებართვის დოკუმენტის გარეშე
P13	ტვირთის მიღების ნებართვის დოკუმენტი
P14	”ბლოკმოსხნილი” ანგარიში
P15	ტვირთის მიმღებზე ჩაბარების რაოდენობა
P16	დასრულებული გადაზიდვების რაოდენობა
P17	შესრულებული საბანკო გადარიცხვების რაოდენობა
P18	ტვირთის მიმღების საბანკო გადარიცხვები დოკუმენტაციის პრობლემების გარეშე
P19	მიუღებელი ტვირთების რაოდენობა

ცხრ.2

T_N	გადასასვლელის დანიშნულება
T1	ტვირთის სპეციფიკაციის განსაზღვრა კლიენტის მიერ
T2	ტვირთის გადაზიდვისთვის კლიენტის მოთხოვნის (შეტყობინების) შესვლა ექსპედიტორთან
T3	ტვირთის გადაზიდვის ფასები უცნობია
HT1	1-ელი დამხმარე გადასასვლელი, როცა გადაზიდვის ფასები დგინდება
T4	ტვირთის გადაზიდვის ფასები დადგინდა და გადაეცა კლიენტს
T5	ტვირთის გადაზიდვის კოტირების ფაილი მზადაა
T6	კლიენტის უარის თქმა (ან კავშირზე აღარ გამოსვლა)
T7	კლიენტის თანხმობის მიღება ტვირთის გადაზიდვაზე
T8	სატრანსპორტო დოკუმენტაციის შეთანხმება ექსპედიტორის მიერ გადამზიდავთან
T9	ტვირთის ტრანსპორტირება დანიშნულების (ან შუალედურ) ადგილამდე და გადამზიდავის მიერ შეტყობინების გადაცემა სისტემის სერვერზე (ექსპედიტორისათვის)
T10	ექსპედიტორის მიერ კლიენტისათვის ინვოისის გადაცემა და გადამზიდავთან ანგარიშწორება (თანხის გადარიცხვა)
T11	ტვირთის მისაღებად კლიენტის შესაბამისი დოკუმენტაციის არარსებობა ან შეუსაბამობა
HT2	კლიენტის მიერ ტვირთის მიღების ნებართვის დოკუმენტის აღება
T12	კლიენტის მიერ ინვოისის მიხედვით თანხის გადახდა (გადარიცხვა)
T13	ტრანსპორტირების ოპერაციის დახურვა
T14	კლიენტის მიერ ტვირთის მიღების ნებართვის დოკუმენტის საფუძველზე და ინვოისის მიხედვით თანხის გადახდის (გადარიცხვის) შემდეგ ტვირთის მიღება
T15	კლიენტის მიერ ტვირთის მიღების ნებართვის ვერ აღება

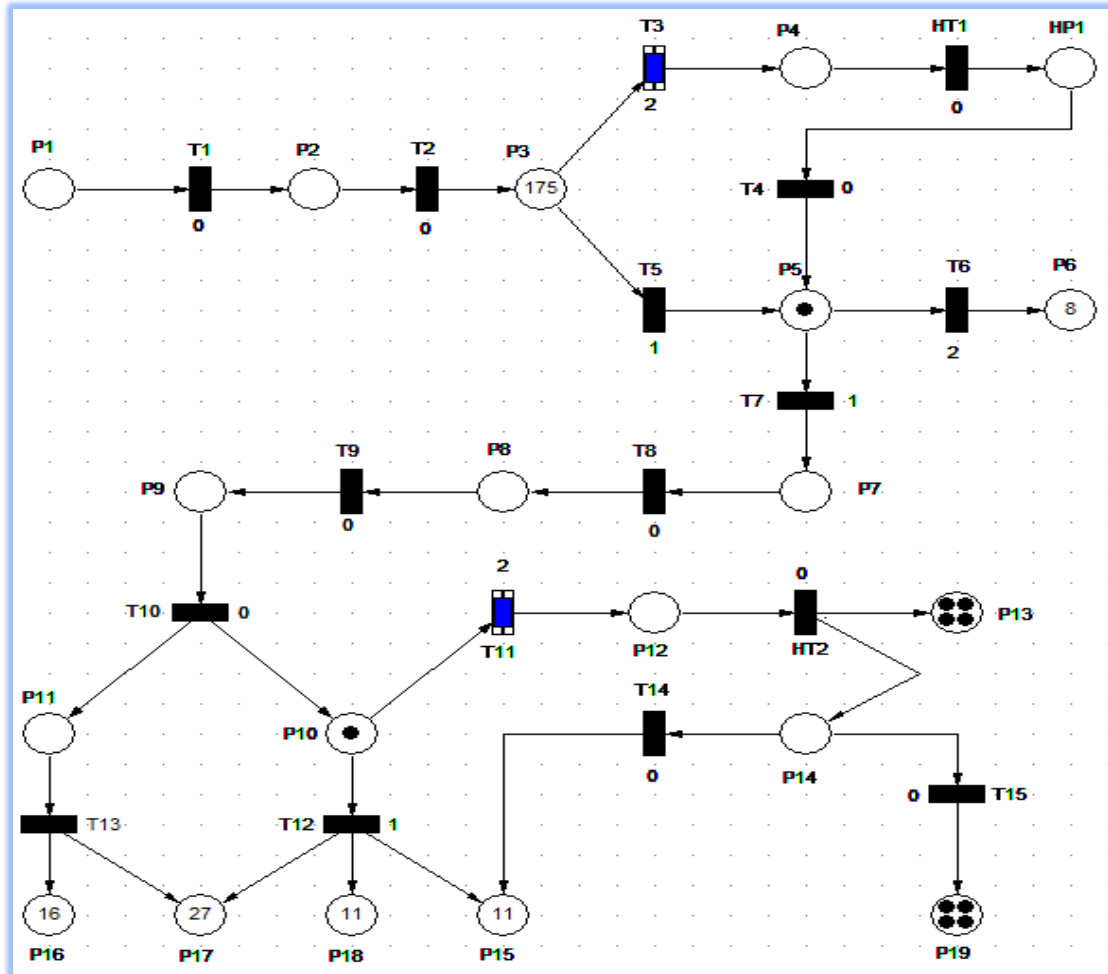
მე-11 ნახაზზე მოცემულია იმიტაციური მოდელის საწყისი ეტაპი (200 მოთხოვნა ტვირთის გადაზიდვაზე P<sub>1</sub> პოზიციაში). T<sub>3</sub> და T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub> და T<sub>7</sub>, T<sub>11</sub> და T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> და T<sub>15</sub> კონფლიქტური კვანძებია („ან“ გადასასვლელით).



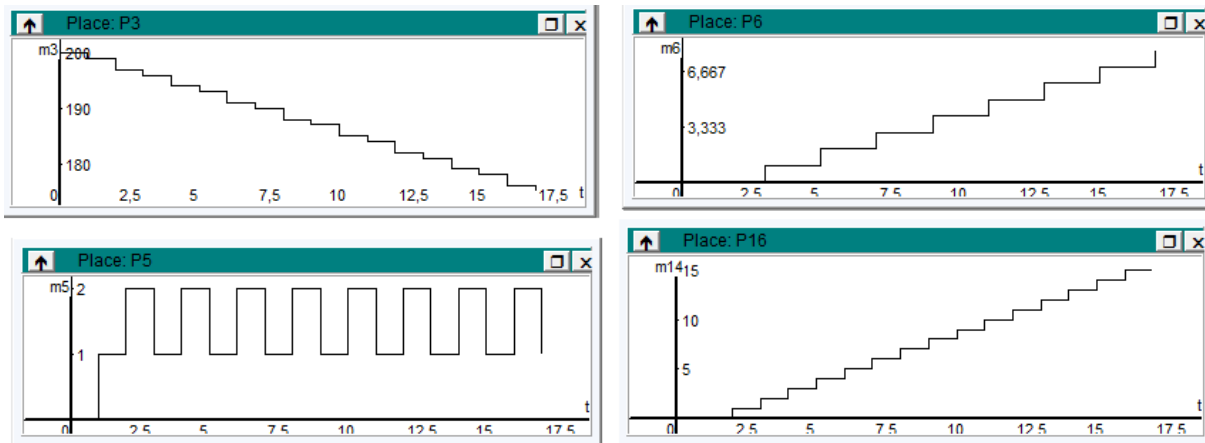


ნახ.11. იმიტაციური პროცესის დასაწყისი და კონფლიქტურ კვანძთა ჯგუფები პეტრის ქსელის გრაფში (Visual Object Net++)

მე-12 და 13 ნახაზებზე ნაჩვენებია იმიტაციური პროცესის შუალედური და საბოლოო შედეგები, ქსელში მარკერების გადაადგილებისა და მდგომარეობის შესახებ. თითოეული მარკერის მოძრაობა ასახავს შეკვეთის შესრულების ანუ ტრანსპორტირების პროცესის (იმიტაციას). შედეგების ნახაზზე, მაგალითად, ჩანს, რომ ყველა კლიენტის შემოსული მოთხოვნა (100) დამუშავებულია. აქედან 51 მოთხოვნაზე (P6) კონტრაქტი არ შედგა. 49-ზე კი კონტრაქტის „ორდერი“ გაფორმდა და მოხდა ტვირთების ტრანსპორტირება (P16, P15+P19). 13 შემთხვევაში 24-დან (P19, P13) მიმღებმა პირმა ვერ შეძლო ტვირთის მიღება (არ აქვს შესაბამისი ნებართვის დოკუმენტი).

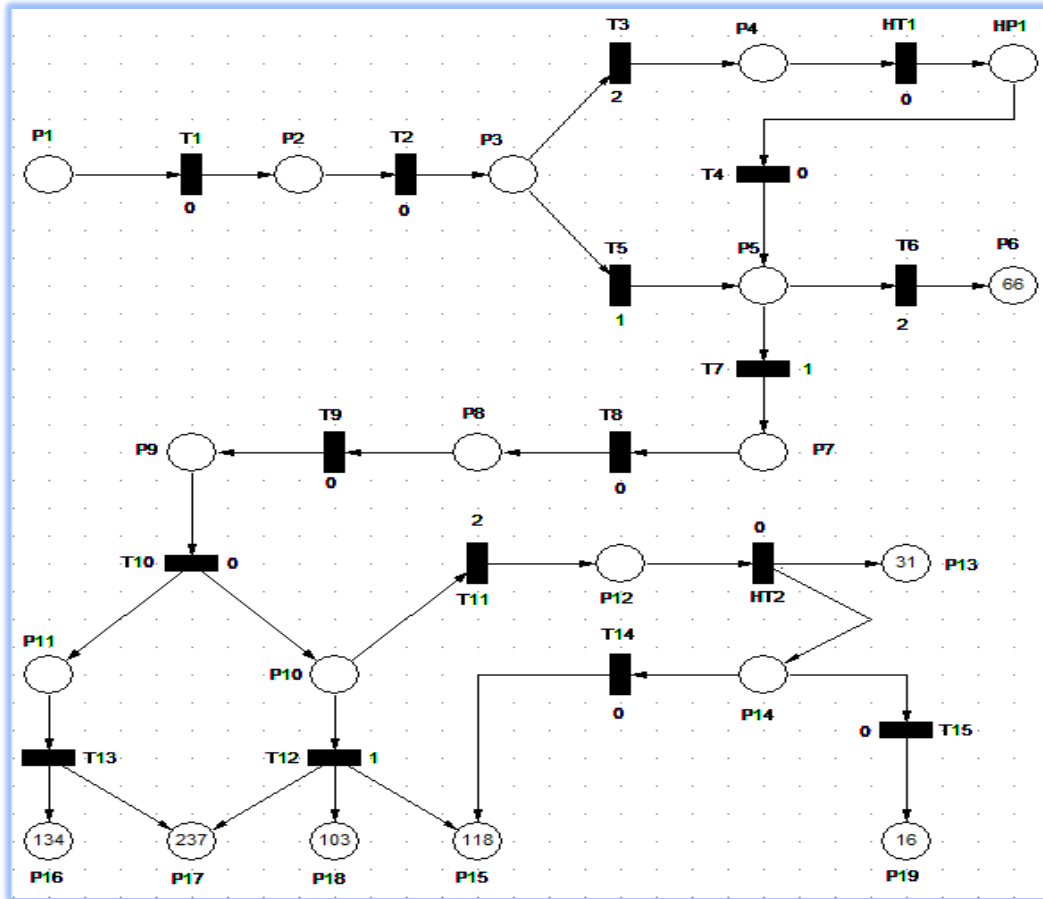


ნახ.12-ა. შუალედური მდგომარეობა (Visual Object Net++)

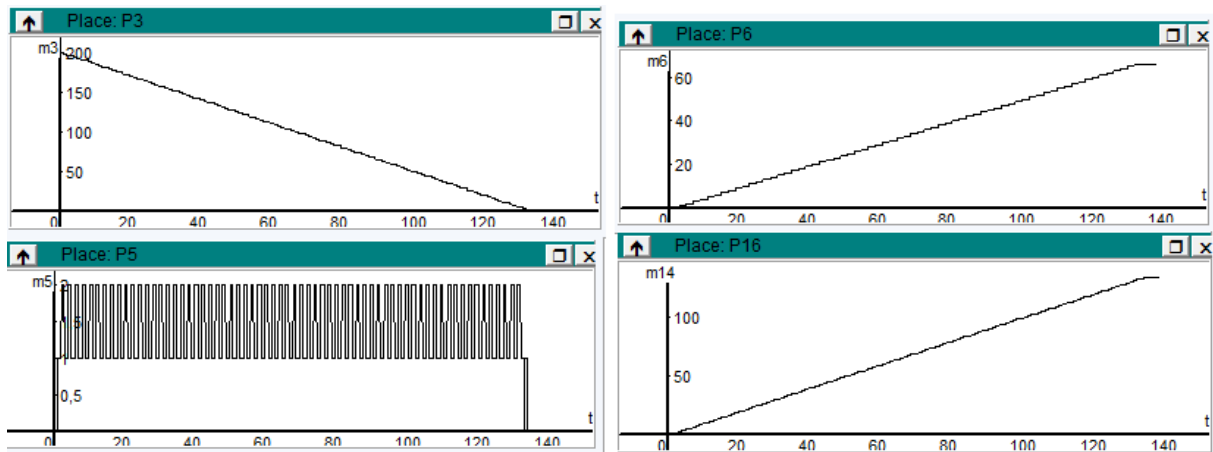


ნახ.12-ბ. შუალედური მდგომარეობის პროცესის დროითი მახასიათებლები

მიღებული დროითი დიაგრამები ასახავს მაგალითად, კონფლიქტურ (P<sub>3</sub>, P<sub>5</sub>) და საშედეგო (P<sub>6</sub>, P<sub>16</sub>) პოზიციებში მარკერების მოძრაობის დინამიკას. T<sub>5</sub> და T<sub>12</sub> გადასასვლელებზე პროცესის შესრულების დაყოვნება პირობითად 1 წამის ტოლია, T<sub>3</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>11</sub>-თვის - 2 წმ., ხოლო დანარჩენისთვის 0-ია ანუ პროცესი მყისიერად სრულდება.



ნახ.13-ა. საბოლოო მდგომარეობა (Visual Object Net++)

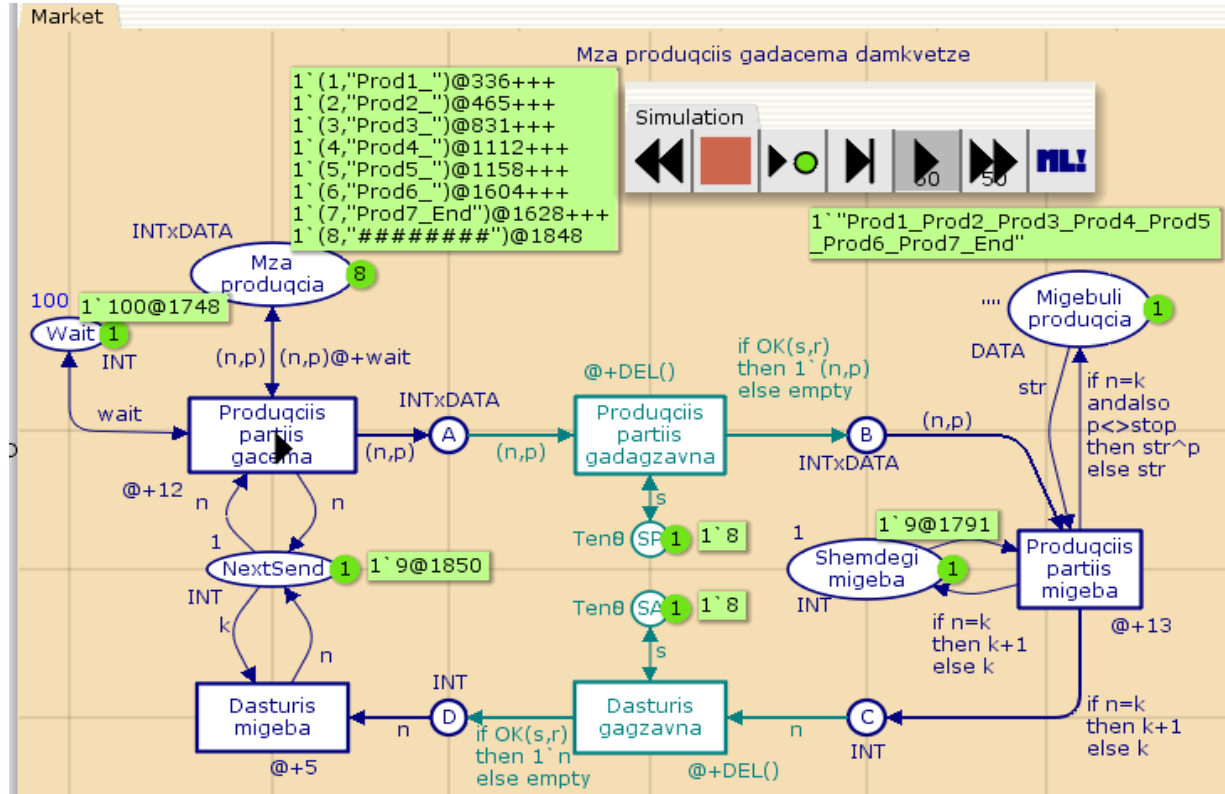


ნახ.13-ბ. საბოლოო მდგომარეობის დროითი მახასიათებლები

ხშირად მულტიმოდალური გადაზიდვის პროცესი დაკავშირებულია დამკვეთ-მიმწოდებელ ტანდემთან. მაგალითად, საერთაშორისო კონტრაქტის საფუძველზე რომელიმე ფირმა პერიოდულად უმზადებს დამკვეთს პროდუქციის განსაზღვრულ პარტიას და უზავნის მას გადაზიდვების სერვისების გამოყენებით, რაც ზემოთ განვიხილეთ. ფირმას შეიძლება ჰყავდეს რამდენიმე ( $n$ ) დამკვეთი და ამზადებდეს რამდენიმე სახის ( $m$ ) პროდუქციას.

ასეთ შემთხვევაში იმიტაციური მოდელის აგება მოსახერხებელია პეტრის ფერადი ქსელების გამოყენებით, რომელშიც ფერების საშუალებით მოდელირებული იქნება პროდუქციის ტიპი. ასეთი ქსელები მიეკუთვნება მაღალი დონის სისტემურ პეტრის ქსელებს, მაგალითად, CPN ანუ Coloured Petri Net [7,16].

მე-14 ნახაზზე მოცემულია CPN ქსელის ფრაგმენტი პროდუქციის მიწოდების (გადაგზავნის) პროცესების იმიტაციური მოდელის სახით.



ნახ.14. იმიტაციური მოდელი CPN ქსელით „პროდუქციის მიწოდება“

პროდუქციის პარტიების გადაგზავნის დაყოვნების დროის (wait) სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის ვლელობით შედეგების განსხვავებულ მნიშვნელობებს. ექსპერიმენტული გზით დავადგინეთ, რომ ხანმოკლე დაყოვნება ზრდის შანსს განმეორებითი გადაგზავნების თავიდან ასაცილებლად .

### 3. დასკვნა

მცირე და საშუალო ბიზნესის ობიექტებისათვის, რომლის ერთ-ერთი აქტუალური და მზარდი მოთხოვნილებების მაგალითია ტვირთების მულტიმოდალური გადაზიდვების ფორმები, აუცილებელია მართვის საინფორმაციო სისტემის ფარგლებში შესაბამისი დინამიკური პროცესების იმიტაციური მოდელის აგება პეტრის ქსელების გრაფებით და მის საფუძველზე მოდელის ანალიზური ექსპერიმენტების ჩატარება ოპტიმიზაციის მიზნით. პეტრის ფერადი ქსელების გრაფების საფუძველზე აგებული იმიტაციური მოდელები შესაძლებლობას იძლევა გამოკვლეულ იქნას წინასწარ მულტიმოდალური გადაზიდვების სხვადასხვა ვარიანტები (მარშრუტების თვალსაზრისით) საკონტრაქტო ხელშეკრულებების პირობების შესრულებისა და სასურველი ეკონომიკური ეფექტურობის გათვალისწინებით.

ლიტერატურა:

1. გოგიჩაიშვილი გ., სურგულაძე გიორგი. (2014). მულტიმოდალური გადაზიდვების ბიზნეს-პროცესების ავტომატიზებული მართვის კონცეფცია. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“ N2(18). გვ.45-50.
2. Booch G., Jacobson I., Rumbaugh J. (1996). Unified Modeling Language for Object-Oriented Development. Rational Software Corporation, Santa Clara
3. სურგულაძე გიორგი. (2015). მულტიმოდალური გადაზიდვების ბიზნეს-პროცესების მართვის სისტემის ინფრასტრუქტურა და მისი იმიტაციური მოდელი. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“ N2(20). გვ.108-123.
4. Surguladze Gia, Topuria N., Petriashvili L., Surguladze Giorgi. (2015). Modelling of Designing a Conceptual Schema for Multimodal Freight Transportation Information System. ISSN 1307-6892. WASET, World Academy of Scientific, Engineering and Technology, v.9, N11, 204-207.
5. ზოცვაძე ლ., ერაძე კ., ზოცვაძე ვ. (2011). ლოგისტიკური მენეჯმენტი და მოდელირება. სახელმძღვანელო, გამომც. „დიზაინპრინტ ექსპრესი“, თბ.
6. Murphy, Jr. Paul R., Wood Donald F. (2011). Contemporary Logistics, 10<sup>th</sup> International Edition. Upper Saddle River, New Jersey.
7. სურგულაძე გიორგი, ქრისტესიაშვილი ხ., სურგულაძე გია. (2015). საწარმოო რესურსების მენეჯმენტის ბიზნეს-პროცესების მოდელირება და კვლევა. მონოგრ., სტუ. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბ.
8. ქრისტესიაშვილი ხ., სურგულაძე გიორგი. (2015). საწარმოო რესურსების მართვის ბიზნეს-პროცესების მოდელირება. VII საერთაშ. სამეცნ.-პრაქტიკული კონფ.: „ინტერნეტი და საზოგადოება“. აკ. წერეთლის სახ. უნივერსიტეტი., ქუთაისი, გვ. 118-121.
11. Surguladze Gia, Petriashvili Lily, Surguladze Giorgi. (2015). Decision Support System for optimization of Seaport Resources with Considering Multimodal Transportation. III internat. Scientific Conference. Computing / Informatics, Education Sciences, Teacher Education. Batumi, Georgia, - pp. 139-143
12. გიორგი სურგულაძე, ლ. პეტრიაშვილი, მ. ოხანაშვილი, მ. ბიტარაშვილი. (2016). უნიფიცირებული მოდელების აგება ტვირთების მულტიმოდალური გადაზიდვების ბიზნესპროცესების მართვისათვის. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“ N1(21). გვ.108-123.
13. გოგიჩაიშვილი გ., ბოლხი გ., სურგულაძე გ., პეტრიაშვილი ლ. (2013). მართვის ავტომატიზებული სისტემების ობიექტ-ორიენტირებული დაპროექტების და მოდელირების ინსტრუმენტები (MsVisio, WinPepsy, PetNet, CPN). სტუ. მოდელირება. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. თბ.
14. გოგიჩაიშვილი გ., სურგულაძე გიორგი, თოფურია ნ., სურგულაძე გია. (2015). მულტიმოდალური გადაზიდვების მართვის ავტომატიზებული სისტემის აგება დაპროექტების CASE- და დაპროგრამების ჰიბრიდული ტექნოლოგიებით. სტუ-ს შრ.კრ. „მას“ 2(20). გვ.96-107.
15. UML - Statechart Diagrams. [http://www.tutorialspoint.com/uml/uml\\_statechart\\_diagram.htm](http://www.tutorialspoint.com/uml/uml_statechart_diagram.htm).

16. სურგულაძე გ., ოხანაშვილი მ., სურგულაძე გიორგი. (2009). მარკეტინგის ბიზნეს-პროცესების უნიფიცირებული და იმიტაციური მოდელირება. სტუ, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი.

**ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИММИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ НА ОСНОВЕ ДИАГРАММ КЛАССОВ И СОСТОЯНИЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

Сургуладзе Георгий

Грузинский Технический Университет

**Резюме**

Рассматриваются вопросы построения и исследования иммитационной модели динамических бизнес-процессов мультимодальной перевозки грузов с использованием сетей Петри. Конструирование этих моделей производится на основе диаграмм классов и состояний языка UML. Разработаны стандартные и нестандартные диаграммы состояний для мультимодальной транспортировки (судно, железная дорога, авто- и авиатранспорт) грузов. На основе изоморфизма динамических диаграмм унифицированного языка моделирования и графов сетей Петри становится возможным исследование характеристик бизнес-процессов соответствующих диаграмм активностей и состояний на базе сетей Петри. Иммитационное моделирование осуществлено пакетами PetNet++ и CPN, а программная генерация классов на платформе Visual Studio .NET 2015.

**CONSTRUCTION AND RESEARCH OF A SIMULATION MODEL FOR MULTIMODAL TRANSPORTATION BASED ON BUSINESS PROCESS CLASS AND STATECHART DIAGRAMS**

Surguladze Giorgi

Georgian Technical University

**Summary**

The article presents topics related to construction and research of simulation models for dynamic business processes in multimodal transportation using Petri Nets. Such models are constructed based on class and statechart diagrams of unified modeling language. Standard and non-standard statechart diagrams have been constructed for the problem area of multimodal transportation (sea, rail, motor and air transport). The dynamic diagrams of UML and isomorphism of Petri Nets' graph, it is possible to make research on activity and statechart models using Petri Nets. Simulation will be done using PetNet++ and CPN packages, while software generation of classes - using Visual Studio.NET 2015 platform.

*სტატია იბეჭდება შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი N DO /26/4-142/14).*

*The Article is printed by Financial Support of Shota Rustaveli National Science Foundation (Grant N DO/26/4-142/14).*