

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ხელნაწერის უფლებით

თამარ ტალიკაძე

**მონიტორინგისა და მონაცემთა ვიზუალიზაციის
განაწილებული სისტემის ოპერატორის ინტერფეისების
დამუშავება და კვლევა**

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი
2013

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის კომპიუტერული
ინჟინერიის დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: სრ. პროფესორი ლევან იმნაიშვილი

რეცენზენტები: სრ. პროფ. კონსტანტინე კამკამიძე.

ასოც. პროფ. ბადრი გვასალია

დაცვა შედგება 2013 წლის 30 მარტს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს
კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი VI, აუდიტორია 311, 17.00 საათზე.
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატის სტუ-ს ვებ გვერდზე.

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

სრული პროფესორი: თინათინ კაიშაური

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალობა - საწარმოების მოდერნიზაციას, ტექნოლოგიური და მართვის სისტემების გართულებას, ტექნიკური კონტროლის განყოფილების ავტომატიზაციის წილის გაზრდას, კვალდაკვალ მისდევს ტექნოლოგიური პროცესების კომპიუტერული რესურსებით კონტროლის აუცილებლობა. ამდენად, იზრდება მონიტორინგის განაწილებული სისტემების მნიშვნელობა. შესაბამისად, მნიშვნელოვანი და აქტუალური ხდება მონიტორინგისა და მონაცემთა ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემის ოპერატორის ინტერფეისების დამუშავება და კვლევა. ტექნოლოგიური პროცესების მართვის განაწილებული სისტემები მთლიანად ორიენტირებულია ადამიანზე და უპირველეს ყოვლისა გულისხმობს ოპერატორის შრომით საქმიანობას ტექნიკურ სისტემებთან ურთიერთობის პროცესში. მონიტორინგის განაწილებული სისტემები ეფექტური, უსაფრთხო და კომფორტული უნდა იყოს და ამ შემთხვევაში იქნება იგი ადამიანზე ორიენტირებული. ეს სამი ელემენტი არის ერგონომიულობის დახასიათებლები და მამასადამე ადამიანზე ორიენტირებული მონიტორინგის განაწილებული სისტემებისადმი მთავარი მოთხოვნა მისი ერგონომიულობაა.

მაღალი ტემპებით იზრდება კომპიუტერული ტექნიკის სწრაფქმედება, მეხსიერების მოცულობა, წარმადობა და ტექნიკური ეფექტურობის სხვა მაჩვენებლები. მომხმარებლისათვის კომპიუტერის ეს მაჩვენებლები ბევრს განსაზღვრავს, მაგრამ „მნიშვნელოვანია კომპიუტერის არა სწრაფქმედება თავისთავად, არამედ მომხმარებლის მიერ დასმულ ამოცანაზე პასუხის მიღების სისწრაფე“. ამდენად, აქტუალური ხდება ადამიანი-კომპიუტერის ინტერაქციის დროის შემცირება.

მონიტორინგისა და ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემების აგებისას ყოველთვის გაითვალისწინება „ადამიანის ფაქტორი“, რაც ტექნოლოგიური პროცესის მართვისას გულისხმობს ადამიანისათვის ისეთი დამახასიათებელი თვისებების გათვალისწინებას, როგორცაა დადლილობა, სტრესები, ფიზიკური ნაკლი და ა.შ. განსაკუთრებით ეს ეხება მართვის სისტემების ოპერატორის ინტერფეისებს და, აქედან გამომდინარე, მართვის სისტემების საიმედოობის საკითხებს. განაწილებული სისტემების მართვის მეთოდები პრაქტიკულად არ ითვალისწინებენ ისეთ „ადამიანურ ფაქტორებს“ როგორებიცაა მუშაკის დაბალი კვალიფიკაცია, არაკეთილსინდისიერება, უდისციპლინობა და ა.შ. აუცილებელია,

რომ განაწილებული სისტემების ოპერატორის ინტერფეისი იქმნებოდეს მისი მენტალური შესაძლებლობების გათვალისწინებითა და გამოყენებითი სფეროს შესწავლის საფუძველზე. როგორც სტატისტიკა გვიჩვენებს, ტექნოლოგიური პროცესების მონიტორინგის სისტემებში მომხდარი სერიოზული ავარიები უმეტეს შემთხვევაში განპირობებულია მართვის ავტომატიზებული სისტემის რგოლში ჩართული ადამიანის ზემოთ მოტანილი უარყოფითი ფაქტორებით.

დასმული ამოცანის გადაწყვეტა მრავალი მეთოდით შეიძლება. მაგალითად. ინტერაქციისათვის სპეციალური მანიპულატორების, სპეციალური ერგონომიული კლავიატურის და სხვათა გამოყენებით. ადამიანის კომპიუტერთან ინტერაქციისათვის განსაკუთრებით ეფექტურია მრავალფუნქციური ტერმინალური მოწყობილობანი. უნდა აღინიშნოს, რომ მრავალფუნქციურობა მიეკუთვნება ტექნიკური ეფექტურობის მაჩვენებელს, რადგან ის გავლენას ახდენს სისტემის სხვა ტექნიკური ეფექტურობის მაჩვენებლებზე. ტერმინალური მოწყობილობების მრავალფუნქციურობის ზრდა ხელს უწყობს სისტემის სირთულის შემცირებას, საიმედოობისა და ერგონომიულობის მაჩვენებლების ზრდას. მრავალფუნქციურობა ტექნიკური ეფექტურობის სხვა მაჩვენებლებისგან განკერძოებით არ განიხილება, ვინაიდან მათთან პირდაპირ კავშირშია.

აქედან გამომდინარე, სადისერტაციო ნაშრომის **კვლევის მიზანს** წარმოადგენს მონიტორინგისა და მონაცემთა ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემის ოპერატორის ინტერფეისების ხარისხის შეფასებისა და მაღალხარისხოვანი ინტერფეისის სინთეზისათვის მიდგომებისა და მეთოდების დამუშავება. სადისერტაციო ნაშრომში დასახული ძირითადი მიზნის მიღწევისათვის **გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:**

- ინტერფეისის ხარისხობრივი მაჩვენებლების დადგენა;
- მრავალფუნქციურობის პრინციპის გამოყენება ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისში;
- მრავალფუნქციურ ტერმინალურ მოწყობილობებზე დაფუძნებული ოპერატორის ინტერფეისის შეფასების მეთოდის დამუშავება;
- მრავალფუნქციურ ტერმინალურ მოწყობილობებზე დაფუძნებული ინტერფეისის წარმადობის გაზრდის მეთოდების დამუშავება.

კვლევის ობიექტები და მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს მონიტორინგისა და ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემების ოპერატორის

ინტერფეისები და მათი ეფექტურობის მაჩვენებლები. სამუშაოში გამოყენებულია სიმრავლეთა თეორიის, მათემატიკური სტატისტიკის, ალბათობის თეორიის, ერგონომიკის, სისტემატექნიკის თანამედროვე მეთოდები.

სამუშაოს სამეცნიერო სიახლეს წარმოადგენს სისტემური ანალიზის საფუძველზე მაღალი ეფექტურობის მქონე ოპერატორის ინტერფეისების ახალი მიდგომებით სინთეზის მეთოდების და მოდელების დამუშავება. სამუშაოში მიღებულია შემდეგი თეორიული შედეგები:

- დადგენილია ოპერატორის ინტერფეისის ეფექტურობის მაჩვენებლები;
- მრავალფუნქციურობის პრინციპის გამოყენებით დამუშავებულია სენსორულ მონიტორზე აგებული ოპერატორის ინტერფეისის მოდელი;
- ფიტსის და ჰიკის კანონების ერთდროული გამოყენებით დამუშავებულია სენსორულ მონიტორზე აგებული ოპერატორის ინტერფეისის შეფასების მეთოდი;
- დამუშავებულია სენსორულ მონიტორზე აგებული ოპერატორის ინტერფეისის ეფექტურობის გაზრდის მეთოდი.

სამუშაოს თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა. სამუშაოს თეორიული მნიშვნელობა მდგომარეობს მონიტორინგისა და ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემების ოპერატორის ინტერფეისის აგების მეთოდების განვითარებაში, რომლებიც საშუალებას იძლევიან ამაღლდეს ოპერატორის ინტერფეისის ეფექტურობა სწრაფქმედების და ერგონომიულობის კუთხით. ოპერატორის ინტერფეისის შეფასების მეთოდები და ოპერატორის ინტერფეისის სინთეზისადმი მიდგომები სენსორული მონიტორის გამოყენებით შესაძლებელია გამოყენებული იქნან სხვადასხვა დანიშნულების, განსაკუთრებით საწარმოო დანიშნულების მონიტორინგისა და ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემების აგებისათვის.

სამუშაოს შედეგების რეალიზაცია. დისერტაციის შედეგები რეალიზებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „პედაგოგთა ბიომეტრიული რეგისტრირების სისტემაში“(2010-2012 წწ.).

სამუშაოს აპრობაცია. დისერტაციასთან დაკავშირებული საკითხები ასახულია სამეცნიერო პუბლიკაციაში და განხილული იქნა საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე: „მართვის ავტომატიზებული სისტემები და თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიები“ (საქართველო,თბილისი,სტუ, 20-22მაისი,2011).

რეზიუმე

საწარმოების მოდერნიზაციას, ტექნოლოგიური და მართვის სისტემების გართულებას, ტექნიკური კონტროლის განყოფილების ავტომატიზაციის წილის გაზრდას, კვალდაკვალ მისდევს ტექნოლოგიური პროცესების კომპიუტერული რესურსებით კონტროლის აუცილებლობა. ამდენად, იზრდება მონიტორინგის განაწილებული სისტემების მნიშვნელობა. შესაბამისად, მნიშვნელოვანი და აქტუალური ხდება მონიტორინგისა და მონაცემთა ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემის ოპერატორის ინტერფეისების დამუშავება და კვლევა. ასეთი სისტემები მთლიანად ორიენტირებულია ადამიანზე და უპირველეს ყოვლისა გულისხმობს ოპერატორის შრომით საქმიანობას ტექნიკურ სისტემებთან ურთიერთობის პროცესში. მონიტორინგის განაწილებული სისტემები ეფექტური, უსაფრთხო და კომფორტული უნდა იყოს და ამ შემთხვევაში იქნება იგი ადამიანზე ორიენტირებული. ეს სამი ელემენტი არის ერგონომიულობის მახასიათებლები და მათსადაამე ადამიანზე ორიენტირებული მონიტორინგის განაწილებული სისტემებისადმი მთავარი მოთხოვნა მისი ერგონომიულობაა.

მაღალი ტემპებით იზრდება კომპიუტერული ტექნიკის სწრაფქმედება, მეხსიერების მოცულობა, წარმადობა და ტექნიკური ეფექტურობის სხვა მაჩვენებლები. მომხმარებლისათვის კომპიუტერის ეს მაჩვენებლები ბევრს განსაზღვრავს, მაგრამ „მნიშვნელოვანია კომპიუტერის არა სწრაფქმედება თავისთავად, არამედ მომხმარებლის მიერ დასმულ ამოცანაზე პასუხის მიღების სისწრაფე“. ამდენად, აქტუალური ხდება ადამიანი-კომპიუტერის ინტერაქციის დროის შემცირება.

მონიტორინგისა და ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემების აგებისას ყოველთვის გაითვალისწინება „ადამიანის ფაქტორი“, რაც ტექნოლოგიური პროცესის მართვისას გულისხმობს ადამიანისათვის ისეთი დამახასიათებელი თვისებების გათვალისწინებას, როგორცაა დადლილობა, სტრესები, ფიზიკური ნაკლი და ა.შ. განსაკუთრებით ეს ეხება მართვის სისტემების ოპერატორის ინტერფეისებს და, აქედან გამომდინარე, მართვის სისტემების საიმედოობის საკითხებს. განაწილებული სისტემების მართვის მეთოდები პრაქტიკულად არ ითვალისწინებენ ისეთ „ადამიანურ ფაქტორებს“ როგორებიცაა მუშაკის დაბალი კვალიფიკაცია, არაკეთილსინდისიერება, უდისციპლინობა და ა.შ. აუცილებელია, რომ განაწილებული სისტემების ოპერატორის ინტერფეისი იქმნებოდეს მისი

მენტალური შესაძლებლობების გათვალისწინებითა და გამოყენებითი სფეროს შესწავლის საფუძველზე.

როგორც სტატისტიკა გვიჩვენებს, ტექნოლოგიური პროცესების მონიტორინგის სისტემებში მომხდარი სერიოზული ავარიები უმეტეს შემთხვევაში განპირობებულია მართვის ავტომატიზებული სისტემის რგოლში ჩართული ადამიანის ზემოთ მოტანილი უარყოფითი ფაქტორებით.

დასმული ამოცანის გადაწყვეტა მრავალი მეთოდით შეიძლება. მაგალითად. ინტერაქციისათვის სპეციალური მანიპულატორების, სპეციალური ერგონომიული კლავიატურის და სხვათა გამოყენებით. ადამიანის კომპიუტერთან ინტერაქციისათვის განსაკუთრებით ეფექტურია მრავალფუნქციური ტერმინალური მოწყობილობანი. უნდა აღინიშნოს, რომ მრავალფუნქციურობა მიეკუთვნება ტექნიკური ეფექტურობის მაჩვენებელს, რადგან ის გავლენას ახდენს სისტემის სხვა ტექნიკური ეფექტურობის მაჩვენებლებზე. მრავალფუნქციურობის ზრდა ხელს უწყობს სისტემის სირთულის შემცირებას, საიმედოობისა და ერგონომიულობის მაჩვენებლების ზრდას. ტერმინალური მოწყობილობების მრავალფუნქციურობა ტექნიკური ეფექტურობის სხვა მაჩვენებლებისგან განკერძოებით არ განიხილება, ვინაიდან მათთან პირდაპირ კავშირშია. მრავალფუნქციური ტერმინალური მოწყობილობების გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის მონიტორინგისა და მონაცემთა ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემის ოპერატორის ინტერფეისების ეფექტურობას, რაც პირველ რიგში გამოიხატება ინტერაქციის დროის შემცირებაში და საიმედოობის ამაღლებაში.

ოპერატორის ინტერფეისის შეფასებისათვის მნიშვნელოვანია მისი ხარისხობრივი მაჩვენებლების დადგენა. უპირველეს ყოვლისა ყურადღება უნდა მიექცეს იმ ხარისხობრივ მაჩვენებლებს, რომლებიც მიმართულნი არიან ოპერატორის უშეცდომო საქმიანობაზე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ კონკრეტულ ტექნოლოგიურ პროცესთან კონკრეტული მონიტორინგისა და მონაცემთა ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემა ადაპტირებული უნდა იყოს და მისი ინტერფეისის მოქნილობა არ არის აქტუალური. თავსებადობის და სიმარტივის მახასიათებლების მნიშვნელობანი ასევე უკანა პლანზე იწევს, რამდენადაც სისტემასთან დაიშვებიან მხოლოდ მომზადებული მომხმარებლები.

ინტერფეისის ხარისხის შეფასება რაოდენობრივი მახასიათებლების მიხედვით საკმაოდ რთულია, თუმცა მისი ასე თუ ისე ობიექტური შეფასება შეიძლება მიღებული იქნას ქვემოთ ჩამოთვლილი მაჩვენებლების საფუძველზე.

- მოცემულ სისტემაში დასმული **ამოცანის გადაჭრის დრო**, რამდენადაც მნიშვნელოვანია სისტემის არა სწრაფქმედება თავისთავად, არამედ მომხმარებლის მიერ დასმულ ამოცანაზე პასუხის მიღების სისწრაფე. შესაბამისად აქ თავს იჩენს ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისის სწრაფქმედების შეფასების ამოცანა.
- **დრო**, რომელიც აუცილებელია განსაზღვრული მომხმარებლისათვის პროგრამასთან სამუშაო ცოდნის და ჩვევების მოცემულ დონეზე ასათვისებლად.
- სამუშაო **ჩვევების შენახვა** გარკვეული დროის განმავლობაში.
- მომხმარებლის სუბიექტური კმაყოფილება სისტემასთან მუშაობისას.

მონიტორინგისა და მონაცემთა ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემებში ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისის ხარისხობრივი მაჩვენებლების ზემოთ მოტანილი შეფასების მაჩვენებლებიდან გამომდინარე დიდ მნიშვნელობას იძენს ინტერფეისის სწრაფქმედების რაოდენობრივი შეფასება. ამ მიზნით ძირითადად გამოიყენება არაევრისტიკული GOMS მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა რაოდენობრივად შეფასდეს ინტერფეისის საშუალებით კომპიუტერთან მომხმარებლის ინტერაქცია. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ადამიანი-კომპიუტერის ინტერაქციის შეფასებისათვის ასევე შეტად ეფექტურია ფიტსის და ჰიკის მეთოდები, რომლებიც სადისერტაციო სამუშაოში გამოყენებულია პედაგოგთა რეგისტრირების სისტემის ინტერფეისის ხარისხობრივი შეფასებისათვის.

მონიტორინგისა და მონაცემთა ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემებში ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისის შეფასებისათვის სადისერტაციო სამუშაოში შემოთავაზებულია მოდელი, რომელიც ერთდროულად იყენებს ფიტსის და ჰიკის კანონებს. შემოთავაზებული მოდელი ეყრდნობა სისტემასთან ინტერაქციისათვის მრავალფუნქციური (სენსორული) მონიტორის გამოყენებას, რომელშიც შერწყმულია ინფორმაციის ვიზუალიზაციის და ინტერაქციის ფუნქციები. შეფასების შედეგად დადგინდა, რომ პედაგოგთა რეგისტრირების სისტემის სამომხმარებლო ინტერფეისი საკმაოდ ეფექტურია, რაც პირველ ყოვლისა, გამოიხატება ინტერაქციის დროის შემცირებაში და გამოყენების სიმარტივეში. გათვლების შედეგები აჩვენებს, რომ სამომხმარებლო ინტერფეისის სწრაფქმედების გაზრდისათვის განსაკუთრებით ეფექტურია სამიზნე ობიექტის ზომების გაზრდა.

იმავდროულად შემოთავაზებული მოდელი საშუალებას იძლევა გამოვლინდეს ინტერფეისის ეფექტურობის შემდგომი გაზრდის გზები. შედეგად, სამუშაოში შემოთავაზებულია პედაგოგთა რეგისტრირების სისტემისათვის ინტერაქციის მცირე დროის მქონე ინტერფეისის აგების ხერხი, რომელიც ეყრდნობა ინტერფეისში გამოყენებული სამიზნე ობიექტების (პიქტოგრამების) ზომების ვირტუალურ გაზრდას.

Abstract

Modernization of enterprises, technological and management of complications, an increased share of the technical control department of automation, computing resources, control of technological processes need to follow behind. Thus, increasing the importance of monitoring distributed systems. Accordingly, an important and topical in monitoring and data visualization interfaces for distributed processing system operator and research. Such systems entirely focused primarily on human and technical systems to communicate with the operator's work in the process. Monitoring distributed systems is an effective, safe and comfortable to be in, and in this case it would be man-centered. These three items are ergonomics features and, therefore, the key demand of its people-oriented monitoring of the distributed systems ergonomics.

High rate increases speed computer hardware, memory capacity, productivity and technical efficiency of other indicators. These rates are determined by the user's computer, but "it is important not to speed computer itself, but rather a response to the challenge posed by the speed." Thus, the actual man - machine interaction time reduction.

Monitoring and visualization of distributed systems has always been taken into account in building "human factor", which means the rate of technological process for the consideration of its features, such as fatigue, stress, physical defects, etc. This especially applies to management systems operator interfaces and, therefore, the reliability of systems. Distributed systems management methods can not take into account the "human factors" such as the low qualification of workers, unfairness ,undisciplined , etc. It is necessary that the operator interface for distributed systems being developed and applied field studies on the mental capacity due consideration.

As statistics show, the monitoring systems of technological processes that occur in the majority of cases of serious accidents are caused by driving on the rim of the automated system, given the above negative factors.

Posed method can be a lot of tasks. For example, special manipulators for interaction using a special ergonomic keyboard and others. Most effective is a multi-terminal devices for human computer interaction. It should be noted that the multi attributable to technical efficiency indicator, since it affects the effectiveness of the system with other technical indicators. Multifunctionality growth helps to reduce system complexity, increase reliability and ergonomics. Other indicators of the effectiveness of multi technical accomplishment will not be considered, since they are directly connected. Multi-use terminal equipment and data visualization of the distributed system monitoring significantly increases the efficiency of operator interfaces, which primarily reflected a decrease in the interaction of time and increase reliability.

Operator interface is important for the evaluation of its qualitative parameters. First of all, attention should be given to the qualitative indicators of the direction of the operator's activities are accurate. It should also be noted that certain technological process with specific monitoring and visualization of distributed database systems must be adapted to the flexibility of the interface is not topical. Important characteristics, compatibility and simplicity as well as the rear important, since the system would be allowed only to the users.

Quantitative assessment of the quality of the interface characteristics is difficult, but it was more or less objective assessment could be taken on the basis of the following indicators.

- This system is geared to solve the problem of time, as far as the system is not quick coverage itself, but also the task of answering the questions posed by the speed. Thus there occurs a man - machine interface quick coverage assessment task.
- The period of time required for the specific job knowledge and skills of a given level of program progress.
- Work habits to save some time.
- Subjective user satisfaction with the system working.

Data monitoring and visualization of distributed systems - computer interfaces qualitative parameters given above, the evaluation indicators of the importance of quantitative assessment quick coverage interface. GOMS method is used for this purpose, which allows

to quantitatively estimate the user's interaction with a computer interface. It should also be noted that the man - computer interaction as well as a more effective evaluation is Fitts and Hick methods, which Fitts and Hick laws. The proposed model is based on the system for a multi-interaction (touchscreen) monitor the use of the combined information visualization and interaction features. Evaluation revealed that the teachers' registration system is very effective user interface, which first manifested by a decrease in the interaction of time and ease of use. The results of calculations show that the user interface of the target object is most effective measures for increasing quick coverage increase. The proposed model allows us to identify ways of increasing the efficiency of the interface. As a result, the teachers working in the proposed registration system for small-time interaction with a user interface construction method based on the use of the target objects (icons) to increase the size of the virtual.

ნაშრომის მოკლე დახასიათება

პირველი თავი - ფუნდამენტალურმა ცვლილებებმა და ახალი ეტაპის ტექნოლოგიების განვითარებამ გამოიწვია მართვის ახალი, უფრო ეფექტური და თანამედროვე ტიპის სისტემებზე მოთხოვნების გაზრდა.

SCADA სისტემები ამის ნათელი მაგალითია. სადისპეტჩერო მართვა და მონაცემთა შეგროვება (SCADA- Supervisory Control and Data Acquisition-ოპერატიული სადისპეტჩერო მართვისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემა)-წარმოადგენს რთული დინამიური სისტემების (პროცესების) ავტომატიზირებული მართვის ძირითად და მოცემულ მომენტში მეტად პერსპექტიულ მეთოდს. იგი მეტად უსაფრთხოა. სწორედ სადისპეტჩერო მართვის პრინციპებზე შენდება მსხვილი ავტომატიზირებული სისტემები მრეწველობასა და ენერგეტიკაში, კოსმოსურ და სამხედრო სფეროში და სხვადასხვა სახელმწიფო სტრუქტურებში.

ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარებამ და ავტომატიზაციის ხარისხის ამაღლებისკენ სწრაფვამ, ადამიანსა და აპარატურას შორის ფუნქციების გადანაწილებამ ადამიანი-ოპერატორისა და მართვის სისტემის პრობლემა გაამწვავა.

ავტომატიზაციისა და სისტემის ფუნქციონალური შესაძლებლობების ხარისხის ამაღლებისკენ სწრაფვას და ამასთან ეფექტური ერგონომიული „ადამიანი-

კომპიუტერის“ ინტერფეისის აუცილებლობის შეუფასებლობას მივყავართ ეფექტურობის შესამჩნევ დაქვეითებასთან.

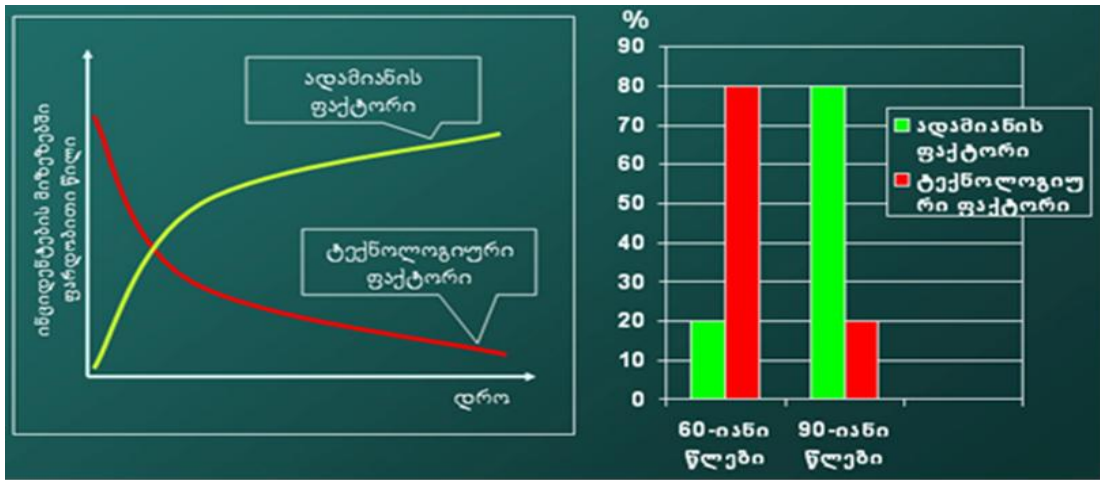
პროექტზე მუშაობის დაწყებისთანავე აუცილებელია შეიქმნას სისტემა „ადამიანი-კომპიუტერი“ არა მარტო პროგრამულ-ტექნიკური საშუალება, რომელიც ხშირად არის პრაქტიკულად მხოლოდ „შეთავსების“ სტადიაში, რომელიც არ შეესაბამება ადამიანის მონაწილეობის ხარისხს ამ სისტემის ფუნქციონირებისთვის.

სერიოზულად აღიქმება საზოგადოდ ცნობილი ფაქტი, რომ მომხმარებლის ცოდნა და კვალიფიკაცია, სპეციფიკური უნარი რეაგირებისა უცაბედსა და გაუთვალისწინებელზე, რომელსაც შეაქვს სიახლე და მიზანს აღწევს სიძნელების გადალახვით - არსებითია სისტემის ეფექტურობისა და აუცილებლად გათვალისწინებული უნდა იყოს დამპროექტებლის მიერ. განსაკუთრებულობა SCADA სისტემისა, როგორც მართვის პროცესისა მდგომარეობს შემდეგში:

- SCADA პროცესი გამოიყენება სისტემებში, სადაც აუცილებელია ადამიანის (ოპერატორი, დისპეტჩერი) არსებობა;
- SCADA პროცესი დამუშავებულ იქნა იმ სისტემებისთვის, რომლებშიც ნებისმიერმა არასწორმა რეაგირებამ შეიძლება მიგვიყვანოს ობიექტის მართვის დაკარგვამდე ან კიდევ კატასტროფულ შედეგებამდეც კი;
- ოპერატორს აკისრია, როგორც წესი, საერთო პასუხისმგებლობა სისტემაზე მართვისა, რომელიც ნორმალურ პირობებში იშვიათად საჭიროებს პარამეტრების შესწორებას იმისათვის, რომ სამუშაოს ნაყოფიერება იყოს ოპტიმალური;
- მართვის პროცესში ოპერატორის აქტიური მონაწილეობა ხდება არც ისე ხშირად და ეს ხდება ჩვეულებრივ მაშინ, როცა გაუთვალისწინებელ მომენტებში კრიტიკული შემთხვევებია;
- კრიტიკულ მომენტებში ოპერატორის რეაგირება შეიძლება იყოს დროით მკაცრად შეზღუდული (დრო მოიცავდეს წუთებს ან თუნდაც წამებს).

გასული საუკუნის 60 - იან წლებში ავტომატიზირებულ სისტემებში მტყუნებათა 20%-ს ადამიანის ფაქტორი განსაზღვრავდა, ხოლო ტექნიკური გაუმართაობის გამო პრობლემა იქმნებოდა 80%-ის შემთხვევაში. 90-იან წლებში კი მტყუნებათა რაოდენობაში ადამიანის ფაქტორი გაიზარდა 80%-მდე, ხოლო ავარიების რიცხვი მაქსიმალურად შემცირდა, რაც დაკავშირებულია აპარატურული და პროგრამული

საშუალებების ტექნოლოგიების განვითარებასთან და მათი ტექნიკური საიმედოობის ზრდასთან.



ნახ.1 ავტომატიზირებულ სისტემებში ადამიანის ფაქტორი

ასეთი ტენდენციების ძირითადი მიზეზი არის ძველი ტრადიციული მიდგომა რთული ავტომატიზირებული სისტემების მართვის მიმართ, რომელიც ახლაც ხშირად გამოიყენება: ორიენტაცია არის აღებული უპირველეს ყოვლისა უახლეს ტექნიკურ (ტექნოლოგიურ) მიღწევებზე, სწრაფვა-აიწიოს ავტომატიზაციის ხარისხი და სისტემის ფუნქციონალური შესაძლებლობები და ამავდროულად ეფექტური „ადამიანი-კომპიუტერული“ ინტერფეისის (HMI Human-Machine Interface) შექმნის აუცილებლობის შეუფასებლობა.

პირველ თავში აგრეთვე განხილულია ადამიანზე ორიენტირებული მონიტორინგის განაწილებული სისტემები. ადამიანზე ორიენტირებული მონიტორინგის განაწილებული სისტემები უპირველეს ყოვლისა გულისხმობს შრომით საქმიანობას ადამიანის ტექნიკურ სისტემებთან ურთიერთობის პროცესში. მონიტორინგის განაწილებული სისტემები ეფექტური, უსაფრთხო და კომფორტული უნდა იყოს და ამ შემთხვევაშია იგი ადამიანზე ორიენტირებული. ეს სამი ელემენტი არის ერგონომიულობის მახასიათებლები და მაშასადამე ადამიანზე ორიენტირებული მონიტორინგის განაწილებული სისტემებისადმი მთავარი მოთხოვნა მისი ერგონომიულობაა. ახლანდელ დროში ერგონომიკის მთავარი იდეა არის სპეციალისტის მუშაობის კოორდინაცია; ერგონომიკაში იგულისხმება ცოდნის არეალი, რომელიც არის კომპლექსურად შემსწავლელი ადამიანის შრომის მოღვაწეობისა სისტემაში „ადამიანი-ტექნიკა-საშუალება“ --- ეფექტურობის, უსაფრთხოების, კომფორტის მიზნის უზრუნველსაყოფად.

ანალოგიურ სფეროს აშშ-ში მოიხსენიებენ „ადამიანურ ფაქტორებად“ (human factors). ერგონომიული ხარისხის ნიშნები არის მაღალი ეფექტურობა, ადამიანი-ოპერატორის ტექნიკურ მოწყობილობებთან ურთიერთობის სრული უსაფრთხოება; ერგონომიული შეფასება „ადამიანი-ტექნიკა-საშუალებისა“ შეიძლება განვახორციელოთ დიფერენციალური მეთოდით, რომლის დროსაც გამოიყენება ცალკეული ერგონომიული მაჩვენებლები, ან კომპლექსური მეთოდით, რომლის დროსაც განისაზღვრება ერთი მთლიანი ერგონომიული მაჩვენებელი.

მეორე თავი - მონიტორინგისა და ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემების გავრცელებამ წინ წამოსწია ოპერატორის პუნქტების პროექტირების მეთოდების დამუშავების აქტუალური პრობლემების მთელი რიგი, პირველ რიგში სისტემების და საშუალებების ინფორმაციის ასახვა, საშუალება კონტროლისა, რომელშიც ადამიანი-ოპერატორი ახორციელებს მხედველობითი ანალიზატორის საშუალებით. მეორე თავში აგრეთვე განხილულია მრავალფუნქციურობის პრინციპის გამოყენება ადამიანი კომპიუტერის ინტერაქციაში. მაღალი ტემპებით იზრდება კომპიუტერული ტექნიკის სწრაფქმედება, მეხსიერების მოცულობა, წარმადობა და ტექნიკური ეფექტურობის სხვა მაჩვენებლები. მომხმარებლისათვის კომპიუტერის ეს მაჩვენებლები ბევრს განსაზღვრავს, მაგრამ „მნიშვნელოვანია კომპიუტერის არა სწრაფქმედება თავისთავად, არამედ მომხმარებლის მიერ დასმულ ამოცანაზე პასუხის მიღების სისწრაფე“. ამდენად, აქტუალური ხდება ადამიანი-კომპიუტერის ინტერაქციის დროის შემცირება.

დასმული ამოცანის გადაწყვეტა მრავალი მეთოდით შეიძლება. მაგალითად, ინტერაქციისათვის სპეციალური მანიპულატორების, სპეციალური ერგონომიული კლავიატურის და სხვათა გამოყენებით. ადამიანის კომპიუტერთან ინტერაქციისათვის განსაკუთრებით ეფექტურია მრავალფუნქციური ტერმინალური მოწყობილობანი. უნდა აღინიშნოს, რომ მრავალფუნქციურობა მიეკუთვნება ტექნიკური ეფექტურობის მაჩვენებელს, რადგან ის გავლენას ახდენს სისტემის სხვა ტექნიკური ეფექტურობის მაჩვენებლებზე. მრავალფუნქციურობის ზრდა ხელს უწყობს სისტემის სირთულის შემცირებას, საიმედოობისა და ერგონომიულობის მაჩვენებლების ზრდას. მრავალფუნქციურობა ტექნიკური ეფექტურობის სხვა მაჩვენებლებისგან განკერძოებით არ განიხილება, ვინაიდან მათთან პირდაპირ კავშირშია. ტექნიკური ეფექტურობა გულისხმობს: წარმადობას,

საიმედოობას, კონტროლუნარიანობას, სართულეს (სიმარტივეს), ექსპლუატაციის მოხერხებულობას და ა.შ

თუკი მრავალფუნქციურობას განვიხილავთ ტექნიკური ეფექტურობის სხვა მაჩვენებლებისგან დამოუკიდებლად, ასეთ შემთხვევაში მრავალფუნქციურობის ზრდას შეიძლება სწრაფქმედების ანდა წარმადობის გაუარესება მოყვეს. აქედან გამომდინარე მრავალფუნქციურობის მაჩვენებელი უნდა გაიზარდოს ისეთი სახით, რომ ტექნიკური ეფექტურობის სხვა მაჩვენებლები არ გამოვიდეს დასაშვები ზღვრებიდან. ციფრული სისტემები ეფექტური და სიცოცხლისუნარიანია მაშინ, როცა მისი იერარქიის სხვადასხვა დონეზე ელემენტების ფუნქციური შესაძლებლობების გაფართოებას წინ უსწრებს მათი სირთულის ზრდა ისე, რომ ყოველი ელემენტის ფუნქციის საჭიროების ხარისხი შენარჩუნებულია. აქვეა შემოტანილი მრავალფუნქციურობის პირობაც: იმისათვის, რომ ციფრული სისტემის ნებისმიერი იერარქიული ელემენტი განვიხილოთ, როგორც მრავალფუნქციური, აუცილებელი და საკმარისია, რომ მისთვის შესრულდეს უტოლობა:

$$\text{Card } F \geq 2;$$

$$L_{i_{ფფ}} < \sum_{i=1}^{\text{Card } F} L_{i_{ფფ}};$$

$$E_{i_{ფფ}} \geq E_{j_{ფფ}},$$

სადაც F - მრავალფუნქციური მოწყობილობის ფუნქციათა სიმრავლეა, $L_{i_{ფფ}}$ - მრავალფუნქციური ელემენტის სირთულე, $L_{i_{ფფ}}$ - i -ერთფუნქციური ელემენტის სირთულე, ხოლო $E_{i_{ფფ}}$ და $E_{j_{ფფ}}$ მრავალფუნქციური და ერთფუნქციური ელემენტის ტექნიკური ეფექტურობის j -რი მაჩვენებელია ($i = \overline{1, k}$, $\text{Card } F = k$, $j = \overline{1, k}$).

მრავალფუნქციური ციფრული მოწყობილობის კარგი მაგალითია სენსორული მონიტორი, რომელიც დღეისათვის აქტიურად გამოიყენება მონიტორინგისა და ვიზუალიზაციის განაწილებულ სისტემებში. მრავალფუნქციური სენსორული მონიტორების გამოყენების არეალი იმდენად დიდია, რომ ჩამონათვალი შეიძლება დაუსრულებელიც კი გვეჩვენოს. მაგალითისთვის შეიძლება მოვიყვანოთ სამრეწველო სისტემები, განათლების სფეროში გამოყენებული სასწავლო მოწყობილობანი, სამედიცინო კომპიუტერული სისტემები, კლიენტთა

მომსახურების ცენტრების ტერმინალები, სავაჭრო სფეროში გამოყენებული ტექნიკური საშუალებანი და ა.შ.

ჩამოთვლილ სისტემებში და მოწყობილობებში პრაქტიკულად ყველგან გამოიყენება სენსორული მონიტორები, რაც ქმნის ადამიანის მუშაობისათვის საჭირო ბუნებრივ გარემოს, რაც პირველ რიგში, დაკავშირებულია კლავიატურისა და მაუსის უქონლობასთან და მომხმარებელზე ორიენტირებული ინტერფეისის გამოყენებასთან. ამდენად, სენსორული მონიტორი ინფორმაციის ასახვის, კლავიატურისა და მაუსის ფუნქციების შეთავსების გამო შეიძლება განხილული იქნას, როგორც მრავალფუნქციური მოწყობილობა. კერძოდ, კლავიშებიანი კლავიატურის ჩანაცვლება ხდება სენსორული (ვირტუალური) კლავიატურით, ხოლო მაუსის ფუნქცია ჩანაცვლა სენსორულ მონიტორზე თითის შეხების პროცედურამ. სენსორულ მონიტორთან მომხმარებლის კავშირი მყარდება მანიპულატორების გარეშე. სენსორული მონიტორის, როგორც ინტერაქციის მოწყობილობის შეფასება ხდება მისი სწრაფქმედებისა და ერგონომიულობის საფუძველზე. როდესაც ვსაუბრობთ სწრაფქმედებაზე, ჩვენი მოსაზრებების გამყარება უნდა მოხდეს რეალური ფაქტების ხარჯზე.

მრავალფუნქციური სენსორული ეკრანის შეფასებას ვახდენთ ფიტსის კანონის გამოყენებით. როგორც ვიცით, ფიტსის კანონი ახდენს დროის შეფასებას, რომელიც საჭიროა ინტერფეისზე რომელიმე ელემენტის ამორჩევისა და დაწკაპუნებისათვის:

$$T_{\text{ფიტსი}} = a + b \cdot \log_2(D/S + 1)$$

სადაც, D მანძილია სასტარტო წერტილიდან მიზნობრივ წერტილამდე, S - კი სამიზნე ობიექტის ზომაა.

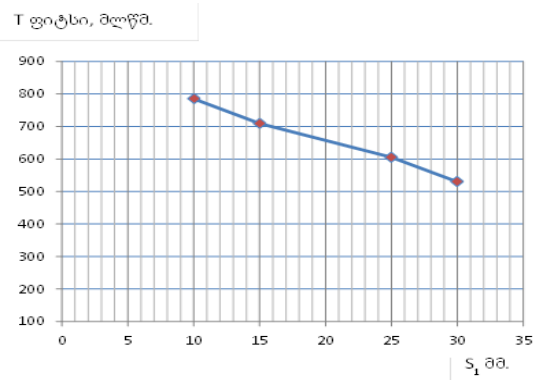
ზოგადად, a და b მაჩვენებლები რასკინის მიერ მიჩნეულია a=50 და b=150მლწმ. მაგრამ უნდა ავლნიშნოთ, რომ ეს მაჩვენებლები გამოიყენება მაუსის შემთხვევაში. ელექტრონიკის წინსვლა და აღმავლობა გახდა საფუძველი იმისა, რომ მაუსის სწრაფქმედება და სენსორული მონიტორის ეკრანთან თითის შეხების აღქმის სიჩქარე გათანაბრდა და ამის საფუძველზე შეიძლება რასკინის მონაცემების გამოყენება სენსორული მონიტორის ინტერესებისათვის.

ცნობილია, რომ რაც უფრო დიდი ზომისაა საძიებელი ობიექტი, მით ნაკლები დრო იხარჯება მის ასარჩევად და შესახებად. შეფასებისათვის აღებული გვაქვს სწრაფი გადახდის კიოსკის მონაცემები. ამ შემთხვევაში საძიებელი ობიექტები სიმაღლეში 2 სმ-ზე მეტია (გამომდინარე სენსორული ეკრანის დიაგონალური ზომებიდან), ეს კი

ნიშნავს მომხმარებლისათვის შექმნილ კომფორტს, ანუ ზომიდან გამომდინარე უკვე არ აქვს მნიშვნელობა მომხმარებლის ასაკს, რადგან ის, მიუხედავად მხედველობის პრობლემისა, იოლად შეამჩნევს, აღიქვამს და უშეცდომოდ იმოქმედებს ეკრანთან ურთიერთობისას.

აუცილებელია ავღნიშნოთ, რომ მომხმარებელს უწევს სხვადასხვა ფანჯრების არჩევა, სასურველის პოვნის შემთხვევაში თითოთ ეხება არჩეულ ობიექტს და ასე გადადის მისთვის შესაბამის შემდეგ ეტაპზე. დავუშვათ, რომ სენსორული მონიტორის ეკრანი 42 სმ დიაგონალისაა, ვინაიდან მომხმარებელი, როგორც წესი, ეკრანიდან დაშორებულია დაახლოებით 30 სმ-ით, ამიტომ $D=30$ სმ, ხოლო $S_1=2,5$ სმ.

ნახ.2-ზე ასახულია T ფიტსი დროის გათვლილი მნიშვნელობების დამოკიდებულება სამიზნე ობიექტის ზომაზე.



ნახ.2 დროითი დანახარჯების შეფასება სენსორული ეკრანისათვის.

მეორე თავში შეფასებულია SCADA სისტემების სამომხმარებლო ინტერფეისის ხარისხობრივი მაჩვენებლები. გაკეთებულია ინტერფეისის ხარისხობრივი მაჩვენებლების რანჟირება SCADA სისტემებში მათი გამოყენების საჭიროების მიხედვით. SCADA სისტემების სამომხმარებლო ინტერფეისის ხარისხობრივი მაჩვენებლების შეფასებისათვის რეკომენდებულია GOMS, ფიტსის და ჰიკის მეთოდების გამოყენება.

ადამიანი-ოპერატორის უხარვეზო მუშაობისათვის საჭიროა გაიზარდოს ადამიანი-ოპერატორის მომზადების დონე, უნდა გაუმჯობესდეს მისი სამუშაო გარემო, მაგრამ ამასთან უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისის ხარისხსაც. თუ ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისი დაბალი ხარისხისაა, მასთან მუშაობა გაუჭირდება მაღალკვალიფიციურ ოპერატორსაც, რასაც თან მოყვება მისი სწრაფი დაღლილობა, ნერვული სტრესები და შეცდომათა რაოდენობათა ზრდა. SCADA სისტემების ინტერფეისის პროექტირების მეთოდები ძირითადად არ

განსხვავდება ზოგადად ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისის პროექტირების მეთოდებისაგან, მაგრამ მაინც ხასიათდება გარკვეული სპეციფიურობით.

ზოგადად ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისის ხარისხობრივ მაჩვენებლებს მიეკუთვნება: ბუნებრივობა, თავსებადობა, მეგობრულობა, პრინციპი „უკუკავშირი“, სიმარტივე, მოქნილობა, ესთეტიურობა.

ჩამოთვლილი ხარისხობრივი მაჩვენებლები აქტუალობას არ კარგავენ SCADA სისტემების შემთხვევაშიც. განვიხილოთ თითოეული მათგანი SCADA სისტემების თავისებურებების გათვალისწინებით.

ინტერფეისის ბუნებრივობა. ინტერფეისი ბუნებრივია, თუ ის საშუალებას აძლევს მომხმარებელს გამოიყენოს ამოცანის გადასაჭრელად მისთვის ნაცნობი პრაქტიკული ჩვევები. შევეცადოთ ავხსნათ ეს რამდენიმე პრაქტიკულ მაგალითზე.

„სტუდენტთა აკადემიური მოსწრების მონიტორინგის სისტემის“ აგების საფუძველს წარმოადგენს სტუდენტის ან მოსწავლის შეფასების უწყისი (ჟურნალი), რომელიც თავის მხრივ წარმოადგენს სტუდენტთა ჩამონათვალს და შეფასებათა ერთობლიობას კონკრეტულ სასწავლო კურსში. ამდენად, ელექტრონული უწყისი სრულებით ბუნებრივი და ნაცნობი გარემოა როგორც პედაგოგისათვის, ასევე სტუდენტისათვის. სხვა თემაა, როცა ინფორმაციული ტექნოლოგიები იძლევა მეტ ინფორმაციულ და გამომსახველობით შესაძლებლობებს, ვიდრე ეს ქონდა ჩვეულებრივ ქაღალდის უწყისს. მაგალითად, ფერების გამოყენება შეფასებათა რანჟირებისათვის. თუმცა აქაც არის შენარჩუნებული ნაცნობი გარემო: წითელი ფერი მიუთითებს სწავლის შედეგების მიუღწევლობაზე, ყვითელი - შესაძლებელია მიღწეული იქნას სწავლის დადებითი შედეგი, მწვანე - სტუდენტის მოსწრება ნორმაშია. შინაარსობრივად ფერთა ასეთი განაწილება ინფორმირებისათვის მომხმარებლისათვის ნაცნობია ცხოვრებისეული გამოცდილებით. მაგალითად მისთვის ნაცნობია მოძრაობის რეგულირება მსგავსი ფერების გამოყენებით (შუქნიშანი), საყოფაცხოვრებო ტექნიკაში წითელი ფერით აღნიშნება ხელსაწყოს გამორთულობა, ხოლო მწვანეთი ჩართულობა და ა.შ.

სრულებით საწინააღმდეგო მნიშვნელობას იძენს წითელი და მწვანე ფერი ელექტრონერგეტიკულ სისტემებში. ელექტრონერგეტიკაში წითელი ფერი აღნიშნავს, რომ ელექტროგადამცემი ხაზი ან აგრეგატი ჩართულია, ანუ ძაბვის ქვეშაა, ხოლო მწვანე ფერი - გადამცემი ხაზი გამორთულია. ეს არის ენერგეტიკოსისათვის ბუნებრივი მდგომარეობა. ამდენად, ენერგეტიკული დანიშნულების სისტემის ინტერფეისის დაგეგმარებისას უნდა შევეცადოთ, რომ აღნიშნული ლოგიკა შენარჩუნებული იქნას.

იმავედროულად ელექტროენერგეტიკაში გამოიყენება ჩამრთველები და გამთიშველები, რომელთაც ორი მდგომარეობა აქვთ: ჩართულია ან გამორთულია. გასათვალისწინებელია ის მომენტი, რომ ენერგეტიკოსიც ჩვეულებრივი მოქალაქეა და სარგებლობს თუნდაც საყოფაცხოვრებო ტექნიკით, რომლისთვისაც წითელი აღნიშნავს, რომ ხელსაწყო გამორთულია, ხოლო მწვანე - ჩართულია. ამდენად ენერგეტიკოსის ქვეცნობიერებაში ეს ორი სიტუაცია წინააღმდეგობაში ექცევა. ამ მდგომარეობიდან თავის დაღწევის მიზნით, ჩვენი რეკომენდაციაა ინტერფეისის აგების დროს გამთიშველებზე და ამომრთველებზე მანიპულირებისას არ გამოვიყენოთ ფერები და მათი ჩართვა/გამორთვა ავსახოთ ჩამრთველის ვირტუალური სახელურის მდგომარეობის შეცვლით.

„პედაგოგთა რეგისტრირების სისტემას“ ასევე საფუძვლად უდევს პედაგოგებისათვის კარგად ნაცნობი ცხრილი, სადაც ისინი ლექციაზე მოსვლა/წასვლაზე ხელს აწერდნენ სასწავლო პროცესის წარმართვის ადგილის მიხედვით. ასევე ეფექტურადაა გამოყენებული ფერები, რაც უადვილებს პედაგოგებს კონკრეტულ სიტუაციაში ორიენტირს.

ინტერფეისის თავსებადობა. ინტერფეისის თავსებადობა საშუალებას აძლევს მომხმარებელს გადაიტანოს არსებული ცოდნა ახალ ამოცანაზე, აითვისოს ახალი ასპექტები უფრო სწრაფად და აქედან გამომდინარე მოახდინოს მთელი ყურადღების კონცენტრაცია გადასაწყვეტ ამოცანაზე და არ დაკარგოს დრო ამა თუ იმ მართვის ელემენტების და ბრძანებების გამოყენებას შორის არსებულ განსხვავებებში გარკვევას. თავსებადობა უზრუნველყოფს ადრე მიღებული ჩვევების და ცოდნის მემკვიდრეობითობას და ხდის ინტერფეისს ნაცნობს და პროგნოზირებადს. ინტერფეისის თავსებადობის კარგი მაგალითია პედაგოგთა რეგისტრირების სისტემის ინტერფეისი, სადაც მთავარი ფანჯარა შესრულებულია პედაგოგისათვის უკვე ნაცნობი ცხრილის სახით. იმავედროულად ცხრილებში ორიენტაციისათვის გამოიყენება სამი ფერი: წითელი, ყვითელი და მწვანე, სადაც მწვანე ფერით აღინიშნება მეცადინეობები, რომლებიც კორექტულად დასრულდა, ყვითელი ფერით - დაწყებული (მიმდინარე) მეცადინეობები და წითელი - გაცდენილი მეცადინეობები. ფერთა ასეთი თამაში, მომხმარებლისათვის ნაცნობია სხვა ყოფითი საკითხებიდან. გარდა ამისა, დასახელებულ სისტემებში უხვად გამოიყენება პიქტოგრამები, რომლებიც იმდენად ნაცნობია მომხმარებლისათვის სხვა გამოყენებითი პროგრამებიდან, რომ დამატებითი განმარტებების მიცემაც არაა საჭირო. ინტერფეისის მაღალი თავსებადობა SCADA

სისტემების ოპერატორისათვის აქტუალურია ახალი სისტემის ათვისების მომენტში. ახალი სისტემის ათვისების შემდეგ იგი ოპერატორისათვის აქტუალობას კარგავს, რამდენადაც ოპერატორს ყოველდღიური საქმიანობა უწევს ნაცნობ გარემოში.

მეგობრული ინტერფეისი (მომხმარებლისთვის „პატიების“ პრინციპი). უპირველეს ყოვლისა გულისხმობს მომხმარებლისათვის „პატიებას“, ანუ მომხმარებელს ყოველთვის უნდა ქონდეს რაიმე პროცესში „უკან დასახევი გზა“. როგორც წესი, მომხმარებლები ახალ პროგრამულ პროდუქტთან მუშაობას სწავლობენ ცდების და შეცდომების მეთოდით. ეფექტური ინტერფეისი უნდა ითვალისწინებდეს ამ მიდგომას. მუშაობის ყველა ეტაპზე მან უნდა დაუშვას მოქმედებების მხოლოდ შესაბამისი ერთობლიობა და გააფრთხილოს მომხმარებელი, თუ მის ქმედებას შეუძლია ტექნოლოგიური პროცესის შეფერხება, სისტემის ან მონაცემების დაზიანება. უმჯობესია თუ მომხმარებელს აქვს შესრულებული მოქმედების გაუქმების ან გამოსწორების საშუალება. „პატიების“ პრინციპი აუცილებლად უნდა იქნას გამოყენებული SCADA სისტემებში მართვითი ფუნქციების განხორციელების დროს. რამდენადაც ადამიანისათვის დამახასიათებელია შეცდომები, ამიტომ მას ყოველი მართვითი ქმედების დროს უნდა ქონდეს „უკან დასახევი გზა“, ანუ შეცდომის გამოსწორების საშუალება. ამიტომ, რომ ყველა ზემოთ მოტანილ სისტემების ინტერფეისებში მომხმარებლის ყოველ მოქმედებას ახლავს გაფრთხილება იმაზე, ნამდვილად უნდა თუ არა მას ამ ოპერაციის შესრულება.

პრინციპი „უკუკავშირი“. პრინციპი „უკუკავშირი“ გულისხმობს მომხმარებლის მოქმედებაზე სისტემის მხრიდან აუცილებელ ვიზუალურ, ზოგჯერ კი ხმოვან დადასტურებას, რაც იმის მაუწყებელია, რომ სისტემამ აღიქვა მიცემული ბრძანება. ამასთან რეაქციის სახე, რამდენადაც შესაძლებელია, უნდა ითვალისწინებდეს შესრულებული ქმედების შინაარსს. არაფრისმთქმელია მომხმარებლისათვის შეტყობინება: „თქვენი ბრძანება შესრულებულია“. მაგალითად, პედაგოგთა რეგისტრირების სისტემაში რეგისტრირებაზე უკუკავშირის სახით გამოყენებულია შეტყობინება: „რეგისტრირებულია“, რაც გამოკვეთილია წითელი ფერით. ტერმინი „რეგისტრირებულია“ გამართლებულია, რამდენადაც მომხმარებელი - პედაგოგი მისი ქმედებიდან გამომდინარე ელოდება მეცადინეობის დაწყების ან დამთავრების რეგისტრირებას. SCADA სისტემის ოპერატორისათვის უკუკავშირია აგრეთვე

გამაფრთხილებანი შეტყობინებანი ტექნოლოგიურ პროცესში მიმდინარე დარღვევების შესახებ. მნიშვნელოვანია, თუ ასეთი შეტყობინებანი ძირითადად იქნება ხმოვანი სახის.

ინტერფეისის სიმარტივე. ინტერფეისის სიმარტივე გულისხმობს სისტემის გამოყენების ან შესწავლის სიადვილეს. ცხადია, რომ ინტერფეისი უნდა იძლეოდეს სისტემით გათვალისწინებული ყველა ფუნქციური შესაძლებლობების გამოყენების საშუალებას. ამიტომ ხშირ შემთხვევაში, მაგალითად პროფესინალურ სისტემებში ინტერფეისი შეიძლება გადატვირთულადაც მოგვეჩვენოს. სისტემის ფართო ფუნქციონალურ შესაძლებლობებთან წვდომის რეალიზაცია და მუშაობის სიმარტივე ეწინააღმდეგება ერთმანეთს. ეფექტური ინტერფეისის დასაპროექტებლად საჭიროა ამ მიზნების დაბალანსება. შეიძლება არჩეული იქნას კომპრომისული გზაც, როცა ინტერფეისის სიმარტივის შენარჩუნებას ეწირება სისტემის ფუნქციური შესაძლებლობები, ანუ ხდება ფუნქციური შესაძლებლობების დაბალანსება ინტერფეისის სიმარტივის სასარგებლოდ. მაგალითად, ასეთი გზაა გამოყენებული Microsoft Word-ში, როცა მომხმარებელი სამუშაო პანელზე ტოვებს მხოლოდ იმ ფუნქციათა პიქტოგრამებს, რაც მისი საქმიანობისთვისაა საჭირო და მისაღები.

კიდევ ერთი გზა სიმარტივის შესანარჩუნებლად არის ელემენტების განლაგება და წარმოდგენა ეკრანზე მათი შინაარსობრივი დანიშნულების და ლოგიკური ურთიერთდამოკიდებულების მიხედვით. ეს იძლევა მუშაობის პროცესში მომხმარებლის ასოციაციური აზროვნების გამოყენების საშუალებას. ამიტომ SCADA სისტემის ინტერფეისში უმჯობესია ცალ-ცალკე დავაჯგუფოდ მართვის ღილაკები და მონიტორინგის პანელები, რომელიც შეიძლება გაკეთდეს ცალკეული ტექნოლოგიური დანადგარის მიხედვით (თუ ასეთი არის რამდენიმე).

ინტერფეისის მოქნილობა. ინტერფეისის მოქნილობა - ესაა მისი უნარი გაითვალისწინოს მომხმარებლის მომზადების დონე და შრომის წარმადობა. მოქნილობა გულისხმობს დიალოგის და/ან მონაცემების შეტანის სტრუქტურის ცვლილების შესაძლებლობას. მოქნილი (ადაპტური) ინტერფეისის კონცეფცია ამჟამად წარმოადგენს ადამიანი-კომპიუტერის ურთიერთქმედების კვლევების ერთ-ერთ მთავარ სფეროს. მთავარ პრობლემას წარმოადგენს არა ის, თუ როგორ უნდა მოხდეს დიალოგების ცვლილებების ორგანიზება, არამედ თუ როგორი მინიშნებების გამოყენება უნდა მოხდეს აუცილებლად შესატანი ცვლილებების განსაზღვრისათვის. ინტერფეისის მოქნილობა SCADA სისტემებისათვის არ თამაშობს გადამწყვეტ როლს, რამდენადაც სისტემასთან სამუშაოდ დაიშვება მხოლოდ მომზადებული

ოპერატორი. თუ სისტემასთან მუშაობს ორი ან მეტი ოპერატორი, მაშინ მოქნილი ინტერფეისის შემთხვევაში უმჯობესია დავიცვათ შიდა სტანდარტები, რომ არ მოხდეს რომელიმე ოპერატორის მიერ საკუთარი „გემოვნებით“ ინტერფეისის გადაწყობა.

ესთეტიური მომხიბლაობა. ვიზუალური კომპონენტების პროექტირება წარმოადგენს პროგრამული ინტერფეისის შემუშავების უმნიშვნელოვანეს შემადგენელ ნაწილს. გამოყენებული ობიექტების კონკრეტული ვიზუალური წარმოდგენა უზრუნველყოფს სხვადასხვა ობიექტების ურთიერთქმედების და ქცევის შესახებ დამატებითი ინფორმაციის გადმოცემას. ამავე დროს უნდა გვახსოვდეს, რომ ყოველი ვიზუალური ელემენტი, რომელიც ჩნდება ეკრანზე, პოტენციურად ითხოვს მომხმარებლის ყურადღებას, რომელიც არაა უსაზღვრო. ეკრანზე უნდა მოხდეს ისეთი გარემოს ფორმირება, რომელიც არა მარტო დაეხმარება მომხმარებელს წარმოდგენილი ინფორმაციის გაგებაში, არამედ გაამახვილებს მის ყურადღებას მის უფრო მნიშვნელოვან ასპექტებზე.

ნახ.3-ში მოტანილია SCADA სისტემების, სპეციალური დანიშნულების და საერთო დანიშნულების ინფორმაციული სისტემების ინტერფეისების ხარისხობრივი მაჩვენებლების საჭიროების ექსპერტული შეფასებანი სამბალიანი სისტემით. სპეციალური დანიშნულების ინფორმაციულ სისტემაში იგულისხმება სამსახურებრივი დანიშნულების სისტემა, რომელთანაც დაიშვება მომზადებული მომხმარებელი.

ინტერფეისის ხარისხობრივი მაჩვენებლები	ხარისხობრივი მაჩვენებლების საჭიროების შეფასება		
	SCADA სისტემები	სპეციალური დანიშნულების ინფორმაციული სისტემები	საერთო დანიშნულების ინფორმაციული სისტემები
ბუნებრივობა	+++	++	+
თავსებადობა	+	+	+++
მეგობრულობა	+++	++	+
პრინციპი „უკუკავშირი“	+++	++	+
სიმარტივე	+	++	+++
მოქნილობა	+	+	+++
ესთეტიურობა	+	+	+++

როგორც ნახ.3-დან ჩანს, SCADA სისტემების ინტერფეისისათვის უფრო მნიშვნელოვანია ის ხარისხობრივი მაჩვენებლები, რომლებიც მიმართულნი არიან ოპერატორის უშეცდომო საქმიანობაზე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ კონკრეტული ტექნოლოგიურ პროცესთან უკვე ადაპტირებულია SCADA სისტემა და მისი მოქნილობა უკვე არ არის აქტუალური. თავსებადობის და სიმარტივის მახასიათებლების მნიშვნელობანი ასევე უკანა პლანზე იწევს, რამდენადაც სისტემასთან დაიშვებიან მხოლოდ მომზადებული მომხმარებლები. ინტერფეისის ხარისხის შეფასება რაოდენობრივი მახასიათებლების მიხედვით საკმაოდ რთულია, თუმცა მისი ასე თუ ისე ობიექტური შეფასება შეიძლება მიღებული იქნას ქვემოთ ჩამოთვლილი მაჩვენებლების საფუძველზე.

- მოცემულ სისტემაში დასმული **ამოცანის გადაჭრის დრო**, რამდენადაც მნიშვნელოვანია სისტემის არა სწრაფქმედება თავისთავად, არამედ მომხმარებლის მიერ დასმულ ამოცანაზე პასუხის მიღების სისწრაფე. შესაბამისად აქ თავს იჩენს ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისის სწრაფქმედების შეფასების ამოცანა.
- **დრო**, რომელიც აუცილებელია განსაზღვრული მომხმარებლისათვის პროგრამასთან სამუშაო ცოდნის და ჩვევების მოცემულ დონეზე ასათვისებლად (მაგალითად, პროფესიონალმა ენერგეტიკოსმა მაღალი ძაბვის ქვესადგურის მონიტორინგისა და მართვის SCADA სისტემასთან მუშაობა უნდა აითვისოს რამდენიმე საათის განმავლობაში).
- სამუშაო **ჩვევების შენახვა** გარკვეული დროის მანძილზე (მაგალითად, მომხმარებელს ერთკვირიანი შესვენების შემდეგ უნდა შეეძლოს გარკვეული ოპერაციების მიმდევრობის შესრულება მოცემულ დროში).
- მომხმარებლის სუბიექტური კმაყოფილება სისტემასთან მუშაობისას (რომელიც რაოდენობრივად შეიძლება იყოს გამოსახული პროცენტებში ან რამდენიმე ბალიანი სკალით).

SCADA სისტემებში ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისის ხარისხობრივი მაჩვენებლების ზემოთ მოტანილი შეფასებიდან გამომდინარე დიდ მნიშვნელობას იძენს ინტერფეისის სწრაფქმედების რაოდენობრივი შეფასება. ამ მიზნით ძირითადად გამოიყენება არაევრისტიკული GOMS მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა რაოდენობრივად შეფასდეს ინტერფეისის საშუალებით კომპიუტერთან მომხმარებლის ინტერაქცია. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ადამიანი-კომპიუტერის ინტერაქციის შეფასებისათვის ასევე მეტად ეფექტურია ფიტსის და ჰიკის მეთოდები, რომლებიც

ჩვენს მიერ იქნა გამოყენებული პედაგოგთა რეგისტრირების სისტემის ინტერფეისის ხარისხობრივი შეფასებისათვის. მეორე თავში პედაგოგთა რეგისტრაციის სისტემის სამომხმარებლო ინტერფეისის ინტერაქციის დროის შეფასებისათვის შემოთავაზებულია მოდელი, რომელიც ეყრდნობა ფიტსის და ჰიკის კანონების ერთდროულ გამოყენებას. შედეგად განსაზღვრულია ინტერაქციის დროის დამოკიდებულება სამიზნე ობიექტის ზომაზე და სამიზნე ობიექტამდე მანძილზე. შეფასების შედეგების ანალიზზე დაყრდნობით შემოთავაზებულია სისტემის სამომხმარებლო ინტერფეისის აგების ახალი კონცეფცია, რომლისთვისაც მნიშვნელოვნად მცირდება ინტერაქციის დრო.

პედაგოგთა რეგისტრაციის სისტემის დანიშნულებაა :

- პროფესორ-მასწავლებელთა იდენტიფიკაცია;
- პროფესორ-მასწავლებელთა ლექციაზე გამოცხადება, რეგისტრაცია და აღრიცხვა;
- ჩასატარებელი, დამთავრებული, დაუმთავრებელი, შეწყვეტილი, ჩანაცვლებული და გაცდენილი ლექციების აღრიცხვა;
- ლექციის ჩატარების საზოგადოებრივი კონტროლი;
- მონაცემთა დაგროვება და ანალიზი.

სისტემის ფუნქციონირებას საფუძვლად უდევს პროფესორთა რეგისტრაცია თითის ანაბეჭდის გამოყენებით. სისტემა უზრუნველყოფს პედაგოგსა და სისტემას შორის ინტერაქტიულ კავშირს, პედაგოგის ბიომეტრიულ იდენტიფიკაციას და ამასთან არის მარტივი გამოსაყენებელი. სისტემა ფუნქციონირებს კლიენტ-სერვერული ტექნოლოგიით და სტრუქტურულად გადაწყვეტილია კომპიუტერული ქსელის სახით. შესაბამისად არის სისტემის სერვერი და ტერმინალები. ტერმინალის ბირთვია კონსოლური კომპიუტერი, რომელთანაც მიერთებულია სენსორული მონიტორი და თითის სკანერი. პედაგოგი ყველა პროცედურას, რომელიც დაკავშირებულია მის იდენტიფიკაციასთან და მეცადინეობის რეგისტრაციასთან, ახორციელებს თითის სკანერის და სენსორული მონიტორის საშუალებით.

სასწავლო დღის დასაწყისში ტერმინალის სენსორულ მონიტორზე ავტომატურად (კალენდარული რიცხვის შესაბამისად) გამოიტანება იმ დღის სასწავლო ცხრილი. პროფესორის მიერ თითის სკანერზე დადებისას ხდება მისი პიროვნების იდენტიფიკაცია, საერთო ცხრილიდან დაიფილტრება და ეკრანზე გამოიტანება მხოლოდ მისი შესაბამისი ცხრილი (ნახ.8). თუ ამ მომენტისათვის ნებადართულია

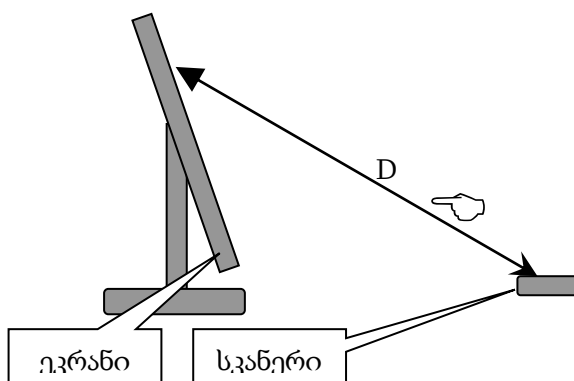
რომელიმე ლექციის დაწყების რეგისტრაცია (რაც შესაძლებელია ლექციის დაწყებიდან გარკვეული დროის ფარგლებში).

რომელიმე ლექციის დაწყების რეგისტრაცია (რაც შესაძლებელია ლექციის დაწყებიდან გარკვეული დროით ადრე), პედაგოგი სენსორულ ეკრანზე თითოთ ეხება ცხრილის იმ სტრიქონს, რომელიც თითის პიქტოგრამითაა მონიშნული. შედეგად შესაბამისი სტრიქონი გაყვითლდება, რაც ნიშნავს, რომ ლექციის დაწყების რეგისტრაცია გავლილია. ლექციის დამთავრების შემდგომ პროფესორი გადის იგივე პროცედურას (არ უნდა იყოს ამოწურული ლექციის დამთავრების რეგისტრაციის დროის ლიმიტი) და თითოთ ეხება გაყვითლებულ სტრიქონს, რომელიც გამწვანდება. ამით ლექცია ითვლება დამთავრებულად. თუ პროფესორი ლექციაზე არ გამოცხადდა, ან დაგვიანების ლიმიტის ამოწურვამდე ვერ მოასწრო ლექციის დაწყების პროცედურის გავლა, მაშინ სასწავლო ცხრილში შესამისი სტრიქონი გაწითლდება და ლექცია ითვლება გაცდენილად.

პედაგოგის ინტერაქტიული კავშირი სისტემასთან ხორციელდება შემდეგნაირად: ლექციის დაწყების რეგისტრაციისათვის პედაგოგმა თითის სკანერზე თითის დადებით უნდა გაიაროს იდენტიფიკაციის პროცესი. შემდეგ თითი სკანერიდან უნდა გადაიტანოს სენსორულ ეკრანზე, სადაც პირადი ცხრილიდან უნდა ამოირჩიოს ის სტრიქონი, რომელიც თითის პიქტოგრამითაა მონიშნული და თითოთ შეეხოს პიქტოგრამის გასწრივ არსებულ სტრიქონს. თუ ამ მომენტისათვის პედაგოგის პირად ცხრილში არის ყვითელი სტრიქონიც (ანუ ლექცია ექვემდებარება დამთავრების რეგისტრაციას), მან უნდა ამოირჩიოს ისიც და თითოთ შეეხოს. შედეგად პედაგოგის პირად ცხრილში თითის პიქტოგრამით მონიშნული გაყვითლდება, ხოლო ყვითელი სტრიქონი გამწვანდება.

II. სამომხმარებლო ინტერფეისის ინტერაქციის დროის შეფასების მოდელი

თანახმად ფიტსის კანონისა, დრო, რომელიც საჭიროა ინტერფეისზე რომელიმე



ელემენტის ამორჩევისა და დაწკაპუნებისათვის, იანგარიშება შემდეგნაირად:

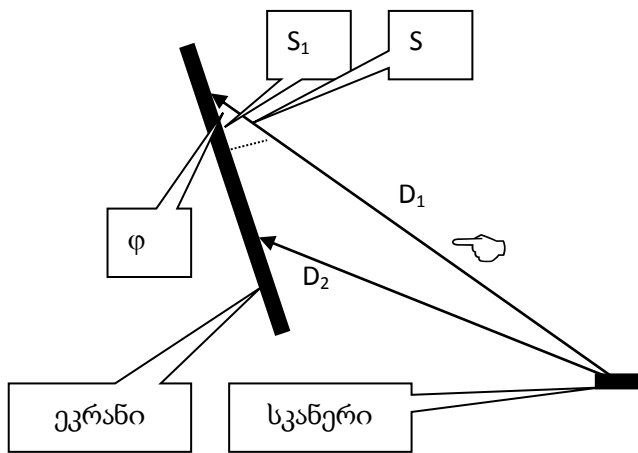
$$T_{\text{ფიტსი}} = a + b \cdot \log_2(D/S + 1),$$

სადაც D არის მანძილი სასტარტო წერტილიდან მიზნობრივ წერტილამდე (ნახ.4), ხოლო S არის

ნახ. 4. ფიტსის კანონის მოქმედების

სამიზნე ობიექტის ზომა მოძრაობის მიმართულებით (ნახ.5). ამასთანავე მხედველობაში უნდა მივიღოთ დრო, რომელიც საჭიროა თითის სკანერზე თითის დადებისათვის და დრო, რომელიც ესაჭიროება სისტემას პიროვნების იდენტიფიკაციისათვის. ეს უკანასკნელი დამოკიდებულია თითის ანაბეჭდის ვერიფიკაციის და იდენტიფიკაციის ალგორითმებზე და მათი პროგრამული რეალიზაციის მეთოდებზე. თუმცა მოცემულ პუბლიკაციაში ამ უკანასკნელი ამოცანის გადაწყვეტა ჩვენს მიზანს არ წარმოადგენს. ამიტომ ჩავთვალოთ, რომ

პიროვნების



ნახ. 5. ფიტსის კანონის მოქმედება პედაგოგის პირადი ცხრილისათვის

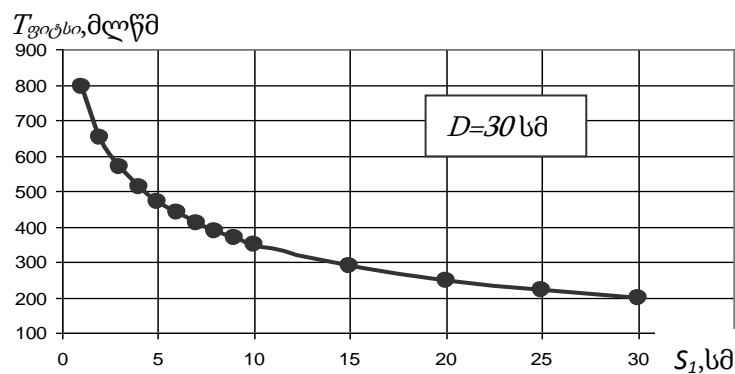
იდენტიფიკაციისათვის საჭირო დრო მუდმივია.

მოცემული ინტერფეისის შემთხვევაში სამიზნე ობიექტი არის კონკრეტული ლექციის მაჩვენებელი სტრიქონი, რომელიც ფიტსის კანონის მიხედვით სამიზნე ობიექტი ვერ იქნება, რადგან ის მოძრაობის მიმართულებასთან მიმართებით მდებარეობს φ

კუთხით. თუ მონიტორის ეკრანზე ლექციის მაჩვენებელი სტრიქონის სიმაღლე არის S_1 , მაშინ სამიზნე ობიექტის რეალური ზომა იქნება $S = S_1 \cdot \cos\varphi$, ანუ მისი ზომა კიდევ უფრო „შემცირდება“ და მასზე თითის „მორტყმის“ პროცედურა გართულდება და პედაგოგის პირადი ცხრილიდან საჭირო სტრიქონის ამორჩევის დრო კიდევ უფრო გაიზრდება. ფიტსის კანონის თანახმად კონსტანტა a არის გამშვები მოწყობილობის გაშვება/გაჩერების დრო, ხოლო კონსტანტა b დამოკიდებულია მოწყობილობის ტიპურ სიჩქარეზე. თითის სკანერის შემთხვევაში ეს კოეფიციენტები ახასიათებენ მოწყობილობის ელექტრონული სქემების სწრაფქმედებას და სკანერზე თითის მორგების პროცედურას. რასკინის მიერ a და b მიჩნეულია შესაბამისად $a=50$ და $b=150$ მლწმ, რაც მის მიერ გამოიყენება მაუსის შემთხვევისათვის. თანამედროვე ელექტრონიკის მიღწევებიდან გამომდინარე, თამამად შეიძლება ჩაითვალოს, რომ მაუსის და თითის სკანერის ელექტრონული შიგთავსის სწრაფქმედება ერთნაირია. ხოლო რაც

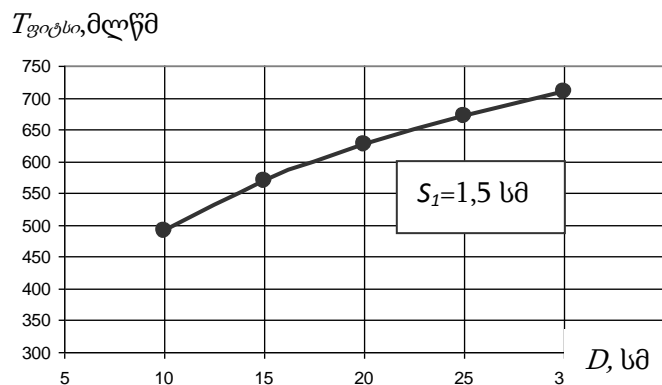
შეეხება თითის სკანერზე თითის მორგებას, გარკვეული ტრენინგის (რაც სხვათაშორის დამწყებთათვის მაუსზეც სჭირდება) შემდეგ დროითი დანაკარგებით დიდად არ განსხვავდება მაუსისაგან. ამდენად შემდგომი გათვლებისათვის გამოვიყენებთ რასკინის მიერ a და b კოეფიციენტებისათვის გათვლილ მნიშვნელობებს: $a=50$, $b=150$.

ნახ.6-ზე მოცემულია $T_{ფიტსი}$ დროის გათვლილი მნიშვნელობების დამოკიდებულება სამიზნე ობიექტის ზომაზე. ცხადია, რომ პედაგოგის პირად ცხრილში სტრიქონის სიმაღლის გაზრდა მნიშვნელოვან მოგებას იძლევა ინტერფეისის სწრაფქმედების თვალსაზრისით. მაგრამ ცხრილის ზომების გაზრდა დამოკიდებულია



ნახ.6. დროის დამოკიდებულება სამიზნე ობიექტის ზომაზე

პედაგოგის დღიური დატვირთვის მოცულობაზე, ანუ სტრიქონების რაოდენობაზე ცხრილში და მონიტორის ფიზიკურ ზომაზე. ამიტომ სისტემის ინტერფეისში ცხრილის სტრიქონის სიმაღლე დაფიქსირებულია 2 სმ-ის ფარგლებში, რაც მონიტორის ეკრანთან მიმართებაში თითის მოძრაობის მიმართულების ფუთხის გათვალისწინებით სამიზნე ობიექტის რეალურ სიმაღლეს აფიქსირებს 1,5 სმ-ის ფარგლებში.



ნახ.7. დროის დამოკიდებულება სამიზნე ობიექტამდე მანძილზე

მნიშვნელოვანია ის მომენტი, რომ პედაგოგს პირადი ცხრილიდან უწევს სხვადასხვა სტრიქონის ამორჩევა, რომლებიც ერთი და იგივე სასტარტო წერტილიდან სხვადასხვა მანძილზე არიან განლაგებული. ცხადია, რომ მონიტორის ეკრანზე რაც უფრო დაბლაა განთავსებული ცხრილის სტრიქონი, მით ნაკლებია მანძილი თითის სკანერამდე.

ნახ.7-ზე ნაჩვენებია $T_{ფიტსი}$ დროის დამოკიდებულება სამიზნე ობიექტამდე მანძილზე, როცა სამიზნე ობიექტის რეალური ზომა შეადგენს 1,5 სმ.

პედაგოგის პირადი ცხრილთან ურთიერთობის დროს მოქმედებაშია ჰიკის კანონიც, რომლის თანახმად დრო, რომელიც საჭიროა მონიტორზე n -დან ერთი ელემენტის ამორჩევაში, შეადგენს

$$T_{ჰიკი} = a + b * \log_2(n+1),$$

სადაც გამოყენებული a და b კოეფიციენტები ბევრ ფაქტორზეა დამოკიდებული. მაგალითად, მომხმარებლის მიერ ინტერფეისის გამოყენების ჩვევების შექმნა ამცირებს b კოეფიციენტის მნიშვნელობას და ა.შ.

ამდენად, ჯამური დრო, რომელიც საჭიროა ლექციის დაწყების\დამთავრების რეგისტრაციისათვის გაითვლება ფორმულით:

$$T_2 = T_{ფიტსი} + T_{ჰიკი} + T_{დენტიფიკაცია}.$$

როგორც ვხედავთ, T_2 -ის შემცირებისათვის საჭიროა $T_{ფიტსი}$ და $T_{ჰიკი}$ დროების შემცირება. $T_{ფიტსი}$ -ის შემცირება შესაძლებელია სამი გზით: D მანძილის და φ კუთხის შემცირებით და სამიზნე ობიექტის S_1 ზომის გაზრდით.

როგორც ნახ.6-ზე და ნახ.7-ზე ნაჩვენები გრაფიკებიდან ჩანს, განსაკუთრებით ეფექტურია სამიზნე ობიექტის S_1 ზომის გაზრდა.

მაგალითად, თუ $D=30$ სმ და $S_1=1$ სმ. შესაბამისად $T_{ფიტსი}=785$ მლწმ. სამიზნე ობიექტის ზომის გაზრდით, როცა $S_1=3$ სმ, შესაბამისად ფიტსის დრო მცირდება – $T_{ფიტსი}= 530$ მლწმ. დავუშვათ, რომ რეგისტრაცია შესაძლებელია ეკრანის მთელი ფართობის გამოყენებით, რომლის სიმაღლეა 15 სმ, მაშინ $T_{ფიტსი}=215$ მლწმ.

შეიძლება დავასკვნათ, რომ ფიტსის დროის შემცირებისათვის საჭიროა პედაგოგის პირადი ცხრილის სტრიქონების სიმაღლის გაზრდა, მაგრამ ამან ხელი არ უნდა შეუშალოს მონიტორის ეკრანზე პედაგოგის პირადი ცხრილის ერთი „კადრის“ სახით ასახვას.

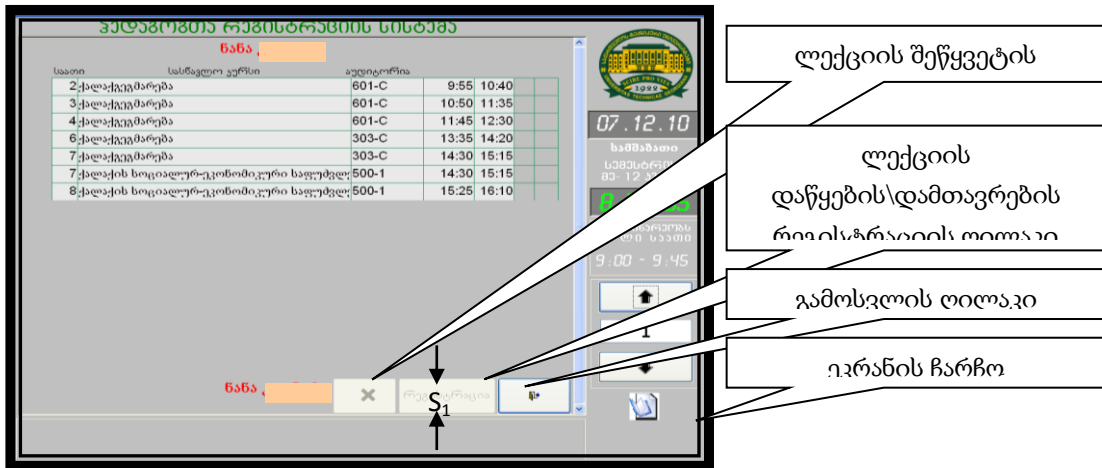
„გადაბმული“ ლექციების შემთხვევაში T_2 -ის გათვლის ფორმულა კიდევ უფრო გართულდება, რადგან საჭირო ხდება ერთი ლექციის დამთავრების და შემდეგი

ლექციის დაწყების რეგისტრაცია, მიუხედავად იმისა, რომ პედაგოგის იდენტიფიკაცია ხდება მხოლოდ ერთხელ და შესაბამისად მისი იდენტიფიკაციის დრო არ იცვლება. ამრიგად, „გადაბმული“ ლექციის შემთხვევაში

$$T_{\Sigma} = T_{ფიტსი1} + T_{ჰიკი1} + T_{ფიტსი2} + T_{ჰიკი2} + T_{იდენტიფიკაცია}.$$

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ $T_{ფიტსი2} < T_{ფიტსი1}$, რადგან მანძილი D^* (ნახ.4) პედაგოგის პირადი ცხრილის ორ სტრიქონს შორის გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე მანძილი D თითის სკანერიდან ეკრანამდე. $T_{ჰიკი2} < T_{ჰიკი1}$, რადგან $T_{ჰიკი2}$ –თვის ამორჩევა ხდება პედაგოგის პირადი ცხრილის მიჯრით მდებარე ორ სტრიქონს (დასამთავრებელი ლექცია და დასაწყები ლექცია) შორის.

სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებულია ლექციის რეგისტრაციის ახალი კონცეფცია, სადაც მნიშვნელოვნადაა გაუმჯობესებული ფიტსის კანონის მაჩვენებელი, ხოლო დროითი დანახარჯები ჰიკის მიხედვით საერთოდ არ გვაქვს.

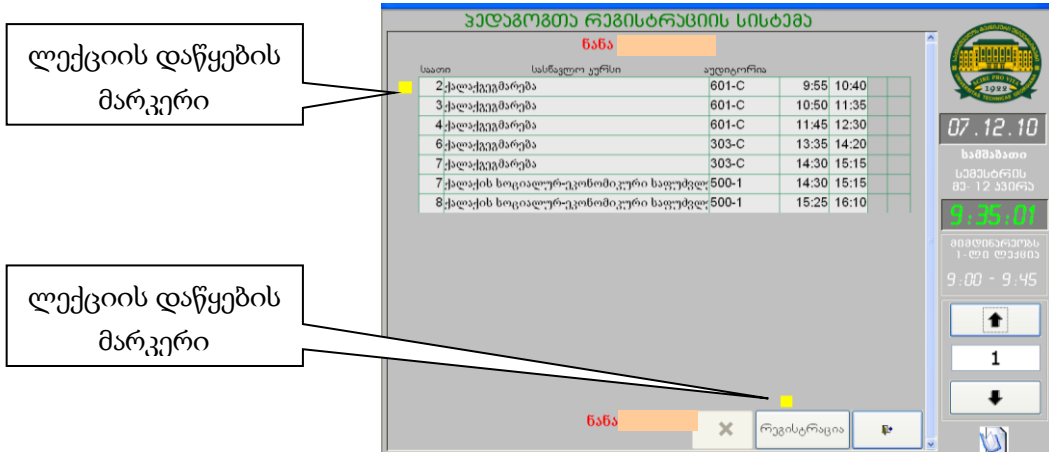


ნახ. 8. პედაგოგის პირადი ცხრილის გაუმჯობესებული ინტერფეისი

პედაგოგის იდენტიფიკაციის შედეგად ეკრანზე გამოდის მისი პირადი ცხრილი, რომელსაც აქვს ნახ.8-ზე ნაჩვენები სახე.

ეკრანზე აისახება პედაგოგის პირადი ცხრილი და სამი ვირტუალური ლილაკი: რეგისტრაციის, მეცადინეობის შეწყვეტის და პირადი ცხრილიდან გამოსვლის.

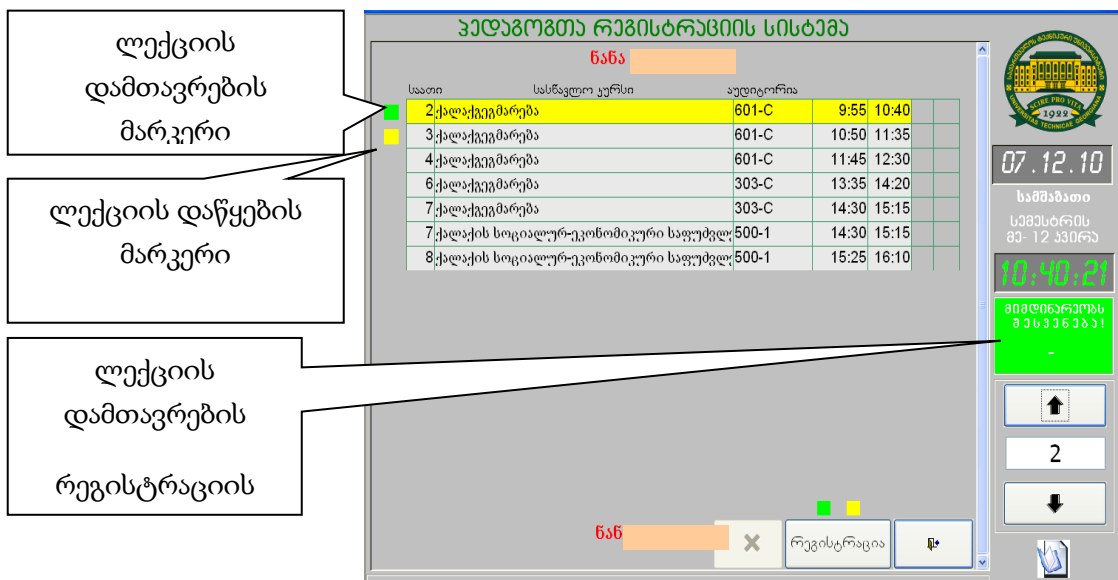
თუ რეგისტრაციის პირობებიდან გამომდინარე ლექცია დაწყებას ექვემდებარება, მაშინ პირად ცხრილში დაწყების რეგისტრაციის ნებადართული, ლექცია მონიშნება ყვითელი მარკერით. ასევე ყვითელი მარკერი გამოჩნდება რეგისტრაციის ლილაკის თავზე, რომელიც თავის მხრივ აქტიურია (ნახ.9).



ნახ. 9. ლექციის დაწყების რეგისტრაცია

პედაგოგი ეხება რეგისტრაციის ღილაკს. შედეგად დასაწყები ლექციის სტრიქონი გაყვითლდება, მოხსნება ლექციის დაწყების მარკერი და რეგისტრაციის ღილაკი გახდება პასიური.

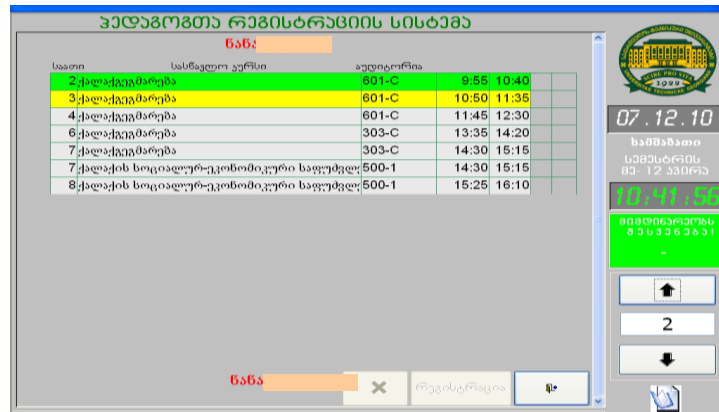
თუ რეგისტრაციის პირობებიდან გამომდინარე ლექცია დამთავრებას ექვემდებარება, მაშინ პირად ცხრილში დამთავრების რეგისტრაციის ნებადართული ლექცია მოინიშნება მწვანე მარკერით. თუ იმავდროულად გვაქვს „გადაბმული“ ლექცია და ის ექვემდებარება დაწყებას, მაშინ ის მოინიშნება ყვითელი მარკერით (ნახ.10).



ნახ. 10. ლექციის დამთავრების რეგისტრაცია

რეგისტრაციის ღილაკზე ზემოქმედებით მიიღება მდგომარეობა, როცა ერთი ლექცია რეგისტრირდება დამთავრებულად, ხოლო შემდეგი - დაწყებულად.

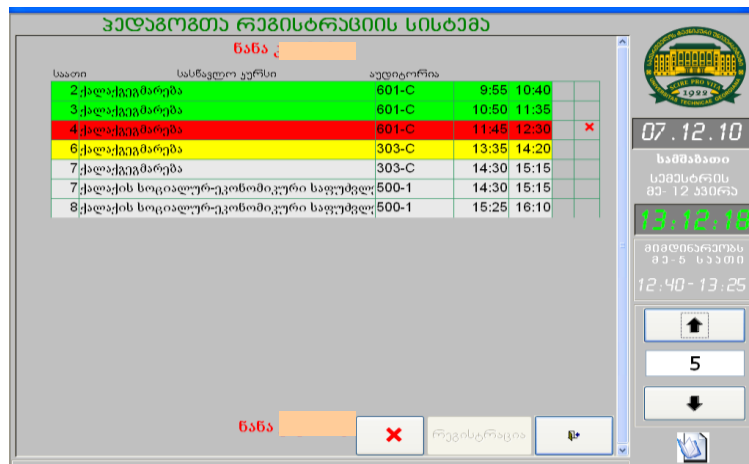
იმავედროულად რეგისტრაციის ღილაკი გადადის პასიურ მდგომარეობაში. შედეგად პედაგოგის პირადი გვერდი იღებს შემდეგ სახეს (ნახ.11).



ნახ. 11. ლექციის დამთავრების რეგისტრაცია გააოილია

შეწინშნავთ, რომ ლექციის დამთავრების რეგისტრაცია შესაძლებელია მაშინ, როცა ლექციის დამთავრების რეგისტრაციის ნებართვის ველი მიიღებს მწვანე შეფერილობას.

თუ პედაგოგი გაივლის იდენტიფიკაციის პროცესს დაუმთავრებელი ლექციის



ნახ. 12. ლექციის შეწყვეტა

პირობებში, ამას სისტემა აღიქვამს ლექციის შეწყვეტის სურვილად და გამოიტანს პედაგოგის პირად ფანჯარას ლექციის შეწყვეტის აქტიური ღილაკით (ნახ.12). ამ ღილაკზე შეხებით გაწითლდება ყვითლად მონიშნული (დაწყებული) ლექციის სტრიქონი და ლექციის შეწყვეტის ღილაკი გადავა პასიურ მდგომარეობაში.

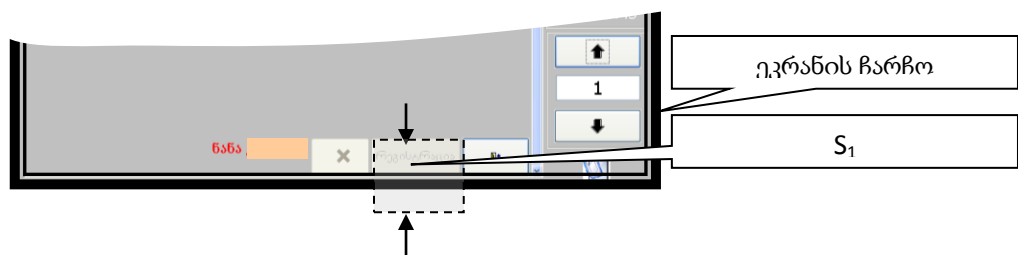
შემოთავაზებულ ინტერფეისით ლექციის დაწყება/დამთავრების რეგისტრაციის დრო გაითვლება ფორმულით:

$$T_{\Sigma} = T_{\text{გიტის}} + T_{\text{იდენტიფიკაცია}}$$

სადაც უკვე აღარ გვაქვს $T_{პიკი}$, რადგან მომხმარებელს სამიზნე ობიექტი რამოდენიმედან ამოსარჩევი არ აქვს. ამ შემთხვევაში პედაგოგი ოპერირებს მხოლოდ რეგისტრაციის ღილაკზე (ამ დროს ლექციის შეწყვეტის ღილაკი პასიურ მდგომარეობაშია).

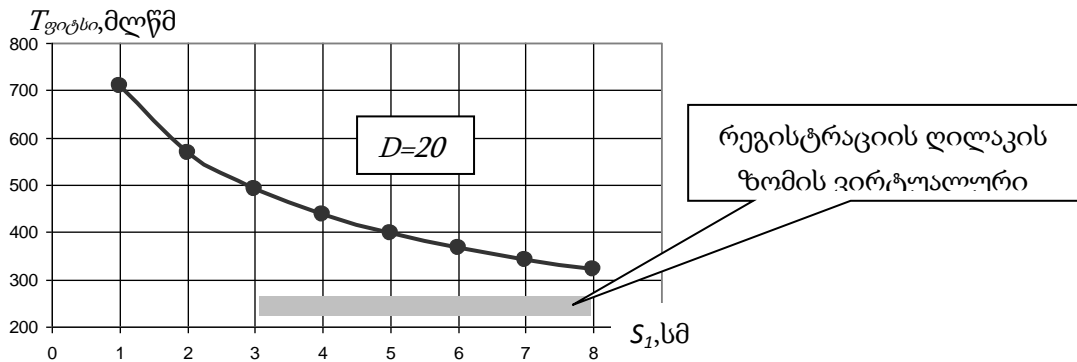
პედაგოგის პირადი ცხრილის შემოთავაზებულ ინტერფეისში მთავარი სამიზნე ობიექტი არის რეგისტრაციის ვირტუალური ღილაკი. როგორც ნახ. 8–დან ჩანს სენსორული მონიტორის ზომა (ამ შემთხვევაში აღებულია 15" ზომის მონიტორი) სრულ საშუალებას იძლევა, რომ გაიზარდოს რეგისტრაციის ღილაკის ვერტიკალური ზომა, რაც თავის მხრივ გამოიწვევს $T_{გიტსი}$ დროის შემცირებას. აღსანიშნავია, რომ მცირდება და მოცემული ზომის სენსორული ეკრანისათვის მინიმალური ხდება სასტარტო წერტილიდან სამიზნე წერტილამდე მანძილი D , რაც ასევე დადებითად აისახება $T_{გიტსი}$ დროის შემცირებაზე. მაგალითად, თუ დავუშვებთ, რომ $D=20$ სმ და $S_1=3$ სმ, მაშინ $T_{გიტსი}=470$ მლწმ.

თუ ინტერფეისის განხორციელების დროს ვირტუალურ ღილაკებს განვათავსებთ უშუალოდ ეკრანის ჩარჩოს კიდეებთან ისე, როგორც ეს ნახ. 13–ზეა ნაჩვენები, მაშინ რეგისტრაციის ღილაკის სიმაღლე ვირტუალურად გაიზარდება სულ მცირე 50 მმ–ით მაინც. ეს ასევე შეამცირებს $T_{გიტსი}$ დროს.



ნახ.13. ვირტუალური ღილაკების განთავსება მონიტორის

ნახ.13–ზე ნაჩვენებია, თუ რა გავლენას ახდენს რეგისტრაციის ღილაკის ვირტუალური გაზრდა ინტერაქციის დროზე. თუ ჩავთვლით, რომ სამიზნე ობიექტის (რეგისტრაციის ღილაკის) რეალური ზომა შეადგენს $S_1=3$ სმ, მაშინ $T_{გიტსი}$ იქნება 500 მლწმ–ის ფარგლებში. ღილაკის ვირტუალური გაზრდით $S_1=8$ სმ და შესაბამისად $T_{გიტსი}$ ფიქსირდება 300 მლწმ–ის ფარგლებში.



ნახ. 13. რეგისტრაციის დილაკის ზომის ვირტუალური მატების გავლენა

ძირითადი დასკვნები:

- ტექნოლოგიური პროცესის მონიტორინგისა და მონაცემთა ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემისათვის სულ უფრო აქტუალური ხდება ოპერატორის მაღალხარისხოვანი ინტერფეისების დამუშავება, რაც მნიშვნელოვნად განაპირობებს სისტემის უსაფრთხო ექსპლუატაციას და მაღალ საიმედოობას.
- მონიტორინგისა და მონაცემთა ვიზუალიზაციის განაწილებული სისტემის ოპერატორის ინტერფეისის ხარისხი მნიშვნელოვნად იზრდება ოპერატორის მანიპულატორებში სხვადასხვა ფუნქციური შესაძლებლობების შერწყმით, კერძოდ მანიპულატორების ახალი ტექნოლოგიური შესაძლებლობების გამოყენებით.
- შეფასებულია SCADA სისტემების ინტერფეისების ხარისხობრივი მაჩვენებლები საჭიროების დონის მიხედვით სამბალიანი სისტემით. ნაჩვენებია, რომ SCADA სისტემების ინტერფეისებში უპირველეს ყოვლისა ყურადღება უნდა მიექცეს ბუნებრიობის, მეგობრულობის და პრინციპი „უკუკავშირის“ ხარისხობრივი მაჩვენებლების უზრუნველყოფას.
- SCADA სისტემების ინტერფეისებისათვის მნიშვნელოვანია ინტერაქციის დროის შეფასება, რომლისთვისაც კარგ შედეგებს იძლევა GOMS, ფიტსის და ჰიკის მეთოდების გამოყენება.
- სისტემის ინტერფეისთან ოპერატორის ინტერაქციის დროის შეფასებისათვის ერთდროულად არის გამოყენებული ფიტსის და ჰიკის კანონები და შემოთავაზებულია შეფასების მოდელი. ეს უკანასკნელი საშუალებას იძლევა შეფასებული იქნას ინტერაქციის დრო სამიზნე ობიექტის ზომიდან და სამიზნე ობიექტამდე მანძილიდან გამომდინარე.

- გათვლების შედეგები აჩვენებს, რომ სამომხმარებლო ინტერფეისის სწრაფქმედების გაზრდისათვის განსაკუთრებით ეფექტურია სამიზნე ობიექტის ზომების გაზრდა.
- შემოთავაზებულია პედაგოგთა რეგისტრაციის სისტემის პროგრამული ინტერფეისის მოდიფიცირების კონცეფცია, სადაც მიღწეულია სამიზნე ობიექტის ზომების ვირტუალური გაზრდა და მინიმუმამდია დაყვანილი სამიზნე ობიექტამდე მანძილი. შედეგად მკვეთრად იზრდება პედაგოგთა რეგისტრაციის სისტემის სამომხმარებლო ინტერფეისის სწრაფქმედება.

დისერტაციის ირგვლივ გამოქვეყნებულ ძირითად ნაშრომთა ნუსხა:

1. იმნაიშვილი ლ., ბედინეიშვილი მ., ტალიკაძე თ. პედაგოგთა რეგისტრაციის სისტემის სამომხმარებლო ინტერფეისის ინტერაქციის დროის შეფასება. შრომები „მართვის ავტომატიზირებული სისტემები“ N1(10), საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 2011წ., გვ. 334-340.
2. SCADA სისტემებში ადამიანი-კომპიუტერის ინტერფეისის დამუშავების საკითხისათვის. ლევან იმნაიშვილი, მაგული ბედინეიშვილი, თამარ ტალიკაძე, მალხაზ ჯაბუა . შრომები „მართვის ავტომატიზირებული სისტემები“ N2(13), საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 2012წ., გვ. 66-68.
3. მრავალფუნქციურობის პრინციპის გამოყენება ადამიანი-კომპიუტერის ინტერაქციაში. თამარ ტალიკაძე. შრომები „მართვის ავტომატიზირებული სისტემები“ N1(12), საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი, 2012წ., გვ. 246-251.