

დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ტექნოლოგიის დანერგვის გამოცდილება

ლევან იმნაიშვილი*, მაგული ბედინეიშვილი*, მიხეილ დონაძე**

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,

**ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

l.imnaishvili@gtu.ge, m.bedineishvili@gtu.ge, mikheil.donadze@bsu.edu.ge

რეზიუმე

სამუშაო ეხება დისტანციური ექსპერიმენტის დანერგვას საინჟინრო სწავლებაში. ამ მიზნით გამოყენებულია ორიგინალური ტექნოლოგიური პლატფორმა დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტებისთვის და სწავლების მოდელი. ტექნოლოგიური პლატფორმა გულისხმობს ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დისტანციურად განხორციელებას შესაბამისი აღჭურვილობის მქონე სასწავლო დაწესებულებაში, ხოლო სტუდენტები იმყოფებიან სხვა უნივერსიტეტის დისტანციური ექსპერიმენტის განსახორციელებლად აღჭურვილ ინტერაქციულ კომპიუტერულ კლასში. სამუშაოში აღწერილია ტექნოლოგიური პლატფორმის არქიტექტურა და სწავლების მოდელი. წარმოდგენილია სტუდენტების კმაყოფილების კვლევის შედეგები. აქედან გამომდინარე, სამუშაოში საუბარია როგორც დადებით შედეგებზე და არსებულ გამოწვევებზე.

საკვანძო სიტყვები: დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი, დისტანციური სწავლება, ტექნოლოგიური პლატფორმა.

1. შესავალი

იმდენად დიდია დისტანციური სწავლების ხიბლი, რომ ცხადია საინჟინრო სწავლებაც გვერდს ვერ აუვლის სწავლების ასეთ ფორმატს. დისტანციური სწავლების ფორმატის საინჟინრო პროფილის საგანმანათლებლო პროგრამებში გამოყენების ძირითადი შემადგერხებელი ფაქტორი ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დისტანციურად ჩატარების სირთულეა. საკითხს ამწვავებს ისიც, რომ მეთოდური თვალსაზრისით ნატურული ექსპერიმენტი ლაბორატორიულ სწავლებაში ბევრად უკეთეს შედეგს იძლევა და ბევრად უფრო ძვირია, ვიდრე ტრადიციული ლაბორატორიული ან თუნდაც ვირტუალური ექსპერიმენტი.

დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ტექნოლოგიის დანერგვა მოხდა საგრანტო პროექტის #CIF-2-2024-03 – „საინჟინრო საგანმანათლებლო პროგრამების ერთობლივი შემუშავება და განხორციელება დისტანციური ლაბორატორიების გამოყენებით“ [1] ფარგლებში. ტექნოლოგია ეყრდნობა ქართულ ინოვაციას – დისტანციური ლაბორატორიული სისტემა [2]. პროექტი [1] ითვალისწინებს საინჟინრო ხასიათის სასწავლო კურსების დანერგვას ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტში (ბსუ) და იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტში (თესაუ) დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში (სტუ) განხორციელებით.

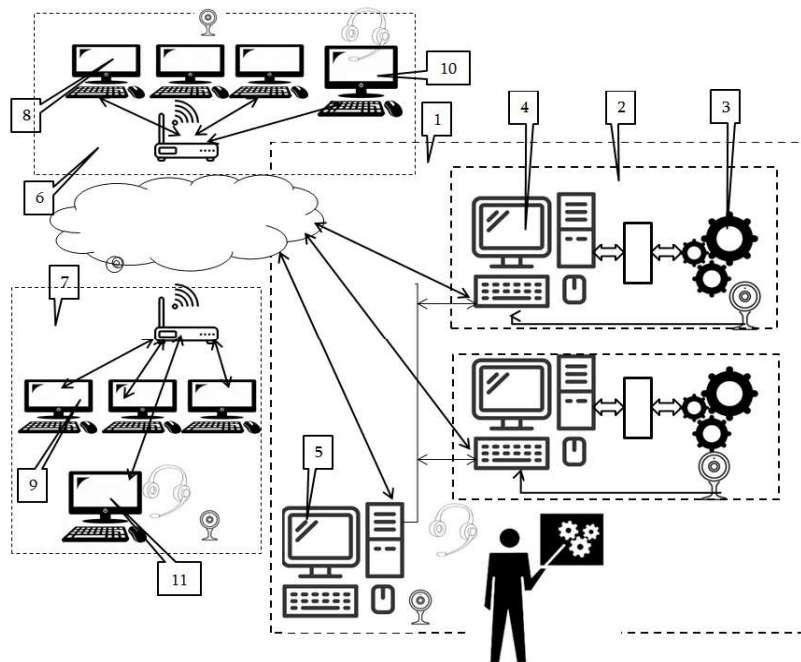
მოცემული სამუშაოს მიზანია დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ტექნოლოგიის სასწავლო პროცესში დანერგვის შედეგების შეფასება ერთი კონკრეტული სასწავლო კურსის ფარგლებში, რამდენადაც დანერგილი ყველა სასწავლო კურსის შედეგებს ერთი სტატია ვერ დაიტევს. მოცემულ სამუშაოში წარმოდგენთ მხოლოდ ერთი სასწავლო კურსის, კერძოდ კი „SCADA სისტემების“ ბსუ-ში დანერგვის შედეგებს.

2. მეთოდოლოგია. დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ტექნოლოგია და სწავლების მოდელი

დისტანციური ლაბორატორიული სისტემის [2] განხორციელება საქართველოს რეალობაში დაკავშირებული იყო ორ პრობლემასთან:

- დისტანციური სტუდენტის იდენტიფიცირების პრობლემა [3];
- „საქართველოს კანონის უმაღლესი განათლების შესახებ“ [4] დისტანციურ სწავლებასთან მიმართებაში არსებული შეზღუდვების გადალახვა.

ამდენად, პროექტის [1] ფარგლებში მოხდა დისტანციური ლაბორატორიული სისტემის [2] არქიტექტურის მოდიფიცირება, რომელიც გულისხმობს არქიტექტურაში დისტანციური სტუდენტების ინდივიდუალური კომპიუტერების ნაცვლად რეგიონული უნივერსიტეტების სასწავლო სივრცეში დისტანციური ინტერაქტიული კომპიუტერული კლასების გამოყენებას. ასევე, მოიაზრება კომპიუტერულ კლასში პედაგოგის (ზედამხედველის) არსებობა შესაბამისი კომპიუტერით [5]. შედეგად, წარმატებით იქნა გაღიახული ორივე პრობლემა.



სურ. 1. მოდიფიცირებული დისტანციური ლაბორატორიული სისტემის არქიტექტურა

მოდIFIცირებული სისტემის არქიტექტურა წარმოდგენილია სურ. 1-ზე, რომლის თანახმად, ერთ საგანმანათლებლო დაწესებულებაში (ამ შემთხვევაში სტუ-ში) განთავსებულია ლაბორატორიული სივრცე 1. ლაბორატორიული სივრცე 1 წარმოადგენს ლაბორატორიული დანადგარების 2 კლასტერს. ლაბორატორიული დანადგარი შედგება ლაბორატორიული სტენდისგან 3 და მისი მმართველი კომპიუტერისგან 4. მმართველი კომპიუტერები 4 და ინსტრუქტორის კომპიუტერი 5 ერთმანეთთან გაერთიანებულია ლოკალური ქსელით და ამასთან წვდომა აქვთ გლობალურ ქსელზე. ლაბორატორიული სტენდი აღჭურვილია ვებ-კამერით, რომელიც ოპტიკურად ორიენტირებულია სტენდზე 3. ინსტრუქტორის კომპიუტერი აღჭურვილია მობილური აუდიოგარნიტურით. ლაბორატორიული გარემო ასევე აღჭურვილია ლაბორატორიული სივრცის საერთო ხედვის ვებ-კამერით.

დისტანციური სტუდენტები იმყოფებიან ჯგუფურად ერთ ან რამდენიმე საგანმანათლებლო დაწესებულებაში დისტანციური ინტერაქტიული კომპიუტერული კლასებში 6,7, რომლებიც აღჭურვილნი არიან სტუდენტთა ინდივიდუალური სამუშაო ადგილებით 8, 9.

სტუდენტის ინდივიდუალური სამუშაო ადგილი 8,9 წარმოადგენს პერსონალურ კომპიუტერს–მონობლოკს, ანუ იგი აღჭურვილია ვებ–კამერით, მიკროფონით და დინამიკებით. ასევე ზედამხედველისთვის გათვალისწინებულია პერსონალური კომპიუტერი 10,11, რომელიც აღჭურვილია მობილური აუდიო გარნიტურით. სტუდენტთა ინდივიდუალური სამუშაო ადგილები 8,9 და ზედამხედველის კომპიუტერი 10,11 ჩართულია გლობალურ ქსელში.

საგანმანათლებლო დაწესებულება ახდენს სტუდენტთა იდენტიფიცირებას და სტუდენტთა ჯგუფისთვის თვითონ განსაზღვრავს ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ჩატარების დროს და ხანგრძლივობას.

ამდენად, დისტანციური სწავლების სტუდენტები 8,9 ინსტრუქტორისგან იღებენ ლაბორატორიულ დანადგართან 2 დაშვების საიდენტიფიკაციო მონაცემებს, აუდიო–ვიდეო კომუნიკაციის საშუალებაში დაშვების საიდენტიფიკაციო მონაცემებს. კომუნიკაციის სისტემაში დაშვების შემდეგ, ინსტრუქტორი თითოეულ სტუდენტს ჯგუფებიდან 8,9 დაუშვებს კონკრეტული ლაბორატორიული დანადგარის 2 კომპიუტერში 4.

ორივე ინტერაქტიული კომპიუტერული კლასი 6,7 აღჭურვილია საერთო ხედის ვებ–კამერებით, რაც აძლიერებს სოციალური ჯგუფის შეგრძნებებს, ამასთან ინსტრუქტორს საშუალებას აძლევს აკონტროლოს პროცესი დისტანციურ კომპიუტერულ კლასში.

იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილი იქნას დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი, საჭიროა სამი ქმედების განხორციელება:

- დისტანციური კომპიუტერიდან 8,9 სტუდენტის (–ების) პირდაპირი დაშვება ლაბორატორიული დანადგარის 2 კომპიუტერში 4. ეს საჭიროა იმისათვის, რომ სტუდენტმა შეძლოს ექსპერიმენტის განხორციელება ლაბორატორიულ სტენდზე 3.
- სტუდენტის აუდიო–ვიდეო თუ წერილობითი ინტერაქტივი ინსტრუქტორთან. ეს საჭიროა იმისათვის, რომ სტუდენტმა „უკარნახოს“ ინსტრუქტორს ლაბორატორიული სტენდის გაწყობის, გადაწყობის თუ ადმინისტრირების გეგმა.
- ინსტრუქტორის მიერ ლაბორატორიული სტენდის 3 გამართვა სტუდენტის დავალების შესაბამისად.

ინტერაქტიული კავშირის განხორციელებისთვის სტუდენტი იყენებს მონობლოკის აუდიო საშუალებებს და ვებ–კამერას, ხოლო ინსტრუქტორი – მობილურ აუდიო გარნიტურს და ვებ–კამერას. შესაბამისად, ინსტრუქტორი თავისუფლად გადაადგილდება კომპიუტერ 5–ს და ლაბორატორიულ დანადგარებს 2 შორის. დისტანციური სწავლების სტუდენტი იღებს ლაბორატორიულ დანადგართან 2 დაშვების დროს, ხანგრძლივობას, ლაბორატორიულ დანადგართან 3 დაშვების საიდენტიფიკაციო მონაცემებს, აუდიო–ვიდეო კომუნიკაციის საშუალებაში დაშვების საიდენტიფიკაციო მონაცემებს. კომუნიკაციის სისტემაში დაშვების შემდეგ, ინსტრუქტორი სტუდენტს დაუშვებს კონკრეტულ ლაბორატორიულ დანადგარის 2 კომპიუტერში 4. ამის შემდგომ სტუდენტი ინსტრუქტორს უგზავნის ექსპერიმენტის ჩატარებისთვის საჭირო სქემის ესკიზს. ინსტრუქტორის მიერ სქემის აწყობის შემდგომ, სტუდენტი იწყებს დამოუკიდებლად ექსპერიმენტის ჩატარებას. ექსპერიმენტის მსვლელობას სტუდენტი აკვირდება კომპიუტერის 4 მონიტორზე და ვებ–კამერით უშუალოდ ლაბორატორიულ სტენდზე 3. იმავდროულად მას აქვს ვერბალური კავშირი ინსტრუქტორთან. ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მსვლელობისას მოგროვილი მონაცემები განთავსდება მონაცემთა ბაზაში. 4. ლაბორატორიული ექსპერიმენტის დამთავრების შემდგომ სტუდენტი მონაცემთა ბაზიდან გადმოიწერს ექსპერიმენტის შედეგებს საკუთარ კომპიუტერში 8,9 და მოახდენს მის დამუშავებას.

ინსტრუქტორის ვებ-კამერას აქვს სხვა დანიშნულებაც. იგი ისე უნდა იყოს ორიენტირებული, რომ დისტანციური სტუდენტის მხედველობის არეში მოექცეს ინსტრუქტორი და ლაბორატორიული სივრცე 1 მთლიანად. ეს უქმნის დისტანციურ სტუდენტს განცდას, რომ იგი იზოლირებული არ არის დასწრებული სტუდენტების სოციალურსაგან. ამ აზრს ამყარებს ისიც, რომ დისტანციური ინტერაქციის პროგრამული უზრუნველყოფა საშუალებას იძლევა, რომ სტუდენტი დააკვირდეს სხვა დისტანციური სტუდენტების გამოსახულებებს.

იმისათვის, რომ სტუდენტმა განახორციელოს პირდაპირი ინტერაქცია ინსტრუქტორთან, ამისათვის სტუდენტის კომპიუტერში 8,9 და ინსტრუქტორის კომპიუტერში 5 არსებობს შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფები.

სტუდენტისთვის უშუალოდ ლაბორატორიაში ყოფნის განცდას ამყარებს ვებ-კამერა, რომელიც აკვირდება ლაბორატორიულ სტენდზე 3 მიმდინარე პროცესებს. იგივე ვებ-კამერა ასრულებს ასევე უკუკავშირის როლს ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მიმდინარეობის შესახებ. გასაგებია, რომ ლაბორატორიულ სტენდთან 3 ასევე უკუკავშირის როლს ასრულებს ლაბორატორიული დანადგარის 2 კომპიუტერის 4 მონიტორზე ასახული მოვლენებიც. ამდენად, ლაბორატორიული დანადგარის 2 კომპიუტერის 4 მონიტორზე ასახულია უშუალოდ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტთან დაკავშირებული მოვლენები და გამოსახულება ვებ-კამერიდან. თავის მხრივ, ლაბორატორიული დანადგარის 2 კომპიუტერის 4 მონიტორი გაზიარებულია სტუდენტის კომპიუტერის 8,9 მონიტორზე. ამდენად, დისტანციური სტუდენტის კომპიუტერის 8,9 მონიტორზე აისახება: ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მონაცემები; ლაბორატორიული სტენდის ვიზუალური გამოსახულება; ლაბორატორიული სივრცის 1 საერთო ხედი; დისტანციური სტუდენტების გამოსახულებები.

შესაბამისად, ინსტრუქტორის კომპიუტერის 5 მონიტორზე აისახება: სასწავლო პროცესის მენეჯმენტის პროგრამული უზრუნველყოფის შედეგები: ლაბორატორიულ დანადგარებთან 2 სტუდენტების განაწილების სია, ლაბორატორიული სამუშაოს დაწყების და დამთავრების დროები და ა.შ.; დისტანციური სტუდენტების გამოსახულებები; დისტანციურ სტუდენტებთან კომუნიკაციის ველი.

სწავლების მოდელი. „SCADA სისტემების“ სასწავლო კურსის მიხედვით დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი მოითხოვდა სამ შემთხვევაში: პრაქტიკულ მეცადინეობაზე, როცა ექსპერიმენტს ატარებს პედაგოგი და სტუდენტები არიან აქტიური დამკვირვებლები. ლაბორატორიულ მეცადინეობაზე, როცა სტუდენტი დისტანციურ ექსპერიმენტს ატარებს დამოუკიდებლად, ხოლო პედაგოგი ამოწმებს თუ რამდენად კარგად ესმის სტუდენტს დასმული ამოცანა და უწევს კონსულტაციას. აკონტროლებს ექსპერიმენტის მიმდინარეობის სისწორეს და საჭიროების შემთხვევაში შეაქვს შესაბამისი კორექტივები. მესამე შემთხვევა არ არის სწავლების აუცილებელი კომპონენტი.

ტექნოლოგიის დანერგვის მეთოდოლოგია: საჭირო ინფრასტრუქტურის განხორციელება სტუ-ში და ბსუ-ში; სასწავლო სილაბუსის შემუშავება სასწავლო კურსში „SCADA სისტემები“, რომელიც ადაპტირებულია დისტანციურ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტზე; მოხდა ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარების მეთოდური ლიტერატურის ადაპტირება დისტანციური ექსპერიმენტისთვის; კომუნიკაციის პროტოკოლების შემუშავება: „სტუდენტი-ტექნოლოგია“, „სტუდენტი-ზედამხედველი“, „სტუდენტი-ინსტრუქტორი“; ტექნიკური პროტოკოლების შემუშავება: „კომპიუტერი 8,9-კომპიუტერი 4“; გასვლითი ლექცია დისტანციურ ლაბორატორიულ ტექნოლოგიასთან დაკავშირებით ბსუ-ს სტუდენტებისთვის; სასწავლო ცხრილების სინქრონიზაცია სტუ-სა და ბსუ-ს შორის „SCADA სისტემების“ სასწავლო კურსის სწავლებისათვის.

3. მსჯელობა:

ბსუ-ში დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ტექნოლოგიის დანერგვასთან ახლდა ორი დიდი გამოწვევა:

- „SCADA სისტემების“ სასწავლო კურსი შეტანილი იქნა ბსუ-ს საგანმანათლებლო პროგრამაში „კომპიუტერული მეცნიერება“. „SCADA სისტემების“ სასწავლო კურსს აქვს გამოხატული საინჟინრო „ელფერი“. ამასთან, საგანმანათლებლო პროგრამა „კომპიუტერული მეცნიერება“ საკმაოდ შორსაა ინჟინერიისგან. ამდენად, ჩვენ არ ვიცოდით როგორ მიიღებდა ამ სასწავლო კურსს სტუდენტები.
- არც სტუ-ს და არც ბსუ-ს არ ქონდა დისტანციური საინჟინრო კურსის წარმართვის და მითუმეტეს დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ჩატარების გამოცდილება.

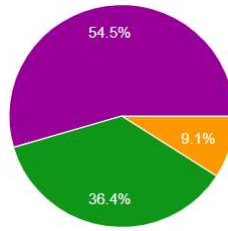
„SCADA სისტემების“ სასწავლო კურსი განიხილავს ყველა გამოყენებითი ასპექტის ტექნოლოგიური პროცესების ციფრული და კომპიუტერული მართვის საკითხებს. დღევანდელ თაობას ისედაც აქვს შეხება ტექნოლოგიური პროცესების მართვასთან, თუნდაც ყოფით საკითხებში. ამდენად, ეს სასწავლო კურსი საინტერესო აღმოჩნდა „კომპიუტერული მეცნიერების“ საგანმანათლებლო პროგრამის სტუდენტებისთვის. „SCADA სისტემების“ სასწავლო კურსი ერთერთ სასწავლო კომპონენტად მოიაზრებს ჯგუფური საკურსო პროექტის გაკეთებასაც. აქ საინტერესოდ განვითარდა მოვლენები. „SCADA სისტემების“ სასწავლო კურსი განიხილავს SCADA სისტემების როგორც აპარატულ, ასევე პროგრამულ მხარესაც. ამ სასწავლო კურსის ფარგლებში მინიშნება კეთდება იმაზეც, რომ კონფიგურირებასთან ერთად შესაძლებელია პროგრამირებაც. ვინაიდან, „კომპიუტერული მეცნიერების“ საგანმანათლებლო პროგრამის სტუდენტები უფრო დახელოვნებულნი არიან პროგრამირებაში, ამიტომ მათ საკურსო პროექტში უფრო ყურადღება გაამახვილეს პროგრამირების საკითხებზე. ამდენად, ეს მომენტი ამ სასწავლო კურსის ავტორებისთვის (ლ.იმნაიშვილი, მ.ბედიენიშვილი) კარგი გამოცდილება აღმოჩნდა.

დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტები ბსუ-დან სტუ-ს SCADA სისტემების ლაბორატორიაში მიმდინარეობდა 2024/2025 სასწავლო წლის საგაზაფხულო სემესტრის განმავლობაში. ლაბორატორიულ ექსპერიმენტებს მოითხოვდა სასწავლო კურსის პრაქტიკული, ლაბორატორიული და საკურსო პროექტის სასწავლო კომპონენტები.

ექსპერიმენტისთვის საჭირო მოსამზადებელ სამუშაოებს სტუდენტები ახდენდნენ ბსუ-ს ინტერაქტიულ კომპიუტერულ კლასში. საექსპერიმენტო აღჭურვილობის გამოყენების მომენტისთვის ხდებოდა ინტერაქტიულ კომპიუტერულ კლასის კონკრეტული კომპიუტერის „მიბმა“ სტუ-ს SCADA სისტემების ლაბორატორიის კონკრეტულ დანადგართან.

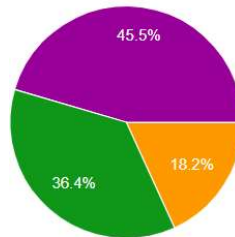
დისტანციურ ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ეფექტურობასთან დაკავშირებით სტუდენტებში ჩატარდა გამოკითხვა, რომელმაც მოგვცა საინტერესო შედეგები.

დღევანდელი სტუდენტობა არის ციფრული და ინტერნეტ ტექნოლოგიების თაობა. პრაქტიკაში ეს ნიშნავს, რომ ისინი ენდობიან ამ ტექნოლოგიებს და ინტუიციის დონეზე აქვთ ათვისებული შესაბამისი ინსტრუმენტები. ეს რეალობა „SCADA სისტემების“ სასწავლო კურსის დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის წარმართვის დროსაც გამოჩნდა. ამ თაობისთვის დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტები სრულებით მისაღებია, რაზეც მიუთითებს გამოკითხვის შედეგები (სურ.2). წარმოდგენილ დიაგრამებზე ფერები მიუთითებს პასუხებზე: იასამნისფერი–კატეგორიულად ვეთანხმები, მწვანე–ვეთანხმები, ყვითელი–ნეიტრალური ვარ, წითელი–არ ვეთანხმები, ლურჯი–კატეგორიულად არ ვეთანხმები.



სურ.2. დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მისაღებლობა

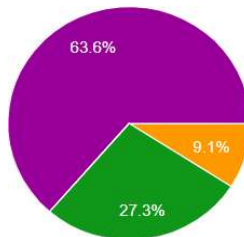
კითხვაზე, თუ რამდენად შეუფერხებლად მუშაობდა დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ტექნიკური აღჭურვილობა, პასუხები შედარებით დამაჯერებელი არ იყო (სურ.3). არადამაჯერებლობაში აქ იგულისხმება ინტერნეტის არასტაბილურობა. აქ გასარკვევია სტუ-ს თუ ბსუ-ს ინტერნეტმომარაგება, თუ გლობალური ქსელი სცოდავდა, თუმცა ყველა შემთხვევაში, მიუხედავად ფრაგმენტული არასტაბილურობისა, ინტერნეტმომარაგება დამაკმაყოფილებელი იყო.



სურ.3. აღჭურვილობის შეუფერხებელი მუშაობა

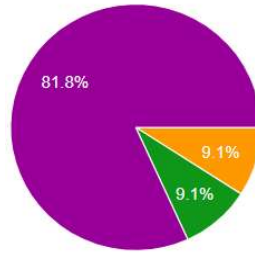
პრაქტიკაში შედარებით პრობლემური გამოდგა ინტერაქტიულ კომპიუტერულ კლასში აკუსტიკური უკუკავშირით გამოწვეული ექო. ვფიქრობთ, რომ ამ მიმართულებით კიდევ გვაქვს სამუშაო.

სტუდენტებს სხვა სასწავლო კურსებიდან უკვე ქონდათ გამოცდილება დასწრებული ლაბორატორიული სასწავლო კომპონენტის განხორციელებისა. მიუხედავად ამისა, მოდელის დანერგვის პროცესში ერთერთ მთავარ გამოწვევად მიგვაჩნდა პროტოკოლები: „სტუდენტის და ტექნოლოგიების ურთიერთქმედება“, „კომუნიკაცია სტუდენტსა და ზედამხედველს შორის“, „კომუნიკაცია სტუდენტსა და ინსტრუქტორს შორის“. სიამაყით შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ ეს გამოწვევები წარმატებით იქნა გადალახული. კითხვაზე „დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ინსტრუქციები იყო მკაფიო, გასაგები და ადვილად შესასრულებელი“ სტუდენტების პასუხები გადანაწილდა შემდეგნაირად (სურ.4).



სურ.4. დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის ინსტრუქციების მკაფიობა

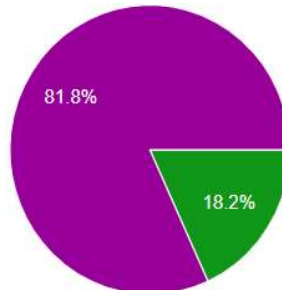
იგივე საკითხს ეხმიანება კითხვა “ლექტორები/ასისტენტები ხელმისაწვდომნი იყვნენ კითხვებზე პასუხის გასაცემად და დახმარების აღმოსაჩენად” (სურ.5). თუმცა ამ შემთხვევაში მუშაობდა სხვა ფაქტორებიც: პერსონალს გავლილი ქონდა შესაბამისი ტრეინინგები როგორც პროფესიული გადამზადების, ასევე დისტანციური სწავლების ტექნოლოგიაში. მეორეც, ჩამოთვლილი პერსონალი მოქმედებდა ერთი გუნდის პრინციპით და მაღალი მოტივაციით.



სურ. 5. ლექტორები/ასისტენტები იყენებენ ხელმისაწვდომი

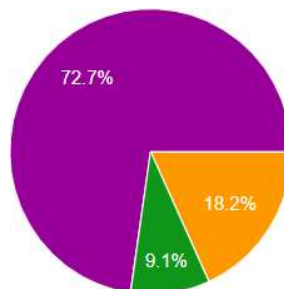
აქ ერთგვარ გამოწვევას წარმოადგენდა თანაფარდობა: ინსტრუქტორი/ლაბორატორიული სტენდის რაოდენობა. ერთმა ინსტრუქტორმა წარმატებით გაართვა თავი ხუთი სტენდის მომსახურებას. თუმცა ეს თანაფარდობა მოქმედებაშია SCADA სისტემების ლაბორატორიის შემთხვევაში, სხვა ლაბორატორიის შემთხვევაში იქნება სხვა.

ზოგადად დისტანციური სწავლება გულისხმობს სტუდენტის ინდივიდუალურ ჩართულობას სასწავლო პროცესში. განსხვავებით ამისგან, პროექტის მიერ შეთავაზებული ფორმატი, როცა დისტანციური სტუდენტები იმყოფებიან ერთ სივრცეში, აღმოჩნდა დადებითი მუხტის მატარებელი სტუდენტთა გუნდური ჩართულობის თვალსაზრისით. დისტანციური სტუდენტების ერთ სამუშაო სივრცეში არსებობამ, თანამედროვე ტექნოლოგიებთან შეხებამ სასწავლო პროცესში მეტი მოტივაცია შესძინა სტუდენტებს. ამით უნდა აიხსნას კითხვაზე „შევძელი ეფექტურად თანამშრომლობა სტუდენტებთან და ინსტრუქტორთან დისტანციურ გარემოში“ დადებითი პასუხები (სურ.6). ეს დიაგრამა გვიჩვენებს, თუ როგორ უნდა გადაილახოს სოციალური ნაკლებობა დისტანციური სწავლების დროს.



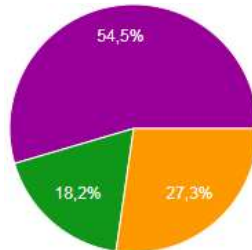
სურ. 6. თანამშრომლობის ეფექტურობა

ზოგადად დისტანციური სწავლება სტუდენტისგან მოითხოვს თვითდისციპლინის მაღალ დონეს. პროექტის მიერ შეთავაზებული სწავლების მოდელის შემთხვევაში ნაკლებად მოითხოვება თვითდისციპლინის მაღალი დონე, რამდენადაც სტუდენტები იმყოფებიან ერთ სივრცეში პედაგოგთან ერთად. ამდენად, ისინი ადვილად ახერხებდნენ ლაბორატორიული მეცადინეობების დროის (დაწყება, დასრულება, შესვენებები) ადეკვატურად განაწილებას. გასაგებია, რომ ეს მომენტი შესაბამისად აისახა გამოკითხვის შედეგზე (სურ.7).



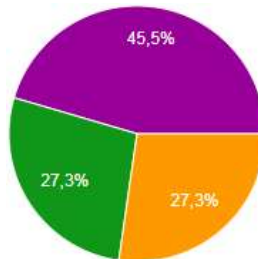
სურ. 7. ლაბორატორიული მეცადინეობის დროის განაწილება

ლაბორატორიული ექსპერიმენტები ხელს უწყობს პრაქტიკული უნარების განვითარებას. შემოთავაზებული მოდელის შემთხვევაში სტუდენტებმა პრაქტიკულ უნარებთან ერთად განვითარეს კომუნიკაციის უნარებიც, რამდენადაც მათ ექსპერიმენტის პროცესში უნთიერთობა უხდებოდათ ინსტრუქტორებთან ლაბორატორიაში. ცხადია, კომუნიკაცია მიდიოდა პროფესიულ ენაზე. ამიტომაც, რომ კითხვაზე „დისტანციურმა ფორმატმა ხელი შეუწყო ჩემს დამოუკიდებელ სწავლასა და პრობლემის გადაჭრის უნარების განვითარებას“ იძლევიან სურათზე ნაჩვენებ შეფასებებს (სურ.8).



სურ. 8. დამატებითი უნარების განვითარება

ჩვენთვის ასევე საინტერესო იყო, როგორ დაეხმარება დასაქმებაში ახალი სასწავლო კურსი “SCADA სისტემები“ საბაკალავრო პროგრამის კურსდამთავრებულებს. მიუხედავად იმისა, რომ SCADA განკუთვნილია ტექნოლოგიური პროცესების მართვისათვის და სტუდენტები თავიანთი დასაქმების მომავალს ხედავენ ქ.ბათუმში და აჭარის რეგიონში, მათი პასუხები SCADA-თან, როგორც დასაქმების არეალის გაფართოებასთან დაკავშირებით, მაინც დამაჯერებელი იყო (სურ.9).



სურ. 9. SCADA, როგორც დასაქმების საშუალება

3. შედეგები

„დისტანციური ლაბორატორიული სისტემის“ [2] დანერგვამ ბსუ-ს მაგალითზე აჩვენა: დისტანციური ლაბორატორიული სისტემა წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული საქართველოს საგანმანათლებლო სივრცეში; ერთი საგანმანათლებლო დაწესებულების მიერ მეორე საგანმანათლებლო დაწესებულების ლაბორატორიული ბაზის და კონკრეტული სასწავლო კურსის მიმართულებით სწავლების გამოცდილების გაზიარება სასარგებლოა ორივე სასწავლო დაწესებულებისთვის; სტუ-ში და ბსუ-ში შექმნილია დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის განხორციელებისთვის საჭირო ინფრასტრუქტურა, რაც ხელს შეუწყობს დისტანციური საინჟინრო სწავლების განვითარებას. დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტები ბსუ-ში უკვე დანერგილია ორ სასწავლო კურსში და მიმდინარე სემესტრში კიდევ ინერგება ერთ სასწავლო კურსში; სტუ-ში და ბსუ-ში IT ინფრასტრუქტურა დღეისთვის აკმაყოფილებს დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მოთხოვნებს; საინჟინრო სწავლებაში დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სრულიად ცვლის ტრადიციული (დასწრებული) სწავლების ჩვენში დამკვიდრებულ აღქმას. ეხება ეს სწავლების

ყველა კომპონენტს, რომელიც საჭიროებს დისტანციურ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტებს; გასაუმჯობესებელია სტუდენტისა და ინსტრუქტორის აუდიოკავშირის ინფრასტრუქტურა.

4. დასკვნები:

- მოდიფიცირებულმა დისტანციურმა ლაბორატორიული სისტემის არქიტექტურამ და ლაბორატორიული სამუშაოს წარმართვის პროტოკოლებმა აჩვენეს ეფექტურობა გამოყენების ოპერატიულობის და სიმარტივის კუთხით.
- დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი საშუალებას იძლევა ერთმა უნივერსიტეტმა გამოიყენოს მეორე უნივერსიტეტის აღჭურვილობა.
- მოხსნილია დისტანციური ექსპერიმენტისათვის დამახასიათებელი სტუდენტის იდენტიფიცირების პრობლემები.
- აღმოჩნდა, რომ დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტი ხელს უწყობს სტუდენტებში დამატებითი უნარების განვითარებას.
- დისტანციური ლაბორატორიული ექსპერიმენტისათვის სრულებით მისაღები აღმოჩნდა საქართველოს ინტერნეტ სივრცე (სიჩქარე, გამტარუნარიანობა).

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. <https://reenlab.gtu.ge/ka>
2. ა. ფრანგიშვილი, ლ. იმნაიშვილი, მ. ბედინეიშვილი, გ. ზედგინიძე. დისტანციური ლაბორატორიული სისტემა. პატენტი გამოგონებაზე, # GE U 2022 2123 Y, 2022 წ.
3. Portugal, D., Faria, J.N., Belk, M. et al. Continuous user identification in distance learning: a recent technology perspective. Smart Learn. Environ. 10, 38 (2023).
4. საქართველოს კანონი უმაღლესი განათლების შესახებ.
5. Levan Imnaishvili, Maguli Bedineishvili, Tea Todua, Archil Chovelidze. Development of a remote laboratory experiment model in the hyflex format of teaching. ISPC 2024, 4th annual International Scientific-Practical Conference "Digital Management and Artificial Intelligence" 10. and 11. October 2024. <https://eeu.edu.ge/wp-content/uploads/2024/12/Conference-Agenda15.pdf>

Experience in implementing remote laboratory experiment technology

Levan Imnaishvili*, Maguli Bedineishvili*, Mikheil Donadze**

*Georgian Technical University

**Batumi Shota Rustaveli State University

l.imnaishvili@gtu.ge, m.bedineishvili@gtu.ge, mikheil.donadze@bsu.edu.ge

Abstract

The work concerns the implementation of remote experimentation in engineering education. For this purpose, an original technological platform for remote laboratory experiments and a teaching model are used. The technological platform involves the remote implementation of a laboratory experiment in an educational institution with appropriate equipment, while students are in an interactive computer classroom equipped for remote experimentation at another university. The work describes the architecture of the technological platform and the teaching model. The results of a student satisfaction survey are presented. Therefore, the work discusses both positive results and existing challenges.

Keywords: remote laboratory experiment, distance learning, remote laboratory technology platform.