

კიბერ-ფიზიკური სისტემების ვერიფიკაციის ტექნიკის შესახებ

ბესიკ დუნდუა¹, თათია დუნდუა², მიხეილ რუხაია³

¹ი.ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტი და ქუთაისის
საერთაშორისო უნივერსიტეტი, საქართველო
email: bdundua@gmail.com

²ი.ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო
email: tdundua9@gmail.com

³ი.ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო
email: mrukhaia@logic.at

კიბერ-ფიზიკური სისტემები, მოკლედ CPS, წარმოადგენენ კონტროლერების ქსელებს, რომლებიც ურთიერთქმედებენ ან აკონტროლებენ ფიზიკურ გარემოს. CPS-ის ზოგიერთი მაგალითია მანქანები, თვითმფრინავები, სარკინიგზო სისტემები, ჭკვიანი მოძრაობის სისტემები და სხვა. ასეთი სისტემები ხდება ძალიან რთული და ძნელი მისაღწევი, და ძალიან ძვირი ჯდება მათი შემუშავება და სერტიფიცირება. ძალიან მნიშვნელოვანია, რომ CPS მუშაობდეს სწორად და უსაფრთხოდ და მხოლოდ ფორმალურ მათემატიკურ მეთოდებს შეუძლიათ უზრუნველყონ მყარი გარანტიები სისტემის სისწორისა და უსაფრთხოების შესახებ. ეს მახასიათებლები უნდა ჩამოყალიბდეს რაც შეიძლება ადრე CPS-ის განვითარების პროცესში, ის უნდა იყოს დიზაინის ნაწილი. არასწორი დიზაინის სისტემის დანერგვამ შეიძლება გამოიწვიოს კატასტროფული შედეგები. ამის უახლესი მაგალითია Boeing 737 max-ის დიზაინის ხარვეზი, რამაც გამოიწვია რამდენიმე ავიაკატასტროფა.

თანამედროვე CPS-ის მათემატიკური მოდელირება და ანალიზი ძალიან რთული ამოცანაა შემდეგი მიზეზების გამო:

- რთული კონტროლის პროგრამების ფიზიკურ გარემოსთან ინტეგრირების საჭიროება
- CPS არის რეალურ დროში სისტემები, რომელთა კონტროლერებს უწყვეტ ურთიერთქმედება ერთმანეთთან და გარემოსთან დროის გათვალისწინებით
- CPS-ის განაწილებული ბუნება იწვევს სისტემის გასაანალიზებელი მოქმედებების კომბინატორულ ზრდას
- ქსელის შეფერხებებთან, ლოკალურ არაზუსტ საათებთან და მსგავს პრობლემებთან გამკლავების აუცილებლობა.

ამგვარაა, რომ ძლიერი გამომსახველობის მქონე მათემატიკური ფორმალიზმია საჭირო თანამედროვე CPS-ის მოდელირებისთვის. ასეთი ფორმალიზმის კანდიდატი შეიძლება იყოს გადაწერის ლოგიკა - მარტივი, ზოგადი და ძლიერი გამომსახველობის მქონე ლოგიკა განაწილებული სისტემებისთვის, რომლის მოდელირებისა და ანალიზის შესაძლებლობა მხარდაჭერილია Maude ენითა და ხელსაწყოთი. ამ მოხსენებაში ვისაუბრებთ CPS-ის ვერიფიკაციის სხვადასხვა მიდგომებზე Maude პროგრამირების ენისა და Lingua Franca-ს ფრეიმვორკის გამოყენებით. განვიხილავთ ამ პროცესში არსებულ გარკვეულ სირთულეებს და მათ დაძლევის ხერხებს.