

**პროდუქციის მიწოდების პროცესის იმიტაციური
მოდელირება ფერადი პეტრის ქსელებით**

გია სურგულაძე, მაია ოხანაშვილი, გიორგი ბასილაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

გადმოცემულია მარკეტინგული ბიზნეს-პროცესების, კერძოდ პროდუქციის გადაზიდვის მოდელირება და კვლევა ფერადი დროითი პეტრის ქსელების საფუძველზე. განხილულია CPN-გრაფიკული ინსტრუმენტის ძირითადი 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. საბაზრო 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 უწოდებენ) წარმოადგენს სისტემის კვლევის საგანს (ინსტრუმენტს).

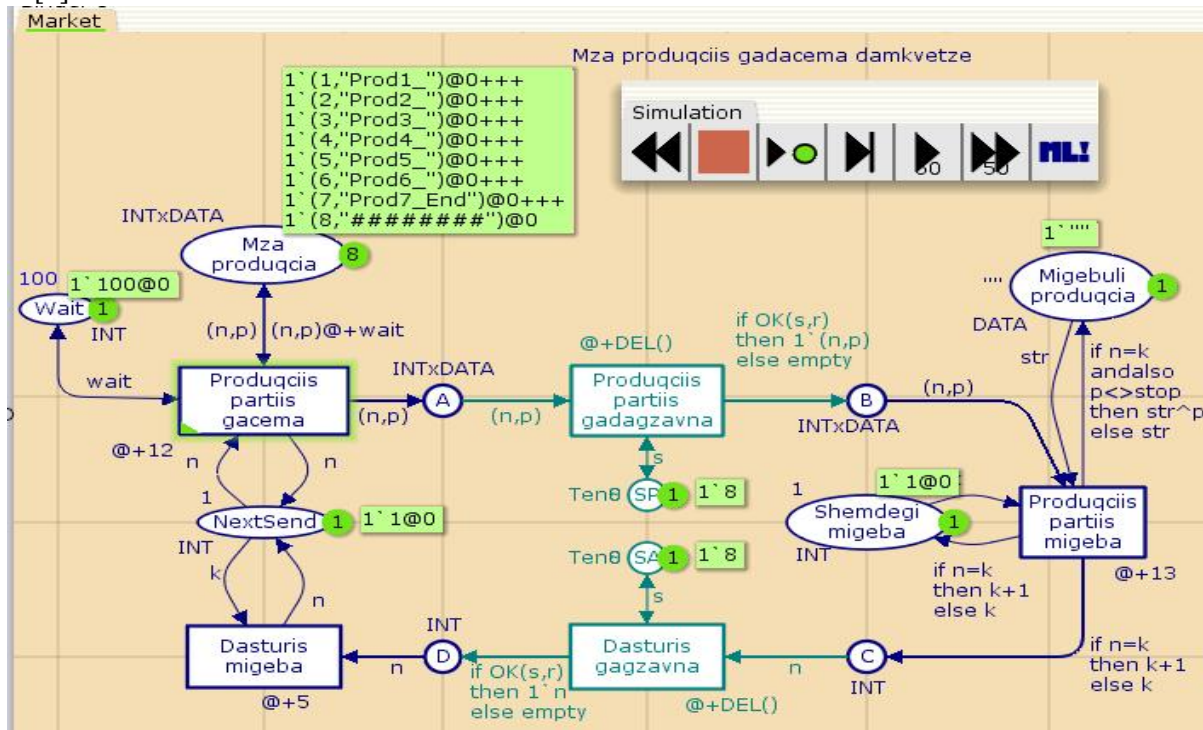
იმისათვის, რომ ადეკვატურად შევაფასოთ სისტემა, აუცილებელია გვექონდეს საკმარისი ინფორმაცია. ამ შემთხვევაში ფაქტობრივი მონაცემების შეგროვება ხდება სამი წყაროს საშუალებით: იმიტაციური ექსპერიმენტის პროცესის შედეგად, ფირმის სამეურნეო-საქმიანობის წლიური ანგარიშიდან და ექსპერტებიდან (რაც თხოულობს ექსპერტულ შეფასებას).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

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

2. ძირითადი ნაწილი

მარკეტინგული პროცესების ერთიანი CPN მოდელი კომპლექსური კვლევის ობიექტია [3]. მისი, როგორც იმიტაციური მოდელის დეტალური ანალიზის ჩატარება საკმაოდ 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 ძირითადი იერარქიული მოდულები: საბაზრო მოთხოვნების განსაზღვრის; პროდუქციის წარმოების დაგეგმვის; წარმოების ტექნიკური მომზადებისა და პროდუქციის წარმოების; პროდუქციის გაცემის (სასაწყობო მეურნეობა); პროდუქციის გადაზიდვის (ტრანსპორტირება), მიღებისა და დამკვეთის შეტყობინების (ნახ.1); ფაქტობრივი მდგომარეობის აღრიცხვის; საწარმოო და სარეალიზაციო გეგმების შესრულების ანალიზის;

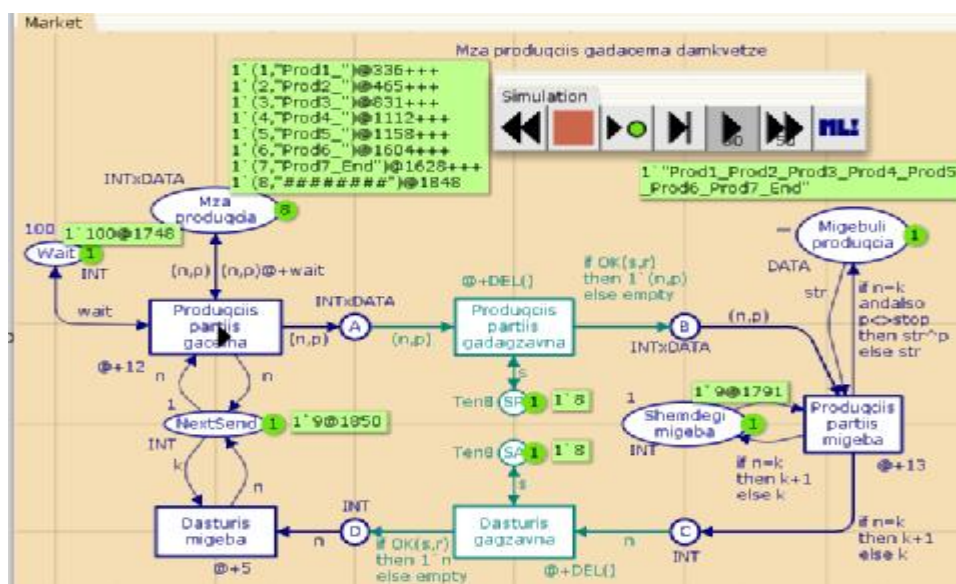
ეკონომიკური მაჩვენებლების ანგარიშისა და ანალიზის; ახალი საბაზრო სტრატეგიის ფორმირების და ა.შ. [4].



ნახ.1. საწყისი მდგომარეობა

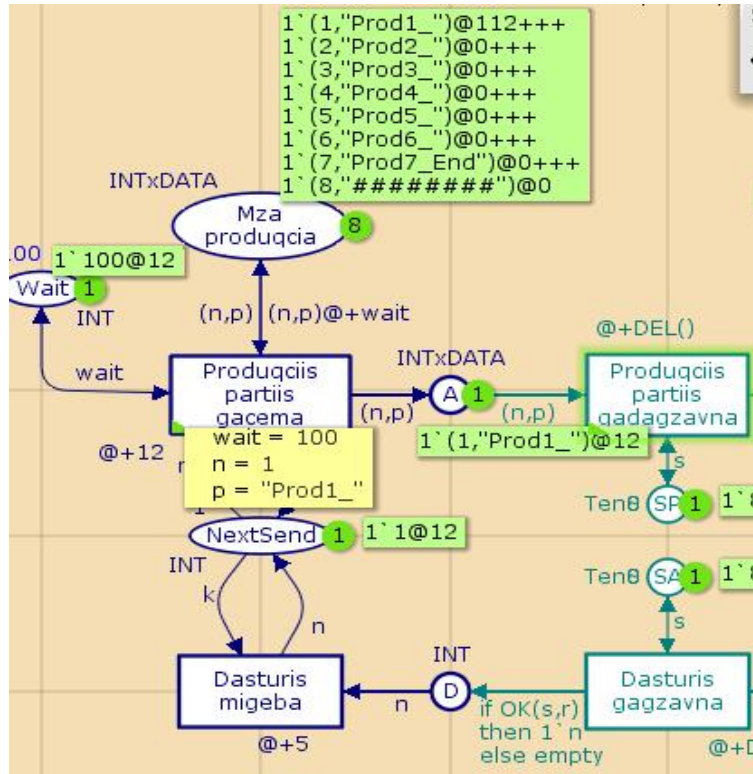
მე-2 ნახაზზე ჩანს, რომ მარკერს Next_Send-ში აქვს დროითი ჭდე. ინტუიციურად ეს ნიშნავს, რომ მიმწოდებელს არ შეუძლია ახალი Prod.partiis_gacema-ის ან Receive Acknow-ის გაშვება, თუ ერთ-ერთი მაინც ამათგან უკვე გაშვებულია და არ დამთავრებულია. იმიტაციური მოდელზე სიმულაციის რამდენიმე ბიჯის შემდეგ მიიღება დამყარებული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

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



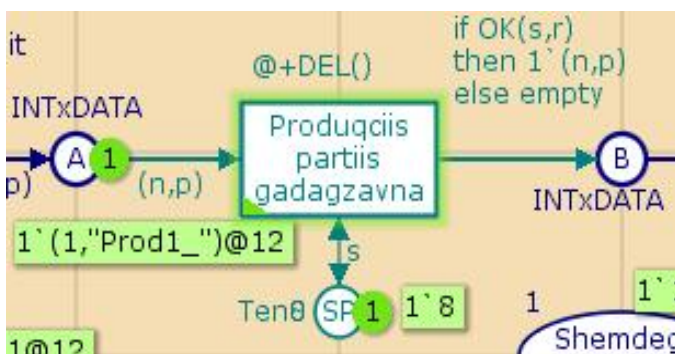
ნახ.2.. საბოლოო მდგომარეობა (პროდუქციის 7 პარტიის გადაცემის შემდეგ)

მე-4 ნახაზი კი შეესაბამება პეტრის ქსელის ახალ მარკირებას პირველი ბიჯის შემდეგ. აქ შესაძლებელია, 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 Produciis partiis gacemis გადასასვლელის დროითი დაყოფნაა $@+12$). ახლა გააქტიურდა Produciis partiis gadagzavnis გადასასვლელი და შესაძლებელია ასევე Produciis 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.

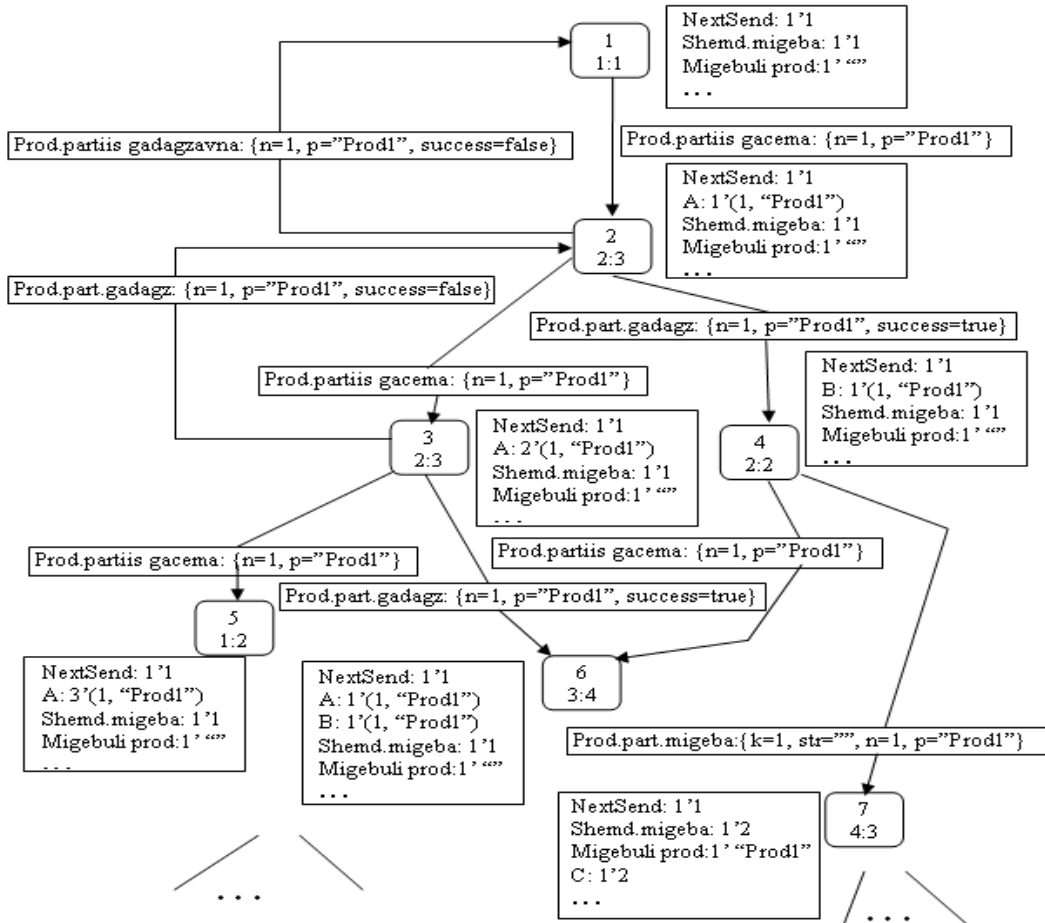
ამ გადასასვლელიდან B-პოზიციაში შემავალი რეალი ლოგიკურ პირობას აკონტროლებს, ანუ დასაშვებია ორი შემთხვევა:

- TP+=(Produciis_partiis_gadagzavna, <n=1,p="Prod1", success=true>),
- TP-=(Produciis_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 ლისტინგი:

```

Statistics // მდგომარეობათა სივრცის სტატისტიკა
-----
State Space // მდგომარეობათა სივრცე
Nodes: 55 // შუკერვალების რაოდენობა
Arcs: 58 // რკალების რაოდენობა
Secs: 0 // ერთი ბიჯის შემდეგ დრო 0-ია
Status: Partial // ნაწილობრივ შესრულებული
Scc Graph // მკაცრად 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_produqcia 1
1 1
Market'Mza_produqcia 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
    
```

```

Market'Wait 1      1      1      // ყოველთვის 1 მარკერია
Market'Wait 1      1      1
Best Upper Multi-set Bounds // მულტი-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      // შემდეგი უნდა იყოს მე-5
Market'D 1      1`5      // შემდეგი უნდა იყოს მე-5
Market'Migebuli_produqcia 1
      1`"Prod1_Prod2_Prod3_Prod4_"
Market'Mza_produqcia 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      // შემდეგი 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      // შემდეგი 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_produqcia 1
      1`"Prod1_Prod2_Prod3_Prod4_"
Market'Mza_produqcia 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

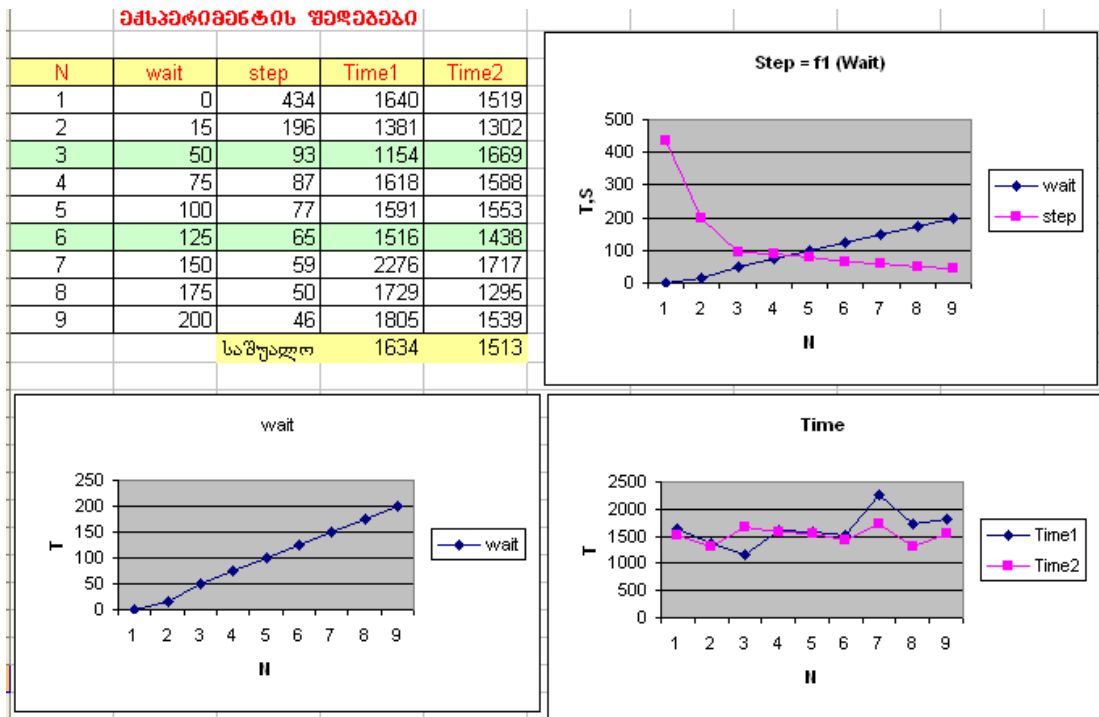
Dead Markings: 33 [55,54,53,52,51,...]
Dead Transitions Instances: None
Live Transitions Instances: None
Fairness Properties

No infinite occurrence sequences.

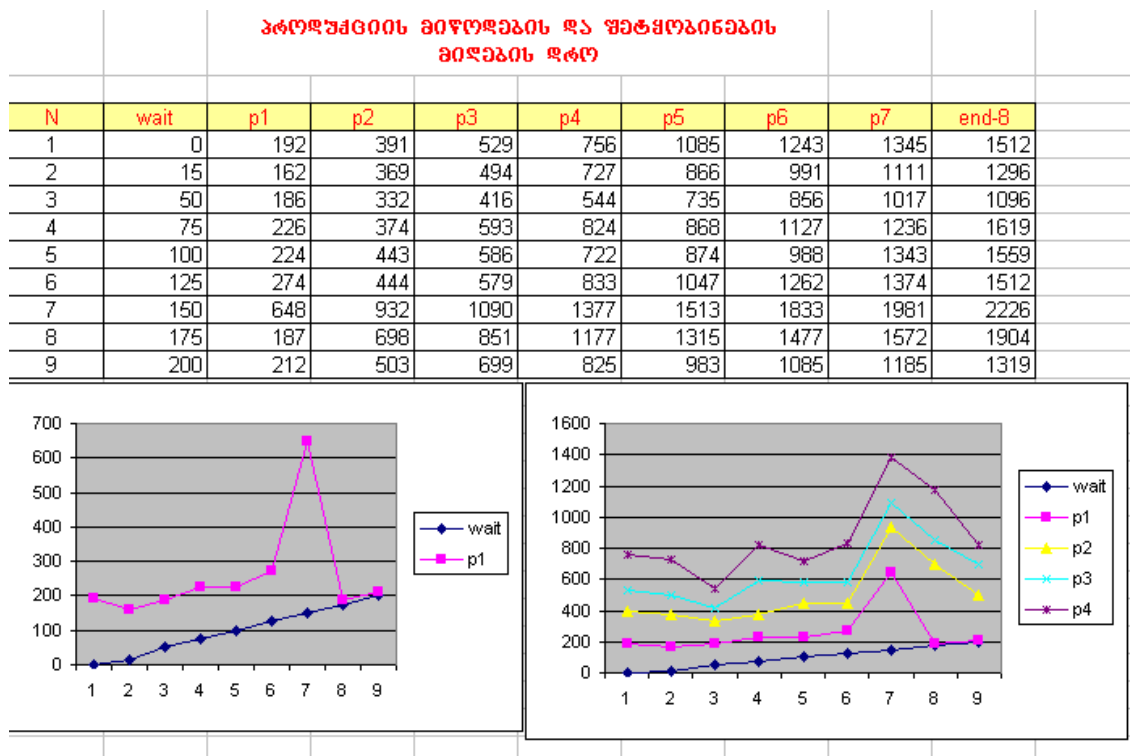
და ა.შ. მთლიანი იმიტაციური პროცესის დასრულების შემდეგ სურათი შეიცვლება.

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

იმიტაციური მოდელირების ექსპერიმენტის 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 – დიდი სისტემების მოდელირებისთვის), რაც მის დიდ პრაქტიკულ ღირებულებასაც განაპირობებს თანამედროვე ინფორმაციულ ტექნოლოგიათა გამოყენების მრავალ სფეროში, განსაკუთრებით ბიზნესისა და მარკეტინგის მენეჯმენტის ამოცანების გადასაწყვეტად.

ლიტერატურა:

1. კოტლერი ფ. მარკეტინგის საფუძვლები. თარგ. 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.კრ. მას-№2(5), 2008. გვ.9–16.

SIMULATION OF PROCESSES OF DELIVERY OF PRODUCTION ON THE BASIS OF COLURED 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.