

ტერიტორიულად განაწილებული ქსელების საიმედოობისა და სიცოცხლისუნარიანობის საკითხისათვის

რევაზ კაკუბავა, დავით წამალაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

წარმოდგენილია ტერიტორიულად განაწილებული საინფორმაციო სისტემების ფუნქციონის საიმედოობის კვლევასთან დაკავშირებული საკითხები, რომელთა გადაწყვეტის შემთხვევაშიც შესაძლებელი იქნება მათი ფუნქციონის ეფექტიანობის ამაღლება. განხილულია რთული ტექნიკური სისტემების საიმედოობის მეცნიერული საპროგნოზო მაჩვენებლების დადგენისათვის აუცილებელი მოდელის აგებისას გამოყენებული ზოგიერთი მეთოდის დახასიათება.

საკვანძო სიტყვები: რთული ტექნიკური სისტემები. საიმედოობა. მოდელირება. მარკოვის პროცესები.

1. შესავალი

დღევანდელი მოთხოვნებიდან გამომდინარე ტერიტორიულად განაწილებულ ქსელებში (სისტემებში) გაჩნდა „დიდი მოცულობის მონაცემების“ გადამუშავების, შენახვის, გადაცემის სისწრაფის და თვით სისტემის ფუნქციონის საიმედოობის ამაღლების აუცილებლობა. საიმედოობის კომპლექსური მაჩვენებელი იქცა პირდაპირ მოქმედ ეკონომიკურ ფაქტორად.

სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებობს „ტერიტორიულად განაწილებული სისტემების“ (ქსელების) სხვადასხვა განმარტება, რომელთაგან მოვიყვანთ ერთს, რომელიც ჩვენი აზრით უფრო ზუსტად გამოხატავს ტერმინის არსს: „განაწილებული სისტემა (გს) - ესაა დამოუკიდებელი კომპიუტერების ნაკრები, რომელიც მისი მომხმარებლების მიერ აღიქმება, როგორც ერთადერთი თანმიმდევრული სისტემა“ [1];

განაწილებული სისტემების კლასიფიცირება შესაძლებელია სხვადასხვა ნიშნების მიხედვით: სისტემაში ელემენტების რაოდენობით; განაწილებული სისტემების ორგანიზების დონის მიხედვით; შეთავაზებული რესურსის ტიპების მიხედვით და სხვა.

შეთავაზებული რესურსის ტიპების მიხედვით გს - ის ერთ-ერთი სახეობაა ტერიტორიულად განაწილებული საინფორმაციო სისტემები (Data Grid), რომელიც წარმოადგენს ჩვენი კვლევების საგანს.

განაწილებული საინფორმაციო სისტემები მათი კუთვნილი გამოთვლითი საშუალებების (Data Grid) რესურსით იძლევა შესაძლებლობას გადამუშავებული და ნებისმიერ მანძილზე გადაცემული იქნეს დიდი მოცულობის მონაცემები. ძირითადი მოთხოვნები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს განაწილებული საინფორმაციო სისტემები, ესაა მათი მასშტაბურობა, საიმედოობა და უსაფრთხოება.

რთული ტექნიკური სისტემების შექმნა და გამოყენება საიმედოობის უზრუნველყოფის სპეციალური ზომების გარეშე ნაკლებ ეფექტიანია. საშიშროებას წარმოადგენს არა მარტო ის, რომ ახალმა რთულმა სისტემამ ვერ იმუშაოს, არამედ

მტყუნებამ მუშაობისას შეიძლება გამოიწვიოს ძალიან სერიოზული შედეგები. აღნიშნულიდან გამომდინარე, სისტემების დაპროექტების, დამზადებისა და ექსპლუატაციისას აუცილებელია მიღებული იქნეს სათანადო ზომები მათი შემადგენელი ელემენტების საიმედოობის ამაღლებისათვის.

არსებული და დაპროექტების სტადიაზე მყოფი რთული ტექნიკური სისტემების ფუნქციონა ეფექტიანად შეიძლება გამოვიკვლიოთ მათემატიკური მეთოდებით, რომელთა რეალიზაციაც წარმატებით ხორციელდება თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების საშუალებით. ქვემოთ მოცემულია რთული სისტემების ექსპლუატაციის საიმედოობის მოსალოდნელი მაჩვენებლების დადგენისათვის აუცილებელი მოდელების აგებისას გამოსაყენებელი ზოგიერთი მეთოდის დახასიათება.

2. ძირითადი ნაწილი

ქვემოთ მოყვანილ მსჯელობებში გამოყენებულ ტერმინს „ობიექტი“ - ვუწოდებთ გარკვეული მიზნობრივი დანიშნულების მქონე ტექნიკურ ნაწარმს, რომელიც განიხილება, როგორც დაპროექტების, ასევე წარმოების, გამოცდის და ექსპლუატაციის სტადიაზე.

ობიექტი შეიძლება იყოს სხვადასხვა სისტემა და მათი ელემენტები - დანადგარები, ტექნიკური ნაწარმი, მოწყობილობა, აპარატები, აგრეგატები, ხელსაწყოები და მათი ნაწილები.

რთული ტექნიკური სისტემა - ესაა ობიექტი, რომელიც წარმოადგენს გარკვეული წესით დაკავშირებულ ელემენტთა ერთობლიობას და რომლებიც ურთიერთქმედებენ ისე, რომ უზრუნველყონ სისტემის მიერ რთული ფუნქციის შესრულება.

სისტემურობის ნიშანია სისტემის სტრუქტურულობა, მისი შემადგენელი ნაწილების ურთიერთკავშირი, მთელი სისტემის ორგანიზებულობის მიმართვა გარკვეული მიზნების შესრულებისაკენ. სისტემა ფუნქციონებს სივრცესა და დროში.

საინფორმაციო სისტემა - ესაა რთული ადამიანურ - მანქანური სისტემა, რომელიც მოიცავს ერგატულ ნაწილებს, ტექნიკურ საშუალებებს და პროგრამულ უზრუნველყოფას. ხსენებული სისტემების საიმედოობის ანალიზისას მიზანშეწონილია განხილული იქნეს შემდეგი ეტაპები: დაპროექტება; დამზადება; გამოცდა; ექსპლუატაცია. ქვემოთ მოკლედ შევხებით კვლევისა და დაპროექტების ეტაპზე გამოყენებულ საიმედოობის განსაზღვრის ზოგიერთ მოდელსა და გაანგარიშების მეთოდს.

ტერიტორიულად განაწილებული სისტემების ხარისხის ძირითადი კომპონენტებია საიმედოობა, უტყუარობა და უსაფრთხოება. საიმედოობა - ესაა სისტემის თვისება გარკვეული დროის განმავლობაში შეინარჩუნოს მოცემულ რეჟიმსა და პირობებში ფუნქციონისათვის აუცილებელი პარამეტრების მნიშვნელობები დადგენილ საზღვრებში. საიმედოობა რთული თვისებაა, რომელიც თავისთავში მოიცავს კიდევ რამდენიმე ცალკეულ თვისებას: შეუფერხებლობას, მზადყოფნას, შენახულობას, სარემონტოდ გამოსადეგობას, უსაფრთხოებას და გამძლეობას.

სისტემის მიერ შესასრულებელი ფუნქციების რაოდენობისა და ხარისხიანობის ამაღლებისას რთულდება თვით სისტემა და მისი მტყუნების შემთხვევაში მნიშვნელოვნად მცირდება სისტემის ეკონომიკური ეფექტიანობა. მოთხოვნების მომსახურება

ხსენებულ სისტემებში წარმოებს ხელსაწყოებით და მათი რაოდენობა მასობრივი მომსახურების სისტემებში მერყეობს ერთიდან დაწყებული უსასრულო რაოდენობის აპარატურამდე.

საიმედოობის მაჩვენებელი - ესაა სისტემის საიმედოობის განმსაზღვრელი ერთი ან რამოდენიმე თვისების რიცხვითი მახასიათებელი. საიმედოობის მაჩვენებელთა უმეტესობა ემყარება სისტემის მუშაობის ხანგრძლივობას ან მის მიერ შესრულებული სამუშაოს მოცულობას. სისტემის საიმედოობის ერთი რომელიმე თვისების მაჩვენებელს ეწოდება ერთეულოვანი. საიმედოობის კომპლექსური მაჩვენებელი კი ახასიათებს სისტემის საიმედოობის განმსაზღვრელ რამოდენიმე თვისებას.

ზემოთ აღინიშნა, რომ საიმედოობის მაჩვენებლების გამოთვლა ხდება ობიექტების სასიცოცხლო ციკლის (დაპროექტების, დამზადების, გამოცდისა და ექსპლოატაციის) სხვადასხვა ეტაპზე. ვინაიდან სისტემებში წარმოქმნილი დროებითი მტყუნებები შემთხვევითი ხასიათისაა ამიტომ დროისა და ადგილის მიხედვით მათი ზუსტად დადგენა და წინასწარი სრული პრევენცია შეუძლებელია. ამავ დროს, შესაძლებელია გარკვეული მეთოდების გამოყენებით შევამციროთ მტყუნებათა სიხშირეები.

გამოცდებისა და ექსპლოატაციის ეტაპზე სისტემის საიმედოობის განსაზღვრა ხდება მისი რიცხობრივი მაჩვენებლების დადგენის მიზნით. ასეთი გაანგარიშებები, როგორც წესი, ატარებენ კონსტანტაციის ხასიათს. ამ შემთხვევაში გათვლების შედეგები გვიჩვენებენ ექსპლოატაციის გარკვეულ რეჟიმში როგორი საიმედოობის მქონენი არიან გამოსაცდელი ტექნიკური სისტემები. მიღებული შედეგების საფუძველზე მუშავდება სისტემის საიმედოობის ამაღლების ღონისძიებები, დგინდება სუსტი ადგილები (რგოლები), ხდება საიმედოობისა და მასზე ცალკეული ფაქტორების გავლენის შეფასება.

რთული სისტემების საიმედოობა მიიღწევა მისი აპარატურული (hardware) და პროგრამული (software) ნაწილების საიმედოობის უზრუნველყოფით.

სისტემების კვლევისა და დაპროექტების ეტაპზე კომპიუტერული მოდელების (ანალიზური და იმიტაციური) აგებისა და რეალიზაციისას საიმედოობის გაანგარიშებისათვის გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდი და მოდელი.

რთული სისტემების საიმედოობისა და უსაფრთხოების ანალიზის მოდელები უმრავლეს შემთხვევაში მარკოვის პროცესების თეორიის საფუძველზეა აგებული. სახელდობრ, დიდი გამოყენება აქვს მარკოვის პროცესებს უწყვეტი დროითა და მდგომარეობათა დისკრეტული სივრცით. სისტემაში მიმდინარე პროცესს ეწოდება მარკოვის პროცესი, თუ დროის ყოველი მომენტისათვის სისტემის ნებისმიერი მდგომარეობის ალბათობა მომავალში დამოკიდებულია მხოლოდ სისტემის მდგომარეობაზე მიმდინარე მომენტში და არ არის დამოკიდებული იმაზე, თუ როგორ მოვიდა სისტემა ამ მდგომარეობაში. საინფორმაციო სისტემის ტესტირების პროცესი განიხილება როგორც მარკოვის პროცესი.

პროცესს ეწოდება პროცესი დისკრეტული მდგომარეობით, თუ შესაძლებელია მისი შესაძლო მდგომარეობების წინასწარ ჩამოთვლა, ანუ სისტემის მდგომარეობათა რაოდენობა ეკუთვნის თვლად სიმრავლეს და სისტემის გადასვლა ერთი მდგომარეობიდან მეორე მდგომარეობაში ხდება მყისიერად. პროცესს ეწოდება პროცესი უწყვეტი დროით, თუ სისტემის მდგომარეობის შეცვლა შეიძლება მოხდეს ნებისმიერ

შემთხვევით მომენტში. მტყუნების პროცესის დაწყება და საიმედოობის სხვა მახასიათებლები შემთხვევითი ხასიათისაა. შემთხვევითი მოვლენების კვლევა ხდება ალბათური მეთოდებით.

ამრიგად, საიმედოობის, როგორც ტექნიკური სისტემის მახასიათებელი თვისების განმასხვავებელი ნიშანია ის, რომ იგი ხასიათდება დროში მიმდინარე ალბათური პროცესებით. მარკოვის შემთხვევითი პროცესები ალბათური პროცესების კერძო შემთხვევებია. თავის მხრივ, შემთხვევითი პროცესები ეფუძნება შემთხვევით ფუნქციებს. თუ შემთხვევით მიმდევრობას აქვს მარკოვის თვისებები, მაშინ მას მარკოვის ჯაჭვი ეწოდება. თუ შემთხვევით პროცესში მდგომარეობები დისკრეტულია, დრო უწყვეტი და თვისება მოქმედების შემდეგ შენარჩუნდება, მაშინ ასეთ შემთხვევით პროცესს ეწოდება მარკოვის პროცესი უწყვეტი დროით.

მარკოვის ჯაჭვის სისტემის მდგომარეობების სიმრავლის კლასიფიკაცია ხდება გარკვეული წესით, სისტემის შემდგომი ქცევის გათვალისწინებით. ასეთი მოდელირება გამოიყენება მრავალ ტექნიკურ სისტემაში. ასეთებს უპირველეს ყოვლისა მიეკუთვნება სხვადასხვაგვარი ობიექტების ფართო კლასი, რომელიც პრაქტიკაში ცნობილია უფრო ერთი საერთო დასახელებით - მასობრივი მომსახურების სისტემები.

დიდი რაოდენობის მდგომარეობების მქონე მრავალელემენტური სისტემებში მარკოვის პროცესებზე დაფუძნებული ანალიზური მოდელირება ხდება ურთულესი. ამ შემთხვევაში გამოიყენება ე.წ. საშუალოთა დინამიკის მეთოდი, რომელიც ეფუძნება ასევე მარკოვის პროცესებს. ეს მეთოდი მნიშვნელოვნად ამარტივებს ანალიზურ მოდელირებას განსახილველი სისტემის მდგომარეობის საშუალო მახასიათებლების განსაზღვრის შემთხვევისათვის.

პრაქტიკულ საქმიანობაში ხშირად წარმოიშვება საკვლევ ობიექტში მდგომარეობის შემთხვევითი ცვლილების მოდელირების ამოცანა. მორიგი მდგომარეობის სახე შეიძლება განისაზღვროს შემთხვევით, მდგომარეობის ცვლილება შეიძლება მოხდეს დროის შემთხვევით ან არაშემთხვევით მომენტში. პრაქტიკულად, ნებისმიერი შემთხვევითი პროცესი წარმოადგენს მარკოვის პროცესს ან შეიძლება დაყვანილი იქნეს მარკოვის პროცესამდე. მარკოვის პროცესები იყოფა ორ კლასად: - დისკრეტული მარკოვის პროცესები (მარკოვის ჯაჭვები); - მარკოვის უწყვეტი პროცესები. მარკოვის ჯაჭვი შეიძლება წარმოადგენილი იქნეს გრაფის სახით, რომლის წვეროები შეესაბამება ჯაჭვის მდგომარეობას, ხოლო რკალები გადასვლების არანულოვან ალბათობებს.

მარკოვის მოდელის შემთხვევაში სისტემის ქცევის აღწერისათვის უნდა განისაზღვროს სისტემის მდგომარეობის ცნება; გამოვლინდეს ყველა ის მდგომარეობა, რომელშიც შეიძლება აღმოჩნდეს სისტემა. მიეთითოს, როგორ მდგომარეობაში არის სისტემა საწყის მომენტში; აიგოს მდგომარეობათა გრაფი და შესაძლო გადასვლები ერთი მდგომარეობიდან მეორე მდგომარეობაში - მდგომარეობების შემაერთებელი ისრებით (მდგომარეობის შესაბამისი გრაფის წვეროები აღინიშნება S_i -ით, ხოლო მიმართულების მქონე რკალებით გარდამავალი ალბათობები); მოინიშნოს გრაფი, ანუ ყოველი გადასვლისათვის მიეთითოს S_i მდგომარეობიდან S_j მდგომარეობაში გადაყვანის ხდომილებათა $\lambda(t)$ ინტენსივობა. სტაციონარული მარკოვის პროცესებისათვის გადასვლების ინტენსივობები არ არის დამოკიდებული დროზე. მდგომარეობის ცნება

დამოკიდებულია მოდელირების მიზნებზე. ერთ შემთხვევაში ის შეიძლება განისაზღვროს ელემენტების მდგომარებით, რომელთაგან ყოველი მათგანი შეიძლება იყოს „თავისუფალი“ ან „დაკავებული“; სხვა შემთხვევაში სისტემის მდგომარეობა შეიძლება განისაზღვროს მომსახურებაზე მყოფი განაცხადების რაოდენობითა და რიგებით.

მარკოვის ჯაჭვს უწოდებენ სასრულს, როცა სისტემის მდგომარეობათა რაოდენობა $S = \{ S_1, \dots, S_n \}$ სასრულია. მარკოვის სასრული ჯაჭვი შეიძლება განსაზღვრული იყოს უწყვეტ ან დისკრეტულ დროში. პირველ შემთხვევაში პროცესების გადასვლები ერთი მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში დაკავშირებულია დროის ნებისმიერ t_0, t_1, t_2 და ა.შ. მომენტთან და ჯაჭვს უწყვეტი ეწოდება; ხოლო მეორე შემთხვევაში ერთი მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში გადასვლა ხდება მხოლოდ დროის ფიქსირებულ მომენტებში და ჯაჭვს ეწოდება დისკრეტული.

მარკოვის დისკრეტული ჯაჭვი განისაზღვრება: $S = \{ S_1, \dots, S_k \}$ მდგომარეობათა სიმრავლით; გადასვლების P ალბათობათა მატრიცით, რომლის ელემენტები ახასიათებს S_i მდგომარეობიდან S_j მდგომარეობაში გადასვლის ალბათობას; საწყის ალბათობათა $V_0 = \{ P_1(0), \dots, P_k(0) \}$ ვექტორით, რომელიც განსაზღვრავს $P_i(0)$ ალბათობას იმისას, რომ საწყის $t=0$ მომენტში პროცესი იმყოფება S_i მდგომარეობაში.

მარკოვის ჯაჭვი წარმოშობს შემთხვევითი $f(t)$ პროცესების რეალიზაციათა სიმრავლეს, რომელიც შეიძლება წარმოვიდგინოთ დროის $t = 0, 1, 2, \dots$ მომენტების შესაბამისი $f(t) = \{ S_i(0), S_i(1), S_i(2), \dots \}$ მიმდევრობის სახით. ერთი მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში გადასვლის შესაძლებლობებიდან გამომდინარე მარკოვის ჯაჭვები იყოფა შთანთქმად და ერგოდიულ ჯაჭვებად. ერგოდიული მარკოვის ჯაჭვი მდგომარეობათა სიმრავლეა, დაკავშირებული გარდამავალ ალბათობათა მატრიცით ისე, რომ რომელი მდგომარეობიდანაც არ უნდა გამოდიოდეს პროცესი, გარკვეული ნაბიჯების შემდეგ ის შეიძლება აღმოჩნდეს ნებისმიერ მდგომარეობაში.

ერგოდიული ჯაჭვით წარმოშობილი რომელიმე მდგომარეობაში მყოფი პროცესი არასოდეს სრულდება, არამედ მიმდევრობით გადადის ერთი მდგომარეობიდან სხვა მდგომარეობაში, გარდამავალ ალბათობისაგან დამოკიდებულებით, ხვდება რა სხვადასხვა მდგომარეობაში სხვადასხვა სიხშირით. ამიტომ, ერგოდიული ჯაჭვის ძირითადი მახასიათებელია - პროცესის ყოფნა S_j ($j = 1, 2, \dots, k$) მდგომარეობებში, ან პროცესის S_j მდგომარეობებში მოხვედრის ფარდობითი სიხშირეები და დროის ის წილი, რომელშიც იმყოფება პროცესი თითოეულ მდგომარეობაში.

ერგოდიული ჯაჭვები ხშირად გამოიყენება სისტემების საიმედოობის მოდელებში. ამ შემთხვევაში ჯაჭვის მდგომარეობები შეესაბამება სისტემის მდგომარეობებს, რომლებიც განსხვავდება ერთმანეთისაგან გამართული და მტყუნებული მოწყობილობების შემადგენლობით. მდგომარეობებს შორის გადასვლები დაკავშირებულია მტყუნებებსა და აღდგენებს და მათ შორის კავშირების რეკონფიგურაციებს შორის, რომელიც სრულდება სისტემის მუშაუნარიანობის შენარჩუნების მიზნით. ერგოდიული ჯაჭვის მახასიათებლების შეფასებები საშუალებას იძლევა წარმოდგენა ვიქონიოთ მთლიანი სისტემის საიმედოობის ქცევაზე.

ზემოაღნიშნული ეხება რთული სისტემების მხოლოდ აპარატურული უზრუნველყოფის საშუალებებს (შემადგენელი ელემენტებს).

3. დასკვნა

1. მრავალრიცხოვანი (ერთიდან დაწყებული უსასრულო რაოდენობამდე) აპარატურის მქონე სისტემების შექმნა და გამოყენება საიმედოობის უზრუნველყოფის სპეციალური ზომების გარეშე არაეფექტური და რისკის შემცველია. მტყუნებამ მუშაობისას შეიძლება გამოიწვიოს ძალზე სერიოზული შედეგები.

2. აუცილებელია დადგენილი იქნეს საიმედოობის მოსალოდნელი (საპროგნოზო) მაჩვენებლები, რათა გარკვეული წინმსწრები ღონისძიებებით მნიშვნელოვნად შევამციროთ მტყუნებათა სიხშირეები.

ლიტერატურა:

1. Tanenbaum A., Van Steem M. (2007). Distributed systems. Pearson Prentice Hall.
2. Barlow R.E., Proschan F. (1996). Mathematical Theory of reliability. SIAM.
3. Demidenko O.M. (2002). Means and technology of parameters monitoring of computational process and working load on a local computer network. Journal of Automation and Information Sciences – T. 34, № 5-8., pp. 33-39.
4. Harras K.A., Wittle M.P., Almeroth K.C., Belding M.E. (2007). ParaNets: A Parallel Network Architecture for Challenged Networks. in Proc. of the 7th IEEE Workshop on mobile Computing Systems and Applications (Hotmobile), Tucson, AZ, -P. 73-78, February.
5. Kakubava R.V. (2013). Reliability Model for Standby with Replacement Delays of Failed Elements. Automatic Control and Computer Sciences, 2013, Vol. 47, #2, pp.94-98. Allerton Press.
6. Kakubava R. (2010). Multi-Line Closed Queuing System for Two Maintenance Operations. Reliability & Risk Analysis: Theory & Applications. Vol.1, #1, <http://www.Gnedenko-forum.org/Jornal/2010>.
7. Kakubava R. (2009). New Markovian and semi-Markovian closed queuing systems with two types of service as mathematical models of reliability and maintenance. VI Int. Conf. Extended Abstracts. Mathematical Methods in Reliability. Theory, Methods, Applications, Moscow.

TERRITORIALY DISTRIBUTED NETWORKS RELIABILITY AND VITALITY ISSUE

Kakubava Revaz, Tsamalashvili David
(Georgian Technical University).

Summary

Article represents functionality of reliability trial-related issues for territorially distributed information systems, solution of which make possible to increase effectiveness of their functioning. In article it's discussed characterization of some methods for constructing models used for establishing estimates of reliability of complex technical systems.

К ВОПРОСУ НАДЕЖНОСТИ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕЙ

Какубава Р., Цамалашвили Д.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Представлены вопросы, связанные с исследованием надежности территориально распределенных информационных систем, решение которых позволит повысить эффективность функционирования управляемых технических систем. Рассмотрены характеристики некоторых методов, используемых при построении моделей для установления научно прогнозируемых показателей надежности сложных технических систем.