

ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავება არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაციისათვის MATLAB/Simulink გარემოში

ბესარიონ შანშიაშვილი, ირმა დავითაშვილი, ნინო მჭედლიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

b.shanshiashvili@gtu.ge, i.davitashvili@gtu.ge, nino.mchedlishvili@gtu.ge

რეზიუმე

ნაშრომის მიზანია არაწრფივი დინამიკური სისტემების პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანის გადასაწყვეტად ექსპერიმენტალური მონაცემების დამუშავება, როდესაც საკვლევ ობიექტზე მოქმედებს ჰარმონიული სიგნალი ცვლადი სიხშირით. არაწრფივი დინამიკური სისტემების პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანის გადასაწყვეტად საჭიროა: ობიექტის გამოსასვლელზე დამყარებული რეჟიმში მიღებული იძულებითი რხევის ერთი ან რამდენიმე პერიოდის გამოყოფა ფურიეს კოეფიციენტების განსაზღვრისათვის, მათი შემდგომი გამოყენების მიზნით ობიექტის პარამეტრული იდენტიფიკაციისათვის. ზემოთ მოყვანილი მიზნის მისაღწევად გამოყენებულია კომპიუტერული მოდელირების სისტემა Matlab-ი და მასში ინტეგრირებული სტრუქტურული მოდელირების სისტემა Simulink-ი. შემუშავებულია პროგრამული კოდი პროცესის ავტომატიზაციისათვის, სტრუქტურული მოდელირების სქემები, გამოყენებულია ფურიეს კოეფიციენტების განსაზღვრის საშუალებები - fft-ფუნქცია და fft ბლოკი. შემუშავებული მეთოდიკა შემოწმებულია არაწრფივი დინამიკური სისტემის კონკრეტულ მაგალითზე.

საკვანძო სიტყვები: არაწრფივი სისტემები, პარამეტრული იდენტიფიკაცია, ფურიეს კოეფიციენტები, კომპიუტერული მოდელირების სისტემა Matlab/Simulink.

1. შესავალი

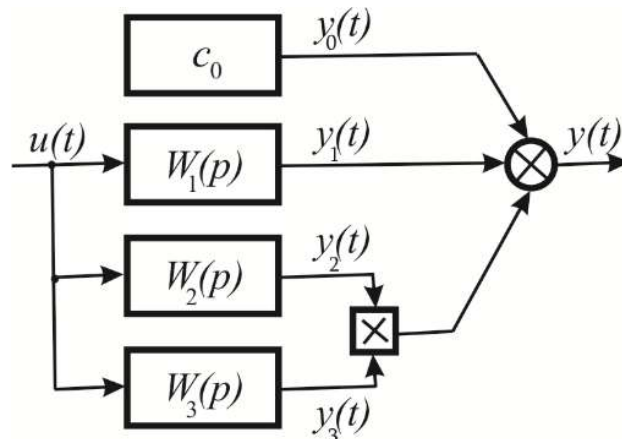
მართვის სისტემების შექმნის პირველ აუცილებელ ეტაპს წარმოადგენს ობიექტების მათემატიკური მოდელის აგება ექსპერიმენტალურ მონაცემების დამუშავების გზით, ანუ იდენტიფიკაციის ამოცანის გადაწყვეტა. ეს ეტაპი საშუალებას იძლევა გამოვლენილ იქნეს რეალური ობიექტის არსებითი თვისებები, რაც წარმოადგენს საფუძველს მართვის სისტემის შემდგომი დაპროექტებისა და ანალიზისთვის. ობიექტის ბუნებიდან გამომდინარე (წრფივი თუ არაწრფივი, დისკრეტული თუ უწყვეტი), გამოიყენება იდენტიფიკაციის სხვადასხვა მეთოდი. აპრიორული ინფორმაციის მოცულობისა და სისტემაზე მოქმედი სიგნალების დაკვირვებადობის მიხედვით ასხვავებენ იდენტიფიკაციის სხვადასხვა ამოცანებს, რომელთაგანაც მეტად მნიშვნელოვანია სტრუქტურული და პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანები.

სტატიაში წარმოდგენილია არაწრფივი დინამიკური სისტემების პარამეტრული იდენტიფიკაციის საკითხები, ექსპერიმენტალური მონაცემები მიღებულია აქტიური ექსპერიმენტის ჩატარებით და დამუშავებულია Matlab/Simulink სისტემით.

2. ძირითადი ნაწილი

არაწრფივი დინამიკური სისტემები შეიცავენ ჰამერშტეინისა და ვინერის მოდელების სხვადასხვა მოდიფიკაციებს. აღნიშნული მოდელები, თავის მხრივ, შედგება არაწრფივი

სტატიკური და წრფივი დინამიკური ელემენტების შეერთების სხვადასხვა კომბინაციისაგან. ნაშრომში განხილულია მოდელი, რომლის სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1

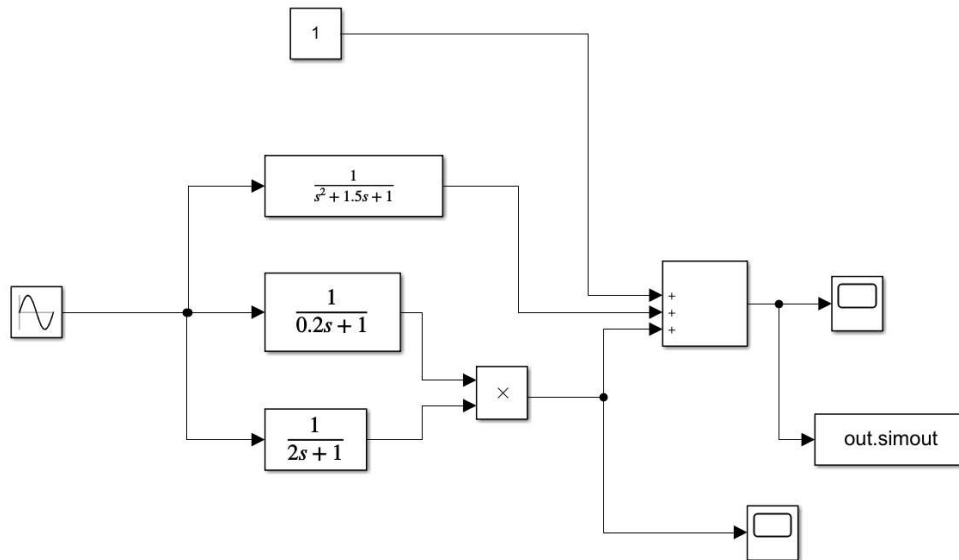
აქტიური იდენტიფიკაციის მეთოდებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია სიხშირულ მეთოდებს, როცა ობიექტზე მიეწოდება ჰარმონიული სიგნალი. როგორც ცნობილია, ამ დროს არაწრფივი სისტემის გამოსასვლელზე მიიღება პერიოდული, მაგრამ არაჰარმონიული სიგნალი.

რიგ ნაშრომებში დამუშავებული იქნა პარამეტრული იდენტიფიკაციის მეთოდები, რომლებშიც დინამიკური პარამეტრების შეფასება მიმდინარეობს სიხშირულ არეში საკვლევი სისტემის შემავალი ჰარმონიული სიგნალების დროს. ამ ნაშრომებში, როგორც ღია [1-2], ისე უკუკავშირანი სისტემებისათვის [3-5], გამოიყენება საკვლევი სისტემის გამოსასვლელზე დამყარებულ რეჟიმში მიღებული იძულებითი რხევის, რომელიც პერიოდულ ფუნქციას წარმოადგენს რიცხვითი ჰარმონიული ანალიზის შედეგად მიღებული ფურიეს კოეფიციენტების შეფასებები პარამეტრების განსაზღვრისათვის.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება ნაშრომში დასმული ამოცანის შემდეგ ეტაპებად დაყოფა: 1) საკვლევი ობიექტის გამოსასვლელზე პერიოდული სიგნალის გარდამავალი და დამყარებული რეჟიმების გამოყოფა, 2) დამყარებულ რეჟიმში ერთი ან რამდენიმე პერიოდის გამოყოფა, 3) ფურიეს კოეფიციენტების განსაზღვრა გამოყოფილ პერიოდებში და 4) მიღებული შედეგებით პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანის გადაწყვეტა, ანუ შესაბამისი პარამეტრების შეფასებების გამოთვლა და ადეკვატურობის შემოწმება.

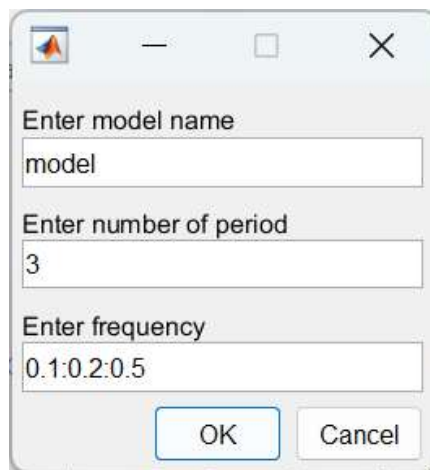
საკვლევი სისტემის გამოსასვლელზე მიღებული მოძრაობიდან, რომელიც შეიცავს როგორც გარდამავალ მდგენელს, ისე დამყარებულ რხევას, იძულებითი რხევის პერიოდის ან რამდენიმე პერიოდის გამოყოფისათვის სისტემა Matlab-ის ენაზე შეიქმნა პროგრამული კოდი. პროგრამის შესრულებით მიღებული მონაცემები მუშავდება კოდის მეორე ნაწილით და სისტემის სტრუქტურული მოდელირების გაფართოება Simulink-ის გამოყენებით. ამ ეტაპის მიზანია ფურიეს მწკრივის კოეფიციენტების განსაზღვრა, ამიტომ გამოიყენება კოდში fft-ფუნქცია, ხოლო Simulink მოდელში fft-ბლოკი.

პროგრამის შესამოწმებლად ჩავატარეთ არაწრფივი სისტემის კვლევა, რომლის სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 2-ზე.



ნახ. 2.

საკვლევი სისტემის შემავალი ზემოქმედება წარმოადგენს ჰარმონიულ სიგნალს, ფიქსირებული ამპლიტუდით და სიხშირით. მოდელის გამოსასვლელზე მიღებულ მონაცემებს ვინახავთ, შემდეგ დამუშავებისათვის.

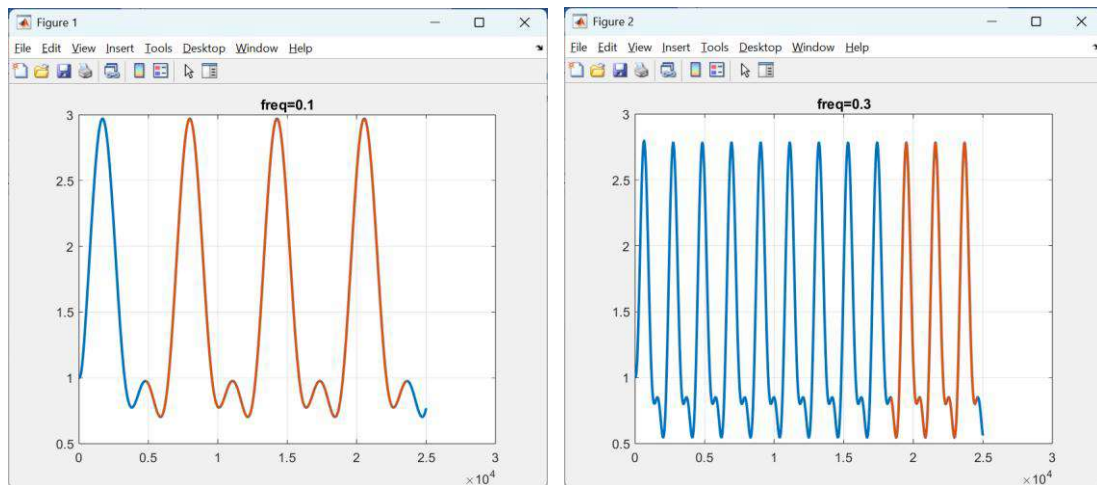


ნახ. 3

პირველ რიგში ექსპერიმენტალურ მონაცემებიდან დამუშავებული კოდის საშუალებით გამოიყოფა დამყარებული რეჟიმის ერთი ან რამოდენიმე პერიოდი. პერიოდების რაოდენობას ირჩევს მკვლევარი და აფიქსირებს კოდის საწყის პირობებში ნახ. 3.

როგორც ნახ. 3-დან ჩანს, პროგრამის გაშვების წინ ვაფიქსირებთ აგრეთვე სიხშირის ცვლილების დიაპაზონს, ვინაიდან იდენტიფიკაციის მეთოდის გამოყენებისას საჭიროა ჩატარდეს რიცხვითი ჰარმონიული ანალიზი სხვადასხვა სიხშირისას და განისაზღვროს ფურიეს შესაბამისი კოეფიციენტები.

ამის შემდეგ გამოყოფილი პერიოდის მონაცემები მიეწოდება fft ბლოკს და მის გამოსასვლელზე მიღებულ შედეგებიდან განისაზღვრება ფურიეს კოეფიციენტები a_0, a_i, b_i . იგივეს მივიღებთ fft-ფუნქციის საშუალებით კოდის შესაბამის ნაწილში. ფურიეს კოეფიციენტების მიღებული შეფასებები გამოიყენება პარამეტრების განსაზღვრისათვის.



ნახ. 4

3. დასკვნა

ნაშრომში დამუშავებულია მეთოდოლოგია არაწრფივი დინამიკური სისტემების აქტიური ექსპერიმენტალური მონაცემების დამუშავებისათვის პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანის გადასაწყვეტად სიხშირულ არეში. შემუშავებულია ალგორითმი ობიექტის გამოსასვლელი პერიოდული სიგნალის დამყარებული რეჟიმის დაფიქსირებისა და ერთი ან რამდენიმე პერიოდის გამოყოფის, მათი შემდგომი ფურცის ანალიზისათვის და ფურცის კოეფიციენტების განსაზღვრისათვის. ალგორითმი რეალიზებულია სისტემა Matlab/Simulink-ის გარემოში.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Shanshiashvili B., Rigishvili T. Parameter Identification of Block-Oriented Nonlinear Systems in the Frequency Domain. ScienceDirect. IFAC PapersOnLine. Volume 53, Issue 2, 2020, pp. 10695–10700. Part of the special issue, 21st IFAC World Congress: Berlin, Germany, 11–17 July 2020. Doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2843.
2. Shanshiashvili B., Avazneli, B. Identification of Nonlinear Dynamic Systems Structured by Expanded Wiener Model. In: Advances in Production Management Systems. Artificial Intelligence for Sustainable and Resilient Production Systems. APMS 2021. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 630, pp. 546-554. 2021. Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-030-85874-2_58.
3. Shanshiashvili B. Identification of Closed-Loop Nonlinear Systems Using One Class of Block-Oriented Models. Articles of the International Scientific-Practical Conference “Modern Challenges And Achievements Of Information And Communication Technologies” – 2023. (Georgia, Tbilisi, 12-13 October 2023). pp.145-153. Publishing House “Technical University”, 2023, <http://www.gtu.ge/yvela/ufleba/daculia.am/wignhttps://gtu.ge/ims/pdf/docs/collection-of-scientific-works-2023.pdf>
4. Shanshiashvili B. Parameter Identification of One Class of Nonlinear Systems Using Hammerstein Model with Feedback. PCI' 2023. V International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics” (Baku, Azerbaijan, August 28-30, 2023). Proceedings of PCI' 2023. Volume 2. 5 pp. DOI: <https://doi.org/10.54381/pci2023.10>
5. Shanshiashvili B. Identification of Nonlinear Systems in Frequency Domain Using Hammerstein Models. Articles of the International Scientific-Practical Conference Modern Challenges and Achievements of Information and Communication Technologies – 2024. (1-2 November 2024, Tbilisi, Georgia). Publishing House “Technical University”, 2024, pp. 332-339. <https://gtu.ge/ims/pdf/docs/collection-of-works.pdf>.

6. ნ.მჭედლიშვილი, ი.დავითაშვილი. დაპროგრამება Matlab გარემოში. მეორე გამოცემა. საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2021.
7. ნინო მჭედლიშვილი, ირმა დავითაშვილი. საინჟინრო სისტემების მოდელირება და სიმულაცია Simulink და Simscape-ის გამოყენებით. 2025.

Experimental Data Processing for Nonlinear System Identification in MATLAB/Simulink

Besarion Shanshiashvili, Irma Davitashvili, Nino Mchedlishvili

Georgian Technical University

b.shanshiashvili@gtu.ge, i.davitashvili@gtu.ge, nino.mchedlishvili@gtu.ge

Abstract

The objective of this study is to address the problem of parametric identification of nonlinear dynamic systems by processing experimental data when the system under investigation is subjected to a harmonic signal with variable frequency. To solve the problem of parameter identification of nonlinear dynamic systems, it is necessary to: extract one or several periods of forced oscillations obtained in the steady state on the objects output for determination the Fourier coefficients, with the aim of their further use for parametric identification of the object. To achieve this objective, the MATLAB computational modeling environment and its integrated structural modeling platform Simulink were employed. A software code was developed to automate the process, structural modeling schemes were created, and methods for determining Fourier coefficients-specifically the fft function and the FFT block-were applied. The proposed methodology was verified through a case study involving a specific nonlinear dynamic system.

Keywords: nonlinear systems, parametric identification, Fourier coefficients, computer modeling system Matlab/Simulink.