

UDC 654.94

SCOPUS CODE 2209

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-106-114>

ავტომატიზებული სისტემის ვერიფიკაციის პრობლემების დისტანციურად აღმოჩენის გზები

სალომე ონიანი კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: s.oniani@gtu.ge

ია მოსაშვილი კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: i_mosashvili@gtu.ge

რეცენზენტები:

ქ. კოტრიკაძე, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: ketino27@gmail.com

ლ. იაშვილი, სტუ-ის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: l.iashvili@gtu.ge

ანოტაცია. დღეს ინდუსტრიის სფეროში მეტად აქტუალურია დისტანციურად მონიტორინგისა და რეალური დროის სისტემების მცირე და საშუალო ზომის საწარმოებში დანერგვა-განვითარება. შესაბამისად, განხილულია დისტანციურად მონიტორინგის ტექნოლოგიები და მეთოდები, წარმოდგენილია ციფრული მანქანა-დანადგარების მუშაობის პროცესის გრაფიკული ასახვა, შექმნილია რეალურ დროში სისტემის დისტანციურად მონიტორინგისათვის ღრუბლოვანი პლატფორმა და წარმოდგენილია ექსპერიმენტული სამუშაოს შედეგები. კვლევის შედეგად მიიღება მანქანა-დანადგარის ციფრული სიგნალების ერთ ანალოგურ სიგნალად გარ-

დაქმნის ალგორითმი და მისი მათემატიკური მოდელები. დამატებით, ექსპერიმენტული სამუშაოს შედეგად შეიქმნა მანქანა-დანადგარის საბაზისო ხარვეზების ბაზა და დადგინდა მათი მახასიათებლები. აღნიშნული კვლევა დაეხმარება მცირე და საშუალო ზომის საწარმოების მფლობელებსა და ტექნიკურ პერსონალს, რათა მარტივად განახორციელონ საწარმოო ხაზებში ინდუსტრია 4.0 ინტეგრირება.

საკვანძო სიტყვები: ავტომატიზებული სისტემის ვერიფიკაციის პრობლემები; დისტანციურად მონიტორინგის სისტემები; სამრეწველო რეალური დროის სისტემები.

შესავალი

ზოგადად, ვერიფიკაციის პრობლემებიდან გამომდინარე იკვეთება სამი სახის ამოცანა [3]:

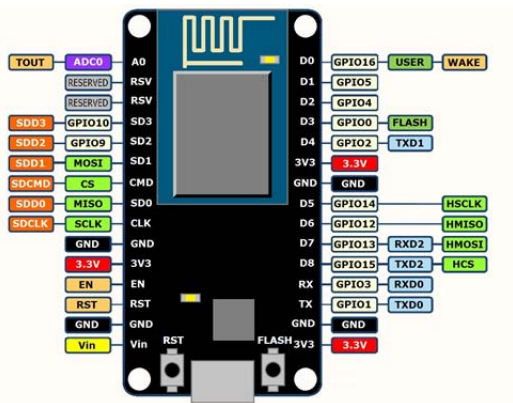
1. ტექნიკური ვერიფიკაციის ამოცანა, სადაც სისტემაში შესაძლებელია მოხდეს მექანიკური ხარვეზი, რომელშიც იგულისხმება სამრეწველო ამწყობ ხაზებში განლაგებული მანქანა-დანადგარების მექანიკური გაფუჭება. ეს შეიძლება გამოწვეული იყოს ცვეთისაგან, ვიბრაციისა და მცირე რაოდენობის ენერჯის მიწოდებისგან, ხოლო ჰიდრავლიკურ და პნევმატიკურ სისტემებში – სითხისა და აირის მიწოდებისაგან. შესაბამისად, წარმოდგენილი ნაშრომის მიზანია, ტექნიკური ვერიფიკაციის გამოყენებით, საწარმოო ხაზში ტექნიკური ხარვეზის აღმოჩენა და მისი გამომწვევი მიზეზის პოვნა;
2. პროგრამული ვერიფიკაციის ამოცანა. ამ შემთხვევაში საუბარია პროგრამული ხარვეზების აღმოჩენასა და მისი გადაჭრის გზების მოძიებაზე ანუ ისეთი პრობლემების აღმოჩენა, რომელთა გამოსწორება შესაძლებელია პროგრამულად გარკვეული სიგნალების სისტემის შესასვლელში გაგზავნით. მაგალითად, როგორც არის სისტემისათვის გადატვირთვის სიგნალის გაგზავნა ან პნევმატიკურ სისტემაში დგუშის ხელოვნურად საწყის პოზიციაში დაბრუნება. ასეთი ვერიფიკაცია ეფუძნება შემავალი სიგნალების მდგომარეობის ანალიზს და სენსორებიდან მიღებული ინფორმაციის შესაბამისი ალგორითმებით დამუშავებას;
3. ტექნიკური და პროგრამული ვერიფიკაციის

კომბინაცია. ვერიფიკაციის ეს ეტაპი მეტად რთულია და ხასიათდება პრობლემის აღმოფხვრისათვის საჭირო დროის დიდი ინტერვალით. ასეთ შემთხვევებში გამოიყენება როგორც პირველი, ისე მეორე ვერიფიკაციის მეთოდები.

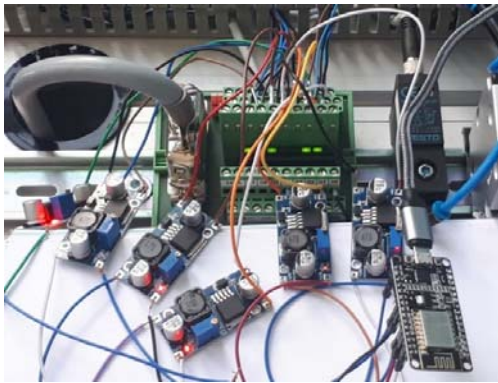
სამივე ვერიფიკაციის მეთოდს სისტემის მუშაობის პროცესში აქვს განსხვავებული შემავალი სიგნალები, რომელთა იდენტიფიკაცია განხორციელდა ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე. სადისერტაციო კვლევის, „სამრეწველო ჩაშენებული სისტემების ვერიფიკაციის ამოცანა რეალურ დროში“, ამ ეტაპზე წარმოდგენილი ნაშრომი მოიცავს სამრეწველო სისტემაში ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე მიღებული შესაძლო სისტემური ხარვეზების ბაზას, რომლის მომდევნო ეტაპია ხარვეზების ბაზაში შესული შეცდომების გამოსწორების ინსტრუქციის შექმნა და ახალი შესაძლო ხარვეზების აღმოჩენა. კვლევაში გამოყენებულია Festo didactic-ის სასწავლო ლაბორატორიული ამწყობი ხაზი [1], რომელიც მოიცავს სამ დანადგარს (მანაწილებელი, ადებისა და განთავსების, დახარისხების სადგური). კვლევა არ ითვალისწინებს ზოგად კონცეფციებს. ასევე, ექსპერიმენტული კვლევისათვის შეიქმნა დისტანციურად მონიტორინგის სისტემა და განხორციელდა ერთ-ერთი დანადგარის მუშაობის პროცესის გრაფიკულად გამოსახვა. მიღებული შედეგების საფუძველზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ შემუშავებული სისტემა ასევე წარმატებით ინტეგრირდება ისეთ ქარხნებში, სადაც ძველი ტექნიკა და სურთ განახორციელონ საწარმოს მუშაობის დისტანციურად მონიტორინგი.

ძირითადი ნაწილი

დისტანციურად მონიტორინგისათვის კვლევაში გამოყენებულია ESP8266 NodeMCU პროგრამირებადი დაფა (სურ. 1), რომლის GPIO პინები მიერთებულია ზემოთ განხილული სადგურების შემავალ-გამომავალ ბლოკზე (სურ. 2), რის შემდეგაც შესაძლებელი ხდება სადგურებში მიმდინარე პროცესის შესაბამისი შემავალი სიგნალების რეალურ დროში დისტანციურად მონიტორინგი.



სურ. 1. ESP8266 NodeMCU დაფა

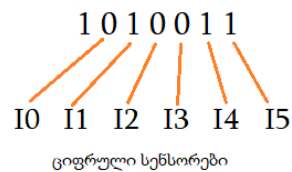


სურ. 2. ESP-ს PLC-ის შემავალ-გამომავალ ბლოკზე მიერთება

გამომდინარე იქიდან, რომ საკვლევი სადგურები მუშაობს ციფრულ სიგნალებზე, მათი მუშაობის პროცესის გრაფიკულად ასახვისათვის შემუშავებულია ციფრული სიგნალების ანალოგურ სიგნა-

ლად გარდაქმნის მეთოდი და დაიწერა შესაბამისი პროგრამული კოდი. შემუშავებული მეთოდი ვიზუალურად წარმოდგენილია მე-3 სურათზე, სადაც პირველი თანრიგი განსაზღვრავს სადგურის ნომერს, ხოლო დარჩენილი თანრიგები შეესაბამება სადგურში შემავალი სიგნალების რაოდენობასა და თანამიმდევრობას. მიღებული ანალოგური სიგნალის მნიშვნელობა კი დამოკიდებულია ციფრული სენსორების მდგომარეობაზე.

ESP-დან მიღებული მონაცემი



სურ. 3. ციფრული სიგნალების ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა

მანაწილებელი სადგურის ციფრული სიგნალების ერთ ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

ცხრილი 1

მანაწილებელი სადგურის სიგნალების გარდაქმნა

შემავალი სიგნალი	მისამართი	ციფრული სიგნალების ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა, როცა შემავალ სიგნალზე გვაქვს „ჭკმარიტი“ მდგომარეობა
I0	I124.0	1100000
I1	I124.1	1010000
I2	I124.2	1001000
I3	I124.3	1000100
I4	I124.4	1000010
I5	I124.5	1000001

აღებისა და განთავსების სადგურის ციფრული სიგნალების ერთ ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა მოცემულია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2 ნის ალგორითმის ფრაგმენტი (ერთი ციფრული სენსორისათვის):

აღებისა და განთავსების სადგურის სიგნალების გარდაქმნა

შემავალი სიგნალი	მისამართი	ციფრული სიგნალების ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა, როცა შემავალ სიგნალზე გვაქვს „ჭეშმარიტი“ მდგომარეობა
I0	I0.0	21000000
I1	I0.1	20100000
I2	I0.2	20010000
I3	I0.3	20001000
I4	I0.4	20000100
I5	I0.5	20000010
I6	I0.5	20000001

```

if(digitalRead(I0)==0 and allow0==0 )
allow0 = 1;
if(allow0 == 1){
dataFromSensors +=100000;
allow0 = 2;
}
if(allow0 == 2 and digitalRead(I0)==1 ){
dataFromSensors -=100000;
allow0 = 0;
}
    
```

დახარისხების სადგურის ციფრული სიგნალების ერთ ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

დახარისხების სადგურის სიგნალების გარდაქმნა

შემავალი სიგნალი	მისამართი	ციფრული სიგნალების ანალოგურ სიგნალად გარდაქმნა, როცა შემავალ სიგნალზე გვაქვს „ჭეშმარიტი“ მდგომარეობა
I0	I0.0	3100000
I1	I0.1	3010000
I2	I0.2	3001000
I3	I0.3	3000100
I4	I0.4	3000010
I5	I0.5	3000001

ზემოთ წარმოდგენილი ცხრილების საფუძველზე შემუშავდა მონაცემთა წაკითხვისა და სენსორებიდან მიღებული სიგნალების გაერთიანების ალგორითმი, რომელიც უზრუნველყოფს თითოეული სენსორიდან ინფორმაციის წაკითხვას და ერთ ანალოგურ სიგნალად გაერთიანებას (ალგორითმი 1).

ალგორითმი 1. ციფრული სენსორებიდან მიღებული სიგნალების ანალოგურ სიგნალად გარდაქმ-

წარმოდგენილი ალგორითმის ზოგადი სახე ნებისმიერი მანქანა-დანადგარისა და ნებისმიერი რაოდენობის ციფრული სენსორისათვის გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$S = M + \sum_{i=1}^n (S_n \times 10^{n-1}),$$

სადაც S არის სერვერისათვის გადასაცემი რიცხვითი მნიშვნელობა; M – მანქანის ნომერი; S_n – ციფრული სენსორიდან მიღებული სიგნალის მდგომარეობა. $n \in N$ განსაზღვრავს ციფრულსიგნალებიანი საწარმოო მანქანის სენსორების რაოდენობას.

დისტანციურად smartasp.com სერვერის ბაზაზე მონიტორინგისათვის აიწყო სერვერი, რომელიც დაიწერა C# ბაზაზე. ამ დროისათვის სერვერი იყენებს ფაილურ სისტემას და მიღებული მონაცემები იწერება Json ფაილში. სერვერი იძლევა გრაფზე მონაცემების განახლების ინტერვალის ერთ წამამდე შემცირებისა და გრაფის სასურველ ფორმატში წარმოდგენის საშუალებას (სურ. 4).

სერვერზე მიღებული მონაცემების მიხედვით რეალურ დროში იგება სადგურის მუშაობის პრო-

ცესის ამსახველი გრაფი. პირველ გრაფზე წარმოდგენილია სადგურის სრულყოფილად მუშაობის ამსახველი პროცესი (სურ. 5).

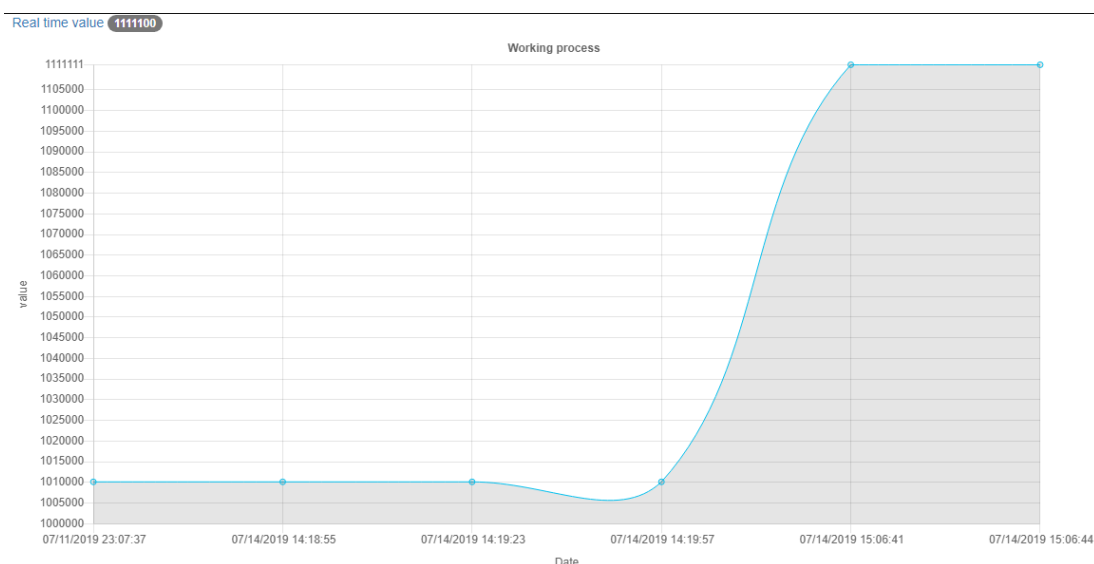
ექსპერიმენტების შედეგად გამოვლინდა შემდეგი საბაზისო ხარვეზები:

1. პროცესის შენელება, რომელიც გამოწვეულია სისტემისათვის ნაკლები ბარი წნევის მიწოდებით. ზოგადად, მანაწილებელი სადგური გამართულად მუშაობს პნევმატიკურ სისტემაში 4 ბარი წნევის გამოყენებით [2]. იმ შემთხვევაში, თუ წნევა 4 ბარზე ნაკლებია, მისი მუშაობა გაცილებით ნელია და პნევმატიკური დგუშები ძნელად გადაადგილდება. მე-6 სურათზე მოცემულია ამ შემთხვევაში სისტემის პროცესის ამსახველი გრაფი (სურათი 6).
2. დგუშის მოძრაობის დაუსრულებლობა. ამ შემთხვევაში სადგურში მიწოდებული ობიექტის ზომები აღემატებოდა საწყობიდან გასასვლელი არის ზომებს. შესაბამისად, დგუში ვერ ახორციელებს ობიექტის საწყობიდან გა-

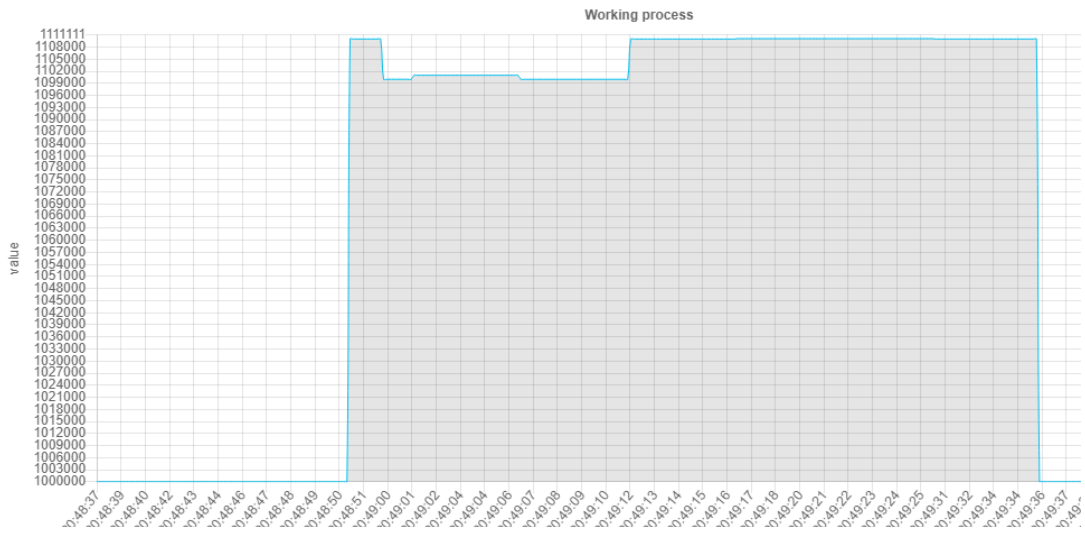
ტანას. აღნიშნული პროცესის ამსახველი გრაფი მოცემულია მე-7 სურათზე.

3. ძელის მოძრაობის დაყოვნება ის შემთხვევაა, როდესაც ვერტიკალურმა ძელმა ვერ განახორციელა მობრუნება და შესაბამის დროში ვერ მივიდა გადასატან ობიექტამდე. ექსპერიმენტის დროს მისი გამომწვევი მიზეზი იყო პროგრამული გაუმართაობა, რომლის დროსაც ძელის ორივე სარქველს მიეწოდებოდა მაღალი სიგნალი. პროცესის ამსახველი გრაფი მოცემულია მე-8 სურათზე.

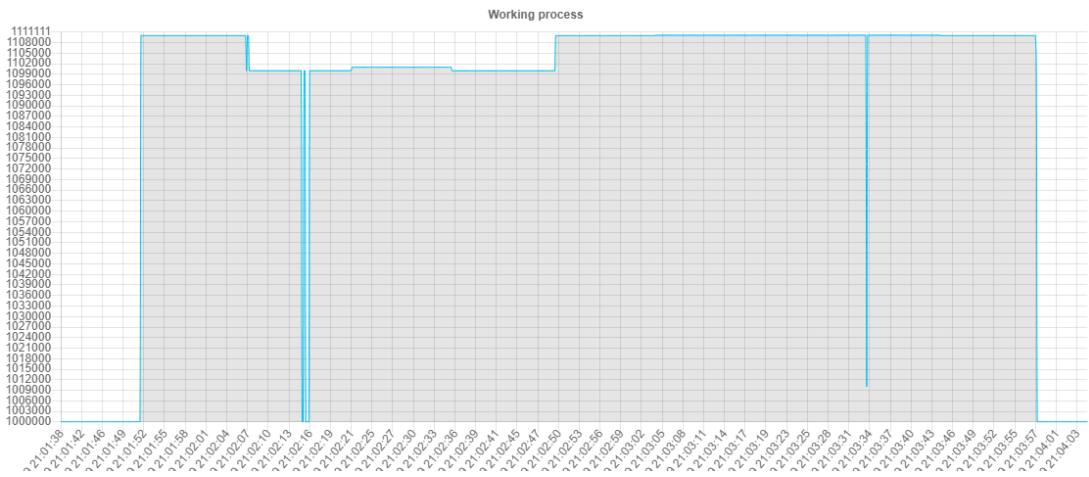
ობიექტის გადატანისას მისი დავარდნა. ეს შემთხვევა გამოვლინდა მაშინ, როდესაც მანაწილებელ სადგურს მიეწოდა მძიმე ობიექტი, რომლის წონა არ იყო გათვლილი ვაკუუმის დგუშის სიმძლავრისათვის. გადაზიდვის დროს ვაკუუმის სარქველმა ვერ შეძლო მისი დამაგრება და ობიექტი ჩამოვარდა, ვიდრე დანიშნულების ადგილამდე მივიდოდა. წარმოდგენილი პროცესის ამსახველი გრაფი მოცემულია მე-9 სურათზე



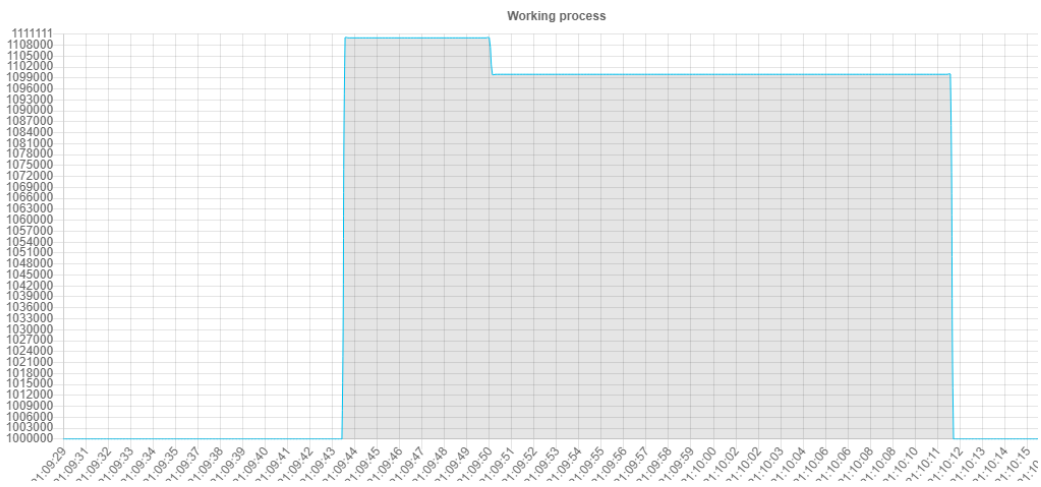
სურ. 4. smartasp.com-ზე აწყობილი ვირტუალური სერვერი



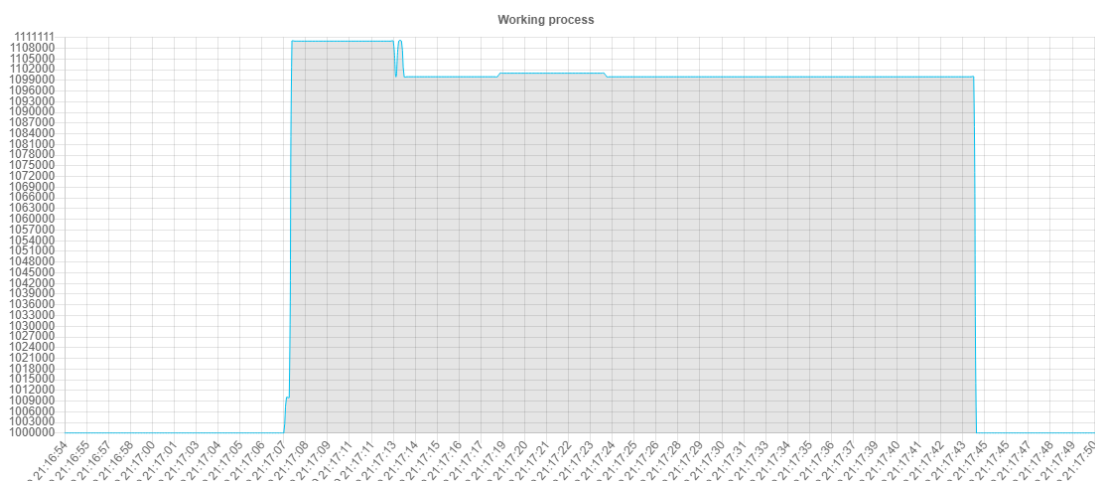
სურ. 5. მანაწილებელი სადგურის გამართულად მუშაობის ამსახველი გრაფი



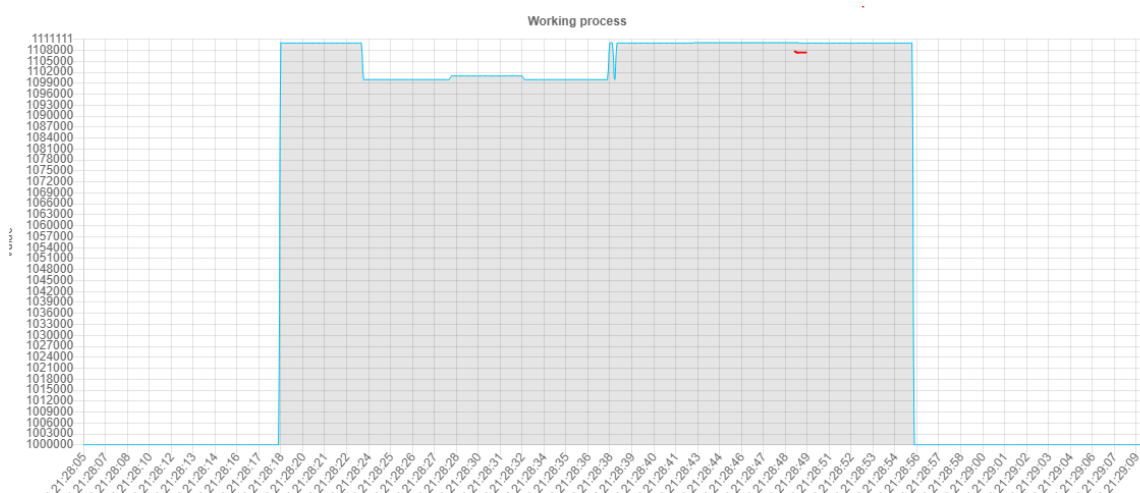
სურ. 6. მანაწილებელი სადგურის შენელებულად მუშაობის ამსახველი გრაფი



სურ. 7. დეგუმის მოპრაობის ბლოკირებისას მანაწილებელი სადგურის მუშაობის ამსახველი გრაფი



სურ. 8. ძელის მობრუნების ბლოკირებისას მანაწილებელი სადგურის მუშაობის ამსახველი გრაფი



სურ. 9. ობიექტის დაკარგვისას მანაწილებელი სადგურის მუშაობის ამსახველი გრაფი

დასკვნა

ჩატარებული ექსპერიმენტული სამუშაოს შედეგად გამოვლინდა, რომ კვლევაში გამოყენებული მანაწილებელი სადგურის მუშაობისას შესაძლებელია განხორციელდეს ოთხი საბაზისო ხარვეზი, როგორც არის: მანაწილებელი სადგურის შენელებული მუშაობა, ჰორიზონტალურად მოძრავი დეგუმის

ბლოკირება, ძელის მობრუნების ბლოკირება და ობიექტის გადატანისას მისი ჩამოვარდნა. შესაბამისად, ნაშრომში წარმოდგენილია აღნიშნული ხარვეზების დისტანციურად მონიტორინგის სისტემა და მათი მუშაობის გრაფიკული ასახვა, რის საფუძველზეც დადგინდა ხარვეზების გამომწვევი მიზეზები და მათი აღმოფხვრის სავარაუდო გზები.

ლიტერატურა

1. Oniani S., Mosashvili I. Monitoring systems of industrial process and control algorithm. Collection of scientific papers. GTU works. Tbilisi. 2019 (in Georgian).
 2. URL: <http://www.msalah.com/PCL/Appendix%20B.pdf>
 3. Sheridan T.B. Extending three existing models to analysis of trust in automation: Signal detection, statistical parameter estimation, and model-based control. Human factors. 2019.
-

UDC 654.94

SCOPUS CODE 2209

Remote detection of automated system verification

Salome Oniani Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: s.oniani@gtu.ge

Ia Mosashvili Department of Computer Engineering, Georgian Technical University, 77 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: i_mosashvili@gtu.ge

Reviewers:

K. Kotrikadze, Associate Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: ketino27@gmail.com

L. Iashvili, Associate Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, GTU
E-mail: l.iashvili@gtu.ge

Abstract. The implementation and development of remote monitoring and real-time systems in small and medium enterprises are very popular in the industry at the present. Accordingly, the present paper discusses remote monitoring technologies and methods, provides a graphical representation of the workflow of digital machines, designing a cloud platform for real-time remote monitoring of the system, and presents the results of experimental work. The results of the research are the algorithm for converting digital signals into one analogue signal and its mathematical model. Also, the data base of faults of the industrial machine was established based on the experimental work and their characteristics were determined. This will help owners of small and medium-sized enterprises and technical staff easily to integrate Industry 4.0 into their production lines.

Key words: Automated system verification problems; industrial real-time systems; remote monitoring systems.

UDC 654.94

SCOPUS CODE 2209

Способы удаленного обнаружения проблем автоматической проверки системы

Саломе Ониани Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: s.oniani@gtu.ge

Иа Мосашвили Департамент компьютерной инженерии, Грузинский технический университет,
Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 77
E-mail: i_mosashvili@gtu.ge

Рецензенты:

К. Котрикадзе, ассоц. профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: ketino27@gmail.com

Л. Яшвили, ассоц. профессор факультета информатики и систем управления ГТУ
E-mail: l.iashvili@gtu.ge

Аннотация. Сегодня внедрение и развитие систем удаленного мониторинга и реального времени на малых и средних предприятиях очень популярно в отрасли. Соответственно, в настоящей статье рассматриваются технологии и методы удаленного мониторинга, графическое представление рабочего процесса цифровых машин, проектируется облачная платформа для дистанционного мониторинга системы в реальном времени и представлены результаты экспериментальной работы. Результатом исследования являются алгоритм преобразования цифровых сигналов в один аналоговый сигнал и его математическая модель. Также на основании экспериментальных работ была создана база данных неисправностей промышленной машины и определены их характеристики. Это поможет владельцам малых и средних предприятий и техническому персоналу легко интегрировать Industry 4.0 в свои производственные линии.

Ключевые слова: проблемы автоматической проверки системы; промышленные системы реального времени; системы удаленного мониторинга.

განხილვის თარიღი 22.11.2019

შემოსვლის თარიღი 04.12.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020