

პროდუქციის მიწოდების პროცესის იმიტაციური მოდელირება ფერადი კეტის ქსელებით

გია სურგულაძე, მაია ოხანაშვილი, გიორგი ბასილაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

გადმოცემულია მარკეტინგული ბიზნეს-პროცესების, კერძოდ პროდუქციის გადაგზავნის მოდელირება და კვლევა ფერადი დროითი პეტრის ქსელების საფუძველზე. განხილულია CPN-გრაფო-ანალიზური ინსტრუმენტის მირითადი ფუნქციები და შესაძლებლობები დინამიკური ბიზნეს-პროცესების ასაგებად და იმიტაციური მოდელირების ექსპერიმენტის ჩასატარებლად. შემოთავაზებულია მარკეტინგის პროცესების CPN მოდელის დეკომპოზიცია იერარქიულ მოდულებად, მდგომარეობათა სივრცის ფრაგმენტი CPN-მოდელისათვის და სტატისტიკური მონაცემების ლისტინგი, აგრეთვე იმიტაციური მოდელირების პროცესის ექსპერიმენტის შედეგები.

საკვანძო სიტყვები: მარკეტინგი. საბაზარო მოთხოვნილება. იმიტაციური მოდელირება. დეკომპოზიცია, ფერადი პეტრის ქსელები.

1. შესავალი

კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოსაყენებლად მარკეტინგის მართვის პროცესებში საჭიროა მათი მოდელირება და შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნა. ამასთან დაკავშირებით რთული პროცესების და სისტემების ანალიზის ერთ-ერთი ყველაზე უფრო მძლავრი და მოქნილი ინსტრუმენტია იმიტაციური მოდელირება . ამგვარად იმიტაცია (ან სიმულაცია, როგორც მას საზღვარგარეთ უწინდება) წარმოადგენს სისტემის კვლევის საგანს (ინსტრუმენტს).

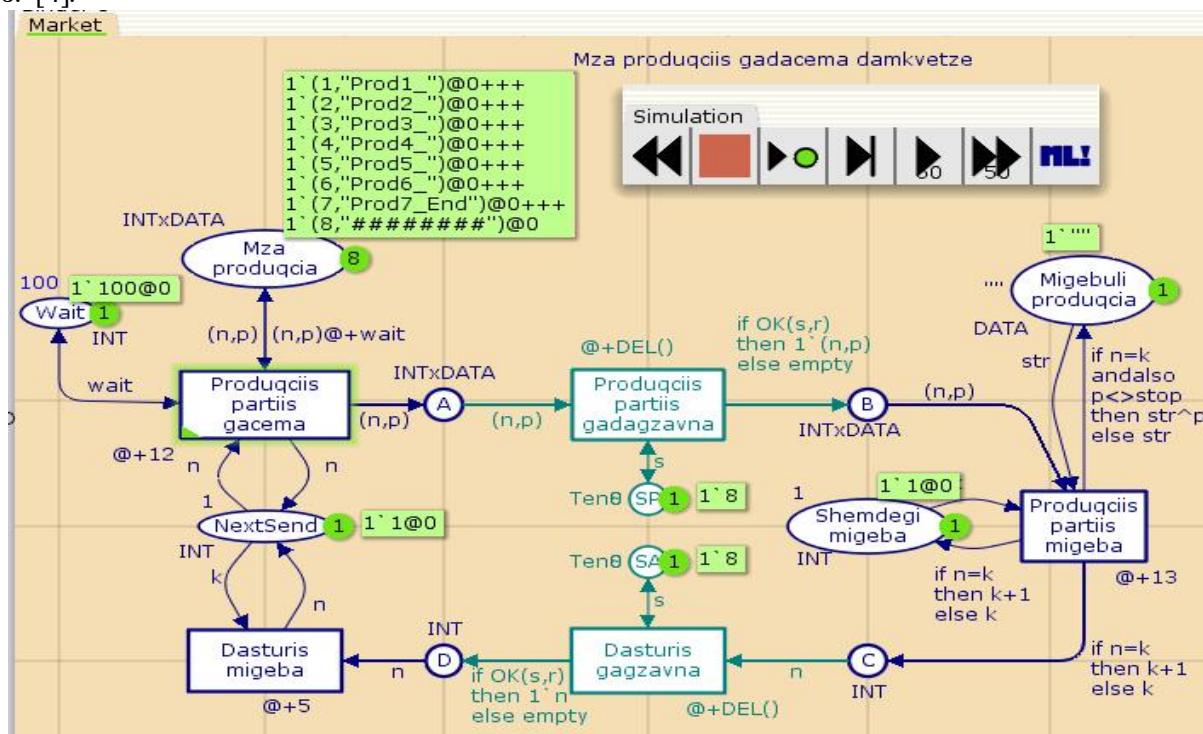
იმისათვის, რომ ადეკვატურად შევაფასოთ სისტემა, აუცილებელია გვერდების საკმარისი ინფორმაცია. ამ შემთხვევაში ფაქტობრივი მონაცემების შეგროვება ხდება სამი წყაროს საშუალებით: იმიტაციური ექსპერიმენტის პროცესის შედეგად, ფირმის სამუშარეო-საქმიანობის წლიური ანგარიშიდან და ექსპერტებიდან (რაც თხოვლობს ექსპერტულ შეფასებას). იმიტაციის გამოყენება იძლევა დასკვნის გამოტანის შესაძლებლობას შესაძლო შედეგებზე, რომელიც ეფუძნება შემთხვევითი სიდიდეების ალბათურ განაწილებას.

მოდელის აგებისას ყოველ ფირმაში მოქმედებს მენეჯმენტის და მარკეტინგის ისეთი ნაწილი, როგორიცაა, მაგალითად, მარაგების მართვა, წარმოების პროგრამების დაგეგმვა, პროდუქციის გასაღება, რეკლამა და სხვ. [1,2]. მოდელირება საშუალებას იძლევა ლოგიკური გზებით პროგნოზირებადი გახდეს ალტერნატიულ მოქმედებათა შედეგები და გვიჩვენებს, თუ მათ შორის რომელს უნდა მიენიჭოს უპირატესობა.

2. მირითადი ნაწილი

მარკეტინგული პროცესების ერთიანი CPN მოდელი კომპლექსური კვლევის ობიექტია [3]. მისი, როგორც იმიტაციური მოდელის დეტალური ანალიზის ჩატარება საქმაოდ რთულია, ერთის მხრივ პოზიციების, გადასასვლელებისა და შესაძლო მარკირებათა მდგომარეობების დიდი მოცულობების გამო, მეორეს მხრივ ფერადი მარკერების შესაბამისი პროცესების აღწერის, მათი ქსელში მოძრაობის და ინფორმაციული ნაკადების გადატანის დიდი სირთულია გამო. ამოტომ საჭირო ხდება კვლევის ობიექტის დეკომპოზიციის განხორციელება, რაც CPN მოდელის წარმოდგენით მოხდება მისი იერარქიულად დაკავშირებული მოდულების საფუძველზე (ისე, როგორც პროგრამული პაკეტი შედგება მოდულებისგან, სტრუქტურული დაპროგრამების პრინციპებით). პროდუქციის საწარმოო ფირმის მარკეტინგული პროცესების მოდელირებისათვის გვექნება შემდეგი მირითადი იერარქიული მოდულები: საბაზრო მოთხოვნების განსაზღვრის; პროდუქციის წარმოების დაგეგმვის; წარმოების ტექნიკური მომზადებისა და პროდუქციის წარმოების; პროდუქციის გაცემის (სასაწყობო მეურნეობა); პროდუქციის გადაგზავნის (ტრანსპორტირება), მიღებისა და დამკვეთის შეტყობინების (ნახ.1); ფაქტობრივი მდგომარეობის აღრიცხვის; საწარმოო და სარეალიზაციო გეგმების შესრულების ანალიზის;

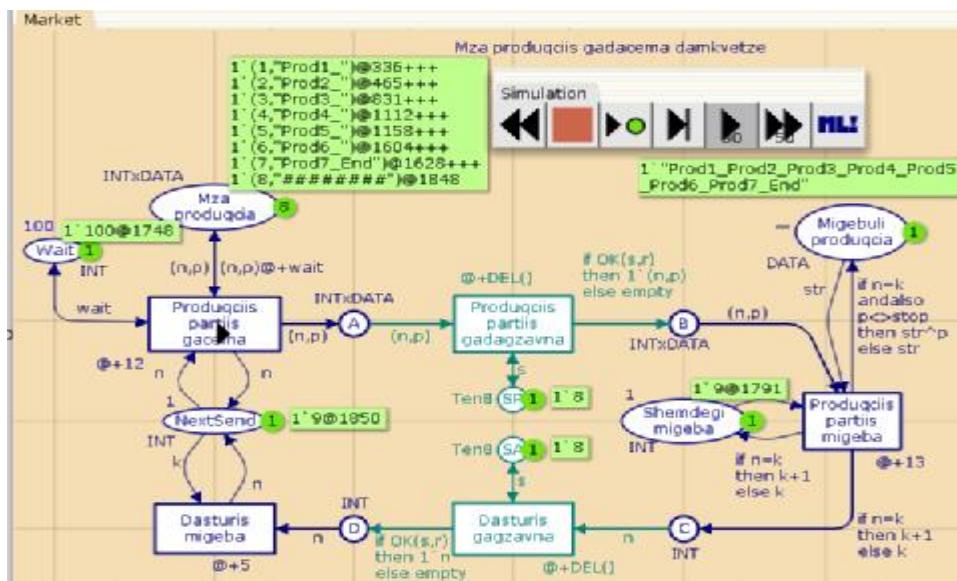
ეკონომიკური მაჩვენებლების ანგარიშისა და ანალიზის; ახალი საბაზო სტრატეგიის ფორმირების და ა.შ. [4].



ნახ.1. სწორი მდგომარეობა

მე-2 ნახაზე ჩანს, რომ მარკერს Next_Send-ში აქვს დროითი ჭდე. ინტუიციურად ეს ნიშნავს, რომ მიმწოდებელს არ შეუძლია ახალი Prod.partiis_gacema-ის ან Receive Acknow-ის გაშვება, თუ ერთ-ერთი მანც ამათგან უკვე გაშვებულია და არ დამთავრებულა. იმიტაციური მოდელზე სიმულაციის რამდენიმე ბიჯის შემდეგ მიღება დამყარებული მდგომარეობა, საბოლოო მარკირებით.

Shemdegi_migeba-ის დროითი ჭდეთ ჩანს, რომ პროდუქციის ბოლო პარტია მიღებულ იქნა 1791 დროითი ერთეულისას, ხოლო NextSend-ის დროითი ჭდე გვიჩვენებს, რომ ბოლო შეტყობინება პროდუქციის მიღების შესახებ მოვიდა 1850 დროით ერთეულში. დროითი ჭდები პოზიციაზე MzaProducacia მიუთითებს პროდუქციის პარტიების (განმეორებით) გადაცემის დროებზე. მაგალითად, პირველი პარტია გადაიცა 336 დროითი ერთეულისთვის, მეორე 465, მესამე 831 და ა.შ.



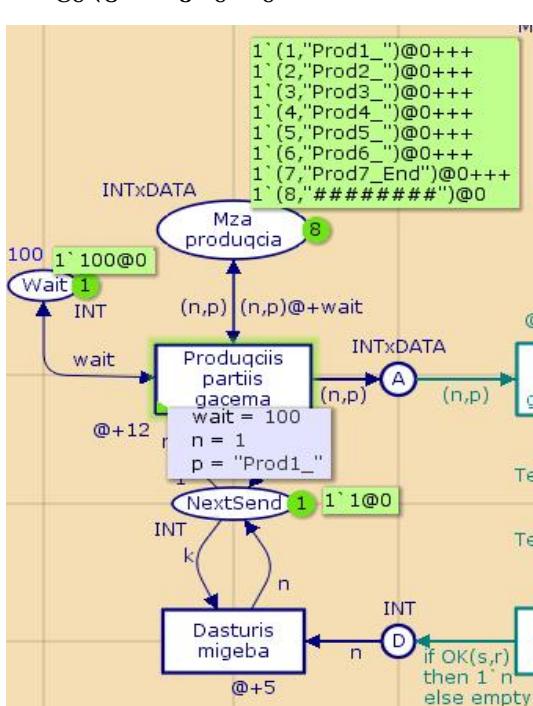
ნახ.2.. საბოლოო მდგომარეობა
(პროდუქციის 7 პარტიის გადაცემის შემდეგ)

აღნიშნული დროითი CPN-მოდელით შეიძლება გამოვიკვლიოთ მარკეტინგული პროცესის „პროდუქტის—გადაგზავნის“ შესრულების მახასიათებლები, მაგალითად, განმეორებითი გადაცემის დაყოვნების დროის (wait) სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის. ხანმოკლე დაყოვნება ზრდის შანსს განმეორებითი გადაგზავნების თავიდან ასაცილებლად. იგი ასევე ზრდის შანსს, რომ ოპერაცია Dasturis_migeba გადაიდოს, რადგან პროცესი Prod.partiis_gacema დაკავებულია განმეორებითი გადაგზავნით. გრძელი დაყოვნება ნიშავს, რომ საჭირო იქნება დიდხანს ცდა, სანამ მიმწოდებელი დარწმუნდება, რომ პაკეტი ან დასტური იქნა დაკარგული. სიმულაციის პროცესში, სხვადასხვა wait-მნიშვნელობით შეიძლება დადგინდეს ოპტიმალური მნიშვნელობა განმეორებითი გადაცემის დაყოვნებისათვის.

ახლა განვიხილოთ მარკეტინგის პროცესისთვის მზა პროდუქციის დამკვეთებზე მიწოდების (რეალიზაციის) გეგმის შესრულების (აღრიცხვის) შესაბამისი CPN პეტრის ქსელის ანალიზის ამოცანა ე.წ. მდგომარეობათა სივრცის საფუძველზე. მდგომარეობათა სივრცე (State Space) არის კვლევის ობიექტის შესაბამისი მოდელის ყველა შესაძლო მდგომარეობის ერთობლიობა. თვით მდგომარეობა, როგორც ეს კლასიფურ პეტრის ქსელებშია მიღებული, ასახავს მარკერთა განაწილებას ქსელის პოზიციების მიხედვით, ანუ მარკირებებს. ქსელის რომელიმე გადასასვლელის ამჟავების (გაშვების) შემდეგ ხდება მის შესასვლელ და გამოსასვლელ პოზიციებში მარკერთა რაოდნობის ცვლილები. ამ დროს ქსელი გადადის ახალ მდგომარეობაში.

ასეთი პროცესი შეიძლება რომელიმე ბიჯზე დაიბლოკოს, ანუ ჩიხში შევიდეს, რაც იმის მაუწყებელია, რომ ასეთი მოდელი და მისი შესაბამისი რეალური ობიექტი ვერ მიაღწევს მიზანს, საბოლოო შედეგს. ამგვარად ქსელი ყოფილა არასაკმარისად მდგრადი და იგი მოითხოვს კორექტირებას. ჩვენს შემთხვევაში საქმე გვაქვს მზა პროდუქციის მიწოდებასთან დამკვეთებზე, რომლის გეგმაც კონტრაქტების საფუძველზე იქნა შედგენილი და მისი შესრულება აუცილებელია (რათა არ მოხდეს ხელშეკრულების დარღვევასთან დაკავშირებული საჯარიმო სანქციების დაწესება). ჩვენი მოდელის ფრაგმენტის საფუძველზე ხდება მზა პროდუქციის გაცემა საწყიბიდან, შემდეგ ტრანსპორტირება და დამკვეთამდე მიტანა. დამკვეთი, პროდუქციის მიღებისთანავე აგზავნის დასტურის შეტყობინებას და მიმწოდებელი ამის შემდეგ ზრუნავს მომდევნო პარტიის მიწოდებაზე.

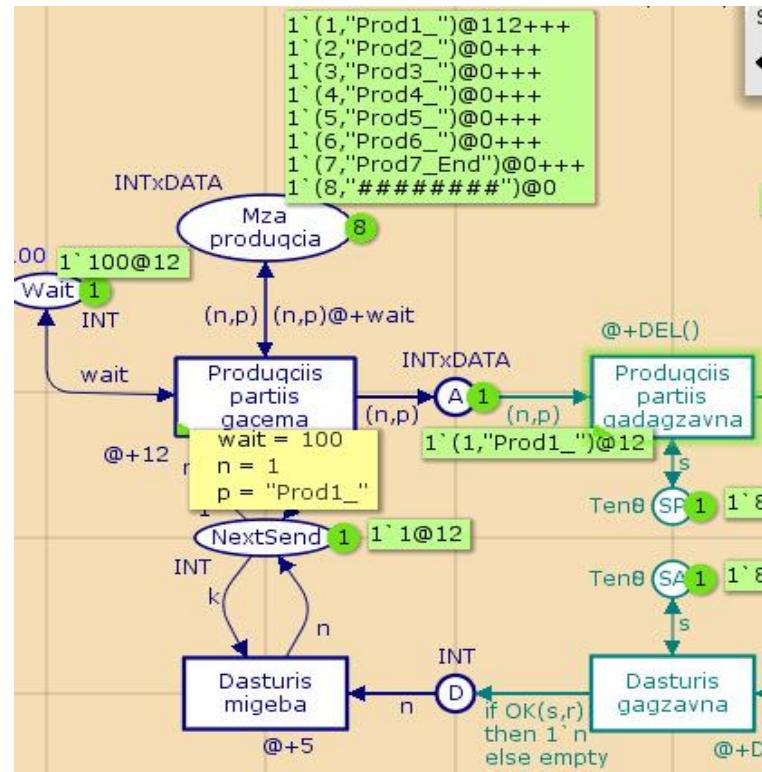
არაა გამორიცხული შემთხვევები, რომ პროდუქციის პარტია ვერ მივიდეს დროულად დამკვეთათან (გარკვეული ობიექტურ-სუბიექტური მიზების გამო), ან დაიკარგოს დასტურის შეტყობინება. ასეთ შემთხვევებში საჭიროა ინფორმაციის დროულად გამოკვლევა და არშესრულებული პროცედურის გამეორება.



ნახ.3. საწყისი მარკირება

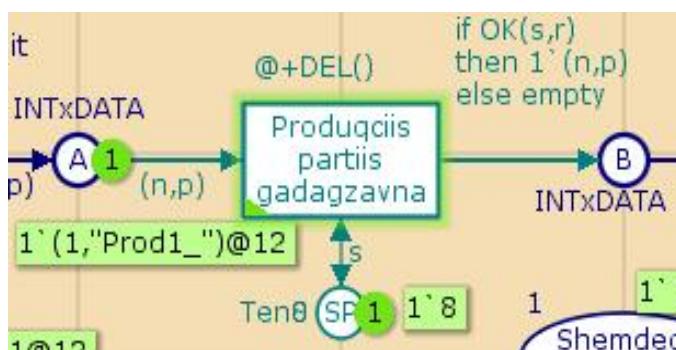
ფერადი პეტრის ქსელის გადასასვლელი, როგორებიცაა Produqciis partiis gacema, Produqciis partiis gadagzavna, Produqciis partiis migeba, dasturis gagzavna და ა.შ. ხასიათდება დროითი დაყოვნებით, რომლებიც ან მუდმივებია, ან შემთხვევითი რიცხვების დიაპაზონიდან აიღება სისტემის მიერ. ამგვარად, CPN-ინსტრუმენტით შესაძლებელია მდგომარეობათა სივრცის ანგარიშის მთლიანი პროცესის სრული ავტომატიზაცია, რაც მნიშვნელოვნად აჩქარებს ქსელის დიაგნოსტიკის პროცესს მისი რეალურ ობიექტთან ადეკვატურობის შესახებ, ანუ რამდენად სწორად ასახავს მოდელი რეალური ობიექტის ყოფაქცევას. მდგომარეობათა სრული სივრცე – ორიენტირებული გრაფით აისახება, რომელშიც მწვერვალები შეესაბამება ქსელის დასტებების მარკირებებს, ხოლო რეალები – მოვლენებს დამაკავშირებელი ელემენტებით. ე.ი. M1 მდგომარეობიდან (მარკირებიდან) სისტემა გადადის M2 მდგომარეობაში, როდესაც არსებობს რკალი დამაკავშირებელი (n, p)-ელემენტით, სადაც n-ფერადი მარკერია, ხოლო p-ინფორმაციული ნაწილი. მე-3 ნახაზზე ნაჩვენებია პეტრის ქსელის საწყისი მდგომარეობის ფრაგმენტი {n=1, p="Prod1"} ელემენტით.

მე-4 ნახაზი კი შეესაბამება პეტრის ქსელის ახალ მარკირებას პირველი ბიჯის შემდეგ. აქ შესამჩნებია, რომ -პოზიციაში გაჩნდა ახალი, 1 მარკერი, რომლის ფერი=1, მონაცემი="Prod1". ამასთანავე ეს მარკერი მოვიდა ქსელის ამუშავებიდან $t=12$ დროითი ერთეულის (მაგ., წუთი) შემდეგ (ვინაიდან Produqciis partiis gacemis გადასასვლელის დროითი დაყოვნებაა @+12). ახლა გააქტიურდა Produqciis partiis gadagzavnis გადასასვლელი და შესაძლებელია ასევე Produqciis partiis gacemis გადასასვლელის ხელახალი გაშვებაც. ეს ორივე პროცესი შეიძლება შესრულდეს პარალელურად, ისინი ერთმანეთს ხელს არ უშლის.



ნახ.4. მარკირება პირველი ბიჯის შემდეგ

მე-5 ნახაზზე ნაჩვენებია პროდუქციის პარტიის გადაგზავნის გადასასვლელის აქტიური მდგომარეობა. აქ მარკერები არის A და SP პოზიციებშიც.



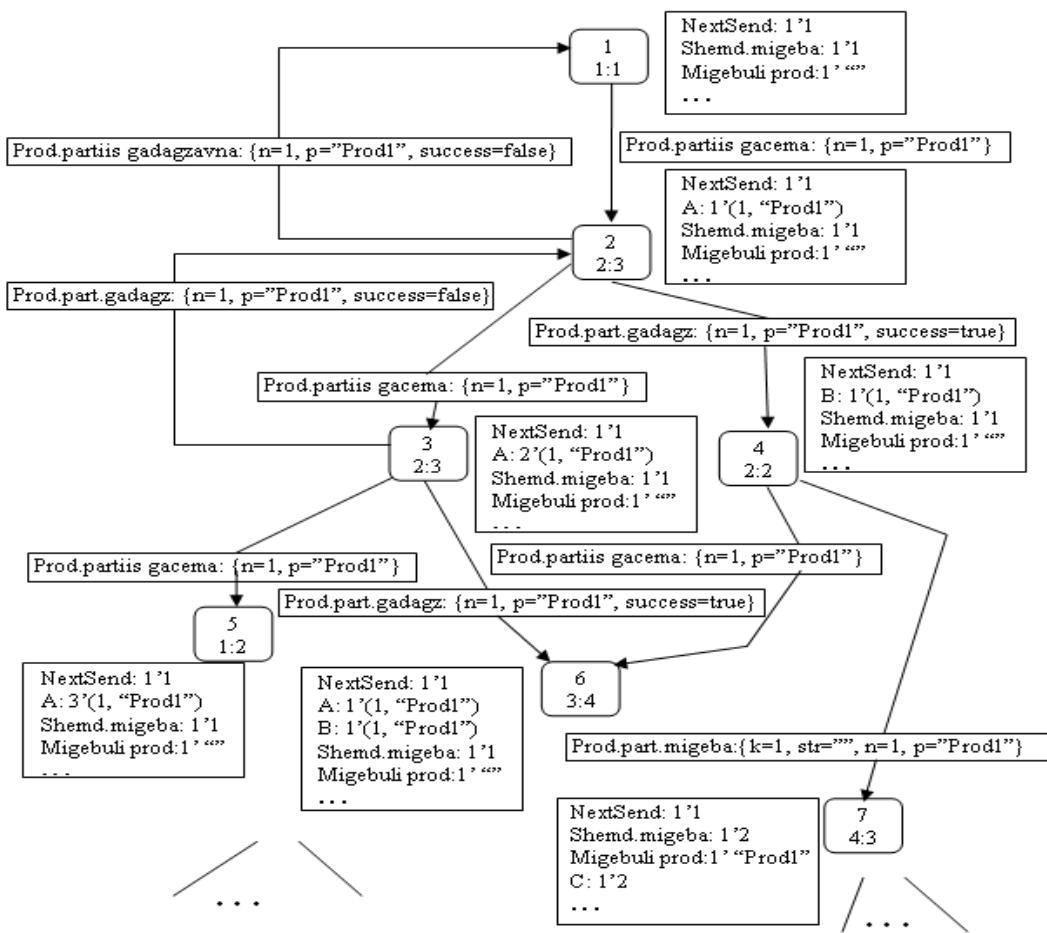
ნახ.5.

ამ გადასასვლელიდან B-პოზიციაში შემავალი რკალი ლოგიკურ პირობას აკონტროლებს, ანუ დასაშვებია ორი შემთხვევა:

$TP+=$ (Produqciis_partiis_gadagzavna, <n=1,p="Prod1", success=true>),
 $TP-=$ (Produqciis_partiis_gadagzavna, <n=1,p="Prod1", success=false>).

აქ ეს ორი დამაკავშირებელი ელემენტი TP+ და TP- იმყოფება კონფლიქტში ერთმანეთთან, ანუ ერთის შესრულება მეორეს გამორიცხავს. პირველით მოდელირდება ქსელში პროდუქციის პარტიის წარმატებით გადაცემა, ხოლო მეორეთი კი – ამ პარტიის დანაკარგია სახეზე.

მე-6 ნახაზზე ნაჩვენებია აღწერილი პროცესის შესაბამისად ჩვენი ქსელის მდგომარეობათა სივრცის ფრაგმენტი, რომელიც, როგორც აღვნიშნეთ, ორიენტირებული გრაფითაა წარმოდგენილი.



ნახ.6. მდგომარეობათა სივრცის ფრაგმენტი CPN-მოდელისათვის

სტატისტიკური მონაცემების ღისტინგი:

```

Statistics // მდგომარეობათა სივრცის სტატისტიკა
-----
State Space // მდგომარეობათა სივრცე
Nodes: 55 // მწვერვალების რაოდენობა
Arcs: 58 // რკალების რაოდენობა
Secs: 0 // ერთი ბიჯის შემდეგ დრო 0-ია
Status: Partial // ნაწილობრივა შესრულებული
Scc Graph // განკარგულ დაკავშირებულ ელემენტთა გრაფი
Nodes: 55
Arcs: 58
Secs: 0
Boundedness Properties // მარკერების რაოდენობა პოზიციებში (max, min)
-----
Best Integers Bounds      Upper      Lower
Market'A 1                 1          0          // არის 1 ან 0 მარკერი
Market'B 1                 1          0
Market'C 1                 1          0
Market'D 1                 1          0
Market'Migebuli_producacia 1
                           1          1
Market'Mza_producacia 1    8          8          // ყოველთვის 8 მარკერია
Market'NextSend 1           1          1          // ყოველთვის 1 მარკერია
Market'SA 1                 1          1
Market'SP 1                 1          1
Market'Shemdegi_migeba 1

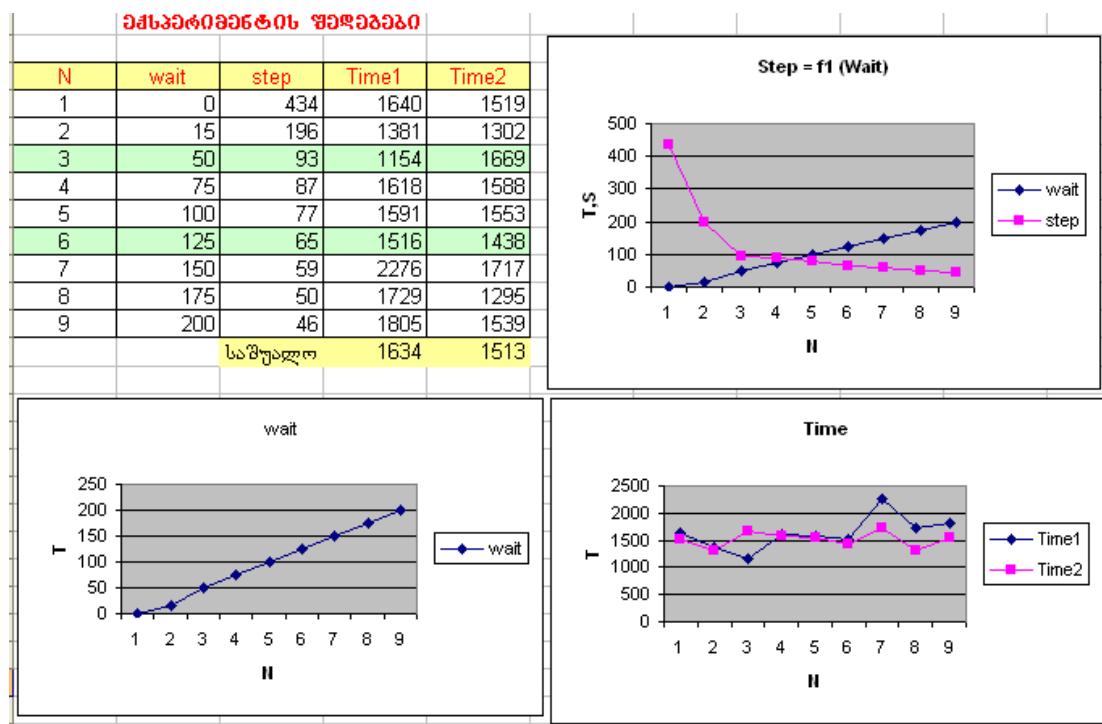
```

```

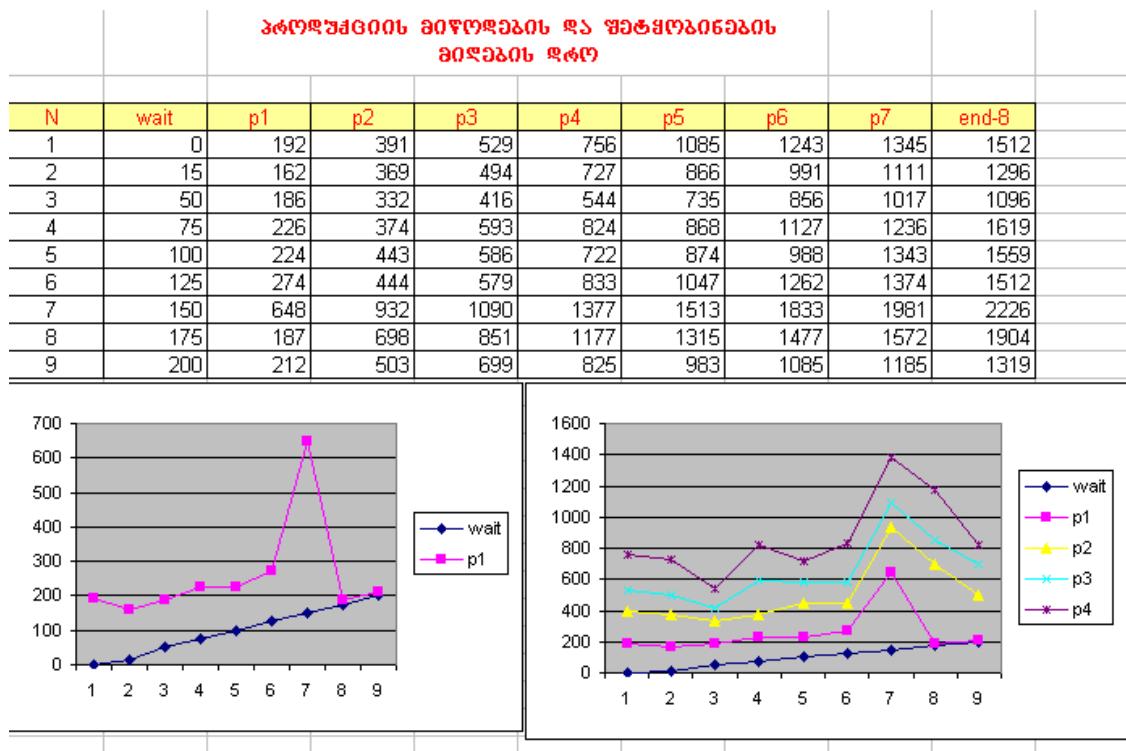
1           1           // ყოველთვის 1 მარკერია
Market'Wait 1      1
Best Upper Multi-set Bounds      // ბულტი-სიმრავლის კავშირები
Market'A 1          1` (4,"Prod4_") // გადაცემულია მე-4
Market'B 1          1` (4,"Prod4_") // გადაცემულია მე-4
Market'C 1          1`5           // შეძლები უნდ იყოს მე-5
Market'D 1          1`5           // შეძლები უნდ იყოს მე-5
Market'Migebuli_producqcia 1
    1`"Prod1_Prod2_Prod3_Prod4_"
Market'Mza_producqcia 1 // აქ ყოველთვის 7 ფერის პროდუქციაა
    1` (1,"Prod1_")++
    1` (2,"Prod2_")++
    1` (3,"Prod3_")++
    1` (4,"Prod4_")++
    1` (5,"Prod5_")++
    1` (6,"Prod6_")++
    1` (7,"Prod7_End")++
    1` (8,"#####")
Market'NextSend 1   1`4++        // აქ ბოლო იყო მე-4 და
    1`5           // შეძლები უნდა იყოს მე-5
Market'SA 1          1`8           // აქ ყოველთვის არის 8 მარკერი
Market'SP 1          1`8           // აქ ყოველთვის არის 8 მარკერი
Market'Shemdegi_migeba 1
    1`5           // შეძლები უნდა იყოს მე-5
Market'Wait 1          1`100          // დაყოვნების დრო მუდმივია: 100
Best Lower Multi-set Bounds
Market'A 1          empty         // ცარიელია (ანუ პოზიციაში შეიძლება
Market'B 1          empty         // არ იყოს მარკერი)
Market'C 1          empty
Market'D 1          empty
Market'Migebuli_producqcia 1
    1`"Prod1_Prod2_Prod3_Prod4_"
Market'Mza_producqcia 1
    1` (1,"Prod1_")++
    1` (2,"Prod2_")++
    1` (3,"Prod3_")++
    1` (4,"Prod4_")++
    1` (5,"Prod5_")++
    1` (6,"Prod6_")++
    1` (7,"Prod7_End")++
    1` (8,"#####")
Market'NextSend 1   empty
Market'SA 1          1`8
Market'SP 1          1`8
Market'Shemdegi_migeba 1
    1`5
Market'Wait 1          1`100
Home Properties
-----
Home Markings: Initial Marking is not a home marking
Liveness Properties
-----
Dead Markings: 33 [55,54,53,52,51,...]
Dead Transitions Instances: None
Live Transitions Instances: None
Fairness Properties
-----
No infinite occurrence sequences.
და ა.შ. მთლიანი იმიტაციური პროცესის დასრულების შემდეგ სურათი შეიცვლება.
```

აღნიშნული სტატისტიკა ემსახურება ქსელის მუშაობის პროცესის ისტორიის დამახსოვრებას, პოზიციების მდგომარეობათა, გადასასვლელების გაშვებებისა და მარკერების მოძრაობის შესახებ. ისინი შემდგომი ანალიზისთვის გამოიყენება.

იმიტაციური მოდელირების ეპსერიმენტის შედეგები:



ნახ.7: № - ექსპერიმენტის ნომერი; wait - დაყოვნების დრო; step - ბიჯების რაოდენობა; Time- პროდუქციების მიწოდების საბოლოო დრო



ნახ.8: Pi- ცალკეული პროდუქციის მიწოდების საბოლოო დრო

3. დასკვნა

ფერადი პეტრის ქსელების ინსტრუმენტში ორიგინალურადაა შერწყმული პეტრის ქსელებისა და ობიექტ-ორიენტირებული დაპროგრამების პრინციპები (იერარქიულობა, მოდულურობა – დიდ სისტემების მოდელირებისთვის), რაც მის დიდ პრაქტიკულ ღირებულებასაც განაპირობებს თანამდებოვე ინფორმაციულ ტექნოლოგიათა გამოყენების მრავალ სფეროში, განსაკუთრებით ბიზნესისა და მარკეტინგის მენეჯმენტის ამოცანების გადასაწყვეტად.

ლიტერატურა:

1. კოტლერი ფ. მარკეტინგის საფუძვლები. თარგინგ. თბ., 1993
2. O'Brien. Management Information Systems: Managing Information Technology in the E-Business Enterprise. 2002
3. Jensen K., Kristensen L.M., Wells L. Coloured Petri Nets and CPN Tools for Modelling and Validation of Concurrent Systems. Depart. of Computer Science, Univ. of Aarhus, Denmark. 2007.
4. სურგულაძე გ., თურქია ე., ოხანაშვილი მ., სურგულაძე გ. მარკეტინგული პროცესების მართვის ერთი მოდელის შესახებ ფერადი პეტრის ქსელებით. სტუ შრ.კ. მას-№2(5), 2008. გვ.9–16.

SIMULATION OF PROCESSES OF DELIVERY OF PRODUCTION ON THE BASIS OF COLOURED PETRI NETWORKS

Surguladze Gia, Okhanashvili Maia, Basiladze Giorgi
Georgian Technical University

Summary

Questions of modeling and research of marketing business - processes, in particular modeling of sending of production are stated on the basis of time painted networks Petri. The cores of functions and opportunities of the CPN-tool for simulation dynamic business-processes are considered. It is offered decomposition of CPN-model in hierarchical modules. A fragment of a condition space for CPN-model is considered and listing statistical is given. Result of experiment of simulation modeling is shown.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОСТАВКИ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ЦВЕТНЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Сургуладзе Г.Г., Оханашвили М.Ш.Басиладзе Г.З.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Излагаются вопросы моделирования и исследования маркетинговых бизнес-процессов, в частности моделирование отправки продукции на основе временных окрашенных сетей Петри. Рассматриваются основные функции и возможности графо-аналитического CPN-инструмента для имитационного моделирования динамических процессов. Предлагается декомпозиция CPN-модели на иерархические модули. Рассматривается фрагмент пространства состояний для CPN-модели и листинг статистических данных. Предлагаются результаты эксперимента имитационного моделирования.