

UDC 005.7

SCOPUS CODE 1405

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2023-4-66-77>

ინდუსტრია 4.0 - ის გავლენა ლოკალური მიწოდების ჯაჭვების ორგანიზებაზე

არჩილ სამადაშვილი	საწარმოო ინოვაციებისა და ოპერაციათა მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: a.samadashvili@gtu.ge
ნინო ქვარაია	საწარმოო ინოვაციებისა და ოპერაციათა მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: n.kvaraia@gmail.com

რეცენზენტები:

მ. მაღრაძე, სტუ-ის ენერჯეტიკის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: mmanana0109@gmail.com

თ. ყანდაშვილი, სტუ-ის ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: t.kandashvili@gtu.com

ანოტაცია. კოვიდპანდემიის პერიოდში სერიოზული პრობლემები შეექმნა ინდუსტრიას, მიწოდების ჯაჭვების მართვაში წარმოქმნილი რისკების გამო. ამან დღის წესრიგში დააყენა მიწოდების ჯაჭვების (Supply Chains, SCs) და ინდუსტრიული წარმოების ლოკალიზაციის საჭიროება. ჩვენს ქვეყნის გეოპოლიტიკური მდებარეობა და ეკონომიკური განვითარების დონე, საკმარის შესაძლებლობებს ვთავაზობს ევროპაზე ორიენტირებული ლოკალური მიწოდების ჯაჭვის ჰაბის ორგანიზებისთვის საქართველოში, რაც სრულიად ახალ პერსპექტივებს სახავს როგორც ქვეყნის ეკონომიკური განვი-

თარებისათვის, ისე კარგ საფუძველს ქმნის ქვეყნის პოლიტიკური უსაფრთხოებისა და სტაბილურობის თვალსაზრისით.

აღნიშნული იდეის ეფექტიანი განხორციელება მოითხოვს შესაბამისი ინფრასტრუქტურისა და საწარმოების ბიზნესმოდელების გარდაქმნას, რის საშუალებასაც იძლევა მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის, ანუ როგორც მას უწოდებენ „ინდუსტრია 4.0-ის“ სამეწარმეო და ტექნოლოგიური შესაძლებლობების გონივრული გამოყენება.

საკვანძო სიტყვები: ბიზნესმოდელები; ინდუსტრია 4.0; კომპანია; კრიზისი; მიწოდების ჯაჭ-

ვები; მომხმარებელი; პანდემია; ღირებულების შექმნა; „ჰკვიანი“ ქარხნები; ხელოვნური ინტელექტი.

შესავალი

კოვიდპანდემიამ დღის წესრიგში დააყენა მიწოდების ჯაჭვების (Supply Chains, SCs) და ინდუსტრიული წარმოების ლოკალიზაციის საჭიროება. საქართველოს გეოგრაფიული მდებარეობა და ეკონომიკური განვითარების დონე, საკმარის პირობებს გვიქმნის ამ ვითარებით შექმნილი შესაძლებლობის გამოსაყენებლად ქვეყნის საკეთილდღეოდ.

აღნიშნული განსაკუთრებით ეფექტურად შეიძლება განხორციელდეს, თუ ლოკალური მიწოდების ჯაჭვების ჰაბის შექმნისას ცენტრით საქართველოში და მათთან დაკავშირებული საწარმოების ბიზნეს-მოდელის გარდაქმნისას ჯეროვნად გამოვიყენებთ მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის ან როგორც მას ხშირად უწოდებენ „ინდუსტრია 4.0-ის“ სამეწარმეო და ტექნოლოგიურ შესაძლებლობებს. მათი პოტენციალი ასახავს იმ სწრაფ ცვლილებებს მრეწველობასა და საზოგადოების ქცევის სტანდარტებსა და სამუშაო პროცესებში, რომელთა საფუძველშია ქვეყნების ეკონომიკათა ურთიერთშეკავშირებისა და "ჰკვიანი" ავტომატიზაციის მასშტაბების უპრეცედენტო ზრდა, რაც 21-ე საუკუნის "სამარკო ნიშნად" გვევლინება [1].

საქართველოს, როგორც მსოფლიოში ღირსეული საკუთარი ადგილის მაძიებელი ქვეყნის, განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს ის გარემოება, რომ მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუცია მასტიმულირებელი ხდება ეკონომიკის რეალური სექტორების ლოკალიზაციისთვის. მისი პოზიციონირება

როგორც ასპარეზისა, რობოტიზაციის და ციფრული კონტროლის ტექნოლოგიების მასობრივი და შეუზღუდავი დანერგვისთვის, ადგილობრივ ბიზნესს აძლევს შანსს მონაწილეობა მიიღოს ე.წ. განაწილებულ გლობალურ წარმოებაში. საკუთარი ტექნოლოგიების მეშვეობით იგი სთავაზობს მათ უნივერსალურ წვდომას წარმოების კასკადური მასშტაბირებისთვის ბაზრების ზომებისა და დინამიკის მიხედვით.

არა მარტო მიწოდების ჯაჭვებში, არამედ პრაქტიკულად ყველა სამრეწველო დარგში, "ინდუსტრია 4.0-ის" შესაძლებლობებისა და ინსტრუმენტების სისტემური გამოყენება, ღირებულების მატების ახლებურად ორგანიზების საფუძველი ხდება. XX ს-ის 80-იანი წლების მმართველობითი ინიციატივების (Toyota Production System და ა.შ.) დანერგვისგან მიღებულმა კუმულაციურმა ეფექტმა ვერ მიაღწია იმ მასშტაბებს, რომელსაც იმსახურებდა. მიზეზი იმ პერიოდში სათანადო ტექნოლოგიური შესაძლებლობების არარსებობას უკავშირდება. „ინდუსტრია 4.0-მა“ კი შექმნა ტექნოლოგიური და ორგანიზაციული საფუძველი საინვესტიციო შესაძლებლობების გლობალური გადანაწილებისთვის, ურთიერთკონკურენტული ახალი ბიზნესმოდელის განვითარებისა და მათ სამართავად კომფორტული მენეჯერული სისტემების დამკვიდრებისთვის.

ძირითადი ნაწილი

2020 წელს მთელმა მსოფლიომ გააცნობიერა მიწოდების ჯაჭვების სტაბილურობის გადაწყვეტი მნიშვნელობა თანამედროვე ბიზნესისთვის. როდესაც მარაგები აღარ ივსებოდა, მწარმოებლები ვეღარ

პოულობდნენ მათთვის საჭირო მასალებს და კომპლექტაციას, კომპანიებიც და მომხმარებლებიც დარწმუნდნენ, თუ რაოდენ არსებითია მათთვის მიწოდების ჯაჭვების მდგრადობა და მასშტაბურობა. დღეს, ცდილობენ რა გარდაქმნან მიწოდების ქსელები რათა უზრუნველყონ საკუთარი ბიზნესის უსაფრთხოება მომავალ კრიზისებში, ბიზნესების უმრავლესობა ორ მთავარ შესაძლებლობას განიხილავს: გლობალური ჯაჭვებიდან გადასვლას ლოკალურ «მოკლე» ჯაჭვებზე და მის აგებას ახალი ტექნოლოგიური შესაძლებლობების სისტემური და სისტემატური გამოყენების საფუძველზე. კომპანიებს და მათი თანამონაწილეობით ორგანიზებულ მიწოდების ჯაჭვების მართვას (Supply Chains Management, SCM), რომლებიც ამისთვის ხელოვნურ ინტელექტს, მანქანურ სწავლებას, დიდ მონაცემთა მაპროგნოზირებელ ანალიტიკას იყენებენ, შეუძლიათ გონივრული გადაწყვეტილებების სწრაფად და ადეკვატურად მიღება გაუთვალისწინებელ გარემოებებზე რეაგირებისთვის და საკუთარი მდგრადობის შესანარჩუნებლად ცვალებად პირობებში.

მარტივად, მიწოდების ჯაჭვის მართვა ყველაფერი იმის უზრუნველყოფას მოიაზრებს, რაც ბიზნესის კულისებს მიღმა ხდება, რათა მომხმარებელს მიეწოდოს მისთვის მისაღები პროდუქტი. ესაა, შენაძენები, შეკვეთები, წარმოება, გადაზიდვები, მარაგების შექმნა და სხვ. პროცესი იწყება ბაზრისთვის „მიყურადებით“ იმის გასარკვევად, თუ რა სურს მომხმარებელს, სად, როდის და რამდენად. შემდეგ იგი თანამიმდევრულად გადის ყველა ეტაპს, პროდუქტის შექმნა-განვითარებიდან დაწყებული, წარმოებით და მიწოდებით დამთავრებული. იმისთვის, რომ ეს საკმარისად კომპლექსური საქმე მაქ-

სიმალურად ეფექტიანად სრულდებოდეს, ჯაჭვში ჩართული თითოეული კომპანია-პარტნიორი, ანუ „რგოლი“, სრულად უნდა ინტეგრირდეს მასში საკუთარი ბიზნესმოდელით და სხვებთან მაკოორდინირებელი კავშირების მოქნილი სისტემით.

ბოლო ათწლეულებში შექმნილი გლობალური მიწოდების ჯაჭვები, შესაძლებლობას აძლევს მეწარმეებს უკეთ ისარგებლონ შრომის დაბალი ანაზღაურებით და იაფი ნედლეულით ზოგიერთ ქვეყნებში. მაგრამ მათში მიმდინარე ცვლილებებმა: მოსახლეობის ცხოვრების დონის ზრდამ, სავაჭრო და სატარიფო მოთხოვნების არამდგრადობამ, პოლიტიკური მომავლის გაურკვევლობამ და ა.შ., თანდათანობით გაანეიტრალა გლობალური ქსელების უპირატესობები. განსაკუთრებული დარტყმა მათ პანდემიური კრიზისით გამოწვეულმა პრობლემებმა მიაყენა, რომელთა გამო გლობალური ქსელები არათუ ხელშემწყობი, დამამუხრეჭებელიც კი გახდა ბიზნესისთვის.

მრავალი ექსპერტის აზრით (მანდოლა ს., პეტრუხელი ა., ურბინატი ე., ფერნანდეს-ქარამეს თ., ბლანკო-ნოვოა., ფრაგა-ლამას პ., ქვარაია ნ. და სხვ.) გამოსავალი მოქნილი და სწრაფმოქმედი ლოკალური მიწოდების ჯაჭვების ორგანიზებაშია. დღეს ამისთვის სრულიად უპრეცედენტო ახალ შესაძლებლობებს გვთავაზობენ თანამედროვე ტექნოლოგიები, განსაკუთრებით კი მე-4 ინდუსტრიული რევოლუციის ტექნოლოგიური კომპლექსები. მათი გამოყენებით აგებული მიწოდების ლოკალური ქსელები, საკუთარი ეკონომიურობით, პროცესების საიმედოობითა და ხარისხიანობით, მდგრადობითა და მომხმარებელზე სრული ორიენტირებით, უკვე წამოეწია, ზოგჯერ კი გაუსწრო კიდევ გლობალურ

მიწოდების ჯაჭვებს [2]. ხელოვნური ინტელექტის¹ (Artificial intelligence, AI) და ნივთების ინტერნეტის² (Internet of Things, IoT) შესაძლებლობების გამოყენებით შექმნილ მათი მართვის სისტემებს, შეუძლია ადრე წარმოუდგენელი რაოდენობის ე.წ. «დიდი მონაცემების»³ (Big Data, BD) შეგროვება და ანალიზი, პროცესების ოპტიმიზაციის და ავტომატიზაციის მიზნით. სამგანზომილებიანი ობიექტების «ბეჭდვის» (3D printing, 3D) გამოყენებას ლოკალური მიწოდების ჯაჭვების საწარმოო რგოლების მიერ, შეუძლია აღმოფხვრას როგორც პროდუქტის დეფიციტი, ისე მისი გადაჭარბებული დაგროვება. ბლოკჩეინის ტექნოლოგიით სარგებლობა მიწოდების ჯაჭვის ტრანზაქციების დასაფიქსირებლად, ერთი მხრივ სრულად იცავს ოპერატიული ინფორმაციის კონფიდენციალურობას და ხელშეუხებლობას, მეორე მხრივ კი უზრუნველყოფს მათ გამჭვირვალობას კვალიფიცირებული მომხმარებლებისთვის.

მრავალი ათწლეულის განმავლობაში მომხმარებელთა ჩართვა მიწოდების ჯაჭვში მხოლოდ მის დამარულელებელ, შეძენის ეტაპზე ხდებოდა შესაძლებელი. დღეს კი, ინტელექტუალური აღჭურვილობისა და მანქანების გამოყენებით, ეს შესაძლებელია ღირებულების შექმნის ნებისმიერ ფაზაში. აღნიშნული ეფექტურად უზრუნველყოფს ბიზნესის ე.წ. მასკასტომიზაციას (Mass Customization, MC) - პროდუქტის პერსონალური დაკვეთების საფუძველზე ერთეულოვანი ან მცირე რაოდენობით წარმოებას ფასად, რომელიც თითქმის უტოლდება მასობრივი

მომხმარებლის პროდუქტის მსხვილი სერიული წარმოების ფასს. მიწოდების ჯაჭვების გამჭვირვალობა და მდგრადობაც, უზრუნველყოფილი შესაბამისი ტექნოლოგიებით, მეტად მიმზიდველია თანამედროვე მყიდველისთვის, ვინაიდან ბადებს მასში შეძენაზე სრული კონტროლის შეგრძნებას - როგორც და სად ყიდულობს, შესყიდვის რა ვარიანტებია მისთვის ხელმისაწვდომი და ა.შ.

დასასრულ, მიწოდების ჯაჭვებში ახალი ტექნოლოგიების გამოყენების მიმზიდველობის განხილვისას არ შეიძლება მხედველობიდან გამოგვრჩეს მათი მეშვეობით საწარმოო აქტივების მენეჯმენტის (Enterprise Asset Management, EAM) გამჭოლი პროცესის ორგანიზების შესაძლებლობა [3]. მისი არსია ჯაჭვის მონაწილეების საწარმოო ფიზიკური აქტივების, ქარხნული რობოტებისა და სატრანსპორტო საშუალებების ჩათვლით, მომსახურების ერთიანი უწყვეტი პროცესის ორგანიზება და მართვა, განხორციელებული მიწოდების ჯაჭვის სრულ სიგრძეზე. დღეს ე.წ. „ჭკვიანი“ სენსორების, „მანქანამანქანასთან“ კავშირებისა და „ციფრული ტყუპების“ გამოყენებამ, მკვეთრად გააუმჯობესა ამ პროცესის ეფექტიანობა, მანქანების უსაფრთხო მუშაობისა და პროფილაქტიკური მოვლის სანდობა. ზოგიერთ შემთხვევაში ამ აქტივებს საკუთარი შეკეთების საჭიროების დამოუკიდებელი განსაზღვრაც კი შეუძლია ან ავარიის წინასწარმეტყველება, შესაბამისი სარემონტო სამუშაოების დაგეგმარებით და წარმოებით.

¹ კომპიუტერული მეცნიერების დარგი, რომელიც მიზნად ისახავს ადამიანის ინტელექტის გაცნობიერების უნარის მქონე კომპიუტერული მანქანის/პროგრამის შექმნას

² მონაცემთა გადაცემის კონცეფცია ფიზიკურ ობიექტებს („ნივთებს“) ან ობიექტთა ჯგუფებს შორის

³ იგულისხმება დიდი რაოდენობის რთულად სტრუქტურირებული მონაცემები, რომელთა დამუშავება სპეციალური პროგრამების გარეშე შეუძლებელია.

ერთი სიტყვით, მე-4 ინდუსტრიული რევოლუციის შესაძლებლობების გამოყენება „ჰკვიანად“ აქცევს ლოკალური მიწოდების ჯაჭვების ყველა აქტორის: წარმოებების, სასაწყობო, ლოჯისტიკური და სატრანსპორტო სერვისების და ა.შ., ინდივიდუალურ და კოლექტიურ მოქმედებებს. ამასთანავე, იგი სათანადოდ აყალიბებს მათ შიგა სისტემებსაც, რითაც უზრუნველყოფს ამ კომპანიათა მუშაობის კონტროლის უპრეცედენტოდ მაღალ დონეს. შესაბამისი ტექნოლოგიების მეშვეობით, ისინი ახერხებენ მონაცემების გაცილებით მეტი რაოდენობის სწრაფ დამუშავებას, ვიდრე ეს ტრადიციულად ითვლებოდა შესაძლებელია. ამით მკვეთრად ძლიერდება და უფრო ეფექტიანი ხდება ინფორმაციული კავშირები მანქანებს შორის, მომხმარებლებსა და გადაწყვეტილებების მიმღებებს შორის, ნახტომისებურად მატულობს ინფორმაციის გაცვლის მოხერხებულობაც.

პირველ სურ-ზე ნაჩვენებია, თუ რა ფაქტორები განაპირობებს ყველა ზემოაღნიშნულს. ესაა ჩაღრმავებული სამეწარმეო ანალიზის ჩატარების შესაძლებლობა, პრაქტიკულად შეუზღუდავი პირობების შექმნა წარმოების მონიტორინგისთვის, ნებისმიერი კონფიგურაციის კომუნიკაციის უზრუნველყოფა როგორც პერსონალს, ისე მანქანებს შორის „ღრუბლოვანი“ ტექნოლოგიების გამოყენებით და ა.შ.

კონცეპტუალური ხედვები, რომლებიც „ინდუსტრია 4.0-ის“ ამ საწარმოო და მმართველობითი ელემენტებისა და სისტემების ოთხ შინაარსობრივ კატეგორიად დაყოფას ითვალისწინებს, შემდეგია:

1. *ურთიერთკავშირი* - მანქანების, მოწყობილობების, სენსორებისა და ადამიანების უნარი და შესაძლებლობა დაუკავშირდნენ ერთმანეთს ნივთების ან ადამიანების ინტერნეტის მეშვეობით;

საორგანიზაციო პრინციპი: წარმოება მკაფიოდ იდენტიფიცირებადი და „ინტელექტუალური“ კომუნიკაციის შესაძლებლობების მქონე ფიზიკური ობიექტების მეშვეობით

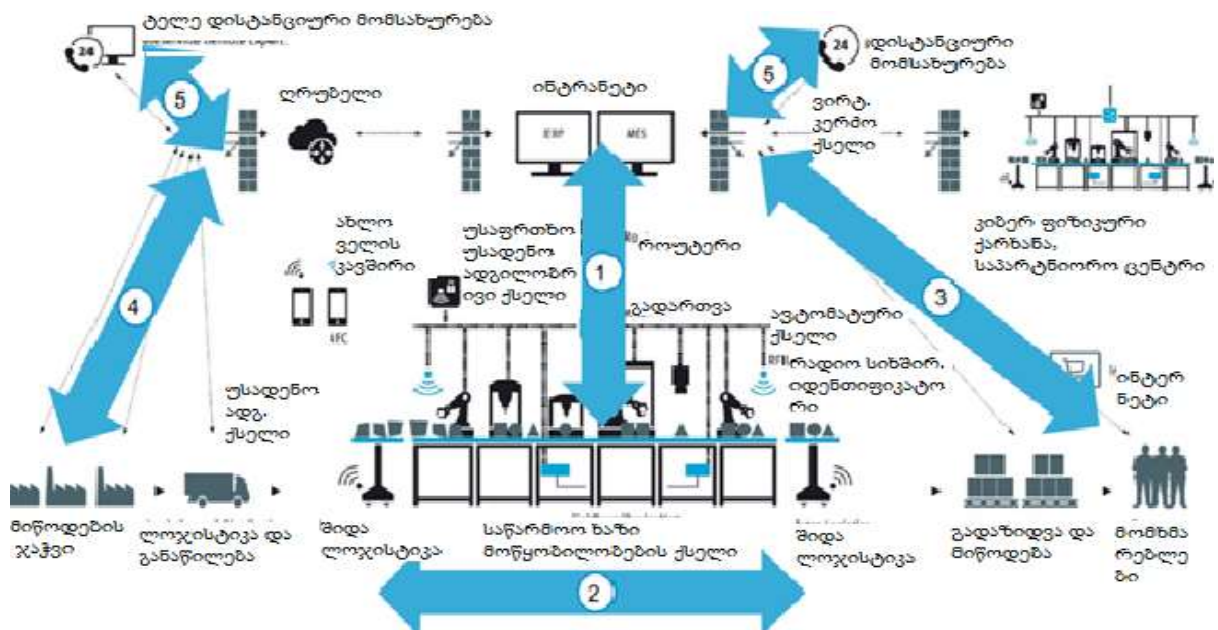


სურ. 1

2. ინფორმაციის გამჭვირვალობა - „ინდუსტრია 4.0-ის“ ტექნოლოგიები სრულად და ყოვლისმომცველად აწვდის ნებისმიერი საწარმოო პროცესის ოპერატორს იმ ინფორმაციას, რომელიც საჭიროა მისი მიმდინარეობის მონიტორინგისა და მაკორექტირებელი გადაწყვეტილებების მიღება-გატარებისათვის;
3. ტექნიკური ასისტირება - იგულისხმება საწარმოო სისტემების ის ტექნოლოგიური შესაძლებლობები და უნარები, რომლებიც ადამიანს ეხმარება როგორც გადაწყვეტილების მიღებასა და პრობლემის გადაჭრაში, ისე რთული ან სახიფათო სამუშაო ამოცანის შესრულებაში;
4. გადაწყვეტილებების დეცენტრალიზებული რეალიზება - უკავშირდება ე.წ. კიბერფიზიკური სისტემებისა და აღჭურვილობის უნარს თავად მიიღოს განმსაზღვრელი სამუშაო გადაწყვეტილებები და დამოუკიდებლად მოახდინოს მათი პრაქტიკაში გატარება.

ამ კონცეპტუალური ხედვების გამოყენებას უზრუნველყოფს შემდეგი ტექნოლოგიური და ანალიტიკური კომპონენტები:

- მობილური კავშირის მოწყობილობები;
- ნივთების ინტერნეტის პლატფორმები;
- მდებარეობის გამოვლენის ტექნოლოგიები (ელექტრონული იდენტიფიკატორები);
- ადამიან-მანქანური გაფართოებული ინტერფეისები;
- „ჰკვიანი“ სენსორები;
- დიდი მონაცემების ანალიტიკა და გადაწყვეტილებების მიღების მოწინავე პროცესები;
- მრავალდონიანი ურთიერთობა პროფილირებულ მომხმარებელთან;
- წარმოსახვითი რეალობის მოწყობილობები;
- კომპიუტერული სისტემების სპეციალური რესურსები.



სურ. 2

ახალი ტექნოლოგიების ამ ფართო სპექტრს, „ინდუსტრია 4.0“ ღირებულების შექმნის ერთიან პროცესში უყრის თავს, რომლის წარმოებას კიბერფიზიკური სისტემები⁴ უზრუნველყოფს, ხოლო მართვას - დეცენტრალიზებული გადაწყვეტილებების მიღების სისტემები, რომელთა გარეშე შეუძლებელია მათი ავტონომიური მოქმედება. შესაბამისად, ორგანიზებული ბიზნესის კარგი მაგალითია ე.წ. „ჰკვიანი“ ქარხნები (Smart Factories, SF), რომლებიც, ჩვენი აზრით, საქართველოში შესაქმნელი ლოკალური მიწოდების ჰაბის ერთ-ერთ ცენტრალურ ელემენტს უნდა წარმოადგენდნენ.

„ინტელექტუალური“ საწარმოო მანქანა-მექანიზმებით და სათანადო საკომუნიკაციო მოწყობილობებით აღჭურვილი „ჰკვიანი“ ქარხანა, საკუთარი და „ღრუბლური“ ქსელების გამოთვლითი სიმძლავრეების გამოყენების მეშვეობით, ერთიან ასპარეზს ქმნის „დიდ მონაცემთა“ ანალიზისთვის და ავტომატიზებული პროცესების მართვისთვის, ხელოვნური ინტელექტით და მანქანური სწავლით სარგებლობის საფუძველზე.

„ჰკვიანი“ ქარხნის კონცეფცია საწარმოო ობიექტების შექმნა-დამუშავებას და ლოჯისტიკური სისტემების მოქმედებას ადამიანის ჩარევის გარეშე უზრუნველყოფს. მისი მუშაობა დაფუძნებულია კიბერფიზიკური საწარმოო სისტემების გამოყენებაზე, რომლებიც ერთმანეთთან და გარემოსთან ნივთების ინტერნეტის სერვისების გამოყენებით ურთიერთობენ.

მოდულურად სტრუქტურირებულ „ჰკვიანი“ ქარხნებში, კიბერფიზიკური სისტემები საწარმოო პროცესებს ახორციელებს და აკონტროლებს, ქმნის და იყენებს ფიზიკური ობიექტების ვირტუალურ ასლებს - ე.წ. „ციფრულ ტყუპებს“⁵, დამოუკიდებლად იღებს შესაბამის ოპერაციულ გადაწყვეტილებებს. ნივთების ინტერნეტი აძლევს მათ შესაძლებლობას სინქრონულად და რეალურ დროში იურთიერთობონ ერთმანეთთან და ადამიანებთან როგორც საწარმოთა შიგნით, ისე მათთან ერთად ღირებულების შექმნის საერთო პროცესში ჩართულ გარე პარტნიორებთან (სურ. 2).

ზემოთ აღნიშნული საწარმოო აღჭურვილობის და კავშირგაბმულობის საშუალებების სისტემური გამოყენება, საწარმოო და ინფორმაციული ნაკადების ხუთი სცენარით ორგანიზების შესაძლებლობას იძლევა (მე-2 სურ-ზე ნაჩვენებია სქელი ისრებით):

1. სააპქროდან ზედა მმართველ რგოლებისკენ და უკან (კომპანიების შიგა ვერტიკალური ინტეგრაციის შედეგი);
2. მანქანიდან მანქანისკენ (ავტონომიური მანქანების გამოყენების შედეგი);
3. ელექტრონულ კომერციასთან ინტეგრირება (ონლაინკონფიგურატორებთან პირდაპირი კავშირის შედეგი);
4. ურთიერთშეთანხმებულობა და კოორდინაცია მიწოდების ჯაჭვში (წარმოების ვიზუალიზაციის, პროცესების ხარისხის უზრუნველყოფის, პრო-

⁴საწარმოო პროცესების განმახორციელებელი და მიმდინარეობის მაკონტროლებელი ისეთი მოწყობილობების კომპლექსები, რომელთაც ოპერაციული მოქმედებების შესრულებასთან ერთად გადაწყვეტილებების დამოუკიდებლად მიღებაც შეუძლიათ.

⁵რეალურ სამყაროს ნივთის, პროცესის ან სისტემის ვირტუალური ასლი, შექმნილი ე.წ. ჩამუნებული ხედვის ოპტიკური სენსორების (intraocular sensor, IOP) გამოყენებით.

ცესების წესით „ზუსტად დროზე“ ორგანიზების შედეგი;

5. ღრუბლოვანი ტექნოლოგიით სარგებლობა (აღჭურვილობის პრევენციული მოვლის, მოთხოვნილების ხარისხიანი პროგნოზირების შედეგი).

ადიტიური ანუ 3D ბეჭდვაა „ჭკვიანი“ ქარხნების კიბერფიზიკური სისტემებით რეალიზებადი ერთ-ერთი ძირითადი საწარმოო პროცესი. ინტელექტუალური ავტომატიზაციის გამოყენებასთან ერთად, იგი შესაძლებლობას აძლევს „ჭკვიან“ ქარხნებს მოაწყონ ინდივიდუალიზებული შეკვეთების ერთეულოვანი ან მცირე პარტიებით შესრულება დანახარჯების დონით, რომელიც მსხვილსერიული წარმოების დანახარჯების დონესთან ასოცირდება.

დიდი დროის განმავლობაში აქსიომად აღიქმებოდა ის, რომ იაფად წარმოება მხოლოდ გამოშვების მასშტაბებისგან ეკონომიის პირობებშია შესაძლებელი, რომელიც მხოლოდ მსხვილსერიული წარმოებით მიიღწევა. მაგრამ მინისაწარმოებმა მოქნილი საწარმოო პროცესებით, უკვე XX ს-ის 80-იანი წლების დასაწყისიდან შექმნეს საწინააღმდეგო ტენდენცია, რომელიც გააღრმავა და გააფართოვა 3D ბეჭდვის განვითარებამ. შუა პროდუქციის მარაგებისთვის წარმოების სანაცვლოდ, საწყობებში კომპანიები ითვისებენ რეალურ დროში სწრაფ წარმოებას მომხმარებლების მოთხოვნების შემოსავლის კვალიდაკვალ. თავის მხრივ, მომხმარებლებმაც უნდა ისწავლონ იმ მომენტის ლოდინი, როდესაც რაიმეს რეალური საჭიროება დაუდგებათ.

აღნიშნული განსაკუთრებით ფასეული კრიზისულ პერიოდებში ხდება, როდესაც ხშირია შეფერხებები მიწოდების ჯაჭვების მუშაობაში ან მოულოდნელი მოთხოვნების გაჩენა რაიმე პროდუქტზე.

თუმცა მიწოდების ჯაჭვის მუშაობის ნორმალურ რეჟიმებშიც 3D ბეჭდვა არანაკლებ სასარგებლოა, ვინაიდან ქმნის საბოლოო ან შუალედური პროდუქტების ფიზიკური მარაგების უარის თქმის შესაძლებლობას, ვირტუალურ მარაგებში დაცული მათი „ციფრული ტყუპების“ გამოყენების სასარგებლოდ. აღნიშნული მნიშვნელოვნად ამცირებს მიწოდების ჯაჭვების მუშაობაში არსებულ იმ რისკებს და დანაკარგებს, რომელთა მიზეზია წარმოების დროული დაწყების ან მიწოდების დაგვიანება და პირიქით, ზედმეტის წარმოება.

3D ბეჭდვას 3D პრინტერების გამოყენებით ახორციელებენ, რომლებიც მოცულობით ობიექტებს ქმნიან მასალის ულტრათხელი ფენების თანამიმდევრული დატანით. შედეგად ფორმირდება სამგანზომილებიანი გეომეტრიის მქონე საჭირო ნაკეთობა. მასალის ზუსტი რაოდენობების მკაცრად მიზანმიმართულად გამოყენების გამო, ეს ტექნოლოგია მკვეთრად ამცირებს ნარჩენების რაოდენობას სხვადასხვა ნაკეთობის წარმოებისას.

ლოკალურ მიწოდების ჯაჭვებში მისი გამოყენების კიდევ ერთი მიმზიდველი მხარეა ის, რომ 3D პრინტერების და „ჭკვიანი“ მინიქარხნების მომხმარებლებთან სიახლოვეში განთავსება მნიშვნელოვნად ამცირებს ტრანსპორტირების ხარჯებსაც. აღნიშნული კიდევ ერთ არგუმენტად შეიძლება მივიღოთ ევროპაზე ორიენტირებული მიწოდების ქსელის ჰაბის საქართველოში ორგანიზების იდეის სასარგებლოდ.

ყველა ზემოაღწერილის გამოყენებით სრულიად ახალი ტიპის მიწოდების ჯაჭვების ორგანიზების შესაძლებლობის შთამბეჭდავი დემონტრირება ამერიკულმა ტვირთგადამზიდავმა გიგანტმა UPS-მა

(United Parcel Service) მოახდინა. ტრადიციულად, UPS-ი თავისი ინდუსტრიული მომხმარებლების მომსახურებას (იგი მცირე ბიზნესის ძირითადი მიმწოდებელია აშშ-სა და მთელ მსოფლიოში) საწყობების ფართო ქსელის გამოყენებით უზრუნველყოფდა. ბოლო პერიოდში კი კომპანიამ საკუთარ ცენტრალურ განყოფილებაში (ქ. ლუისვილი, აშშ), 100 დიდი 3D პრინტერი დაამონტაჟა, რათა შეამციროს სასაწყობო სივრცეებსა და ტრანსპორტირებაზე საკუთარი საჭიროებები.

მარაგებში შენახვის სანაცვლოდ, ახლა იგი სულ უფრო მეტ ნაწილებს და კომპონენტებს მხოლოდ საჭიროებისამებრ აწარმოებს. აღნიშნულის მისაღწევად UPS-მა 2017 წელს ითანამშრომლა პროგრამული პროდუქტის მწარმოებელ გერმანულ კომპანია SAP-თან, რომლის დახმარებითაც აითვისა სპეციფიკური სათადარიგო ნაწილების 3D ბეჭდვა უშუალოდ მომხმარებლის დაკვეთით [7]. შედეგად, UPS-მა დაიწყო განვითარება რეალურად ახალი მიმართულებით, როგორც მიწოდების მრავალრიცხოვან ჯაჭვებში ჩართულმა ლოჯისტიკურმა კომპანიამ და არა მარტო ტვირთების გადამზიდვმა.

3D ბეჭდვა იდეალური აღმოჩნდა ინდივიდუალურად მოთხოვნილი ინოვაციური პროდუქტების წარმოებისთვის. ხელოვნური ინტელექტისა და მანქანური სწავლის 3D ბეჭდვასთან შერწყმის პერსპექტივა ეხმარება მწარმოებლებს მათთვის განკუთვნილი იმ ნაწილებისა და კომპონენტების ჩამონათვალის მკვეთრ გაფართოებაში, რომლებიც შეიძლება 3D პრინტერზე დაზაადდეს. აშშ-ში 3D ბეჭდვის გამოყენებით მომუშავე უკვე ასობით კომპანია და სამეწარმეო ინიციატივაა, რომლებიც არამარტო ეკონომიკის სამომხმარებლო სექტორის გაახალგაზრდა-

ვებასა და წარმოების „შინ დაბრუნებაში“ იღებენ მონაწილეობას, არამედ ასრულებენ კიდევ საპასუხისმგებლო დაკვეთებს ისეთი მომთხოვნი კლიენტებისთვის, როგორებიცაა სამხედრო და საზღვაო ძალების უწყებები და მსხვილი სამრეწველო კომპანიები.

დასკვნა

ყველა ზემოთქმულიდან გამომდინარე უნდა ითქვას, რომ ლოკალური მიწოდების ქსელის ორგანიზება დღეს ტრადიციული გლობალური ქსელების ფუნქციონირების პრინციპებზე ნაწილობრივ უარის თქმით უნდა ხდებოდეს. შესაბამისი მიდგომის საფუძველად უნდა იყოს აღებული სამრეწველო და ზოგადად სამეწარმეო პრაქტიკის ფართო და ყოვლისმომცველი ავტომატიზაცია, თანამედროვე „ჭკვიანი“ ტექნოლოგიების გამოყენება, „მანქანა-მანქანასთან“ (M2M) კომუნიკაციის დამკვიდრება და ნივთების ინტერნეტით (IoT) სისტემური სარგებლობა. ჯაჭვის მონაწილეთა ბიზნეს-პროცესებში მათი ინტეგრაცია იწვევს კომუნიკაციისა და თვითკონტროლის გაუმჯობესებას, ქმნის საფუძველს ისეთი საწარმოო მანქანების გამოყენებისთვის, რომელთაც დამოუკიდებლად, ადამიანის ჩარევის გარეშე შეუძლიათ პრობლემების ანალიზი და დიაგნოსტიკა. ყველა ამ მიმართულებით პროგრესირების საფუძველს „ინდუსტრია 4.0-ის“ შესაძლებლობების სისტემური გამოყენება ქმნის, რომელთა მოკლე განხილვასაც ქვემოთ მოყვანილ ტექსტში ვეცდებით.

„ჭკვიანი“ ქარხნები და მიწოდების ჯაჭვები, რომელთა ცენტრალურ ელემენტს - ჰაბს ისინი შეადგე-

ნენ, სამეწარმეო სამყაროს ცვალებადობაზე რეაგირების აუცილებელ პირობად იქცა.

ბიზნესის ლიდერებისთვის სულ უფრო ცხადი ხდება, რომ მათი მიწოდების ჯაჭვების და საწარმოო ოპერაციების ციფრული ტრანსფორმაცია გადაუდებელ პრიორიტეტად უნდა განიხილოს, თუკი სურთ კონკურენტუნარიანად და მდგრადად დარჩენა XXI საკუნის მეორე ნახევარშიც. პანდემიამ მკაფიოდ გამოავლინა დღევანდელი, ტრადიციულად ორგანიზებული გლობალური მიწოდების ჯაჭვების სისუსტეები და ინდუსტრიათა დაუცველობა კრიზისების წინაშე. ჟურნალ Forbes-ის მიხედვით, „COVID-19“-მა მსოფლიოს აჩვენა ის, რომ მიწოდების ჯაჭვებს და საწარმოო ეკოსისტემებს ესაჭიროება გარემოს მოთხოვნებთან უფრო ადაპტირებული, მოქნილი გადაწყვეტილებები, რომლებთანაც მიმყვანი გზა სრულიად ციფრულია [5].

მიგვაჩნია, რომ ევროპის, ახლო აღმოსავლეთისა და სამხრეთ კავკასიის რეგიონების მომსახურებაზე ორიენტირებული ლოკალური მიწოდების ჯაჭვების ჰაბის საქართველოში შექმნის იდეის განხილვისას, არ უნდა შეგვეშინდეს ქვეყანაში „ჭკვიანი“ მინიქარხნებისა და სხვა თანამხლები პირობების ნაკლებობისა ამ ეტაპზე. ცნობილია, რომ ჩვენი სწრაფად ცვალებადი სამყაროს ერთ-ერთი პარადოქსია ის, რომ ნაკლებად განვითარებული ქვეყნები და რეგიონები ხშირად უკეთეს „შესასვლელს“ სთავაზობენ უახლოესი მომავლის ტექნოლოგიებს და ბიზნესმოდელებს, ვიდრე განვითარებული ქვეყნები, რომლებიც ჩაცვიკლულნი არიან არსებული სტატუს-კვოს შენარჩუნებაზე.

ტექნოლოგიური და ორგანიზაციული ნახტომის შესაძლებლობა, დამატებით შანსს აძლევს ჩამორჩე-

ნილებს დაეწიონ ლიდერებს, დროის იმ პერიოდისთვის გვერდის ავლით, რომელიც ამ უკანასკნელთ დასჭირდათ წარსულში თანდათანობითი ცვლილებების განსახორციელებლად. ამის დასტური, როგორც უშუალო, ისე ირიბი, მრავლად არსებობს, მათ შორის ეკონომიკის არაინდუსტრიულ სექტორებშიც. მაგალითად, „მველ“ მომხმარებელ ქვეყნებში ღვინის მხოლოდ უმნიშვნელო რაოდენობა იყიდება ინტერნეტის მეშვეობით: 1,8% აშშ-ში, 3,3% გერმანიასა და იაპონიაში და 4,3% საფრანგეთში. ჩინეთში კი, რომელიც მსოფლიოში ღვინის უდიდეს ბაზრად ყალიბდება, მისი რეალიზაციის 19,3% ონლაინგაყიდვებზე მოდის, რაც მოსახლეობის და საქმიანი წრეების ელექტრონულ კომერციაზე მეტ მორგებაზე მეტყველებს.

კიდევ ერთი გასათვალისწინებელი გარემოება: ჰარვარდის ბიზნესმომხილვა 2020 წელს აღნიშნავდა [6], რომ წარმოების „სახლში დაბრუნება“ სათქმელად უფრო ადვილი საქმეა, ვიდრე გასაკეთებლად, ვინაიდან: "მწარმოებლებს დასჭირდებათ გარკვეულ მიმართულებებზე პროფესიულად ფოკუსირებული სპეციალისტები და ქვეკონტრაქტორები, რომლებიც თავის მხრივ, მრავალ სხვა პროფესიონალსაც უნდა ეყრდნობოდნენ საკუთარ საქმიანობაში. ამიტომ მსოფლიო როგორც ბუნებრივი რესურსების მიწოდების მხრივ გახდა გარკვეულ რეგიონებზე დამოკიდებული, ისევე გახდება დამოკიდებული იმ რეგიონებზეც, სადაც შესაბამისი სპეციალისტები იცხოვრებენ და ბიზნესები იმოქმედებენ".

ვფიქრობთ, ეს მოსაზრება კიდევ ერთხელ აძლიერებს ჩვენი წინადადების აქტუალობას, ვინაიდან ლოკალური მიწოდების ჯაჭვების ჰაბის ორგანი-

ზება კარგ საფუძველს შეუქმნის როგორც იმ სპეცია- და ორგანიზაციული შესაძლებლობების ჯეროვან
ლისტების მომზადებას და სათანადო პრაქტიკული გამოყენებას, ისე უნივერსალური გამოყენების პო-
გამოცდილებით აღჭურვას, რომლებიც შეძლებენ რო- ტენციალის მქონე თანამედროვე „ჭკვიანი“ მინისა-
გორც „ინდუსტრია 4.0-ის“ საკომუნიკაციო, საწარმოო წარმოების განვითარებას საქართველოში.

ლიტერატურა

1. Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. The Fourth Industrial Revolution.
2. Schwab, K. (2018). *Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution*. Currency.
3. Turningcloud. (2021). *Supply Chain Revolution: An Impact of the Fourth Industrial Revolution*. Retrieved from: <https://www.turningcloud.com/blog/supply-chain-revolution-an-impact-of-the-fourth-industrial-revolution/>
4. Schwab, K., Malleret, T. (2020). *COVID-19: The Great Reset*. Forum Publishing.
5. Mehrotra, N. (2022). *Covid-19 Crisis: Recovery of Global Economy and Other Trends*. Retrieved from: forbes.com/sites/theyec/2022/11/08/covid-19-crisis-recovery-of-global-economy-and-other-trends/?sh=b61d45948152
6. Tedeschi, R., G. (2020). *Crisis Management: Growth After Trauma*. Retrieved from Harvard Business Review Magazine: <https://hbr.org/2020/07/growth-after-trauma> ;
7. UPS Supply Chain Solutions. (n.d). *Industrial 3D Printing Solutions*. Retrieved from: <https://www.ups.com/us/en/supplychain/solutions/3d-printing.page>
8. Kvaraia, N. (2022). *Supply Chain Disruptions Caused by the Global Pandemic. Contemporary Business Challenges in a Globalized World: Research, Study, Examination*.

UDC 005.7

SCOPUS CODE 1405

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2023-4-66-77>

The Impact of “Industry 4.0” on the Organization of Local Supply Chains

Archil Samadashvili Department of Industrial Innovations and Operations Management, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75, M. Kostava str.

E-mail: a.samadashvili@gtu.ge

Nino Kvaraia Department of Industrial Innovations and Operations Management, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75, M. Kostava str.

E-mail: n.kvaraia@gmail.com

Reviewers:

M. Maghradze, Professor, Faculty of Energy, GTU

E-mail: mmanana0109@gmail.com

T. Kandashvili, Professor, Faculty of Business Technologies, GTU

E-mail: t.kandashvili@gtu.com

Abstract. During the Covid-pandemic, the industry has faced serious challenges due to the risks arising in the management of supply chains. All this has put the need for supply chains (Supply Chains, SCs) and localization of industrial production on the agenda. The geopolitical location and level of economic development of our country offer enough opportunities to organize a Europe-oriented local supply chain hub in Georgia, which opens up completely new perspectives for the country's economic development, as well as creates a good basis for the country's political security and stability.

The effective implementation of the mentioned idea requires the transformation of the relevant infrastructure and business models of enterprises, which allows for the reasonable use of entrepreneurial and technological opportunities of the fourth industrial revolution, or as it is called "Industry 4.0".

Keywords: artificial intelligence; business models; company; crisis; customer; industry 4.0; pandemic; smart factories; supply chains; value creation.

განხილვის თარიღი 12.07.2023

შემოსვლის თარიღი 18.07.2023

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 21.12.2023