

8. Jianye Wei, David F. Treagust, Mauro Mocerino, Anthony D. Lucey, Marjan G. Zadnik & Euan D. Lindsay . Understanding interactions in face-to-face and remote undergraduate science laboratories: a literature review. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research* volume 1, Article number: 14 (2019).
9. D. Lowe, P. Newcombe, & B. Stumpers, (2012). Evaluation of the use of remote laboratories for secondary school science education. *Research in Science Education*, 43(3), 1197–1219).
10. Weighted Decision Matrix. <https://ecampusontario.pressbooks.pub/essentialsofprojectmanagement/chapter/4-3-weighted-decision-matrix/>

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF A REMOTE LABORATORY EXPERIMENT

Archil Prangishvili, Levan Imnaishvili, Maguli Bedineishvili
Georgian Technical University
a_prangi@gtu.ge; l.imnaishvili@gtu.ge; m.bedineishvili@gtu.ge

Summary

Remote laboratory experiments are increasingly used in the educational process. The work is an attempt to answer the question of how effective a remote laboratory experiment is compared to an face to face one. For this purpose, a model for evaluating the efficiency of laboratory experiments has been developed, the efficiency of face to face and remote laboratory experiments have been evaluated.

Key words: remote laboratory experiment, efficiency of laboratory experiment.

სატელეკომუნიკაციო ქსელებში ფიზიკური სტრუქტურის ფუნქციონირებისა და შეფასების ძირითად კრიტერიუმთა ფორმულირება

მარინა ქურდაძე, გივი მურჯიკნელი, გედევან მურჯიკნელი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია სატელეკომუნიკაციო ქსელებში დაჯგუფებული სტრუქტურები, რომლებიც როგორც აპარატურულად, ისე ლოგიკურად ერთი და იგივე კონფიგურაციისა და მათი ფუნქციებიც, გადაწყობის ალგორითმის მიხედვით, ერთნაირია. ასევე, განხილულია აპარატურული ფუნქციონირების და გამოყენების ეფექტურობის საკითხები. კერძოდ ნაჩვენებია ქმედუნარიანობის შენარჩუნების შესაძლებლობა მათი ცალკეული ქვესტრუქტურებისათვის. ნაჩვენებია და ფორმულირებულია თითოეული ქვესტრუქტურის ფუნქციონირების მახასიათებლები და კრიტერიუმები.

საკვანძო სიტყვები: სტრუქტურა; ეფექტურობა; ალგორითმი; კრიტერიუმი; მოდელირება; კონფიგურაცია.

1. შესავალი

ფუნქციურად დაჯგუფებული სტრუქტურების მქონე სატელეკომუნიკაციო ქსელების ეფექტურობის ანალიზის დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება თვით ამ ქვეჯგუფებისა და ოპერაციული კვანძების ეფექტურობის შეფასებას კონკრეტული კრიტერიუმების მხედველობაში მიღებით. საიმედოობის მეთოდების გამოყენების მიხედვით, ქვეჯგუფებად გამოყოფილ მოწყობილობებს მთლიანობაში წაეყენება მთელი რიგი მოთხოვნები, რადგან მათი რეალიზაციისთვის საუკეთესო (ოპტიმალური) ვარიანტის შერჩევა საკმაოდ რთული და სპეციფიკური ამოცანაა. ეს მოთხოვნები შეიცავს გარკვეულ პუნქტებს, რომლებიც ეხება მოწყობილობის დაგეგმარებას, სერიულ წარმოებასა და ექსპლუატაციის პირობებსაც კი. სატელეკომუნიკაციო ქსელების ფუნქციონირების ეფექტურობის შეფასებაში მთავარი საკვანძო მომენტია თვით ეფექტურობის კრიტერიუმების დაკონკრეტება და ყველა ფაქტორის გათვალისწინებით ეფექტურობის შეფასება, რომელიც მეტად გაძნელებულია. ასეთ შემთხვევებში ყველაზე მოსახერხებელია ეფექტურობის კონკრეტული მოდელის დამუშავება.

2. ძირითადი ნაწილი

ზოგადად ცნობილია, რომ ეფექტურობის მოდელი შეიცავს, უპირველს ყოვლისა, გამოსავალ ეფექტს (მაგალითად, ფუნქციის შესრულების მაღალი წრაფქმედება, ფუნქციების რაოდენობის გაზრდა და მათი

რელიიზაციის საიმედოობის გაზრდა, ფუნქციურად დაჯგუფებული მოწყობილობების სტრუქტურის გამარტივება შესასრულებელი ალგორითმების მიხედვით, დანახარჯების შემცირება და ა.შ.). დიდი მნიშვნელობა ენიჭება საჭირო დანახარჯების შეფასებას ფუნქციურად დაჯგუფებული მოწყობილობების შესაქმნელად და მათი ექსპლუატაციაში დასაწერად. ამგვარად, დანახარჯები დიდ გავლენას ახდენს ეფექტურობაზე, კერძოდ მისი დაპროექტებისა და რელიიზაციის დროს საუკეთესო ვარიანტის შერჩევაზე. ეფექტურობის განსაზღვრისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სტრუქტურების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლების შეფასებას. ხარისხობრივი ფუნქცია რაოდენობრივად შეიძლება შეფასდეს ეფექტურობის შეფასების სხვადასხვა საინფორმაციო-სტატისტიკური კრიტერიუმებით. ერთ-ერთი ასეთი კრიტერიუმი გამომთვლელი სტრუქტურებისათვის ვ.მ. გლუშკოვის კრიტერიუმ-მანქანური ოპერაციის ღირებულების კრიტერიუმი $q=S(T)/N(T)$, რომელიც ფუნქციურად დაჯგუფებული მოწყობილობებისათვის განზოგადებულია [1]. $S(T)$ - ამორტიზაციული ანარიცხების ჯამი $N(T)$ - T არის დროში შესრულებული ოპერაციათა რაოდენობა. ამ კრიტერიუმის მიხედვით ორი მოწყობილობიდან ეფექტურად ითვლება ის, რომელსაც q -ს შედარებით მცირე მაჩვენებელი აქვს. მის მიერვეა შემოღებული უფრო ხელსაყრელი კრიტერიუმები – ეფექტური სწრაფქმედება $C=S/V$ თანხა.წმ/ოპერაცია, სადაც S მოწყობილობის ფასია, ხოლო V -სწრაფქმედება, რომელიც, თავის მხრივ, განისაზღვრება, როგორც $V=1/$

$\sum_{i=1}^n P_i \tau_i$. ამ გამოსახულებაში P_i მოწყობილობის ფუნქციის შესრულების დროა, ხოლო τ_i – i -ური კონკრეტული ოპერაციული შესრულების დრო.

ეფექტურობის შეფასების მეორე საინფორმაციო-სტატისტიკური კრიტერიუმი ი.ვ. კუზმინის კრიტერიუმია, რომლის მიხედვითაც მოწყობილობის ეფექტურობა $\Xi(t)$ განისაზღვრება, შემდეგი ფორმულით [4]

$$\Xi(t) = \left\{ \sum_{i=1}^m [H_{io}(t) - H_i(t)] C_{i \min}(t) \right\} / m \sum_{i=1}^m C_i(t), \quad (1)$$

სადაც $C_{i \min}(t)$ იდეალური (პირობითად) მოწყობილობის მინიმალური ფასია; $C_i(t)$ – რეალური მოწყობილობის ფასის მათემატიკური მოლოდინი. შემავალი პარამეტრები განზოგადებულია შერჩეული ნიშნით დაჯგუფებული მოწყობილობებისათვის, კერძოდ $H_{io}(t) - H_i(t) = I_{\max}(t)$ ინფორმაციის მაქსიმალური რაოდენობაა, რომელზეც ოპერირებს ფუნქციურად დაჯგუფებული სტრუქტურა და მდგომარეობის ენტროპია გამოთვლილია ფორმულით [5]:

$$H_{io}(t) = [P_{io}(t) \log P_{io}(t) + [1 - P_{io}(t)] \log [1 - P_{io}(t)]], \quad (2)$$

სადაც შესასრულებელი ფუნქციების მიხედვით დაჯგუფებული ქვესტრუქტურა ბინარულ ინფორმაციაზე ოპერირების დროს იქნება $P_{io}(t) = 0.5$ (ითვლება, რომ ინფორმაციის ნებისმიერი ფორმით წარმოდგენის დროს 1 და 0-ის წარმოქმნის ალბათობა თანაბარი მნიშვნელობებისაა) [10].

ფუნქციურად დაჯგუფებული მოწყობილობების ეფექტურობაზე დიდ გავლენას ახდენს ტექნიკური პარამეტრები, რომელთაგან ძირითადია: გამომთვლელ სტრუქტურაში ალგორითმების (მათ შორის გადაწყობის ალგორითმების) შედეგი, რომელიც განსაზღვრავს გამოთვლის სიზუსტეს (აპარატურული დანახარჯები; მახსოვრობის მოცულობა; საექსპლუატაციო საიმედოობა, აპარატურის სასარგებლო გამოყენების ხარისხის მაჩვენებელი, ღირებულება და ა.შ.).

ერთიანი მთლიანი სისტემის ფუნქციონირების დროს თუ სტრუქტურები შეიცავს მინიმუმ 9 ქვესტრუქტურას, რომლებიც ინფორმაციის გარდაქმნისა და შენახვისას ატარებს არათანაბარ დატვირთვას, მათი უმტყუნო მუშაობის ალბათობების მაღალი მნიშვნელობები განაპირობებს ფუნქცია-ჩანაცვლებადი მოწყობილობების გამოყენების მაღალ ეფექტურობას. საიმედოობის მოდელების აგების დროს ასეთი ქვესტრუქტურების უმტყუნო მუშაობის ალბათობების საკმაოდ მაღალი მნიშვნელობების გამო, იზრდება ფუნქციურად დაჯგუფებული ქვესტრუქტურების გამოყენების ეფექტურობა [7].

განხილულმა ალგორითმმა და კვლევის მეთოდმა კონკრეტული მონაცემების მაჩვენებლების მიხედვით აჩვენა, რომ ფიზიკური და ლოგიკური სტრუქტურის გამოყენების ეფექტურობა, გადაწყობადი

სტრუქტურების დონეზე და მათი საიმედოობის შეფასების მაგალითები, ქვესტრუქტურების ფუნქციების გამოყენების ჯამური ალბათობებით იანგარიშება.

კონკრეტული მონაცემების მიხედვით ამ კენტი (9) დაჯგუფებულ ქვესტრუქტურებში ინფორმაციის მართვისას (გადაცემა-მიღება კომპუტირებულ ქსელში) უმტყუნო მუშაობის ალბათობა შეიძლება გამოითვალოს შემდეგნაირად [10]

$$P_{\text{ნაწ}}(t) = \sum_{i=1}^9 P(H_r)P(A/H_r)_i = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 P_k^i. \quad (3)$$

რაც შემდეგნაირად იშიფრება: დაჯგუფებული ქვესტრუქტურა ამჟღავნებს მაღალი ფუნქციური დატვირთვის უნარს (მით უმეტეს თითოეული კვანძი ფუნქციურად მეტად დატვირთული კრიტერიუმის მქონეა). აქედან გამომდინარე, იზალება სრულიად ახალი მიდგომა საიმედოობის ანალიზისათვის. კერძოდ, ასეთ ფუნქციურად დაჯგუფებულ მოწყობილობაში, სხვადასხვა კვანძზე არის შემდეგნაირი მიდგომა: A და B (აქედან გამომდინარე, რამდენიმე) ფუნქციის შესრულებისას არსებობს შედეგის მიღების რამდენიმე კომბინაცია (განვიხილოთ 9 (კენტი) კომბინაცია) $i = A+B=0 \vee 1 \vee 2 \vee \dots \vee 17 \vee 18$. კერძოდ, 0 (არ შესრულდა) მიიღება მხოლოდ ერთ შემთხვევაში (კომბინაციაში): როცა $A=0$ და $B=0$; 1 (შესრულდა) მიიღება ორი ხერხით: როცა $A=1, B=0$, ან $A=0, B=1$; 2 – სამი ხერხით: როცა $A=0, B=2$, ან $A=1, B=1$, ან $A=2, B=0$ და ა.შ აქედან 0 და 1 გარკვეულია; (არა და კი) დანარჩენი კომბინაციები, როცა ერთ-ერთი კომბინაციით მაინც სრულდება დანარჩენი გადადის მოლოდინის რეჟიმში (ფუნქციის სავარაუდო შესრულების რეჟიმი) და ფუნქციის შესრულების ალბათობა ამით იზრდება [4].

პრაქტიკულად ჩატარებული ანალიზისას ალბათობა იმისა, რომ არც ერთი ფუნქციურად დაჯგუფებული ქვესტრუქტურა არ იმუშავებს $P(0)=0.01$ -ის ტოლია, ხოლო ალბათობა იმისა, რომ იმუშავებს – $P(1)=0.99$ -ის. იმ მოვლენის ალბათობა, როცა უმტყუნოდ იმუშავებს არაუმეტეს ერთი ქვესტრუქტურა არის $P_s(1)=P(0)+P(1)=0.01+0.02=0.03$, მაშინ ალბათობა იმისა, რომ იმუშავებს მეორე ქვესტრუქტურა იქნება: $P_s(2) = 1 - P(1) = 0.97$. ასეთი ლოგიკით და მიდგომით შეიძლება განისაზღვროს არსებული დანარჩენი ქვესტრუქტურების ფუნქციონირების ალბათობები [2,8].

ფორმულაში $P(i)$ ალბათობა მიუთითებს იმაზე, რომ ფუნქციურად დაჯგუფებული ქვესტრუქტურების მუშაობა მოცემული დროის შემთხვევაში (ერთი ციკლის დროს) ფუნქციონირების დადებით რეჟიმში იქნება, ხოლო დანარჩენი – გაჩერებული (მოლოდინის რეჟიმში). ზემოთ მოყვანილი მსჯელობით, ქვესტრუქტურათა დადებითი ფუნქციონირების ალბათობა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით [8]:

$$P_m(t) = \prod_{i=1}^9 e^{-\lambda_i(t)} = e^{-0.99t} \cdot e^{-0.97t} \cdot \dots \cdot e^{-0.55t} = e^{-0.75t}. \quad (4)$$

მთლიანობაში ქვესტრუქტურის საიმედოობაზე მსჯელობისას, ერთ-ერთის მტყუნების დროს, სისტემას შეუძლია იმუშაოს ნორმალურად იმ ქვესტრუქტურების გარკვეული სიმრავლისთვის, რომლებზეც დატვირთვა არ არის მტყუნების ზოლში (გასათვალისწინებელი ტოპოლოგიით). აქედან გამომდინარე, როცა ცალკეული ქვესტრუქტურები მოგვცემს მტყუნებას, მთლიანი სისტემა, ზოგ შემთხვევაში, მაინც იმუშავებს კორექტულად, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ფუნქციონირების შემოთავაზებული საიმედოობის ამაღლების ასეთი მოდელით ეფექტურობა საკმაოდ მაღალ მაჩვენებელს აღწევს.

თუ ზემოთ შემოთავაზებული ალგორითმის მიხედვით ვიმსჯელებთ, სატელეკომუნიკაციო ქსელებში თითოეული ქვესტრუქტურის საიმედოობის შეფასების სიზუსტის გაზრდის მიზნით, ძალზე დიდი მნიშვნელობა აქვს ანალიზი ჩატარდეს ისეთი გამოსახულების მიხედვით, სადაც, საიმედოობის შეფასების ამჯერად არსებულ ცნობილ მეთოდებთან შედარებით, გათვალისწინებულია ფუნქციურად დაჯგუფებული ქვესტრუქტურების ჯამური ალბათობა. ეს ანალიზური გამოსახულება საშუალებას მოგვცემს შეფასდეს მთლიანი მოწყობილობის (ან სისტემის) მზადყოფნის კოეფიციენტი. პრაქტიკული გამოთვლების ჩატარების მიზნით და მსჯელობიდან გამომდინარე, ყველა ზემოთ მოყვანილ გამოსახულებას შეიძლება მიეცეს უფრო მოხერხებული ფორმა[9]:

$$Kr(P) = \frac{\sum_{m=1}^{m \max} \sum_{k=1}^{K \max} [(P_i + 1) - P_i] k_m}{\sum_{m=1}^{m \max} \sum_{k=1}^{K \max} [(P_i + 1) - P_i] K_m + K_0 \sum_{j=0}^{j \max} Q_j}, \quad (5)$$

სადაც $K_0 \sum_{j=0}^{j \max} Q_j(P)$, $Q_j (j = 0, 1, 2, \dots)$ აღნიშნავს ერთი ფუნქციის შემსრულებელ ქვესტრუქტურას, $K_{0 \min} < K_0 < K_{0 \max}$ – კოეფიციენტი, რომელიც მიუთითებს ფუნქციის გადაწყობის საჭიროების ალბათობაზე აპარატურულ სტრუქტურაში (რეალური პირობებისათვის K_0 საკმაოდ მცირეა და სავსებით საკმარისია, რომ იგი მდებარეობდეს საზღვრებში $K_0 = 0,001 - 0,1$).

იმ შემთხვევაში, როცა ყველა ქვესტრუქტურა გამართულად მუშაობს ე.ი. ისინი თავის ფუნქციებს ასრულებს სრულად წინასწარ მოცემული დამაკმაყოფილებელი ალბათობით, მაშინ პრაქტიკული გამოთვლებისათვის პირობითად შეიძლება დავუშვათ, რომ (5) გამოსახულებაში $P_i = P_i$; ეს მიუთითებს იმაზე, რომ (5) ფორმულაში მრიცხველი მიისწრაფვის ერთისკენ, ე.ი. [11]

$$\sum_{m=1}^{m \max} \sum_{K=1}^{K \max} [(P_i + 1) - P_i] K_m \xrightarrow{\max} 1. \quad (6)$$

3. დასკვნა

(5) გამოსახულების მხედველობაში მიღებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ქვესტრუქტურების გარანტირებული ფუნქციონირებისათვის ძალზე დიდი მნიშვნელობა აქვს თითოეული ქვესტრუქტურის ფუნქციების რეალურ გამოყენებას, რომლებსაც შესწევთ ერთმანეთის ჩანაცვლების უნარი. ამ თეორიული კვლევიდან გამომდინარე, შეგვიძლია მრავლად მოვიყვანოთ მთლიან სისტემაში გადაწყობადი სტრუქტურების მქონე სატელეკომუნიკაციო ქსელების საიმედოობის შეფასების მაგალითები. ამგვარი შეფასების მეთოდები მნიშვნელოვნად ზრდის გამოთვლების სიზუსტეს, ჩვეულებრივ მეთოდებთან შედარებით. როდესაც სატელეკომუნიკაციო ქსელების აპარატურულ სტრუქტურაში ფუნქციების შესასრულებლად მატულობს მის სტრუქტურებში არსებული ქვესტრუქტურების გამოყენების ჯამური ალბათობა, მაშინ მის პროპორციულად კლებულობს უნარი შეასრულოს ეს ჩანაცვლების გარეშე, წინასწარ გამოთვლილ საიმედოობის დამაკმაყოფილებელ საზღვრებში, რაც ნიშნავს, რომ შესასრულებელი ფუნქციების რაღაც ხარისხით გამოყენების ალბათობის გაზრდა, შესაბამისი ხარისხობრივი მაჩვენებლით, მიუთითებს მთლიან სისტემაში გარანტირებული ფუნქციის რეალიზაციის ალბათობის შემცირებაზე. ეს კი ასევე ნიშნავს იმას, რომ ფუნქციის გარანტირებული რეალიზაციის რაღაც ხარისხით შემცირება მოითხოვს შესაბამისი ხარისხობრივი მაჩვენებლით ქვესტრუქტურების ფუნქციების გამოყენების ალბათობის გაზრდას.

ლიტერატურა

1. Алексеев, Д.В. Введение в компьютерное моделирование физических задач: Использование Microsoft Visual Basic / Д.В. Алексеев. - М.: Ленанд, 2019. - 272 с
2. Афонин, В.В. Моделирование систем: учебно-практическое пособие / В.В. Афонин, С.А. Федосин. - М.: Интуит, 2016. - 231 с.
3. Данилов, Н.Н. Математическое моделирование радиотехнических систем: Учебное пособие / Н.Н. Данилов. - СПб.: Лань, 2016. - 144 с.
4. Дубейковский, В.И. Эффективное моделирование с AllFusion Process Modeler (BPwin) / В.И. Дубейковский. - М.: Диалог-МИФИ, 2009. - 384 с.
5. Душкин, А.В. Моделирование систем управления и информационно-технического обеспечения: Учебное пособие для вузов / А.В. Душкин, В.И. Новосельцев, В.И. Сумин. - М.: РиС, 2015. - 192 с.
6. Под ред. А.В. Рослякова. Сети следующего поколения NGN. М.: Эко-трендз, 2008 г. 621.39.
7. Bosse van John G. Signaling in Telecommunication Network. John Wiley & Sons. 2010;

8. Труды ИСА РАН: Алгоритмы. Решения. Математическое моделирование. Управление рисками и безопасностью / Под ред. С.В. Емельянова. - М.: Ленанд, 2014. - 102 с.
9. Голиков, А.М. Модуляция, кодирование и моделирование в телекоммуникационных системах. Теория и практика: Учебное пособие / А.М. Голиков. - СПб.: Лань, 2018. - 452 с.
10. Рудаков П.И., Сафонов В.И. Обработка сигналов и изображений. Matlab 5х. М.: „Диалог-мифи”, 2000.
11. Шлома А. М. и др. Новые алгоритмы формирования и обработки сигналов в системах подвижной связи. М.: „Горячая линия-телеком”, 2008.

FORMULATION OF THE MAIN CRITERIA FOR THE FUNCTIONING AND ASSESSMENT OF THE PHYSICAL STRUCTURE IN TELECOMMUNICATION NETWORKS

Marina Kurdadze. Givi Murjikneli. Gedevan Murjikneli

Georgian Technical University

m.kurdadze@gtu.ge; g.murjikneli@gtu.ge; ged.murjikneli@gmail.com

Summary

Structures grouped in telecommunication networks are discussed in the paper, which both hardware and logically have the same configuration and their functions are the same according to the rearrangement algorithm. Issues of hardware functionality and usage efficiency are also discussed. In particular, the ability to maintain capacity for their individual substructures is shown. The performance characteristics and criteria of each substructure are shown and formulated.

PARAMETER IDENTIFICATION OF NONLINEAR SYSTEM USING LINEAR MODEL WITH NONLINEAR FEEDBACK

Besarion Shanshiashvili

Georgian Technical University

b.shanshiashvili@gtu.ge

Abstract

A problem of parameter identification of the nonlinear systems with feedback in the frequency domain is considered. The system is represented by a linear model with nonlinear feedback, the linear element of which is described by the ordinary differential equation and the nonlinear element – by a polynomial function of the second degree. The solution of the problem of parameter identification is reduced to the solution of the algebraic equation using the Fourier approximation. The identification method allows to determine the static characteristics in the stationary state, and dynamic characteristics in the steady state, based on the method of the least squares. The parameter identification method is investigated in terms of accuracy.

Keywords: nonlinear system, feedback, identification, parameter, equation.

1. INTRODUCTION

Nonlinear systems that function with feedback are widespread in industrial processes, in particular in mining and smelting, chemicals, the pulp-and-paper industry, ecology, etc. One class of such systems is defined by the fact that a part of the initial material remains unprocessed up to the required condition, when passing through to the working part of the object, returns to the entry of this object for re-processing. Such systems with positive feedback are characterized by the maximum raw material utilization and comparatively high efficiency [1].

In order to determine the regularity of current processes and for their control in nonlinear systems, the block-oriented models are commonly used [2] or general models, in particular, the Volterra [3] and Wiener [4] series and the Kolmogorov-Gabor [5, 6] continuous and discrete polynomials.