

## მართვის თანამედროვე სისტემების შემუშავების საკითხები

გიგა თუშიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განხილულია მართვის სისტემების შემუშავების თანამედროვე მიდგომები, კერძოდ უნივერსალური არამკაფიო კონტროლერის რეალიზების ერთ-ერთი მიდგომა და მისი გამოყენების აქტუალობისა და უპირატესობების საკითხები. წარმოდგენილია არამკაფიო კონტროლერის პროგრამულ-აპარატურული რეალიზების საკითხები, მისი სტრუქტურული სქემის ერთ-ერთი ვარიანტი.

**საკვანძო სიტყვები:** არამკაფიო ლოგიკა. არამკაფიო კონტროლერი. მიკროკონტროლერი. მართვის სისტემა.

### 1. შესავალი

რთული სისტემების მართვისას უმნიშვნელოვანესია იმის ცოდნა, თუ როგორ შეიძლება მოიძებნოს ისეთი სტრატეგია, რომელიც უზრუნველყოფს დასახული მიზნის მიღწევას ოპტიმალურ გზებს. მართვა რთულდება მაშინ, როცა რეალურ ობიექტებზე ზემოქმედებს შემთხვევითი ხასიათის გარე შეშფოთებები, რომელთა პროგნოზი და ზუსტად გაზომვა შეუძლებელია, ობიექტის მიმდინარე მდგომარეობის მახასიათებელი პარამეტრები არაცხად ხასიათს იძენს. ასეთი სიტუაცია შეიძლება შეიქმნას მაშინაც, როცა მართვის ობიექტი კარგად არაა შესწავლილი (აპრიორული ინფორმაციის უკმარისობა) ან როცა მართვის ალგორითმები აიგება ექსპერტთა, ერთმანეთისაგან განსხვავებული, ლინგვისტური ფორმით გამოთქმული სუბიექტური მოსაზრებების ან წარმოდგენების საფუძველზე [1].

ტრადიციული მათემატიკური მეთოდები არ იძლევა ექსპერტთა ამგვარი სახით მოცემული არამკაფიო ინფორმაციის განტოლებებში ასახვის საშუალებას. ამკარაა, რომ ასეთ შემთხვევებში სისტემების მართვა ჩვეულებრივი რაოდენობრივი მეთოდების გამოყენებით შეუძლებელი ხდება [2]. ამ პრობლემის გადაწყვეტისადმი თანამედროვე მიდგომა ეფუძნება დებულებას, რომლის თანახმად ადამიანის აზროვნების ელემენტებია არა რაოდენობრივი კატეგორიები (მაგალითად, რიცხვები), არამედ არამკაფიო სიმრავლეების ან ობიექტთა კლასების ელემენტები, რომლებისთვისაც გადასვლები კლასებს შორის „მიეკუთვნება“ და „არ მიეკუთვნება“ ხორციელდება უწყვეტად და არა ნახტომისებურად. ამ დებულებას მივყავართ მოსაზრებამდე, რომ მართვის რთული პროცესების მოდელებისათვის მათემატიკის კლასიკურ მეთოდებზე უფრო მეტად გამოდგება ადამიანის აზროვნებასთან დაახლოებული, არამკაფიო ლოგიკის მეთოდები [2].

მართვის სისტემების განვითარების გზაზე შექმნილი წინააღმდეგობები განუწყვეტლივ აყენებს მართვის ახალ ამოცანებს, რომელთა გადაწყვეტის ძებნის შედეგად ვითარდება რადიკალურად განსხვავებული იდეოლოგიის მატარებელი რიგი ახალი მეთოდებისა. მათ შორის, უპირველეს ყოვლისა, აღსანიშნავია ე.წ. მოქნილი გამოთვლების მეთოდები (Soft-Computing methods). მოქნილი გამოთვლების მეთოდები წარმოადგენს იმ მეთოდების ერთობლიობას, რომელთა სულის ჩამდგმელადაც ბუნებრივი მოვლენები გვევლინება. ტერმინი „მოქნილი“ შემოიღო კალიფორნიის უნივერსიტეტის პროფესორმა ლოთფი ა.

ზადემ (Lotfi A. Zadeh) მანამდე არსებული „ხისტი“ გამოთვლებისაგან რადიკალური განსხვავების გამოსაკვეთად [1, 2]. მოქნილი გამოთვლების საფუძველია: არამკაფიო ლოგიკა, ნეირონული ქსელები, ევოლუციური და გენეტიკური ალგორითმები. მიუხედავად იმისა, რომ ამ მეთოდებს აქვს სხვადასხვა წარმოშობა, ისინი კარგად ავსებს ერთმანეთს [3]. უკვე შექმნილია ისეთი ჰიბრიდული სისტემები, როგორცაა, ნეირონულ-არამკაფიო (Neural-Fuzzy), არამკაფიო-გენეტიკური (Fuzzy-Genetic) და ნეირონულ-არამკაფიო-გენეტიკური (Neural-Fuzzy-Genetic) სისტემები [3].

## 2. თანამედროვე კონტროლერები და არამკაფიო ლოგიკა

თანამედროვე მიკროკონტროლერების და პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერების რესურსებმა და მათი დაპროგრამების სისტემების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა მოქნილი გამოთვლების მეთოდების რეალიზება მართვის საკმაოდ რთულ სისტემებში, რომლებსაც ზოგჯერ მოიხსენიებენ როგორც „მართვის ინტელექტუალურ სისტემებს“ ან უბრალოდ მართვის „ჭკვიან“ სისტემებს. ამ ტიპის სისტემები გამოირჩევა იმით, რომ მათში რეალიზებულია გადაწყვეტილებათა მიღების ალგორითმები. მაგალითისათვის შეიძლება მოყვანილ იქნეს კომპანია „ნისან“-ის („Nissan“) მიერ ავტომობილებში დანერგილი არამკაფიო ლოგიკაზე მომუშავე ავტომატური ტრანსმისია და მოცურების საწინააღმდეგო სისტემა; მსოფლიოს წამყვანი კომპანიების მიერ შემუშავებული უპილოტო ავტომობილების მართვის სისტემები, რომლებიც გადიან საცდელ გამოცდებს; ხმისა და გამოსახულების ამოცნობის სისტემები.

არსებობს რიგი გარემოებებისა, რაც ხსნის არამკაფიო ლოგიკის ტექნოლოგიების პოპულარობას. კერძოდ: არამკაფიო ლოგიკით აგებული ნებისმიერი მოდელის ალგორითმი ინჟინრისათვის თუ ნებისმიერი დაინტერესებული პირისათვის გაცილებით იოლი აღსაქმელია, ვიდრე რთული დიფერენციალური თუ სხვაობითი განტოლებებით შედგენილი მოდელის ალგორითმი, ვინაიდან იგი ადამიანის აზროვნებასთან მაქსიმალურადაა დაახლოებული; არ მოითხოვს პარამეტრების რაოდენობრივი მაჩვენებლების ზუსტი მნიშვნელობებით მანიპულირებას, გამოიყენება მათი თვისებრივი მაჩვენებლები ისეთი „ტერმების“ (ლინგვისტური ცვლადების) გამოყენებით, როგორცაა მაგალითად, „უმნიშვნელოდ დადებითი გადახრა“, „უმნიშვნელოდ უარყოფითი გადახრა“, „საშუალო დადებითი გადახრა“, „საშუალო უარყოფითი გადახრა“ და სხვ. ტერმები შეირჩევა მოდელის შემქმნელის მიერ, იმისდა მიხედვით, თუ როგორ სურს მას შეაფასოს მოდელირებადი სისტემის მიმდინარე მდგომარეობა და როგორ სურს მას, რომ გამოიმუშაოს მმართველი ზემოქმედება. პრაქტიკამ დაადასტურა, რომ მაღალი სიზუსტით გაზომვებზე უარის მიუხედავად და ისეთ სიდიდეებზე გადასვლამ, რომლებსაც არ გააჩნია ზუსტი - მკაფიოდ გამოსახული მნიშვნელობები, საგრძნობლად გააუმჯობესდა მართვის ხარისხი და შესაძლებელი გახადა ისეთი სისტემების შექმნა, როგორცაა: მოსიარულე რობოტების მართვის ისეთი სისტემები, რომლებმაც რობოტებს შესძინეს წონასწორობის დაცვის უნარი ნებისმიერი გარეშე ძალების მხრიდან ზემოქმედებისას, ფოტო და ვიდეო კამერების ავტომატური ფოკუსირების სისტემები და სხვ., რომელთა რეალიზება პრაქტიკულად შეუძლებელი იყო მართვის მანამდე არსებული ტრადიციული ალგორითმების საშუალებით.

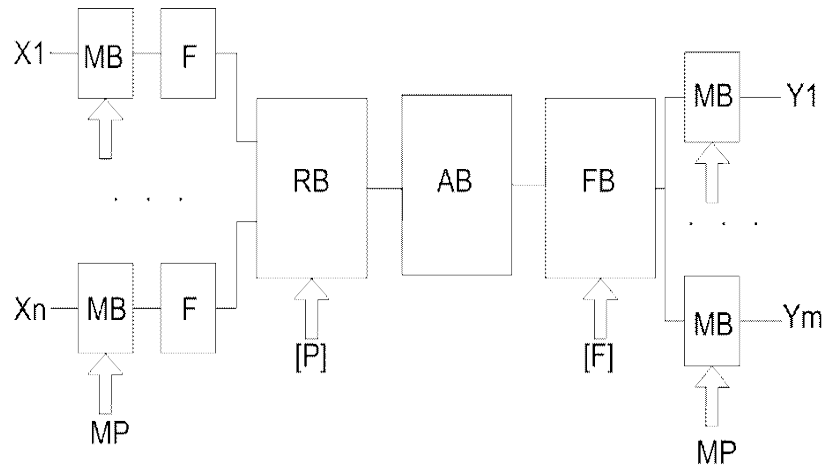
ბოლო წლებში არამკაფიო ლოგიკის ტექნოლოგიის პოპულარობის მკვეთრი ზრდა განაპირობა სპეციალური არამკაფიო ბიბლიოთეკების გამოყენების შესაძლებლობებმა, რომლებით მოდელირებისას საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნეს არამკაფიო აპლიკაციები (არამკაფიო ენა) (Free FUZZY Library, fuzzyZLIPS). მოდელირების საშუალებებში (MATLAB, MATEMATICA, CUBICALC, RULEMAKER, FUZZYCALC, FUZZYTECH) არამკაფიო ლოგიკის ტექნოლოგიების ინტეგრირება და სპეციალიზებული პროგრამული უზრუნველყოფა, საშუალებას იძლევა განხორციელდეს არამკაფიო მოდელის ნებისმიერ მიკროკონტროლერში გადატანა, ანუ ამისათვის საჭირო კოდის გენერირება [4]. ამან მნიშვნელოვნად გააიოლა არამკაფიო კონტროლერების შექმნისა და მათი გამოყენების შესაძლებლობები. თუ ადრე არსებობდა მხოლოდ აპარატურულად რეალიზებული, სპეციალიზებული არამკაფიო კონტროლერები ხისტი სტრუქტურით და ქარხნულად დაპროგრამებულები, მაგალითად: კომპანია „ფუჯიტსუ“-ს (FUJITSU) F2RU-8, კომპანია „ტოგანი ინფრალოჯიკ“-ის (TOGANI INFRALOGIC) VGY86C570, კომპანია „სიმენს“-ის (SIEMENS) SIE81C99 და სხვ., ან ზოგადი დანიშნულების კონტროლერები, არამკაფიო ლოგიკის აპარატურული მხარდაჭერით, ისეთები როგორცაა მაგალითად: კომპანია „მოტოროლა“-ს (MOTOROLA) 68HC12, კომპანია „სტიკროელექტრონიკს“-ის (STMICROELECTRONICS) ST52 DUALOGIC, რომლებიც საკმაოდ მაღალი ფასის გამო ნაკლებად ხელმისაწვდომი იყო, დღეისათვის არამკაფიო კონტროლერის რეალიზება შესაძლებელი გახდა ნებისმიერი, საკმარისი რესურსების მქონე თანამედროვე მიკროკონტროლერის საშუალებით.

### 3. უნივერსალური არამკაფიო კონტროლერის შემუშავება

დღეისათვის ბაზარზე არსებობს საერთო დანიშნულების მიკროკონტროლერების ბაზარზე (AVR, PIC, INTEL) აგებული უნიფიცირებული მოდულური ტიპის სხვადასხვა რესურსების მქონე, ფუნქციურად დასრულებული სახის, მოწყობილობების ფართე არჩევანი. ისინი საკმაოდ მარტივია ექსპლუატაციაში და მართვის სისტემების სპეციალისტებს და ნებისმიერ დაინტერესებულ პირებს მნიშვნელოვნად უმსუბუქებს საქმიანობას, რამდენადაც საშუალებას იძლევა მთავარი ყურადღება გადატანილ იქნეს უშუალოდ დასმული მართვის ამოცანის გადაწყვეტის ალგორითმული რეალიზების საკითხებზე და არა სქემატექნიკური პრობლემების გადაწყვეტაზე.

უნივერსალური არამკაფიო კონტროლერის რეალიზებისათვის შერჩეულ იქნა კორპორაცია „ატმელ“-ის მიერ შემუშავებული Atmel AVR, RISC არქიტექტურის 8-თანრიგა მიკროკონტროლერის ბაზარზე შექმნილი კომპანია „არდუინო“-ს მიერ წარმოებული უნიფიცირებული მოწყობილობა. უნივერსალური არამკაფიო კონტროლერის ძირითადი თვისება მისი მოქნილობაა, რომელიც იძლევა შესაძლებლობებს მოვარგოთ იგი სახვადასხვა ამოცანას. ამისთვის შესაძლებელი უნდა იყოს კონტროლერში შესაბამისი ცოდნის ბაზის ფორმირება და მისი შენახვა მიკროკონტროლერის ელექტრულად პროგრამირებად მუდმივი მეხსიერების (EEPROM) მოწყობილობაში. ეს მეხსიერება ნელმოქმედი მოწყობილობაა, ამიტომ კონტროლერის ჩართვისა და ალგორითმის მუშაობის დაწყების შემდეგ უნდა განხორციელდეს ცოდნის ბაზის კოპირება მიკროკონტროლერის ოპერატიულ მეხსიერებაში. ცოდნის ბაზა ამ შემთხვევაში წარმოადგენს პარამეტრების რაოდენობრივი მაჩვენებ-

ლების ასახვის წესს არამკაფიო ელემენტების სიმრავლეზე, ანუ რაოდენობრივი მაჩვენებლების გადაყვანის წესს არამკაფიო ტერმებში, ლინგვისტური ცვლადების განსაზღვრის წესს - ფაზიფიკაციის წესები და პირიქით - დეფაზიფიკაციის წესებს, გამომავალი პარამეტრების რაოდენობრივი მაჩვენებლების განსაზღვრის წესები. ცოდნის ბაზაში ფორმირდება აგრეთვე შემავალი და გამომავალი არხების გააქტიურების ბიტები, რითაც პროგრამირდება შემავალი და გამომავალი ცვლადების რაოდენობა. ამ მხრივ უნივერსალური კონტროლერი იძენს საკმარის მოქნილობას მართვის ნებისმიერი ამოცანის გადასაწყვეტად. არამკაფიო კონტროლერის ზოგადი სტრუქტურული სქემა მოყვანილია 1-ელ ნახაზზე.



ნახ.1. არამკაფიო კონტროლერის ზოგადი სტრუქტურული სქემა

კონტროლერში გამოყენებულია შემდეგი ბლოკები:

- MB - მასშტაბირების ბლოკი (წაანაცვლებს და ზრდის/ამცირებს სიგნალის განშლას). მისი დანიშნულებაა შემავალი და გამომავალი სიგნალების ადაპტირება მნიშვნელობის საჭირო დიაპაზონთან. მოცემული ბლოკი სისტემას საკმაოდ უნივერსალურს ხდის;
- F – ფაზიფიკაციის ბლოკი;
- RB – წესების რეალიზების ბლოკი, ააქტიურებს შესასვლელელების შესაბამის წესებს ცოდნის ბაზიდან;
- AB – ფართობების გაერთიანების ბლოკი, მოცემული ბლოკი აერთიანებს გამომავალი მიკუთვნების ფუნქციების ფართობებს წინასწარ განსაზღვრული მეთოდებით;
- FB – გამომავალი სიგნალების გენერირების ბლოკი (დეფაზიფიკაცია);
- $X[1..n]$ ,  $Y[1..m]$  – შემავალი/გამომავალი სიდიდეების ვექტორები;
- $MP[]$  – მასშტაბირების კოეფიციენტების ვექტორი;
- $P[]$  – წესების ვექტორი;
- F – გამომავალი ვექტორის გამომთვლელი ფუნქციის ტიპი.

#### 4. დასკვნა

შემუშავებული და გამოცდილ იქნა MATLAB გარემოში უნივერსალური არამკაფიო კონტროლერის მოდელი, შემუშავებულია კონტროლერის სტრუქტურა, ალგორითმები და პროგრამული უზრუნველყოფა AVR მიკროკონტროლერების დაპროგრამების გრაფიკული

გარემოს „Algorithm Builder“-ის გამოყენებით [4]. კონტროლერის რეალიზება განხორციელდა კომპანია „არდუინო“-ს მოდულურ მოწყობილობაზე.

#### ლიტერატურა - References – Литература:

1. Заде Л.А. (1976). Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Серия “Математика: новое в зарубежной науке”. М.: “Мир”.
2. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. (1986). Под. ред. Поспелова Д.А. –М.: „Наука“.
3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. (2006). Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: „Горячая линия-Телеком“, с. 45-74
4. Дьяконов В.П. (2012). MATLAB. Полный самоучитель. -М.: изд. ДМК Пресс.

## ON THE DEVELOPMENT OF MODERN CONTROL SYSTEMS

Tushishvili Giga

Georgian Technical University

### Summary

This article discusses modern approaches in the development of control systems, in particular, one of the approaches for implementing a universal fuzzy controller and the issues of relevance and advantages of its use in the development of modern control systems. The issues of software and hardware implementation of a fuzzy controller, one of the variants of its structural scheme are considered.

## ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Тушишвили Г.

Грузинский Технический Университет

### Резюме

Рассмотрены современные подходы к разработке систем управления, в частности, один из подходов реализации универсального нечеткого контроллера и вопросы актуальности и преимуществ его использования. Представлены вопросы программно-аппаратной реализации нечеткого контроллера, один из вариантов его структурной схемы.