

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ლუკა ქემოკლიძე

მაღალტექნოლოგიური კომპანიების პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის
კვლევა და ანალიზი ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეზი

სადოქტორო პროგრამა: „ინოვაციებისა და ოპერაციის მენეჯმენტი“

შიფრი: 0413

თბილისი

2024 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
ენერგეტიკის ფაკულტეტი
საწარმოო ინოვაციების და ოპერაციათა მენეჯმენტის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი ო. ზუმბურიძე

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2024 წლის "-----" "-----" "-----" საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტის
სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი VIII,
სხდომათა დარბაზი.

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი,
პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალურობა. გლობალიზაცია, ტექნოლოგიური სიახლეები და მწვანე მსოფლიო ეკონომიკისკენ ტრანსფორმაცია ფუნდამენტურად ცვლის სამეწარმეო, თუ სხვა ბიზნეს პროცესების ხასიათსა და სახეს. წინამდებარე სადისერტაციო ნაშრომი ეხება სხვადასხვა კომპანიათა მზარდ საჭიროებას, დღევანდელ მაღალტექნოლოგიურ ეპოქაში მიმართონ ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ ტექნოლოგიურ გადაწყვეტებს პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის, კონკურენტუნარიანობის შენარჩუნების თუ ბიზნეს-პროცესების დახვეწის მიზნით. ზემოთ ნახსენებ ცვლილებებს მეტწილად განაპირობებს ხელმისაწვდომი დიდი რაოდენობის ტექნოლოგიური, სოციალური თუ ბიზნეს ინოვაციები, რომელთა სამეწარმეო თუ სხვა ბიზნეს პროცესებში ინტეგრაცია, პირდაპირ ან ირიბად მიმართულია პროდუქტიულობის ზრდისკენ. ხელოვნური ინტელექტის (AI), მანქანური სწავლებისა (ML) თუ ნივთების ინტერნეტის (IoT) სფეროში ბოლოდროინდელ სწრაფ განვითარებას და გარღვევებს, კერძოდ დიდი ენობრივი მოდელების (LLM), ციფრული ტყუპებისა (Digital Twins) და ნეირონული ქსელების (Neural Networks) მიმართულებით, უახლოეს მომავალში წარმოებასთან დაკავშირებული ბიზნეს პროცესების ფუნდამენტური გარდაქმნის პოტენციალი გააჩნიათ. ამ ტექნოლოგიათა დანერგვის შედეგად შეცვლილ ბიზნეს პროცესთა ახალ სახესა და ხასიათს, თან ახლავს ახალი გამოწვევებიც, რომელთაც სჭირდებათ ახლებური მიდგომები, კვლევა და ანალიზი. ამის ერთ-ერთი თვალსაჩინო მაგალითია ამ ტექნოლოგიათა დანერგვის ზეგავლენა ადამიანებზე, მათ უნარებსა და დასაქმების შესაძლებლობებზე. ისეთი ტექნოლოგიების ზრდადი გამოყენება ყოველდღიურ საქმიანობაში როგორებიცაა ნეირონული ქსელები (CNNs), ავტომატური მართვის სატრანსპორტო საშუალებები (AGV), ბუნებრივი ენის დამუშავება (NLP) ან თუნდაც დიდი ენობრივი მოდელები (LLM) როგორიცაა ChatGPT, Gemini და ა.შ. მყისიერ და პირდაპირ ზეგავლენას ახდენს სამუშაო ადგილზე დასაქმებულ პირთა ყოველდღიურობაზე, მათ როლზე, საჭირო უნარებზე, რაოდენობაზე თუ სხვა. ვინაიდან ადამიანზე ორიენტირებულობა ტექნოლოგიური განვითარების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანეს მიმართულებად

არის დეკლარირებული საერთაშორისო საზოგადოების მიერ, თეორიასა თუ პრაქტიკაში, ნელ-ნელა მეტად ფართოდ გამოყენებადი ხდება ინდუსტრია 5.0-ის კონცეფცია, რაც საწარმო პროცესის პროდუქტიულობის გაუმჯობესებასთან ერთად, ადამიანზე ორიენტირებული და მდგრადი წარმოების სისტემების ჩამოყალიბებას გულისხმობს. მოცემული სადისერტაციო ნაშრომი და მისი კვლევითი ინტერესი და მიზანი სწორედ ინდუსტრია 5.0-ის პრინციპებს ეფუძნება, რაც ხაზს უზვამს სადისერტაციო ნაშრომის საკვლევი თემის აქტუალობას საზოგადოებისთვის. ევროკომისიის მიერ 2021 წელს ინდუსტრია 5.0-ის პრინციპების პრიორიტეტად გამოცხადების გათვალისწინებით, საქართველოსთვის განსაკუთრებით აქტუალური ევროინტეგრაციის ჭრილში.

ადამიანზე მზარდი ორიენტაციის მიუხედავად, ხელოვნური ტექნოლოგიების დანერგვის მეშვეობით პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის შესახებ კვლევა ძირითადად მიმართულია ავტომატიზაციის სრულყოფის, გაციფრულებისა და მაქსიმალური პროდუქტიულობის მიღწევისაკენ, ხოლო ადამიანური ფაქტორის გათვალისწინება - კერძოდ კი როგორ შეუძლიათ ადამიანურ უნარებს ამ ახალი ტექნოლოგიების გაძლიერება, მათ შორის ურთიერთქმედებები, კომპლემენტარულობა (ურთიერთშევესება) და ა.შ ნაკლებად არის შესწავლილი, რაც კვლევის ფარგლებში ჩატარებული წინასწარი ლიტერატურის მიმოხილვებითაც დადასტურდა. წინასწარი მოკვლევის შედეგად გამოიკვეთა, რომ ნაკლებად არის შესწავლილი ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიის დანერგვისას ადამიანურ უნარებთან მათი ურთიერთშევესების (კომპლემენტარულობის) საკითხები და მაჩვენებლები, როგორც პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის არაპირდაპირი ზეგავლენის ფაქტორი, რაც აგრეთვე საჭიროებს კვლევებსა და შესწავლას. მოცემული სადისერტაციო ნაშრომი სწორედ აღნიშნული ცოდნის უფსკრულის შევსებისკენაა მიმართული და მიზნად ისახავს კონტრიბუცია შეიტანოს ამ მიმართულებით კვლევებში, აგრეთვე საფუძველი დაუდოს სამომავლო კვლევებს.

სამუშაოს მიზანი. წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის მიზანია პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის ინტერდისციპლინური კვლევა ქართულ და ბრიტანულ სამეწარმეო კომპანიებში იდენტიფიცირებული ხელოვნური

ინტელექტის ტექნოლოგიების დანერგვის ჭრილში, რომელიც დაეფუძნება ინდუსტრია 5.0-ის პრინციპებს, როგორც ინდუსტრიათა განვითარების სამომავლო ტრენდს. ნაშრომი ითვალისწინებს მრავალგანზომილებიანი შეფასების კრიტერიუმის შემუშავებას, რომელიც შეაფასებს როგორც ტექნოლოგიურ ზეგავლენას, ისე ადამიანური ფაქტორების გაუმჯობესების საკითხებს.

კვლევის ობიექტებს წარმოადგენენ ქართული და ბრიტანული კერძო კომპანიები, რომელთა საქმიანობაც დაკავშირებულია პროდუქციის (ფიზიკური თუ ციფრული) წარმოებასთან, რომლებიც იყენებენ მაღალტექნოლოგიურ გადაწყვეტებს საკუთარ ბიზნეს პროცესებში და ამასთან დანერგილი აქვთ, ან უახლოეს მომავალში აპირებენ რომ დანერგონ ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები, შერჩეული აქვთ კონკრეტული ტექნოლოგია ან/და ბრენდი. კვლევის ფოკუსია ადამიანურ უნარებთან ამ ტექნოლოგიების ურთიერთთავსებადობასა და ურთიერთშევისებაზე (კომპლემენტარულობა), როგორც პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციაზე ზეგავლენის მომხდენი მზარდი მნიშვნელობის ფაქტორზე, უკეთესი სამუშაო პირობების შექმნასა და განახლებული დასაქმების შესაძლებლობების მხრივ.

კვლევის მიზნის მისაღწევად დასახულია შემდეგი ამოცანები:

ამოცანა 1: ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიათა მრავალგანზომილებიანი შეფასების კრიტერიუმის შემუშავება

- 1.1. ლიტერატურის საფუძვლიანი მიმოხილვა და კვლევის თეორიული და მეთოდოლოგიური ჩარჩოს ჩამოყალიბება.
- 1.2. არსებული ტექნოლოგიების კვლევა ქეისების შესწავლის, ინდუსტრიების ტენდენციისა და ამ ტექნოლოგიათა ანალიზი.
- 1.3. კონსულტაციები ინდუსტრიის წარმომადგენლებთან და ექსპერტებთან
- 1.4. მრავალგანზომილებიანი შეფასების კრიტერიუმის შემუშავება
- 1.5. შეფასების კრიტერიუმის ვალიდაცია

ამოცანა 2: პრაქტიკული რეკომენდაციების შემუშავება

- 2.1 კვლევის ფარგლებში განხორციელებული აქტივობების შედეგად გამოვლენილი ცოდნის საფუძველზე რეკომენდაციების და საუკეთესო პრაქტიკების მომზადება.

კვლევის მეთოდოლოგიური საფუძველი და მეცნიერული სიახლე.

კვლევის მეთოდოლოგია ეყრდნობა ძირითადად სისტემათა საერთო თეორიასა (ს.ს.თ) და სისტემურ მიდგომას, ერგონომიკულ მეთოდებს, ორგანიზაციული ფსიქოლოგიის ელემენტებს. აგრეთვე პროდუქტიულობისა და ოპტიმიზაციის გამოთვლის საყოველთაოდ მიღებულ თეორიებსა და პრინციპებს. ნაშრომი ეფუძნება ქართული და უცხოური სამეცნიერო ლიტერატურის, ჩატარებულ კვლევებისა და პრაქტიკული ინოვაციების გამოცდილებას.

მეცნიერული სიახლე - დისერტაციის ფარგლებში შემუშავდა მრავალგანზომილებიანი შეფასების კრიტერიუმი, რომელიც არსებული კრიტერიუმთა ჩარჩოებისგან განსხვავებით სისტემურად შეაფასებს ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების როგორც ტექნოლოგიურ ზეგავლენას, ისე ადამიანურ უნარებთან მათი ურთიერთშეხვედრისა და ადამიანური ფაქტორების გაუმჯობესების საკითხს. გარდა ამისა, მეცნიერული სიახლე მდგომარეობს მის ინდერისციპლინურ მეთოდოლოგიაშიც, რომელიც ახალი ტექნოლოგიების შეფასების არსებული მეთოდებისა და მოდელებისგან განსხვავებით ეყრდნობა და თავის თავში აერთიანებს **სისტემათა საერთო თეორიას, ერგონომიკისა და ორგანიზაციული ფსიქოლოგიის ელემენტებს**. სისტემათა საერთო თეორია და სისტემური მიდგომა გამოყენებულია საწარმოო თუ სხვა სახის ბიზნეს გარემოს როგორც ქვესისტემებისგან შემდგარ ერთიანი სისტემის დასანახად და ჰოლისტიკური პერსპექტივიდან ამა თუ იმ ინტეგრაციის პროცესზე დასაკვირვებლად. ერგონომიკა გამოყენებულია კვლევისას ადამიანსა და ხელოვნური ინტელექტის სისტემებს შორის ინტერაქციის მახასიათებლების აღწერისა და გაზომვის საკითხებში, ორგანიზაციული ფსიქოლოგია კი გამოყენებულია ხელოვნური ინტელექტის დანერგვის ზეგავლენის შესაფასებლად ადამიანურ ფაქტორებზე (ადაპტაბელურობა, მიმღებადობა და ა.შ.).

კვლევის მეთოდები. კვლევაში გამოყენებულია მონაცემთა დამუშავების და ანალიზის მეთოდი, რაოდენობრივი და თვისობრივი კვლევის მეთოდები კვლევის სხვადასხვა ეტაპზე, როგორებიცაა ინტერვიუ-გამოკითხვები, ანალიზი, სინთეზი, ემპირიული ვალიდაცია, ექსპერტული შეფასება და სისტემური მიდგომა.

ლიტერატურის მიმოხილვის შედეგად განხორციელდა არსებული კვლევის ჩარჩოებისა და თეორიული საფუძვლების შესწავლა პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის კვლევებში ადამიანური ფაქტორების გათვალისწინების, ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიებისა და ადამიანურ უნარებს შორის ურთიერთსევის (კომპლემენტარულობის) ძირითადი საკითხების გამოსავლენად. **მონაცემთა დამუშავების და ანალიზის მეთოდის** გამოყენებით გამოვლენილ იქნა სხვადასხვა ბიზნეს პროცესებში ახალი ტექნოლოგიების ათვისების დონე და ტენდენციები, განსაკუთრებული ყურადღებით ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიებზე, სადაც იდენტიფიცირდა 5 ყველაზე ფართოდ გამოყენებადი ტექნოლოგიის ტიპი, რომლის მახასიათებლებსაც დაეფუძნა კვლევის შემდგომი აქტივობები. **შემთხვევების შესწავლიდან** მიღებული მონაცემთა დამუშავება და ანალიზი განხორციელდა როგორც აღნიშნული ტექნოლოგიების, აგრეთვე ინდუსტრია 4.0 ერთ-ერთი მთავარი მიმართულებების: 5G და წარმოება როგორც სერვისი (MaaS) მიმართ იქნა გამოყენებული. განხილულია სხვადასხვა ჭრილში, მაგალითად კომპანიათა ერგონომიკული მდგომარეობა ტექნოლოგიის დანერგვამდე და მის შემდეგ, სტრატეგიები თანამშრომელთა საჭირო უნარებით დროულად და საფუძვლიანად აღჭურვის მიზნით თუ სხვა. სხვადასხვა რაოდენობრივ და თვისობრივ **მონაცემთა ანალიზის, შედარებითი და კორელაციური ანალიზების**, და მათი პირველად შედეგებთან სინთეზის შედეგად, ნაშრომის თეორიული ჩარჩოს ფარგლებში შემუშავდა მრავალგანზომილებიანი შეფასების კრიტერიუმის პირველადი სახე, თანმხლები ინდიკატორებით, მომზადდა ექსპერტული ინტერვიუ-გამოკითხვებისათვის. მოგვიანებით, კვლევის ამოცანა 1 დასრულების შემდგომ, მიღებული შედეგების **ანალიზისა და სინთეზის** საფუძველზე შესრულდა ამოცანა 2 - რეკომენდაციებისა და საუკეთესო პრაქტიკების შემუშავება საწარმოებისათვის. **ექსპერტთა ინტერვიუ-გამოკითხვები** ჩატარდა ორ აკადემიურ ექსპერტთან და ორ ინდუსტრიის წარმომადგენელთან როგორც საქართველოში, ისე დიდ ბრიტანეთში (ჯამში 8). ნახევრად-სტრუქტურირებული ინტერვიუების მიზანი იყო ექსპერტების შეფასების საფუძველზე კრიტერიუმის პირველადი ვერსიის დახვეწა.

შეფასების მრავალგანზომილებიანი კრიტერიუმი მოიცავს ძირითად მზომებს როგორებიცაა პროდუქტიულობა და ეფექტიანობა, და ამასთანავე ითვალისწინებს მის ზეგავლენას ადამიანურ ფაქტორებზე და ადამიანურ უნარებთან, ერგონომიკულ და ფსიქოლოგიურ ფაქტორებს, მის ადამიანის უნარებთან ურთიერთშეხების (კომპლემენტარულობის) ხარისხს. შემუშავდა შესაბამისი ფორმულა. კრიტერიუმი მოიცავს როგორც **რაოდენობრივ ფორმულებს** (ინდიკატორებს), აგრეთვე **თვისობრივი შეფასების ჩარჩოებს**, თითოეული კრიტერიუმისათვის, რათა უზრუნველყოს ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიის ინტეგრაციის მრავალგანზომილებიანი ხედვა პრაქტიკოსებისათვის.

ემპირიული ვალიდაცია ემპირიული ვალიდაცია განხორციელდა ჩარჩო კრიტერიუმის შექმნის შემდეგ:

- ✓ განხორციელდა ჩარჩოს მიხედვით ახალი ტექნოლოგიის ზეგავლენის ემპირიული ვალიდაცია **3 ქართულ კომპანიასა და 1 ბრიტანულ კომპანიაში**. გამოვლენილ იქნა ჩარჩოს ფუნქციონირების განვითარების შემდგომი მიმართულებები, შეფასდა თითოეული კრიტერიუმის რელევანტურობა და დადგინდა მათი შემდგომი დახვეწის მიმართულებები, გაანალიზებული და გათვალისწინებული იქნა მეწარმეთა უკუკავშირი ჩარჩოს შესახებ.
- ✓ ჩარჩოს შესახებ განხორციელდა პრაქტიკოსთა **ანკეტური გამოკითხვა** (ჯამში 20 კომპანია, რომელსაც აქვს დანერგილი ან უახლოეს მომავალში აპირებს, რომ დანერგოს ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები დიდი ბრიტანეთი და საქართველო), რომლის მიზანი იყო მის რელევანტურობასთან და სიცხადესთან დაკავშირებით, გამოყენებული იყო **ლიკერტის შკალის** მეთოდი. კვლევის შედეგების შეჯამების შედეგად გამოვლინდა ტენდენციები თითოეული კრიტერიუმისადმი დამოკიდებულების, მათი სიცხადის და სამომავლო განვითარების შესახებ.

კვლევის ძირითადი შედეგები და შედეგების გამოყენების სფერო.

კვლევის ძირითადი შედეგებია:

1. **მრავალგანზომილებიანი შეფასების ჩარჩო კრიტერიუმი**, რომელიც სისტემური მიდგომის გამოყენებით (საწარმოს, როგორც ერთიანი სისტემის

პერსპექტივიდან) შეაფასებს ახალი ტექნოლოგიების ინტეგრაციის ზეგავლენას არა მხოლოდ პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის, არამედ სხვა დამატებითი ინდუსტრია 5.0 პრინციპების, როგორც პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციაზე ზეგავლენის მომხდენი ფაქტორის მიხედვითაც, როგორცაა ადამიანური უნარები. იგი რელევანტური იქნება ფართოდ გამოყენებადი სხვადასხვა ტიპის ტექნოლოგიებისათვის და საკუთარ თავში გააერთიანებს ისეთ ძირითად მზომებს როგორცაა პროდუქტიულობა და ეფექტიანობა, დამატებით კი ინდუსტრია 5.0-ის და ადამიანზე ორიენტირებულ მზომებს (კოგნიტური დატვირთვა და ა.შ.), როგორც პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციაზე ზეგავლენის მომხდენი არაპირდაპირ ფაქტორებს. აგრეთვე განხორციელდება შეფასების ჩარჩოს თითოეული კრიტერიუმისათვის რაოდენობრივი ინდიკატორების შემუშავება, რომელიც მიემართება ჩარჩოს თითოეულ კრიტერიუმს.

2. კვლევის ფარგლებში განხორციელებული აქტივობების შედეგად გამოვლენილი ძირითადი მიგნებებისა და კარგი პრაქტიკების საფუძველზე შემუშავებულია რეკომენდაციები საწარმოებისათვის, თანმხლები საუკეთესო პრაქტიკებით, რომლებიც აპირებენ დანერგონ ესა თუ ის ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული ტექნოლოგია საკუთარ ბიზნეს პროცესში.

შედეგების გამოყენების სფერო - ნაშრომის ფარგლებში შექმნილი მრავალგანზომილებიან შეფასების კრიტერიუმი პრაქტიკოსებს საშუალებას მისცემთ ერთიანად გაზომონ კონკრეტულ საწარმოში ახალი ტექნოლოგიების (ან მათი კომბინაციის) დანერგვის შემთხვევაში გაზრდილი პროდუქტიულობა და პარალელურად სხვა ადამიანური ფაქტორები, მაგალითად ახალი უნარებით აღჭურვისა და სამუშაო ადგილების ჩანაცვლებთან დაკავშირებული საჭირო რესურსები თუ სხვა. ჩარჩო ხელს შეუწყობს პრაქტიკოსებსა და გადაწყვეტილების მიმღებებს ნებისმიერ სექტორში შეიმუშაონ სტრატეგიები, რათა მინიმუმამდე დაიყვანონ ტექნოლოგიების ათვისების შედეგად გამოწვეული ადამიანური შრომის ჩანაცვლების შედეგად დაკარგული სამუშაო ადგილების რიცხვი, ამავე დროს კი მაქსიმალურად გაზარდონ ადამიანის უნარებსა და ტექნოლოგიებს

შორის ურთიერთშევისებისა (კომპლემენტარულობა) და სინერგიის ხარისხი, მაღალი პროდუქტიულობის მისაღწევად. მეცნიერული საზოგადოებისთვის ნაშრომი შესაძლებელია საფუძველი გახდეს შემდგომი განვითარებისა და კვლევებისათვის. როგორც აღინიშნა, ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრაციის შეფასების კვლევებში ნაკლებად არის გამოკვლეული ადამიანური ფაქტორები და ამ ტექნოლოგიათა და ადამიანურ უნარებს შორის ურთიერთშევისების (კომპლემენტარულობის) საკითხები. კვლევის შედეგების განვითარების ერთ-ერთ სამომავლო მიმართულებად იდენტიფიცირებულია შექმნილი მრავალგანზომილებიანი ჩარჩოს მომხმარებელზე ორიენტირებული (user-friendly) მოდელის განვითარება.

კვლევის შედეგების აპრობაცია. დისერტაციის თემაზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტის საწარმოო ინოვაციებისა და ოპერაციათა მენეჯმენტის დეპარტამენტში ჩატარდა პრეზენტაცია სამ კოლოქვიუმზე და წინასწარ დაცვაზე. ასევე, კვლევის შედეგები მოხსენებული იქნა 2 საერთაშორისო კონფერენციაზე.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 4 სტატია.

ცნობები დისერტაციის მოცულობისა და სტრუქტურის შესახებ.

დისერტაციის სრული მოცულობა შეადგენს 111 ნაბეჭდ გვერდს და მოიცავს: შესავალს, ლიტერატურის მიმოხილვას, ოთხ თავს, დასკვნას და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას. დისერტაციაში მოყვანილია 11 ნახაზი და 2 ცხრილი.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

შესავალში გადმოცემულია საკვლევი თემის აქტუალობა; აღწერილია კვლევის მიზანი და ამოცანები, კვლევის მეთოდები და მეთოდოლოგია, კვლევის საგანი, კვლევის ობიექტი, მეცნიერული სიახლე; ნაშრომის თეორიული და პრაქტიკული ღირებულება; ნაშრომის სტრუქტურა, კვლევის შედეგების აპრობაცია და პუბლიკაციები, ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა.

ლიტერატურის მიმოხილვაში დასმული და პასუხგაცემულია კითხვები იმის თაობაზე, თუ საიდან მომდინარეობს სადისერტაციო ნაშრომში დასმული პრობლემა, რა არის უკვე ცნობილი ამ პრობლემის შესახებ, რა ალტერნატიული მეთოდებია შემუშავებული დასმული პრობლემის გადასაჭრელად და რომელი მათგანია გამოყენებული წინამდებარე ნაშრომში. კვლევის განმავლობაში ჩატარებული ლიტერატურის მიმოხილვების შედეგად დოქტორანტის მიერ გამოვლენილი და შესწავლილი იქნა მიმდინარე კვლევები სხვადასხვა უახლესი ტექნოლოგიების ინტეგრაციის შესახებ ბიზნეს პროცესებში, მის პროდუქტიულობაზე ზეგავლენაზე, იდენტიფიცირებული და გაანალიზებულია არსებული ჩარჩოები ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიების ინტეგრაციის შესახებ სხვადასხვა ბიზნეს პროცესებში პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის კუთხით როგორებიცაა: მრავალგანზომილებიანი ინტეგრაცია; უსაფრთხოება, ეთიკა და ბლოკჩეინი; ადაპტაბელურობა და ადამიანზე ორიენტირებულობა; სამუშაო ძალის უნარები და პროცესების ოპტიმიზაცია ხელოვნური ინტელექტით (AI) გამდიდრებულ წარმოებაში; უსაფრთხოების საკითხები; მომავალი სამუშაო დინამიკა და კიბერ-ფიზიკური სისტემები.

პირველ თავში - „კვლევის თეორიული და მეთოდოლოგიური საფუძველი“ - მოცემულია და განხილულია ის კვლევის თეორიული და მეთოდოლოგიური საფუძველი, რომელიც საფუძვლად დაედო კვლევის შემდგომ აქტივობებს და გამოყენებული იქნა მის განხორციელებისას.

პირველ ქვეთავში - „პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის კვლევა მაღალტექნოლოგიურ ეპოქაში“ - დოქტორანტის მიერ სამეცნიერო კვლევებისა და პრაქტიკის შესახებ ინფორმაციის შეგროვებისა და ანალიზის შედეგად

იდენტიფიცირებული, აღწერილი და გაანალიზებულია თანამედროვე ტექნოლოგიების ინტეგრაციით გამოწვეული პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის შესწავლის თანამედროვე თეორიული საფუძვლები, თეორიები და ტენდენციები. დღევანდელ სწრაფად განვითარებად ეპოქაში ნებისმიერი პროფილის, საქმიანობის სფეროსა თუ ზომის კომპანია მუდმივად იღწვის საკუთარი საქმიანობისა და პროცესების გაუმჯობესებისათვის, ახალი მიზნების მიღწევის (ახალი ბაზრის ათვისება, ბაზრის წილის ზრდა და ა.შ.) თუ კონკურენტუნარიანობის შენარჩუნების მიზნით. ამ მიმართულებით კვლევები თუ პრაქტიკული მცდელობები ყველაზე ხშირად მიემართება *ეფექტიანობასა* და *პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციას*. აღნიშნული ტერმინები საწარმოო პროცესების კვლევისა და მათი გაუმჯობესების კვლევაში ერთ-ერთი ყველაზე ფართოდ გამოყენებული ტერმინებია, აქტივობათა მიზანიც ხშირად სწორედ ამ ორი მაჩვენებლის გაუმჯობესებისკენაა მიმართული.

ეფექტიანობა განსაზღვრავს არსებული რესურსების ოპტიმალურად გამოყენების ხარისხს სასურველი შედეგების მისაღწევად. ეფექტიანობის გამოთვლის სტანდარტული ფორმულა შემდეგნაირი სახისაა:

$$\text{ეფექტიანობა} = \frac{\text{წარმოების შედეგები}}{\text{დახარჯული რესურსები}} \times 100\%$$

მაგალითად, იმ შემთხვევებში როდესაც დროის ეფექტიანობაა ფოკუსი (ძირითადად საწარმოო თუ წარმოებასთან დაკავშირებულ სხვა სახის ბიზნეს პროცესებში), წარმოების ეფექტიანობის ფორმულაში გამოიყენება წინასწარ, სტანდარტულად განსაზღვრული დრო (როგორც benchmark) და რეალურად დახარჯული დრო კონკრეტული რაოდენობა შედეგების საწარმოებლად ან/და კონკრეტული ოპერაციის შესასრულებლად:

$$\text{ეფექტიანობა} = \frac{\text{სტანდარტულად განსაზღვრული დრო}}{\text{რეალურად დახარჯული დრო}} \times 100\%$$

პროდუქტიულობა განსაზღვრავს წარმოების შედეგების თანაფარდობას დახარჯული რესურსების მიმართ. ეფექტიანობისაგან განსხვავებით, პროდუქტიულობა მიმართულია მიღებულ წარმოების შედეგებზე დროის მოცემულ მონაკვეთში, არსებული რესურსების გამოყენებით პროდუქტიულობის ფორმულა შემდეგნაირია:

$$\text{პროდუქტიულობა} = \frac{\text{წარმოების შედეგები}}{\text{დახარჯული რესურსები}}$$

მაგალითად, თუ კომპანია 500 ერთეულის საწარმოებლად იყენებს 2 თანამშრომლის 100 საათიან შრომას, პროდუქტიულობა გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$\text{პროდუქტიულობა} = \frac{500 \text{ (ერთეული)}}{100 \text{ სთ} \times 2 \text{ (თანამშრომელი)}} = 2,5 \text{ ერთეული/სთ}$$

ოპტიმიზაცია წარმოადგენს “შესაძლებელი ვარიანტების სიმრავლისაგან ყველაზე ხელსაყრელის არჩევას” (სამოქალაქო განათლების ლექსიკონი). ოპერაციათა კვლევასა და ეკონომიკაში, ის მიემართება სხვადასხვა ვარიანტებიდან საუკეთესო ელემენტების ამორჩევას საწარმოო პროცესისათვის. პროდუქტიულობის ოპტიმიზაცია გულისხმობს გამომუშავებული პროდუქციის თანაფარდობის გაუმჯობესებას დანახარჯებთან მიმართებაში, რესურსების გამოყენების ეფექტურობის მაქსიმალურად გაზრდის მიზნით.

პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის გაზომვა - პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის სტრატეგიებისა და გატარებული კონკრეტული ზომების ზეგავლენა შეიძლება გაიზომოს შემდეგნაირად: *ოპტიმიზაციამდე* (წარმოების შედეგი: 400 ერთეული; დახარჯული დრო: 100 სამუშაო საათი; პროდუქტიულობა: 4 ერთეული/საათში) და *ოპტიმიზაციის შემდეგ* (წარმოების შედეგი: 600 ერთეული; დახარჯული დრო: 100 სამუშაო საათი; პროდუქტიულობა: 6 ერთეული/საათში). ამ მაგალითიდან გამომდინარე, პროდუქტიულობის გაუმჯობესება შეგვიძლია გამოვსახოთ შემდეგნაირად:

პროდუქტიულობის ზრდა

$$= \left(\frac{\text{ახალი პროდუქტიულობა} - \text{ძველი პროდუქტიულობა}}{\text{ძველი პროდუქტიულობა}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{6 - 4}{4} \right) \times 100\% = 50\%$$

მოცემული ფორმულა საშუალებას იძლევა ცხადად დაგვანახოს ჩვენს მიერ განხორციელებული ზომების პროცენტულობას, რაც ცალსახად იქნება ინდიკატორი იმისა, გაამართლა თუ არა ამა თუ იმ ინტერვენციამ.

მოძიებული სტატისტიკური და სხვა სახის მონაცემთა ანალიზისა და სინთეზის შედეგად გამოვლინდა ადამიანური უნარების მაღალი აქტუალურობა და

ზეგავლენა მთლიანად პროდუქტიულობაზე, ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიების ბოლოდროინდელი განვითარების და დღემდე არსებული ტექნოლოგიებისგან განსხვავებული მიდგომებისა და მოთხოვნილი უნარების საჭიროება. იდენტიფიცირდა და დამუშავდა ის სამეცნიერო მიდგომები, რომელიც პროდუქტიულობას ტრადიციულ ოპტიმიზაციისგან განსხვავებით, სხვა მზომებითაც ზომავს. პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციისაკენ მიმართული აქტივობების ძირითადი მიმართულებები თანამედროვე ეპოქაში ძირითადად დაკავშირებულია ტექნოლოგიურ ინოვაციებთან, იქნება ეს პროცესის რედიზაინი თუ ტექნოლოგიის პირდაპირი ინტეგრაცია. ბოლოდროინდელი კვლევები აჩვენებს, რომ ინვესტირებას ერგონომიულ გაუმჯობესებასა და თანამშრომლების კეთილდღეობის საკითხებში შეუძლია მნიშვნელოვანი დადებითი გავლენა მოახდინოს პროდუქტიულობის ზრდაზე (Robertson & Cooper, 2011). შესაბამისად პროდუქტიულობის თანამედროვე კვლევებში სულ უფრო მეტად ინტეგრირებული ხდება ადამიანური ფაქტორი.

მეორე ქვეთავში - „**კვლევის თეორიული და მეთოდოლოგიური ჩარჩო**“ - დოქტორანტის მიერ ჩამოყალიბებულია ის ძირითადი მეცნიერული მიდგომები, დისციპლინები და მეთოდოლოგიები, რომელსაც ეფუძნება დისერტაციის ფარგლებში განხორციელებული კვლევის აქტივობები და სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი შედეგი - შეფასების მრავალგანზომილებიანი კრიტერიუმი. აგრეთვე იდენტიფიცირებულია კვლევის მეთოდები, რომელიც სადისერტაციო კვლევის შემდგომი ეტაპებისთვის იქნა გამოყენებული. წინა თავებიდან მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, სადისერტაციო ნაშრომის ფარგლებში გათვალისწინებული კვლევითი აქტივობების განსახორციელებლად შემუშავდა თეორიული მეთოდოლოგია. გამოვლინდა ის თეორიული ჩარჩო, რომელსაც შესაძლებელია საფუძვლად დაედოს პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის მრავალგანზომილებიანი კვლევა, რომელიც პროდუქტიულობასთან ერთად სხვა ფაქტორებსაც გაითვალისწინებს ტექნოლოგიებს შეაფასებს კომპლექსურად. სწორედ ამ აღნიშნული საბაზისო თეორიული ჩარჩოს საფუძველზე განხორციელდა შემდგომი კვლევის აქტივობების დაგეგმვა, განხორციელდა

რაოდენობრივი და თვისობრივი მონაცემების, ქეისების შესწავლისა და ექსპერტთა კონსულტაციებიდან მიღებული შედეგების სინთეზი.

სისტემების ცნება ფართოდ გამოყენებული ტერმინია, რომელიც გამოყენებას ჰპოვებს კომპლექსური სისტემების შესწავლის საკითხში მეცნიერების სხვადასხვა დარგში, იგი გულისხმობს სისტემის, როგორც ელემენტთა სიმრავლის განმარტებას, რომელთა შორის არსებული კავშირები ქმნის ერთ მთლიანობას. მიუხედავად ფართო გამოყენებისა, დღესაც არ არსებობს მისი ერთმნიშვნელოვანი განმარტება. სისტემის არსებითი კომპონენტებია ა) ელემენტები ბ) ურთიერთობები ელემენტებს შორის და გ) მიზანი ანუ ფუნქცია; *სისტემების საერთო თეორია (ს.ს.თ)* მეცნიერების დარგია, რომელიც მიმართულია სხვადასხვა ტიპის სისტემების შესწავლის მეთოდოლოგიურ პრინციპების გაგებისაკენ. მისი ჩამოყალიბება განაპირობა იმ მეთოდოლოგიურმა გამოწვევებმა, რომელიც მეცნიერების სხვადასხვა დარგში გაჩნდა სისტემათა კომპლექსურობის ზრდის პროპორციულად (Von Bertalanffy, 1968). ს.ს.თ-ის ძირითადი თვისებები მოიცავს ზოგადმეცნიერული "სისტემის" ცნების გამოყენებას, მრავალ სპეციალიზებულ სისტემურ თეორიასთან (წრფივი პროგრამირება, იმიტაციური მოდელები, დინამიურობის თეორია და ა.შ.) ინტეგრაციას, და ფორმალური სისტემების კვლევისას შემუშავებულ ლოგიკურ-მათემატიკურ მეთოდებზე დაყრდნობას (გრაფების თეორია, სტატისტიკური გადაწყვეტა). ძირითადად იყენებს მოდელირებასა და ანალოგირებას (მაგ. ციფრული ტყუპები). წარმოდგენილი სადოქტორო ნაშრომი ეყრდნობა სისტემების საერთო თეორიასა და იყენებს *სისტემურ მიდგომას*, რომელიც ტრადიციული სამეცნიერო მეთოდისგან (ფიგურა ა) განსხვავებით გულისხმობს სისტემის ერთიანობაში წარმოდგენას და ჰოლისტიკური პერსპექტივიდან მისი ელემენტების შესწავლას (ფიგურა ბ) (ოდიშარია, ხოშტარია, & ებანოიძე, 2011).

ხელოვნური ინტელექტის (AI) ინტეგრაციის კონტექსტში სისტემების თეორია მიიჩნევს, რომ ტექნოლოგიათა ზეგავლენა საბოლოო პროდუქტიულობაზე შეგვიძლია გავიგოთ მხოლოდ მაშინ, თუ მას მთლიანი რთული მრავალ ქვესისტემიანი სისტემის კონტექსტში შევხედავთ. სისტემური მიდგომა შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას საწარმოო სისტემებში დინამიური

ურთიერთქმედების მოდელირებისთვის. რაც საშუალებას მოგვცემს ვიწინასწარმეტყველოთ, თუ რა გავლენას მოახდენს ამა თუ იმ კომპონენტისა თუ ქვესისტემის ცვლილება სხვებზე და მთლიანად სისტემაზე, ჰოლისტიკური პერსპექტივიდან. ფორმულაში შეგვიძლია გამოვსახოთ შემდეგნაირად:

$$\text{სისტემის ფუნქციონირება (SP)} = \beta_1 \times AI + \beta_2 \times I + \beta_3 \times C + \varepsilon$$

AI - ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრაციის შესაბამისი მზომი (ავტომატიზაციის დონე, პროდუქტიულობის გაუმჯობესება, ა.შ.); *I* - ურთიერთდამოკიდებულება სისტემის კომპონენტებს (ქვესისტემებს შორის); *C* - საწარმოო პროცესის კომპლექსურობა; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ კოეფიციენტი, რომელიც ამრავლებს თითოეული ფაქტორის ზეგავლენას; ε - შეცდომის ალბათობა, არამოდელირებული ზეგავლენის ფაქტორი.

ერგონომიკა სამეცნიერო დისციპლინაა, რომელიც კომპლექსურად შეისწავლის ადამიანს (ადამიანთა ჯგუფს), მისი (მათი) სამუშაო იარაღების (მათ შორის ფიზიკური და ციფრული გადაწყვეტების), შრომის პირობებისა და პროცესის ოპტიმიზაციის მიზნით (სამოქალაქო განათლების ლექსიკონი). კვლევის კონტექსტში *ერგონომიკა* ინტეგრირებულია სისტემურ მიდგომაში, გამოყენებულია ისეთი *ერგონომიკული* თეორიები როგორცაა *სოციო-ტექნიკური სისტემების* თეორია, რომლის თანახმედ კომპანიათა მიერ ორგანიზაციული სისტემის ოპტიმალურ გაუმჯობესებას მხოლოდ სოციალური და ტექნიკური ასპექტების კომპლექსური გათვალისწინებას შეგვიძლია მივაღწიოთ (Smith & Sainfort, 1989)

ორგანიზაციული ფსიქოლოგია ფსიქოლოგიის დარგია, რომელიც სწავლობს ორგანიზაციულ კონტექსტში ინდივიდისა და ინდივიდთა ჯგუფის/ჯგუფების ქცევას. კვლევის კონტექსტში ორგანიზაციული ფსიქოლოგია გამოყენებულ იქნა შეფასების კრიტერიუმის შემუშავებისას. 1990 წელს კარასეკისა და ტეორელის მიერ შემუშავებულ იქნა „*მოთხოვნა-კონტროლის მოდელი*“, რომელმაც საფუძველი დაუდო სამუშაო ადგილებზე მოთხოვნის, თანამშრომელთა კონტროლის და შესაბამის პროდუქტიულობის შორის ურთიერთკავშირსა თუ ურთიერთდამოკიდებულებას. მოდელის მიხედვით ადამიანთა დასაქმების როლების მაღალი ხარისხის კონტროლს შეუძლია მაღალი მოთხოვნისგან

წარმოშობილი უარყოფითი ეფექტების ელიმინაცია ან ზეგავლენის შემცირება, რაც საბოლოო ჯამში გაუმჯობესებულ პროდუქტიულობასა და შემცირებულ სტრესს განაპირობებს (Karasek & Theorell, 2017). მოთხოვნა-კონტროლის წიაღში აღმოცენებული სამუშაოს მოთხოვნა-რესურსის მოდელი (JD-R Model) სხვა წინათეორიული მოდელებისგან განსხვავდება პროგნოზირებადი ცვლადების მრავალფეროვნებით, რაც სხვადასხვა სამუშაოს პოზიციებზე განსაზოგადებლად უფრო რელევანტურ მონაცემებს იძლევა, შესაბამისად საშუალებას გვაძლევს სამუშაოს მოთხოვნა დავაბალანსოთ არსებულ რესურსებთან რათა გავაუმჯობესოთ სამუშაო გარემო, რომელიც პირდაპირ ზეგავლენას ახდენს პროდუქტიულობაზე

მეორე თავში - „ინდუსტრია 4.0-დან ინდუსტრია 5.0-მდე“ - განხილულია ინდუსტრია 5.0-ის, როგორც ინდუსტრია 4.0-ის წიაღში აღმოცენებული კონცეფციის არსი და მნიშვნელობა, მათ შორის ხაზგასმულია მისი მნიშვნელობა საქართველოს ევროინტეგრაციის ჭრილში. დოქტორანტის მიერ გაანალიზებულია ის საუკეთესო პრაქტიკები რომელიც ინდუსტრია 5.0 პრინციპებით ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების დანერგვის მიმართულებით მსოფლიოს ირგვლივ არსებობს, მიგნებები და შედეგები შემდგომ გათვალისწინებულია სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი შედეგის - შეფასების მრავალგანზომილებიანი კრიტერიუმის შემუშავებისას.

მეოთხე ინდუსტრიულმა რევოლუციამ, რომელიც ასევე ცნობილია როგორც ინდუსტრია 4.0 წარმოების სექტორში იქამდე არნახული შესაძლებლობები შექმნა. რაც ძირითადად განპირობებულია ისეთი ტექნოლოგიების ინტეგრაციით, როგორცაა ხელოვნური ინტელექტი, ნივთების ინტერნეტი (IoT) და დიდი მონაცემები (Vaidya, Ambad, & Bhosle, 2018), მათი ინტეგრაცია იძლევა ოპერაციების რეალურ დროში ოპტიმიზაციის საშუალებას, ამა თუ იმ პროცესების გაუმჯობესების საშუალებას, რაც თავის მხრივ განაპირობებს წარმოების მაღალ ეფექტიანობასა და პროდუქტიულობას. ინდუსტრია 5.0 წარმოადგენს მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის ერთგვარ ევოლუციას. ინდუსტრია 5.0-ის ძირითადი მახასიათებლებია ადამიანზე ორიენტირებულობა, მდგრადობა და გარემოზე ზიანის შემცირება, გამძლეობა და მოქნილობა სხვადასხვს

გსუთვალისწინებელი რისკებისა და გარემოებების მიმართ. აღნიშნული საკითხი აგრეთვე მნიშვნელოვანია ქვეყნის ევროინტეგრაციის ჭრილში. ევროკომისიის 2021 წლის პუბლიკაცია „ინდუსტრია 5.0“ -ის შესახებ, რომელიც აღწერს კონცეფციის პრინციპებს, სამომავლო კვლევისა და ინოვაციების მიმართულებების ჩამოყალიბებაში კი ამ პრინციპების მიმართვისკენ მოუწოდებს მკვლევარებს, მეწარმეებსა თუ ინოვატორებს ევროპის მასშტაბით (Directorate-General for Research and Innovation of European Commission, 2021). შესაბამისად, საქართველოში განხორციელებული მსგავსი ტიპის კვლევა გარკვეულწილად კონტრიბუციას შეიტანს საქართველოს ევროპულ კვლევით სივრცეში (ERA) ინტეგრირების კონტექსტში და აგრეთვე მონაწილე კომპანიებს ხელს შეუწყობს ადრეულ ეტაპზევე გაითვალისწინონ ინდუსტრიის აღნიშნული ახალი ტრენდი.

მესამე თავში - „უახლესი ტექნოლოგიების ბიზნეს ოპერაციებში დანერგვის მაგალითებისა და ტენდენციების კვლევა“ - განხილვის ობიექტია უახლესი ტექნოლოგიების ბიზნეს გარემოში გამოყენების მაგალითები. პირველ ორ ქვეთავებად - „3.1. 5G ტექნოლოგია ინდუსტრიაში“ და „3.2. წარმოება, როგორც სერვისი - უპირატესობები და გამოწვევები“ - მოცემულია ინდუსტრია 4.0-ის ყველაზე ფართოდ გავრცელებული დამახასიათებელი ტექნოლოგიური ტრენდის: 5G ტექნოლოგიისა და წარმოება როგორც სერვისის (MaaS) შემთხვევის შესწავლები (ე.წ. Case Study) და დოქტორანტის მიერ ჩატარებულია რაოდენობრივ მონაცემთა მოკვლევა და ანალიზი. მიღებული მონაცემები დამუშავებული და გაანალიზებულია კვლევის ინტერესის ჭრილში. განსაკუთრებული აქცენტი იყო იმაზე, რომ გაგვეანალიზებინა მათ ინტეგრაციასთან დაკავშირებული მიმდინარე ძირითადი საკითხები, ტენდენციები, გავლენა პროდუქტიულობაზე და ზოგადად ბიზნეს გარემოზე, მათი კავშირი და ურთიერთდამოკიდებულება სამუშაო ადგილებსა თუ ადამიანურ უნარებზე.

5G ტექნოლოგიების მიმართულებით შესწავლილია ა)სიმენსის; ბ) ჰუავეისა და გ)BMW-ს ქეისები. *Siemens AG* ერთ-ერთი მოწინავე ტექნოლოგიების მწარმოებელი კომპანიაა რომელიც საწარმოებს სთავაზობს მილიმეტრიანი ტალღისა (mmWave) და მცირე უჯრედების განლაგების ტექნოლოგიებს საკუთარ წარმოების ოპერაციებისთვის. ამ მიმართულებით განხილულია როგორც B2C, ისე

B2B ქეისები (მაგ. თანამშრომლობა Volkswagen Group-თან). გამოვლინდა, რომ დღესდღეობით აღნიშნული ტექნოლოგიური გადაწყვეტები სულ უფრო ფართოდ ხდება ხელოვნურ ინტელექტსა და მანქანურ სწავლებაზე დაფუძნებული, რომელიც გამოიყენება ფართო სპექტრში წარმოებიდან დაწყებული სამედიცინო დანიშნულებით დამთავრებული. *Huawei* აქტიურად ახორციელებს ავტონომიური საწარმოო ხაზების დანერგვას სხვა კომპანიებთან თანამშრომლობით, ნაშრომში განხილულია კომპანიის თანამშრომლობა „ჩინეთის ეროვნულ მძიმე სატვირთო ჯგუფთან“ (CNHTC), სატვირთო მანქანების მწარმოებელ ქარხანაში 5G-ზე დაფუძნებული ინტელექტუალური წარმოების (Intelligent Manufacturing) გადაწყვეტების დასანერგად (Ling, 2021). მონაცემები აჩვენებს, რომ შედეგად გაიზარდა საწარმოო ხაზის ეფექტიანობა და პროდუქტიულობის ხარისხი, შემცირდა შეფერხების დრო და შესაძლებელი გახდა პროგნოზირებადი ტექნიკური მომსახურება (Predictive Maintenance). გარდა ამისა, კომპანია აქტიურად არის ჩართული ინდუსტრია 4.0-ისა და ინდუსტრია 5.0-ის ტექნოლოგიების განვითარებასა და ინტეგრაციის პროექტებში. 2019 წელს *BMW*-მ დაიწყო თანამშრომლობა წამყვან კომპანიებთან როგორცაა *Deutsche Telekom*-თან, *Vodafone*-თან და *Nokia*-სთან, რათა გამოეცადათ 5G ტექნოლოგიის გამოყენება ავტომობილების მწარმოებელ ქარხანაში, საპილოტე პროექტები მიზნად ისახავდა 5G-ის გამოყენების შესწავლას საწარმოო ხაზში მანქანების, მოწყობილობებისა და სენსორების დასაკავშირებლად და რეალურ დროში მონაცემების შეგროვებასა და ანალიზისთვის. შედეგებმა აჩვენა, რომ ამ ტექნოლოგიების გამოყენებას შესწევ უნარი გააუმჯობესოს საწარმოო ხაზის ეფექტურობა, შეფერხების შეფერხების დრო და მთლიანად პროდუქტიულობის ზრდის პოტენციალი. კომპანია აქტიურად მუშაობს E-sim ტექნოლოგიების საკუთარ მანქანებში ინტეგრაციის მიმართულებით .

წარმოება როგორც სერვისი (MaaS) და მისი არსებული შესაძლებლობების გამოყენება განსაკუთრებით მცირე და საშუალო მეწარმეთათვის იძლევა რესურსების ეფექტური განაწილების საშუალებას, არასაჭირო ხარჯებისა და რისკების თავითან არიდებასთან ერთად. იგი საშუალებას აძლევს განსაკუთრებით მცირე და საშუალო საწარმოებს მიიღონ წვდომა უახლოეს ტექნოლოგიებზე, რაც

სხვა შემთხვევაში დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული. პრაქტიკისა და კვლევების ანალიზის შედეგად დოქტორანტის მიერ იდენტიფიცირდა არსებული ტენდენციები და გამოწვევები, საიდანაც გამორჩეული და დამატებით შესწავლილ იქნა ნაშრომის კვლევითი მიზნებისთვის რელევანტური საკითხები, კერძოდ: ა) *მონაცემთა უსაფრთხოება და ინტელექტუალური საკუთრება*; ბ) *ინტეგრაციისა და თავსებადობის საკითხები (სტანდარტიზაცია)*; გ) *საერთაშორისო მარეგულირებელი გარემო*; დ) *კულტურული ბარიერები* - ტრადიციული წარმოების მიდგომების ცვლილება მოითხოვს აზროვნების, ორგანიზაციული სტრუქტურებისა და სამუშაო პროცესების ცვლილებასაც; და ე) *კვალიფიციური მუშახელი*. ერთის მხრივ თანამშრომელთა გადამზადების კუთხით, მეორეს მხრივ - ეფექტიანობისა და საჭირო მუშახელის რაოდენობის შემცირების კუთხით, რაც განსაკუთრებით რელევანტურია ისეთ ქვეყნებში, რომლებიც განიცდიან შრომისა და კვალიფიკაციის დეფიციტს, მათ შორის საქართველო. თავში განხილულია წარმოება როგორც სერვისის (MaaS) პროვაიდერი კომპანიების შემთხვევები (ქეისები): *Techniplas Digital*, *3D Print Western* და *Argonaut*. შემთხვევათა შესწავლიდან მიღებული შედეგებისა და თვისობრივი დასკვნების, სხვადასხვა რაოდენობრივი მონაცემების დამუშავებისა და მათი სინთეზის შედეგად გამოვლენილია ის სამი ძირითადი მიმართულება, რომელიც MaaS-ის მომავალ განვითარების მიმართულებას განაპირობებს: ა) 3D ბეჭდვა ; ბ) ხელოვნური ინტელექტი და მანქანური სწავლება გ) ციფრული ტყუპები და IoT ქსელები. კვლევის შედეგად გამოვლინდა, რომ MaaS-ის სერვისების გამოყენებით, განსაკუთრებით მცირე და საშუალო კომპანიებს შეუძლიათ დაძლიონ შრომის დეფიციტი, ფოკუსირება მოახდინონ ძირითად კომპეტენციებზე, მაქსიმალურად გამოიყენონ შესაძლებლობები, მიიღონ მოწინავე ტექნოლოგიები და ხელი შეუწყონ გარემოს მდგრადობას. ორივე მოკვლევის შედეგად გამოვლენილ იქნა, რომ გაუმჯობესებული კომუნიკაცია და თანამშრომლობა მანქანებს შორის, გაზრდილი ავტომატიზაცია და შემცირებული დრო მხოლოდ ნაწილია იმ პოტენციური სიკეთეებისა, რისი პოტენციალიც ამ ტექნოლოგიების სამომავლო განვითარებას გააჩნია წარმოებისათვის. ორივე შემთხვევაში დადასტურდა ადამიანური უნარების მნიშვნელობა და მისი მზარდი ზეგავლენა

პროდუქტიულობაზე. აგრეთვე ორივე მიმართულებით ხელოვნური ინტელექტის ინოვაციები ერთ-ერთ ძირითად მიმართულებად გამოიკვეთა სამომავლო განვითარებისათვის. კვლევის შესახებ დეტალური ინფორმაცია და მისი შედეგები დოქტორანტის მიერ წარმოდგენილია კოლოქვიუმი 1 და კოლოქვიუმი 2-ის სახით.

მესამე ქვეთავში - „**პიონერული ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული ტექნოლოგიები სამეწარმეო გარემოში: ანალიტიკური მიმოხილვა**“ - რაოდენობრივ და თვისებრივ მონაცემთა დამუშავების და ანალიზის შედეგად აღწერილია საწარმოო ბიზნეს პროცესებში ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიების ათვისების დონე და ტენდენციები, სადაც იდენტიფიცირდა 5 ყველაზე ფართოდ გამოყენებადი ტექნოლოგიის ტიპი, რომელიც ყველაზე მეტად მოითხოვს ადამიანურ უნარების გამოყენებას ან/და სერიოზული ზეგავლენის მოხდენის წინაპირობა გააჩნია მათზე.

დოქტორანტის მიერ *ტექნოლოგიათა ათვისების შესახებ მოძიებული* რაოდენობრივი მონაცემების, არსებული კვლევებისა და ანგარიშების მოძიებისა და ანალიზის შედეგებმა კიდევ ერთხელ დაადასტურა ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიების ათვისების დონის მზარდი ტენდენცია კომპანიებში, განსაკუთრებით კი საწარმოებში და წარმოებასთან დაკავშირებულ პროცესებში. მაგალითად, McKinsey-ს ანგარიშის თანახმად, მსოფლიო მასშტაბით საწარმოო კომპანიების დაახლოებით 45%-ს AI ტექნოლოგიის სულ მცირე ერთი ტექნოლოგია მაინც აქვთ ინტეგრირებული, რაც მნიშვნელოვანი ზრდაა 2017 წელთან შედარებით, როდესაც ეს მაჩვენებელი 20%-ს შეადგენდა. მოცემულ თავში შესწავლილი, გაანალიზებული და მიმოხილულია სადოქტორო კვლევის ფარგლებში იდენტიფიცირებული ყველაზე მაღალი ათვისების მაჩვენებლის მქონე *ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიათა 5 ტიპი და მათი გამოყენების პრაქტიკული მიმართულებები*: 1) *მანქანური სწავლებისა და პროგნოზირებადი ანალიტიკის მოდელებს* შეუძლიათ გაანალიზონ სხვადასხვა სახის დიდი რაოდენობის მონაცემები და შესაძლებელი გახადონ პროგნოზირებადი ანალიტიკა, ხარისხის კონტროლი თუ მოთხოვნათა პროგნოზირება. 2) *კომპიუტერული ხედვა* გამოიყენება ხარისხის კონტროლის პროცესებში (მაგ.

საკონვეიერო ხაზების რეგულარული მონიტორინგი), ალგორითმები და განვითარებები ამ მიმართულებით ძირითადად ეფუძნება კონვულსიურ ნეირონულ ქსელებს (Convolutional neural network). 3) *რობოტიკისა და პროცესების რობოტული ავტომატიზაციის* განვითარებასა და დახვეწასთან ერთად, წარმოიშობა ახალი გამოწვევები ადამიანებთან მათი რუტინული ინტერაქციების მიმართულებით. 4) *ციფრული ტყუპები* ფიზიკური პროცესის, პროდუქტის ან სერვისის ვირტუალური რეპლიკაციაა, რომელიც კომპანიებს საშუალებას აძლევს, შეასრულონ საწარმოო პროცესის სიმულაცია, პროგნოზირება და ოპტიმიზაცია, რეალური დროის მონაცემების ინფორმაციის გამოყენებით, მათ შორის IoT სენსორებიდან მიღებული მონაცემების საფუძველზე, რათა ასახონ საწარმოო ხაზის რეალური დროის სტატუსი თუ სხვა, ხორციელდება პარამეტრის თუ მოთხოვნის ცვლილებათა სიმულაციები. ამ მიმართულებით მთავარ გამოწვევად იდენტიფიცირებულია მისი ხელმისაწვდომობის საკითხები, განსაკუთრებით მცირე და საშუალო კომპანიებისათვის. 5) *ბუნებრივი ენის დამუშავება. ბუნებრივი ენის დამუშავების (NLP) ტექნოლოგია* წარმოების სფეროში, ძირითადად, ადამიანებსა და მანქანებს შორის ურთიერთქმედების გაუმჯობესებისთვის გამოიყენება. უმეტეს შემთხვევაში ინტეგრირებულია კომპლექსურ საკონტროლო სისტემებში, სადაც სამუშაოს ეფექტური მართვისთვის გადამწყვეტია ხმოვანი ბრძანებები და უკუკავშირი რეალურ დროში, რაც ამცირებს რუტინული დავალებების დროს და განაპირობებს ეფექტიანობასა და პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციას. NLP-ს ერთ-ერთი საზოგადოებისთვის ფართოდ ცნობილი მიმართულება დიდი ენობრივი მოდელიებია (LLM) – ChatGPT; Gemini თუ Lllama, ის ვირტუალური ასისტენტები და ჩეთბოტები რომელიც არა მხოლოდ ბიზნეს საქმიანობაში, უკვე ნებისმიერი ადამიანის ყოველდღიურ ცხოვრებაშიც აქტიურად არის გამოყენებული.

გარდა მოცემული ტექნოლოგიების ანალიზისა, როგორც ზემოთ ვახსენეთ, სხვადასხვა თვისებრივი თუ რაოდენობრივი მონაცემების დამუშავების, კვლევის ინტერესისა და მეთოდოლოგიის კუთხით განხილულია თითოეული ამ ტექნოლოგიების გავლენა სამუშაო ძალაზე. *ანალიზისა და სინთეზის საფუძველზე, ბუნებრივი ენის დამუშავება (NLP) გამოიკვეთა მოთხოვნილი*

უნარების ცვლილების მხრივ ტექნოლოგიათა იმ მიმართულებად, რომელიც უახლოეს მომავალში ყველაზე დიდ ზეგავლენას მოახდენს დასაქმებულთა მოთხოვნილ უნარებზე და საჭიროებს ტრენინგების მიმართულებით მიმართვას. კვლევის შედეგად, რაოდენობრივი მონაცემების, კვლევის შედეგების სინთეზისა და სხვა მეთოდების გამოყენებით, კვლევის თეორიული და მეთოდოლოგიური ჩარჩოს მიხედვით შემუშავდა ჩარჩო კრიტერიუმის პირველადი ვერსია.

მეოთხე ქვეთავში - „ექსპერტთა ინტერვიუ-გამოკითხვები“ - განხილულია დოქტორანტის მიერ განხორციელებული ექსპერტთა ინტერვიუ-გამოკითხვების შესახებ ცნობები, მისი დიზაინი, შედეგები და შედეგების ანალიზი. ექსპერტთა ინტერვიუ-გამოკითხვები ჩატარდა ორ აკადემიურ ექსპერტთან და ორ ინდუსტრიის წარმომადგენელთან როგორც საქართველოში, ისე დიდ ბრიტანეთში (ჯამში 8 ინტერვიუ). ნახევრად-სტრუქტურირებული ინტერვიუების მიზანი იყო მიღებული მონაცემების საფუძველზე კრიტერიუმის პირველადი „დრაფტ“ ვერსიის დახვეწა და მისთვის პირველადი სახის მიცემა, განზომილებების გამორიცხვა და სავარაუდო მზომთა დაზუსტება, აგრეთვე, მოეხდინა იმ ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიების რელევანტურობისა და გამოყენებადობის ვალიდაცია, რომლებიც იდენტიფიცირებულია ლიტერატურულ მიმოხილვასა და ანალიზში. თითოეული ინტერვიუს ხანგრძლივობა შეადგენდა დაახლოებით 60 წუთს. საერთაშორისო მონაწილეების შემთხვევაში, ინტერვიუ ჩატარდა ონლაინ ვიდეო-კონფერენციის საშუალებების გამოყენებით. ექსპერტები შერჩეულ იქნა ხელოვნური ინტელექტის, რობოტიკისა და ბიზნეს სისტემების სფეროებში მათი აკადემიური და პრაქტიკული ცოდნის საფუძველზე. გამოყენებულ იქნა შესაბამისი, განსხვავებული კითხვები მკვლევართა და პრაქტიკოსების ინტერვიუების ინიცირებისათვის.

გარდა შეფასების კრიტერიუმის შემუშავების პროცესის ინფორმირებისა, ინტერვიუების დროს აგრეთვე განხორციელდა ექსპერტთა მოსაზრებების შეგროვება ადამიანური უნარების შესახებ მოსაზრებების, ჰიპოთეზების, შეხედულებებისა თეორიების ირგვლივ. დოქტორანტის შემდგომ განხორციელდა აღნიშნული მონაცემების გადამუშავება და ანალიზი, რაოდენობრივ მონაცემებთან სინთეზი, ძირითადი მიგნებები განათლების პროგრამების, უსაფრთხოების

ზომებისა თუ პროდუქტიულობის ზრდის მიმართულებით წარმოდგენილია დასკვნით ნაწილში.

კვლევის მეოთხე თავში - „კვლევის შედეგები“ - მოცემულია შუალედური და საბოლოო შედეგების შესახებ ინფორმაცია, ორ ქვეთავად, რომელთაგან თითოეული მიემართება დისერტაციის კვლევის ამოცანებსა და მოსალოდნელ საბოლოო შედეგებს: 1) შეფასების მრავალგანზომილებიანი კრიტერიუმს, მის ქვეკრიტერიუმებსა და ინდიკატორებს, და 2) რეკომენდაციებს საწარმოებისათვის. პირველი ქვეთავი - **„ყოვლისმომცველი შეფასების კრიტერიუმი“** - ეთმობა დოქტორანტის მიერ კვლევის ფარგლებში შემუშავებულ შეფასების კრიტერიუმს, წარმოდგენილია მისი საფუძვლები, განმარტებები, თვისობრივი ქვეკრიტერიუმები და რაოდენობრივი ინდიკატორები. შეფასების კრიტერიუმი მოიცავს ძირითად მზომებს როგორებიცაა პროდუქტიულობა და ეფექტიანობა, და ამასთანავე ითვალისწინებს მის ზეგავლენას ადამიანურ ფაქტორებზე და ადამიანურ უნარებთან, ერგონომიკულ და ფსიქოლოგიურ ფაქტორებს, მის ადამიანის უნარებთან ურთიერთშეხების (კომპლემენტარულობის) ხარისხს. კრიტერიუმი მოიცავს როგორც რაოდენობრივ ფორმულებს (ინდიკატორებს), აგრეთვე თვისობრივი შეფასების ჩარჩოებს, თითოეული კრიტერიუმისათვის, რათა უზრუნველყოს ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიის ინტეგრაციის მრავალგანზომილებიანი ხედვა პრაქტიკოსებისათვის.

წინა თავებში განხორციელებული კვლევითი აქტივობების შედეგებისა და მონაცემების დამუშავების, ანალიზისა და სინთეზის შედეგად შექმნილი მრავალგანზომილებიანი შეფასების კრიტერიუმის განზომილებები განისაზღვრა, თითოეულ განზომილებისთვის კი რეიტინგის მიმნიჭებელი სტანდარტული ფორმულა, რომელიც მოდიფირდება საჭიროებისამებრ. ჩარჩოს განზომილებები დადგინდა შემდეგნაირად: 1. ეფექტიანობა და პროდუქტიულობა; 2. ადაპტაბელურობა და მოქნილობა; 3. უნარების გაუმჯობესება და თანამშრომელთა ტრეინინგი; 4. კოლაბორაციული ეფექტიანობა და პროდუქტიულობა; 5. უსაფრთხოება და ერგონომიკა; 6. კოგნიტური დატვირთვის მენეჯმენტი; 7. ინოვაცია და შემოქმედებითობა; 8. ტექნოლოგიური და კულტურული ინტეგრაცია.

წონის მისანიჭებლად გამოყენებულია მულტი-კრიტერიუმის გადაწყვეტილებათა მიღების ანალიზი (Multi-Criteria Decision Analysis - MCDA). რაც გულისხმობს კომპანიის მიერ შერჩეული კრიტერიუმების შედარებას მის მოკლე და გრძელვადიან მიზნებთან. კერძოდ, იქმნება მატრიცა და მისი გამოყენებით თითოეული შერჩეული კრიტერიუმი იზომება სტრატეგიულ მიზნებთან შედარებით როგორცაა პროდუქტიულობა, უსაფრთხოება, ადაპტაბელურობა თუ სხვა. ანალიტიკური იერარქიის პროცესის (Analytic Hierarchy Process - AHP) ელემენტების გამოყენებით ხდება თითოეული კრიტერიუმისთვის ქულის, ნორმალიზაციის შედეგად კი წონის (ω_i) მინიჭება. ამასთან, ყოველთვის $\sum \omega_i = 1$. კერძოდ, თითოეულ კრიტერიუმს კომპანიის თითოეული მიზნის მიმართ ენიჭება თვისობრივი შეფასება და შესაბამისი რაოდენობრივი ღირებულება: მაღალი = 3, საშუალო = 2, დაბალი = 1, რომელთა შეჯამებითაც გამოითვლება ამ კრიტერიუმის ქულა (S_i). ნორმალიზების, კერძოდ კი თითოეული კრიტერიუმის ქულის ყველა კრიტერიუმის ქულების ჯამზე (T) გაყოფის გზით, ვიღებთ თითოეული ამ კრიტერიუმის შეწონილ ღირებულებას, რომელთა ჯამი 1-ს წარმოადგენს. ფორმულაში შემდეგნაირად შეგვიძლია ავსახოთ: $\omega_i = \frac{S_i}{T}$

თითოეული ტექნოლოგიის ინტეგრაციის გაზომვისას, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მინიმუმ სამი განზომილების კომბინაცია, აქედან თითოეული განზომილების შიგნით გამოვლენილ უნდა იქნას საჭიროებებზე მორგებული კონკრეტული კრიტერიუმ(ებ)ი, აგრეთვე დაუშვებელია გამოყენებული განზომილებების საერთო ჯამის 2/3-ზე მეტი რაოდენობით გამოყენებულ იქნას ერთი მათგანი. განზომილების კრიტერიუმთა გამოყენების შემდგომ, საბოლოო რეიტინგის ასახვა ხდება **ზოგადი ქმედუნარიანობის ქულაში (Overall Performance Score)**, რომელიც კრიტერიუმის ქულასა და მის წონასთან ერთად მხედველობაში იღებს დამატებით კორექტირების ფაქტორს (λ_i) მიმდინარე ბიზნეს პრიორიტეტების მიხედვით (მაგ. სეზონურობა, ტექნოლოგიის დანერგვის უშუალო მიზანი და ა.შ.). აგრეთვე უნდა აღინიშნოს, რომ ვალიდაციის პრაქტიკიდან გამოვლინდა, რომ თითოეული ბიზნეს პროცესის თავისებურებიდან გამომდინარე ხშირ შემთხვევაში რელევანტურია

დეფინირებულ 8 განზომილებისათვის არასტანდარტული ფორმულების გამოყენება, საჭიროების მიხედვით.

შემოთავაზებული ფორმულა გამოიყურება შემდეგნაირად:

$$OPS = \sum_{i=1}^n \left(\frac{R_i}{\sum_{j=1}^n R_j} \times 100 \times \omega_i \times \lambda_i \right)$$

R_i - კრიტერიუმის ნედლი ქულა

$\sum_{j=1}^n R_j$ - ყველა გამოყენებული კრიტერიუმის ნედლ ქულათა ჯამი

ω_i - თითოეული კრიტერიუმის წონა

λ_i - კორექტირების ფაქტორი

ყოველი შეფასების შედეგი ინახება საწარმოო თუ სხვა, კონკრეტული თუ მთლიანად პროცესის, როგორც ერთიანი სისტემის ბაზაში, რომელიც განახლებადია ყოველი ტექნოლოგიის ინტეგრაციის ან დეინტეგრაციის შემდგომ. ამ მიმართულებით მონაცემები შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ახალი სინერგიებისა თუ კორელაციების გამოსავლენად, აგრეთვე სხვა მიზნებისთვის. თავში აგრეთვე წარმოდგენილია კრიტერიუმის პირველადი ვალიდაციის და მოსაზრებათა კვლევის მიზნით განხორციელებული კვლევითი აქტივობების შესახებ ცნობები, რომელიც მოიცავდა:

- ✓ ჩარჩოს მიხედვით ახალი ტექნოლოგიის ზეგავლენის ემპირიულ ვალიდაციას 3 ქართულ კომპანიაში და 1 ბრიტანულ კომპანიაში. გამოვლენილ იქნა ჩარჩოს ფუნქციონირების განვითარების შემდგომი მიმართულებები, შეფასდა თითოეული კრიტერიუმის რელევანტურობა და დადგინდა მათი შემდგომი დახვეწის მიმართულებები, გაანალიზებული და გათვალისწინებული იქნა მეწარმეთა უკუკავშირი ჩარჩოს შესახებ.

კომპანია 1: კაპაროლ საქართველო

გამოყენებული ტექნოლოგია: კომპიუტერული ხედვა; მანქანური სწავლება; აუგმენტირებული რეალობა (AR);

ტექნოლოგიის ბრენდი: Caparol Spectrum

გამოყენებული კრიტერიუმთა განზომილება (წონა) (შეფასების ჩარჩოს მიხედვით)

- 1. ეფექტიანობა და პროდუქტიულობა;
- 4. კოლაბორაციული ეფექტიანობა და პროდუქტიულობა

- 8. ტექნოლოგიური და კულტურული ინტეგრაცია

OPSCaparol=35.0442

კომპანია 2: ქართული მინერალური მასალები

გამოყენებული ტექნოლოგია: ციფრული ტყუპები პროცესის სიმულაციისა და ოპტიმიზაციის მიზნით.

ტექნოლოგიის ბრენდი: IBM Watson Studio ბაზაზე შექმნილი აპლიკაცია

გამოყენებული კრიტერიუმთა განზომილება (წონა) (შეფასების ჩარჩოს მიხედვით)

- 1. ეფექტიანობა და პროდუქტიულობა;
- 1. ეფექტიანობა და პროდუქტიულობა;
- 2. ადაპტაბელობა და მოქნილობა

OPSGMM =34.543

კომპანია 3: „ჰეფე“ (დეკორატიული აგურის წარმოება და რეალიზაცია)

გამოყენებული ტექნოლოგია: რობოტიკა და AGV

ტექნოლოგიის ბრენდი: IBM Watson Studio ბაზაზე შექმნილი აპლიკაცია

გამოყენებული კრიტერიუმთა განზომილება (წონა) (შეფასების ჩარჩოს მიხედვით)

- 2. ადაპტაბელობა და მოქნილობა.
- 3. უნარების გაუმჯობესება და თანამშრომელთა ტრეინინგი
- 4. კოლაბორაციული ეფექტიანობა და პროდუქტიულობა

OPSHefe = 35.303

კომპანია 4: Lilaconnect (ჩემირი, დიდი ბრიტანეთი)

გამოყენებული ტექნოლოგია: ენის ბუნებრივი დამუშავება (NLP) მომხმარებელთა მომსახურების გაუმჯობესების მიზნით.

ტექნოლოგიის ბრენდი: Google Cloud Dialogflow ვირტუალური ასისტენტები

გამოყენებული კრიტერიუმთა განზომილება (წონა) (შეფასების ჩარჩოს მიხედვით)

- 3. უნარების გაუმჯობესება და თანამშრომელთა ტრეინინგი
- 6. კოგნიტური დატვირთვის მენეჯმენტი
- 8. ტექნოლოგიური და კულტურული ინტეგრაცია

OPSLilaconnect =35.445

- ✓ ჩარჩოს შესახებ განხორციელდა პრაქტიკოსთა ანკეტური გამოკითხვა (ჯამში 20 კომპანია, რომელსაც აქვს დანერგილი ან უახლოეს მომავალში აპირებს,

რომ დანერგოს ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები დიდი ბრიტანეთი და საქართველო), რომლის მიზანი იყო მის რელევანტურობასთან და სიცხადესთან დაკავშირებით, გამოყენებული იყო ლიკერტის შკალა. კვლევის შედეგების შეჯამების შედეგად გამოვლინდა ტენდენციები თითოეული კრიტერიუმისადმი დამოკიდებულების, მათი სიცხადის და სამომავლო განვითარების შესახებ, ნორმალიზების (გასაშუალოების) გზით თითოეულ განზომილებას მიენიჭა სიცხადის და რელევანტურობის რეიტინგები. გამოკითხვაში მონაწილეობის მისაღებად შერჩეულ იქნა 20 კომპანია საქართველოდან და დიდი ბრიტანეთიდან. კომპანიები წარმოადგენდნენ სხვადასხვა დარგის თუ სპეციალობის ბიზნეს სექტორის კომპანიებს, ამასთან თითოეულ მათგანს დანერგილი აქვს, ან უახლოეს მომავალში აპირებს ბიზნეს პროცესებში ხელოვნური ინტელექტის (AI) კონკრეტული ტექნოლოგიის(ების) დანერგვას. გამოკითხვის შედეგად შეფასდა კრიტერიუმთა ჩარჩოს თითოეული განზომილების სიცხადე და რელევანტურობა, აგრეთვე თვისობრივი შეხედულებები და მოსაზრებები. კვლევის შედეგები წარმოდგენილია აღნიშნულ თავში.

მეორე ქვეთავი - „**პრაქტიკული რეკომენდაციები საწარმოებისთვის**“ - ეთმობა დოქტორანტის მიერ სადისერტაციო კვლევისას მიღებული შედეგების ანალიზისა და სინთეზის საფუძველზე შედგენილ რეკომენდაციებს იმ საწარმოებისათვის, რომლებიც გეგმავენ დანერგვას ან ამჟამად ახორციელებენ ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ ტექნოლოგიებს საკუთარ ბიზნეს პროცესებში. თავში წარმოდგენილი და აღწერილია რეკომენდაციები, მიმოხილულია თითოეულის დანიშნულება, დეტალები, გამოყენების სფერო და სხვადასხვა კონტექსტი. შემუშავებული რეკომენდაციები სტრუქტურირებულია წინამდებარე ძირითად მიმართულებებად: 1) განხორციელების სტრატეგია; 2) რაოდენობრივი და თვისობრივი შეფასება და მონიტორინგი 3) მიზანმიმართული, რეგულარული ტრენინგი; 4) ინტერფეისის ოპტიმიზაცია; 5) კოგნიტური დატვირთვის გაზომვა და მართვა; 6) ინოვაციის კულტურის ხელშეწყობა; 7) უსაფრთხოების და ერგონომიკის საკითხები; 8) უკუკავშირის მექანიზმები. თითოეული თემატური

მიმართულება თავის თავში აერთიანებს 2-4 რეკომენდაციას. თავში აგრეთვე მოცემულია სადისერტაციო ნაშრომის ფარგლებში გამოვლენილი ხელოვნური ინტელექტის (AI) ტექნოლოგიების დანერგვის საუკეთესო პრაქტიკები და მათ შესახებ ინფორმაცია, რაც აგრეთვე ინფორმაციის ღირებულ წყაროს წარმოადგენს პრაქტიკოსებისთვისაც.

დასკვნა

წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომი და მისი შედეგები ხაზს უსვამს ხელოვნური ინტელექტის უდიდეს პოტენციალს წარმოებაში, მაგრამ ასევე კიდევ ერთხელ დადგინდა, რომ თანამედროვე ეპოქაში წარმატება სულ უფრო მეტად ემყარება ადამიანზე ორიენტირებულ მიდგომას. ადამიანისა და ხელოვნური ინტელექტის ურთიერთშევისების (კომპლემენტარულობა) გათვალისწინება, გზას ხსნის არა მხოლოდ გაზრდილი პროდუქტიულობის, არამედ ინტეგრირებული, ინოვაციური, უკეთესი და უსაფრთხო სამუშაო ადგილების შექმნისაკენ. AI ინტეგრაცია არ არის ერთჯერადი მოვლენა, არამედ ოპტიმიზაციისა და ადაპტაციის მიმდინარე დინამიური პროცესი.

კვლევის შედეგად შემუშავდა შეფასების ჩარჩო AI ტექნოლოგიების კომპლემენტარულობის შესაფასებლად ადამიანის უნარებთან მიმართებაში, რომელიც შემდგომი კვლევების საფუძველზე შესაძლებელია გახდეს კონკრეტული ტიპის ტექნოლოგიებისთვის განკუთვნილი ციფრული გადაწყვეტა, ამისთვის დაგეგმილია შემდგომი კვლევითი აქტივობები შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის და სხვა დაფინანსების საშუალებებით. ინდუსტრიის ექსპერტების მოსაზრებების ძირითადი თეზისია, რომ ხელოვნური ინტელექტის ინტეგრაცია არ არის ერთჯერადი მოვლენა, არამედ მუდმივი ოპტიმიზაციის და ადაპტაციის პროცესი. მკაცრი შეფასების, ღია უკუკავშირის არხებისადმი ვალდებულების აღებით და ინოვაციებით მართული კულტურისადმი მიდგომით, მწარმოებლებს შეუძლიათ ხელოვნური ინტელექტი

მოიხმარონ როგორც ძლიერი ხელსაწყო მუდმივი გაუმჯობესების ინსტრუმენტებში. პრაქტიკულ რეკომენდაციებში მოცემულია გზა AI-ს იმგვარი ინტეგრაციისკენ, სადაც მოხდება მისი სიკეთეების ამომწურავი მიღება, აგრეთვე დაეხმარება თანამშრომლებს რუტინული ამოცანების შესრულებაში ან სთავაზობს გაუმჯობესებას. თანამშრომელთა გადამზადების გამოწვევა და შესაბამისი ტრენინგ და სასწავლო პროგრამები რჩება ერთ-ერთ მთავარ საზრუნავად ნებისმიერი ზომის და პროფილი კომპანიებისათვის.

გამოქვეყნებული ნაშრომების სია:

1. ქემოკლიძე ლ. პროდუქტიულობის ოპტიმიზაციის კვლევა ხელოვნური ინტელექტის ეპოქაში. „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, 2024, №1(37), გვ. 55-58
2. Kemoklidze L., Zumburidze O., Rigby C., Gitolendia B. Comprehensive Literature Review on Existing Frameworks of Complementarity Between Human Skills and AI Technologies in Manufacturing Industry. „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“, 2024, №1(59), გვ. 84-92
https://gtu.ge/Library/Pdf/El_jurnalebi/1-59.pdf
3. Gelashvili O., Gitolendia B., Kemoklidze L. Impact of Online Sales Cargo Flows on the Logistic Complex of Georgia's Transport-Transit Corridor: Brief Analysis and Recommendations. Proceedings of the International Conference - „Technical Innovations 2023: Towards Europe’s Green Course“, - Vilnius College of Technologies and Design, Vilnius, Lithuania, 2023, pp. 36 - 39.
https://vtdko.lt/wp-content/uploads/Technologijos_ir_menas_2023_14.pdf
4. Kurdadze M., Kemoklidze L. Rational Approach to System Analysis Research, Taking into Account the Objectives of Effective Functioning of Project Implementation. „A SERIES OF MONOGRAPHS “ECOLOGY OF THE ENVIRONMENT“, „EUROPEAN INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING“, 2022, Vol.II, სტუ, pp. 744-753.
<https://drive.google.com/file/d/1HUU9qo7OdoHqdcmlCvcnk35dB-g9i1iu/view>

Abstract

The rapid advancement of artificial intelligence (AI) technologies has ushered in a new era of productivity optimization, transcending traditional metrics to incorporate

essential human factors. The dissertation focuses on the growing need for companies to apply high-tech solutions to optimize productivity, maintain competitiveness, and improve business processes. In recent years, significant advancements in Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), and the Internet of Things (IoT) have opened new horizons for productivity optimization. Technologies such as Large Language Models (LLM), Digital Twins, and Neural Networks have revolutionized various industries. However, these advancements also pose new challenges that require innovative approaches, research, and analysis. One critical aspect is the impact of these technologies on the workforce, including their skills and employability. The concept of Industry 5.0, which emphasizes human-centered and sustainable production systems, is increasingly relevant. This framework integrates elements from general systems theory, ergonomics, and organizational psychology to provide a comprehensive assessment tool that measures not just technological efficiency but also the impact on workforce dynamics and safety. The theoretical foundation is built upon the premise that modern productivity tools can significantly benefit from a systemic approach that considers the entire ecosystem of a workplace, including human skill sets and ergonomic factors. By applying this holistic model, the dissertation evaluates various AI technologies such as machine learning, computer vision, and natural language processing within different organizational contexts. Each technology is scrutinized for its ability to enhance productivity, adapt to diverse operational needs, and facilitate worker skill enhancement and job satisfaction. The research methodology is based on the general systems theory and a systematic approach, incorporating elements of organizational psychology and ergonomics. The study involves a thorough review of existing frameworks and technologies, case studies on early-stage AI integration, and the development of a multidimensional evaluation criteria framework for AI technologies. The framework was validated through expert interviews, application in companies, and surveys of business representatives about the framework. Large Language Models like ChatGPT, ClaudeAI and Google Gemini have been actively used throughout the research in terms of data analysis, trend and insight identification, etc. Scientific novelty lies in the development of a new evaluation criteria framework that systematically assesses the complementarity between AI technologies and human skills. Unlike existing models, this framework combines systems theory, ergonomics, and organizational psychology to provide a comprehensive evaluation. The criteria include productivity increase, safety improvements, collaborative effectiveness, and adaptability, among others. Each criterion is measured using specific formulas, and the overall performance is calculated using a weighted score formula, Overall System Performance (OPS), which considers the importance, performance score, and adjustment factor for each criterion. This research not only fills a critical gap in understanding the symbiotic relationship between humans and AI in the workplace but also offers practical guidelines for businesses aiming to implement AI solutions responsibly. The proposed evaluation framework serves as a strategic tool for decision-makers, enabling them to assess potential AI deployments holistically and align them with broader organizational goals focused on innovation, safety, and human-centric design. In addition, based on the analysis and synthesis of research findings and results, practical recommendations for enterprises have been developed, the consideration of which will help practitioners to implement AI technologies painlessly and effectively.

