

UDC 005.7

SCOPUS CODE 1405

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2023-4-78-88>

ტექნოლოგიების გავლენა ჯანდაცვის სერვისების განვითარებაზე

არჩილ სამადაშვილი	საწარმოო ინოვაციებისა და ოპერაციათა მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: a.samadashvili@gtu.ge
მანანა მალრაძე	საწარმოო ინოვაციებისა და ოპერაციათა მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: mmanana0109@gmail.com
ქეთევან ბურდულაძე	საწარმოო ინოვაციებისა და ოპერაციათა მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: ketevanburduladze@gmail.com

რეცენზენტები:

ნ. ბებიასვილი, სტუ-ის ენერჯეტიკის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: n.bebiashvili@gtu.ge

მ. ლომსაძე-კუჭავა, სტუ-ის ენერჯეტიკის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: maikolomsadze@gmail.com

ანოტაცია. განსაკუთრებული იმპულსი ტელე-მედიცინამ საინფორმაციო ტექნოლოგიების (IT) ფართოდ გავრცელების შემდეგ შეიძინა. ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენება ჯანდაცვის ინდუსტრიას უზარმაზარ პოტენციალს სთავაზობს მისი ყველაზე მნიშვნელოვანი პრობლემის გადასაჭრელად.

სტატიაში გამხილულია ინდუსტრია 4.0-ის ტექნოლოგიების გამოყენების მნიშვნელობა მედიცინაში, რომელიც ხელს უწყობს დიგიტალიზაციის ელემენტების დანერგვას ჯანდაცვასა და სამედიცინო სერვისში. მოცემულია 3D ბეჭდვის, სამედიცინო რობოტების, ნივთების ინტერნეტის, ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების სფეროები და უპირატესობები. მოცემულია ტელემედიცინის განვითარების ფაზები მე-19 საუკუნის შუა პერიოდიდან თანამედროვეობამდე.

ინდუსტრია 4.0-ის ინტრუმენტების სისტემური გამოყენება ხელს შეუწყობს სწორ კლინიკურ გადა-

წყვეტილებებს, პაციენტს და კლინიკას მისცემს ჯანმრთელობის ჩანაწერებთან ადეკვატურ წვდომას, გააუმჯობესებს ამ ჩანაწერების სიზუსტესა და სანდოობას და ხელს შეუწყობს სერვისის ხარისხიანი მონაცემების შეგროვებას, სისტემატიზებასა და ანალიზს. ამ შემთხვევაში გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება ისეთი ტექნოლოგიების ერთობლივ გამოყენებას, როგორცაა ხელოვნური ინტელექტი, გენური რედაქტირება, მოწინავე რობოტიკა, რომლებმაც რეალურად მოხსნეს აქამდე არსებული საზღვრები ფიზიკურ, ციფრულ და ბიოლოგიურ სამყაროებს შორის.

საკვანძო სიტყვები: ინდუსტრიული რევოლუცია; მედიცინა და „ინდუსტრია 4.0“; ნივთების ინტერნეტი; ტელემედიცინა.

შესავალი

მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის ტექნოლოგიები მედიცინაში სხვადასხვა ფუნქციას ასრულებენ:

- სისტემებისა და მოწყობილობების წარმადობის მაქსიმალური გაზრდა;
- პაციენტების მონაცემების ანალიზები, რომლებიც გამოიყენება სხვადასხვა სამედიცინო მოწყობილობასა და ტექნოლოგიაში;
- სამედიცინო მონაცემების ციფრული შეგროვება, შენახვა და ინფორმირება დაავადების სხვადასხვა სტადიაზე;
- სამედიცინო სერვისის ხარისხისა და სიზუსტის გაუმჯობესება, დროისა და ხარჯების შემცირება;

- ახალი დაავადებების ავტომატური კონტროლი-მონიტორინგი, სენსორული სისტემებისა და ციფრული ტექნოლოგიების გამოყენებით;
- საავადმყოფოებსა და კლინიკებში ცენტრალიზებული საინფორმაციო სისტემების შექმნა და მხარდაჭერის უზრუნველყოფა.

ბოლო წლებში ყველა ზემოაღნიშნულის უზრუნველყოფაში განსაკუთრებულ როლს ასრულებს "ინდუსტრია 4.0", რომელიც ხელს უწყობს დიგიტალიზაციის ელემენტების დანერგვას ჯანდაცვასა და სამედიცინო სერვისში. მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის ტექნოლოგიებში, ჯანდაცვის სფეროში გამოყენებისთვის პირველ რიგში აღსანიშნავია:

3D ბეჭდვა. ე.წ. მმატებელი (ადიტიური) წარმოება, რომელიც ასევე ცნობილია როგორც სწრაფი პროტოტიპირება, არის რევოლუციური ინოვაცია, რომელიც ფართოდ გამოიყენება სამედიცინო სფეროშიც. იგი იყენებს 3D ბეჭდვის ტექნოლოგიის, 3D სკანირებისა და მასთან დაკავშირებულ დიზაინისა და სკანირების პროგრამულ კომბინაციას. ასეთი ტექნოლოგიები ხელს უწყობს ნებისმიერი სამედიცინო ნაწილის წარმოებას ფენა-ფენად კომპიუტერის დამხმარე დიზაინის სისტემების მეშვეობით. დიზაინისა და წარმოების მოქნილობის გამო, 3D პრინტერი აწარმოებს ზუსტ იმპლანტებს, ინსტრუმენტებსა და სპეციალურ მოწყობილობებს სხვადასხვა დაავადების მქონე პაციენტებისთვის.

რობოტები. სამედიცინო რობოტები სულ უფრო ხშირად გამოიყენება ოპერაციების შესასრულებლად და სერვისის გაუმჯობესებული შედეგებისა და მეტი პროდუქტიულობის მიღების უზრუნველსაყოფად. კომპიუტერთან კონტროლირებადი რობოტების მეშ-

ვეობით ამჟამად მრავალი ოპერაციის ჩატარებაა შესაძლებელი. ასეთი ოპერაციები ამცირებს ქსოვილების ტრავმირებას, სისხლდენას და ა.შ.

ნივთების ინტერნეტი. ნივთების ინტერნეტმა მედიცინაში შესაძლებლობების ახალი სამყარო გახსნა. იგი ერთმანეთთან აკავშირებს ინტერნეტსა და სამედიცინო მოწყობილობებს, აგროვებს და გადასცემს პაციენტების ცხოვრებისა და მკურნალობის მონიტორინგისთვის მნიშვნელოვან ინფორმაციას. უწევს რა მნიშვნელოვან დახმარებას ექიმებს პაციენტების მდგომარეობის მონიტორინგში, მკურნალობასა და დიაგნოსტიკაში, ნივთების ინტერნეტი უმნიშვნელოვანეს ინსტრუმენტად გვევლინება მათ პოსტოპერაციულ მოვლაში.

ხელოვნური ინტელექტი. ხელოვნური ინტელექტი და მანქანური სწავლება, სამედიცინო სფეროში ფართოდ გამოიყენება, დაწყებული სამედიცინო სერვისის დისპეტჩერიზაციიდან, დამთავრებული რთული სამედიცინო შემთხვევების მონაცემების ანალიზით და შესაბამისი გადაწყვეტილებების გენერირებით. ეს არის ყველაზე მნიშვნელოვანი ტექნოლოგია, რომელიც კონტროლდება სპეციალურად შექმნილი კომპიუტერული პროგრამებით. მას აქვს უნარი გააანალიზოს პაციენტების შესახებ მიღებული ინფორმაცია და შესთავაზოს ექიმს დაავადების შესაძლო განვითარების, პრევენციის მეთოდებისა და შესაბამისი მკურნალობის ვარიანტები [1].

ძირითადი ნაწილი

ტელემედიცინა. დისტანციური ჯანდაცვის სერვისებს უკვე საუკუნეა რაც იყენებენ. მკურნალები

იყენებდნენ მათთვის ხელმისაწვდომ რესურსებს პაციენტებთან კომუნიკაციისთვის. საფოსტო გზავნილები იყო კომუნიკაციის ის ერთ-ერთი პირველი ინსტრუმენტი, რომელიც გამოიყენებოდა ტელერაფთან ერთად ამერიკის სამოქალაქო ომის დროს. ამას მოჰყვა რადიოს გამოყენება ჯანდაცვის სფეროში, შორ მანძილზე საერთაშორისო კომუნიკაციისთვის.

1924 წელს მეცნიერებამ ჩაწერა ტელედიანოსტიკისა და ტელევიზიტის ერთ-ერთი პირველი კონცეპტუალური ნიმუში, როდესაც ჩატარდა ბავშვების დისტანციური დიაგნოსტიკური გამოკვლევა მათი პირდაპირი გამოსახულების გამოყენების მეშვეობით. XX ს-ის 20-იან წლებში ტელემედიცინა ძალიან გამოყენებადი გახდა, როდესაც სანაპირო სადგურების ექიმები რადიოს გამოყენებით ეხმარებოდნენ სამედიცინო გადაუდებელი შემთხვევების დროს, შუა ოკეანეში მყოფ გემებს. ტელემედიცინის განვითარების ფაზები ნაჩვენებია ქვემოთ მოცემულ ცხრილში [2].

განსაკუთრებული იმპულსი ტელემედიცინამ საინფორმაციო ტექნოლოგიების (IT) ფართოდ გავრცელების შემდეგ შეიძინა. რამდენადაც მედიცინის პრაქტიკა სულ უფრო რთული ხდება, ექიმს სულ უფრო მეტად უჭირს პაციენტის სწორი მოვლის უზრუნველყოფა თანამედროვე ჯანდაცვის საინფორმაციო ტექნოლოგიების მხარდაჭერის გარეშე. მრავალი მტკიცებულება აჩვენებს, რომ ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენება ჯანდაცვის ინდუსტრიას უზარმაზარ პოტენციალს სთავაზობს მისი ყველაზე მნიშვნელოვანი პრობლემის გადასაჭრელად [3].

ტელემედიცინის განვითარების ფაზები

დროის პერიოდი	გამოყენებული ტექნოლოგია	მაგალითები
მე-19 საუკუნის შუა პერიოდი	ფოსტა	სამედიცინო დოკუმენტაცია და დიაგნოზების გაცვლა ხდებოდა ფოსტის საშუალებით
1835	ტელეგრაფი	ამერიკის სამოქალაქო ომის დროს ტელეგრაფის მეშვეობით ხდებოდა სამედიცინო სახარჯი მასალის გადატანა
1906	ტელეფონი	ელექტროკარდიოგრამის გაზავნა ხდებოდა ტელეკომუნიკაციის საშუალებით
1920	რადიო	სიმანის საეკლესიო ინსტიტუტი, ნიუ-იორკში იყო პირველი ორგანიზაცია, რომელმაც გასწია სამედიცინო მომსახურება რადიოს მეშვეობით
1950	ტელევიზია	ამის მაგალითია სატელევიზიო კორესპონდენცია ნებრასკის ფსიქიატრიულ ინსტიტუტსა და ნორფოლკის მენტალურ ჰოსპიტალს შორის
1967	ვიდეოკონფერენცია	მასაჩუსეტსის გენერალური ჰოსპიტლის სადგურიდან გადაუდებელი მომსახურების გაწევა ხდება აეროპორტში დასაქმებულთა და მომხმარებელთათვის
1990	ინტერნეტი	დისტანციური დაკვირვების ქვეშ მყოფი პაციენტის შესახებ ინფორმაციის გადაცემა/ტრანსფერი ვებსაიტის გამოყენებით
2000-დან ზემოთ	მობილური ტელეფონები და სატელიტური კომუნიკაცია	ამბულატორიული დაწესებულებებიდან სტაციონარულ სამედიცინო დაწესებულებებში პაციენტის შესახებ ინფორმაციის გადაცემა

მედიცინის ხარისხის გასაუმჯობესებლად და არასასურველი შედეგების შესაძლებლობის შესამცირებლად, ჯანდაცვა დიდ იმედს ამყარებს მე-4 ტექნოლოგიური რევოლუციის შესაძლებლობებისა და ინტერუმენტების სისტემურ გამოყენებაზე. ასეთი სისტემები ხელს შეუწყობს სწორ კლინიკურ გადაწყვეტილებებს, მისცემს პაციენტს და კლინიკას ჯანმრთელობის ჩანაწერებთან ადეკვატურ წვდომას, გააუმჯობესებს ამ ჩანაწერების სიზუსტესა და სანდობას, ასევე ხელს შეუწყობს სერვისის ხარისხიანი მონაცემების შეგროვებას, სისტემატი-

ზებასა და ანალიზს. IT-ს ასევე შეუძლია გააუმჯობესოს ჯანდაცვის სისტემის ოპერატიული ეფექტიანობა და შეამციროს როგორც თავისი, ისე პაციენტის ხარჯები. ეს ასევე ზრდის ჯანდაცვის სფეროში ბიზნესის ეფექტიანობას იმ საბოლოო მიზნით, რომ პროვაიდერმა უზრუნველყოს პაციენტი უმაღლესი ხარისხის მომსახურებით და საუკეთესო შედეგებით [4].

ეკონომიკური სარგებელი - ვფიქრობთ, რომ განსაკუთრებულ სარგებელს ყველა ზემოხსნებულისგან მიიღებს ადგილობრივი ეკონომიკა, რადგან გა-

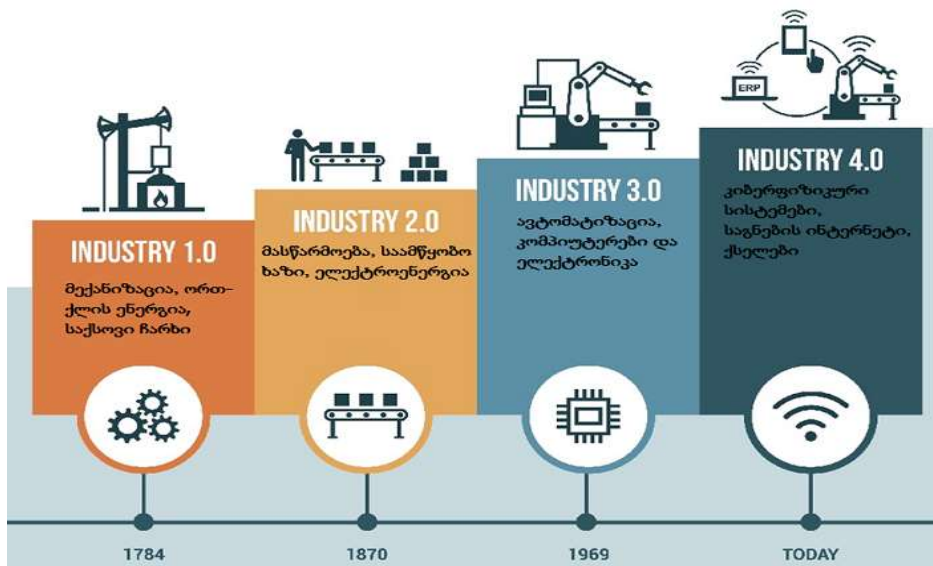
იზრდება ბიზნესის მდგრადობისა და დასაქმების პოტენციალი. მკვეთრად გაუმჯობესდება ჯანდაცვის სერვისების მიწოდების სისტემები რეგიონულ ცენტრებსა და დაშორებულ სოფლებში, ახალი ტექნოლოგიები გაზრდის ჯანდაცვის პროვაიდერების ეფექტურობას პაციენტებისთვის სახლებში ოჯახის ექიმის კვალიფიცირებული მომსახურების მიწოდების ხარჯზე. გარდა ამისა, მათი წყალობით პაციენტებს გაუჩნდებათ გამოცდილ სპეციალისტებთან კონსულტაციების მიღების მეტი შანსი.

ხაზგასასმელია, რომ კადრების მწვავე დეფიციტის გამო, როგორც რეგიონული ჯანდაცვის სპეციალისტებს, ისე სოფლად მცხოვრებ ადამიანს, უჭირს თემის გარეთ გამგზავრება ტრენინგის გასავლელად ან სწავლისათვის. თანამედროვე ტექნოლოგიებს შეუძლია უზრუნველყოს ჯანდაცვის სფეროში მაღალი ხარისხის საგანმანათლებლო და სატრენინგო პარტნიორობა წამყვან სამედიცინო და სასწავლო დაწესებულებებთან, ინტერაქტიური ვიდეოკონფე-

რენციის ინტრუმენტების გამოყენებით სოფლის თემებში. ეს კი ხელს შეუწყობს სოფლის საავადმყოფოებში სამედიცინო პერსონალის დეფიციტის შემცირებას, სათანადოდ მომზადებული ადგილობრივი კადრის დაქირავების ხარჯზე.

ინდუსტრიული რევოლუციების განვითარება.

1800-იანი წლებიდან მოყოლებული, კაცობრიობამ ოთხი ინდუსტრიული რევოლუცია შექმნა. თითოეული მათგანი სრულიად ახალი ტექნოლოგიური შესაძლებლობების გამოყენებას ეყრდნობოდა: მექანიკურ ამძრავს ორთქლის მანქანით, წარმოების ორგანიზებას საამწყოზო ხაზით, ინფორმაციის დამუშავებას კომპიუტერული სიჩქარეებით და ა.შ. „ინდუსტრიული რევოლუციები“ მათ სწორედ იმიტომ ეწოდათ, რომ ისინი უბრალოდ კი არ ზრდიდნენ საწარმოთა პროდუქტიულობას და ეფექტურობას, არამედ მთლიანად ცვლიდნენ წარმოების და სამუშაოს შესრულების საფუძვლებს და წესებს.



სურ. 1. ინდუსტრიული რევოლუციების ქრონოლოგია

პირველი ინდუსტრიული რევოლუცია ხელით წარმოების მეთოდებიდან მანქანებით წარმოებაზე გადასვლით, აგრეთვე ორთქლის ენერჯის ფართო გამოყენებით აღინიშნა. ახალი ტექნოლოგიების და-ნერგვას დიდი დრო დასჭირდა, 1760-დან XIX საუკუნის 20-ან წლებამდე თანმხლებმა ეფექტებმა რე-ვოლუციური გავლენა ჯერ ტექსტილის წარმოებაზე მოახდინეს, რასაც შემდგომში მოჰყვა მეტალურგია, სოფლის მეურნეობა და სამთო-სამადნო მოპოვება. პარალელურად, ადგილი ჰქონდა შესაბამის სოცია-ლურ ცვლილებებსაც, პირველ რიგში კი საზოგა-დოებაში შედარებით ძლიერი საშუალო ფენის ჩამოყალიბებას, რამაც განსაკუთრებული გავლენა იქონია იმდროინდელ ბრიტანულ ინდუსტრიაზე.

მეორე ინდუსტრიული რევოლუცია მოიცავს პერიოდს 1871-დან 1914 წლამდე და ხასიათდება სარკინიგზო და სატელეგრაფო ქსელების საყოველ-თაო შენებით, ასევე ელექტროენერჯის გამოყენე-ბის გავრცელებით. აღნიშნულმა შესაძლებელი გახადა ადამიანის, ტვირთისა და იდეების სწრაფი გადანაცვლება, ელექტრიფიკაციის გავრცელებამ კი თანამედროვეს მსგავსი საწარმოო ხაზების შექმნა ქარხნებში, რასაც წარმოების პროდუქტიულობის მკვეთრი მატება მოჰყვა. შედეგად, საზოგადოებამ დიდი ეკონომიკური წინსვლა განიცადა, თუმცა უარყოფით სოციალურ ეფექტსაც ჰქონდა ადგილი – საწარმოების მრავალი მუშაკი მანქანამ ჩაანაცვლა.

მესამე ინდუსტრიული რევოლუცია, რომელსაც ასევე ციფრულ რევოლუციასაც უწოდებენ, იწყება XX ს-ის მეორე ნახევარში, მეორე მსოფლიო ომის დასრულებისთანავე. მას ბიძგი ციფრული კომპიუ-ტერის შექმნამ მისცა, რომლის მოქმედება რიცხვე-ბის კოდირების ორობითი სისტემისა და მათემა-ტიკური ლოგიკის გამოყენებას ეყრდნობოდა. გან-

ვითარების მომდევნო წლებში, აღნიშნულს უფრო მოწინავე ციფრული ეპოქის დამკვიდრება მოჰყვა, კომპიუტერული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიე-ბის ფართო გამოყენებით საწარმოო პროცესების მართვისთვის, რამაც, საფუძველი ჩაუყარა მათში ადამიანის ჩართულობის საჭიროების თანდათანო-ბით შემცირებას.

მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუცია – „ინდუს-ტრია 4.0“. საწარმოო ტექნოლოგიებისა და პროცე-სების ავტომატიზაციისა და შესაბამის მონაცემთა ადამიანის ჩაურევლად გაცვლის ყოვლისმომცველი დანერგვის ტენდენციას ეყრდნობა, რომელიც გუ-ლისხმობს კიბერ-ფიზიკურ საწარმოო სისტემების, ნივთების ინდუსტრიული ინტერნეტის, ღრუბლუ-რი და კოგნიტური გამოთვლებისა და ხელოვნური ინტელექტის სრულმასშტაბიან გამოყენებას.

მეცნიერთა ჯგუფმა, რომელიც საკუთარი მთავ-რობის დავალებით, გერმანიის მაღალტექნოლოგიუ-რი განვითარების სტრატეგიაზე მუშაობდა, პირვე-ლად შემოიღო ტერმინი „ინდუსტრია 4.0“. კლაუს შვაბმა იგი 2015 წელს გააცნო ფართო აუდიტორიას ჟურნალ Foreign Affairs-ში გამოქვეყნებულ საკუთარ სტატიაში „მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის დაუფლება“. ამ და მომდევნო ნაშრომებში, იგი მი-მოიხილავს კიბერ-ფიზიკურ სისტემებს, რომლებიც აპარატურას, პროგრამულ უზრუნველყოფასა და ბიოლოგიას აერთიანებენ. იგი წინასწარმეტყველებს განვითარებად მიღწევებს ისეთ სფეროებში, როგო-რიცაა რობოტიკა, ხელოვნური ინტელექტი, ნანო-ტექნოლოგია, კვანტური გამოთვლები, ბიოტექნო-ლოგია, ნივთების ინტერნეტი, დეცენტრალიზებუ-ლი გადაწყვეტილებები, მეხუთე თაობის უკაბელო ტექნოლოგიები, 3D ბეჭდვა და სრულიად ავტონო-მიური საწარმოო სისტემები და მანქანები. „ინდუსტ-

რია 4.0“-ით მხარდაჭერილია ნივთების ინტერნეტის (IoT) და ინტელექტუალური ავტონომიური საწარმოო სისტემების გამოყენებით, ნებისმიერ დარგში და მათ რიცხვში მედიცინაშიც, შესაძლებელი ხდება კომპიუტერული ალგორითმების მეშვეობით როგორც ფიზიკური ობიექტების, ისე ცოცხალი ორგანიზმების მდგომარეობის მონიტორინგი და კონტროლი,

„ინდუსტრია 4.0“ „ჭკვიანად“ აქცევს ნებისმიერი ბიზნესის მიწოდების ჯაჭვში ჩართულ ყველა ელემენტს, დაწყებული საწარმოებიდან, დამთავრებული სასაწყობო და ლოჯისტიკური ოპერაციებით დაკავებული მეურნეობებით. ამასთანავე, „ინდუსტრია 4.0“ არ შემოიფარგლება მხოლოდ მიწოდების ჯაჭვებით. იგი სათანადოდ აყალიბებს საწარმოთა შიგა სისტემებს და ურთიერთქმედებებს მათში ისეთი ციფრული ინსტრუმენტების გამოყენებით, როგორცაა, მაგალითად, საწარმოო რესურსების დაგეგმვის ERP სისტემები, რაც უზრუნველყოფს კომპანიათა მუშაობის გამჭვირვალობისა და კონტროლის უპრეცედენტოდ მაღალ დონეს. საბოლოო ჯამში, „ინდუსტრია 4.0“ ნებისმიერი კომპანიის ციფრული ტრანსფორმაციის მნიშვნელოვან ნაწილად გვევლინება.

საკუთარი სისტემურობითა და მოსალოდნელი შედეგიანობით, მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუცია არ ჰგავს არც ერთ მის წინამორბედს. პირველი ინდუსტრიული რევოლუციიდან დაწყებული, ეკონომიკური ზრდისა და რესურსების მოხმარების ტემპების მატება მათ მსვლელობაში, დაახლოებით ერთნაირი რჩებოდა: რამდენითაც იზრდებოდა ეკონომიკა, იმდენითვე მატულობდა მიწის, წყლისა და სხვა რესურსების მოხმარებაც. ბუნებთსარგებლობის მდგრადობის თვალსაზრისით, მოვლენათა

ასეთი მსვლელობა სადღესოდ ვეღარ ჩაითვლება მისაღებად, ვინაიდან რესურსების უმეტესობის მარაგები ამოწურვადია.

„ინდუსტრია 4.0-ის“ ტექნოლოგიები ძირეულად ცვლის თამაშის ამ წესს და პირველად მსოფლიოს ისტორიაში, მწარმოებელს ეძლევა შესაძლებლობა საკუთარი მწარმოებლობის ზრდის ტემპით მნიშვნელოვნად გაუსწროს ბუნებრივი რესურსების მოხმარების მატების ტემპს. აღნიშნულის მისაღწევად „ინდუსტრია 4.0“ შემდეგ მნიშვნელოვან შესაძლებლობას სთავაზობს მას:

- წარმოების მაღალ ეფექტურობასა და ეფექტიანობას, ნარჩენების რაოდენობის მკვეთრი შემცირებით;
- ინოვაციების დანერგვის დაჩქარებას, ბაზარზე მეცნიერებატევადი კომპანიების შემოყვანისთვის ხელშეწყობით, რომელთა კონკურენტული ზეწოლა აიძულებს „ძველ“ კომპანიებს ეძებონ და აითვისონ უფრო ეკონომიური ბიზნესმოდელები, ინოვაციური პროცესები და პროდუქტები.

„ინდუსტრია 4.0-ის“ ტექნოლოგიებით მოსარგებლე კომპანიები ახერხებენ მონაცემების გაცილებით მეტი რაოდენობის სწრაფ დამუშავებას, ვიდრე ეს ტრადიციულად ითვლებოდა შესაძლებლად. შესაბამისად, ინფორმაციული კავშირები როგორც აღჭურვილობას, ისე მოხმარებლებსა და გადაწყვეტილებების მიმღებებს შორის, მკვეთრად ძლიერდება, როგორც რაოდენობრივი, ისე ხარისხობრივი თვალსაზრისით, ნახტომისებურად მატულობს ინფორმაციის გაცვლის მოხერხებულობის დონეც.

მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის პოზიციონირება, მკვეთრად ამცირებს ინდუსტრიათა დამოკიდებულებას შრომის ღირებულებაზე. იგი მსოფლიო ეკონომიკის რეალური სექტორების ლო-

კალიზაციის მასტიმულირებელიცაა, ვინაიდან უქმნის ადგილობრივ ბიზნესებს ე.წ. განაწილებულ გლობალურ წარმოებაში მონაწილეობის შესაძლებლობებს.

მენეჯმენტის თვალსაზრისით, "ინდუსტრია 4.0" სრულად ეყრდნობა საწარმოთა მართვის განვითარების ისეთ მიგნებებს, რომლებიც გასული საუკუნის 80-იან წლებში იყო დამუშავებული.

ხაზგასასმელია, რომ XX ს-ის 80-იანი წლების მმართველობითი ინიციატივების კუმულაციური ეფექტი მეტად მნიშვნელოვანია. მათ შექმნეს მსოფლიო ეკონომიკის რეალური სექტორების ახლებურად ფუნქციონირების წინაპირობები. მაგრამ სათანადო ტექნოლოგიური შესაძლებლობების არარსებობის გამო, ახალი ორგანიზაციული და მმართველობითი პროცესები ვერ უზრუნველყოფდნენ რევოლუციური ცვლილებების იმ მასშტაბებს, რომელთა თანამდევნი სერიოზული პოზიტიური სოციალური შედეგები უნდა გამხდარიყო. სწორედ ციფრული ეკონომიკა და „ინდუსტრიას 4.0“ გახდა საფუძველი, რამაც გამოიწვია მეწარმეობის საინვესტიციო შესაძლებლობების გლობალური გადანაწილება და ურთიერთკონკურენტული ბიზნესმოდელების განვითარება მრავალ დარგში, კერძოდ მედიცინაშიც.

მედიცინა და „ინდუსტრია 4.0“. იმისთვის, რომ მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის (Industrial Revolution 4.0, 4IR), შესაძლებლობები და ინსტრუმენტები სრულად გამოვიყენოთ სამედიცინო სერვისის ორგანიზებასა და მიწოდებაში, ჯერ აუცილებელია სისტემური ცოდნის შექმნა მედიკოსთათვის პროფესიულად ამ საკმარისად შორეულ სფეროში და შემდეგ მისი გაცნობიერება საკუთარი

დარგის სათანადო მოთხოვნილებათა კონტექსტში.

"ინდუსტრიას 4.0" აერთიანებს იმ სწრაფ ცვლილებებს ტექნოლოგიებში, მრეწველობასა და საზოგადოების ქცევის სტანდარტებსა და სამუშაო პროცესებში, რომელთა საფუძველი ქვეყნების ეკონომიკათა ურთიერთშეკავშირებისა და „ჰიკვიანი“ ავტომატიზაციის უპრეცედენტო ზრდამ შექმნა XXI საუკუნეში. ეს ტერმინი პოპულარული გახდა მსოფლიო ეკონომიკური ფორუმის დამფუძნებელმა და აღმასრულებელმა თავმჯდომარემ, პროფესორმა კლაუს შვაბმა. მისი თეორიის მიხედვით ყველა ზემოაღნიშნულთან დაკავშირებული ცვლილების შედეგი გაცილებით მეტია, ვიდრე ბიზნესის ეფექტურობის უბრალოდ გაუმჯობესება და იგი ინდუსტრიული კაპიტალიზმის მნიშვნელოვან ტრანსფორმირებას განაპირობებს. პრაქტიკულად ნებისმიერი დარგის განვითარების ამ ფაზის განმსაზღვრელი ნაწილი ისეთი ტექნოლოგიების ერთობლივი გამოყენება ხდება, როგორცაა ხელოვნური ინტელექტი, გენური რედაქტირება, მოწინავე რობოტიკა, რომლებმაც რეალურად მოხსნეს აქამდე არსებული საზღვრები ფიზიკურ, ციფრულ და ბიოლოგიურ სამყაროებს შორის.

წარმოებისა და მიწოდების ტრადიციული გლობალური ქსელების ფუნქციონირებაში ფუნდამენტური ცვლილებებები მიმდინარეობს, რომელთა საფუძველშია სამრეწველო და სამეწარმეო პრაქტიკის მუდმივი ავტომატიზაცია, თანამედროვე „ჰიკვიანი“ ტექნოლოგიების, „მანქანა-მანქანასთან“ (M2M) კომუნიკაციის და ნივთების ინტერნეტის (IoT) გამოყენება. მათი ინტეგრაცია ახალ ბიზნესპროცესებში იწვევს ავტომატიზაციის დონის კიდევ უფრო გაზრდას, კომუნიკაციისა და თვითკონტროლის გაუმჯობესებას და ისეთი „ჰიკვიანი“ ტექნოლოგიე-

ბის გამოყენებას, რომელთაც შეუძლიათ პრობლემების ანალიზი და დიაგნოსტიკა ადამიანის ჩარევის გარეშე.

აღნიშნული XX ს-ის 90-იანი წლების ბოლოს დაწყებულმა და 2000-იანი წლების დასაწყისიდან წარმატებით გაგრძელებულმა ციფრული ეპოქის ჩამოყალიბებამ განაპირობა, იმ სოციალური, პოლიტიკური და ეკონომიკური ცვლილებების თანხლებით, რომლებიც საზოგადოებაში ტექნოლოგიათა გამოყენების ყოვლისმომცველობამ გამოიწვია და რომლებმაც შეცვალა გზები, რომელთა მეშვეობით შევიგრძნობთ და ვაცნობიერებთ ჩვენს გარშემო არსებულ სამყაროს. პროფ. შვაბი ამტკიცებს, რომ ამ ყველაფრის შექმნით, კაცობრიობა შევიდა ახალ, ჯერ არნახულად გაძლიერებულ სოციალურ რეალობაში.

ჯანდაცვის სფეროში ახალი ტექნოლოგიებისა და ციფრული სამყაროს შესაძლებლობების გამოყენება თანდათან ხდება უშუალოდ სამედიცინო სფეროს წარმომადგენლების შესწავლის საგანი, რადგან მედიცინას, როგორც სწრაფად განვითარებად დარგს, სასიცოცხლოდ სჭირდება უახლესი ტექნოლოგიების იმპლემენტაცია.

ხელოვნური ინტელექტი პირველად 1950 წელს გამოჩნდა ფართო ასპარეზზე, ე.წ. „გადაქცევის ტესტის“ ანუ იმიტაციური თამაშის წარდგენით, როდესაც რობოტმა ადამიანის ინტელიგენტური ქცევის სიმულაცია წარმატებით განახორციელა. 1975 წელს სამეცნიერო კონფერენციებზე უკვე აქტიურად განიხილებოდა ხელოვნური ინტელექტის სიკეთეების მედიცინაში დანერგვა. 2007 წლიდან ღრმა დასწავლის მეთოდი უკვე გამოიყენებოდა კლინიკური კვლევებისთვის, 2010 წელს კი CAD (Computer-Aided-Diagnostics) მეთოდი დაინერგა ბიო-

ფსიქების ჩატარებისთვის ანუ კომპიუტერული სისტემისა და ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით, რომელსაც დასწავლილი ჰქონდა საეჭვო სიმსივნური უჯრედების ამოცნობა, პროცედურის დროს ხდება ჯანმრთელი და დაავადებული უჯრედების დიფერენცია, რაც შეუიარაღებელი თვალით არ ჩანს. ეს მეთოდი ზრდის ბიოფსიის დაზიანების უბნიდან აღების შესაძლებლობას და დიაგნოზის სიზუსტის ალბათობასაც. მარტივად რომ შევაჯეროთ, ხელოვნურ ინტელექტს განსაკუთრებული მნიშვნელობა მედიცინაში მანქანური სწავლებიდან, ე.წ. ღრმა დასწავლაზე გადასვლამ მოუტანა. 2017 წლიდან უკვე გამოჩნდა ამერიკული მარეგულირებლის მიერ ლიცენზირებული ღრმა დასწავლის აპლიკაციები ღრუბლოვანი სისტემაში, რაც უკვე ფართოდ ხელმისაწვდომს ხდის მედიცინაში ხელოვნური ინტელექტის შესაძლებლობების გამოყენებას. მათი ძირითადი ფუნქციები 7 მიმართულებადაა წარმოდგენილი [5]:

- მიზეზის დადგენა და პრობლემის გადაჭრა;
- ცოდნის გამოხატვა;
- დაგეგმვა და სოციალური ინტელექტი;
- აღქმა;
- მანქანური სწავლება, რომელიც მოიცავს სამსაფეხურს: ზედამხედველობით სწავლებას, ზედამხედველობის გარეშე სწავლებასა და ღრმა დასწავლას, სურათის აღქმასა და მანქანურ ხედვას;
- რობოტის შემთხვევაში მოძრაობის სიზუსტე და მანიპულაცია;
- ბუნებრივი სასაუბრო ენა: საუბრის ტექსტად და ტექსტის საუბრად გარდაქმნის უნარი, მანქანური თარგმანი, ინფორმაციის კლასიფიკაცია, შეკითხვებზე პასუხი, ტექსტის გენერირება, კონტექსტის ანალიზი.

მედიცინაში ხელოვნური ინტელექტის პოტენციალის შესწავლას არაერთი ნაშრომი მიუძღვნა ცნობილმა კარდიოლოგმა, გენეტიკოსმა და მკვლევარმა, ამერიკელმა ექიმმა და მეცნიერმა, ერიკ ტოპოლმა. თავის წიგნში „Deep Medicine“ მან ისაუბრა მედიცინაში ხელოვნური ინტელექტის პოტენციალზე, დააბრუნოს ჰუმანიზმი ექიმისა და პაციენტის ურთიერთობაში.

ხელოვნური ინტელექტის უსაზღვრო შესაძლებლობებზე, თანმხლებ რისკებსა და განვითარების მიმართულებებზე უსასრულოდ შეიძლება საუბარი. ცალსახაა, რომ ტექნოლოგიური წინსვლის ასეთი ტემპი, გარდამტეხ ცვლილებებს შეიტანს სამედიცინო სფეროში.

დასკვნა

„ინდუსტრია 4.0-ის“ გამოყენება მედიცინაში ხელს შეუწყობს სწორ კლინიკურ გადაწყვეტილებებს, მისცემს პაციენტს და კლინიკას ჯანმრთელობის ჩანაწერებთან ადეკვატურ წვდომას, გააუმჯობესებს ამ ჩანაწერების სიზუსტესა და სანდოობას და ხელს შეუწყობს სერვისის ხარისხიანი მონაცემების შეგროვებას, სისტემატიზებასა და ანალიზს.

მანქანური სწავლება საშუალებას მოგვცემს ექიმმა სწრაფად მიიღოს სრული ინფორმაცია პაციენტის

ჯანმრთელობის მდგომარეობის შესახებ, ჩივილებსა და ანამნეზზე, ერთიანად გადახედოს ყველა კვლევის ნორმიდან გადახრილ მაჩვენებელს, მათი ცვალებადობის დინამიკას, ამასთანავე, აღარ დაკარგოს დრო ჩანაწერების მექანიკურად კომპიუტერში შეტანაში, ან მითუმეტეს კალმით წერაში, რაც ჩანაცვლდება ხმოვანი ჩანაწერის ტექსტად გარდაქმნის აპლიკაციით.

ხელოვნური ინტელექტი დაეხმარება ექიმს, პაციენტის ჩივილების, გადატანილი ავადმყოფობების, თანმხლები დაავადებებისა და ჩატარებული კვლევების ერთიანი ანალიზით მიაწოდოს კონკრეტული ალგორითმები დიფერენციალური დიაგნოსტიკისთვის, გაამარტივოს შემდგომი კვლევების დაგეგმვა და, რაც მთავარია, მინიმუმამდე დაიყვანოს შეცდომის ალბათობა.

ამ იდეის განხორციელებისთვის, პაციენტის პერსონალური ინფორმაციის ხელმისაწვდომობა უმნიშვნელოვანესია ყველა სამედიცინო ცენტრისათვის. სრული ანამნეზი, ჩატარებული კვლევები და ავადმყოფობის ისტორია უნდა აიტვირთოს ერთიან სისტემაში, წვდომა ჰქონდეს უშუალოდ პაციენტს და დაცული იყოს ბლოკჩეინისა და ღრუბლოვანი ტექნოლოგიებით.

ლიტერატურა

1. Kim, J., Alanazi, H., Daim, T. (2015). Prospects for Telemedicine Adoption: Prognostic Modeling as Exemplified by Rural Areas of USA. *Foresight and STI Governance*, 4.
2. Makena, R., Hayes, C.C. (2011). Flexible Usage of Space for Telemedicine Systems, Man, and Cybernetics (SMC). *Proceedings of the IEEE International Conference*, (1134–1139).
3. Kuperman, G.J., Gibson, R.F. (2003). Computer Physician Order Entry: Benefits, Costs, and Issues. *Annals of Internal Medicine*, 139(1), doi:10.7326/0003-4819-139-1-200307010-00010.
4. DePhillips, H. (2007). Initiatives and Barriers to Adopting Health Information Technology: A US Perspective. *Disease Management and Health Outcomes*, 15(1). doi:10.2165/00115677-200715010-00001.
5. Gupta, R., Srivastava, D., Sahu, M., Tiwari, S., Ambasta, R.K., Kumar, P. (2021). Artificial intelligence to deep learning: machine intelligence approach for drug discovery. *Molecular Diversity*, 25(3), 1315-1360. doi: 10.1007/s11030-021-10217-3.

UDC 005.7

SCOPUS CODE 1405

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2023-4-78-88>

The Impact of Technology on the Development of Health Services

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

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

E-mail: n.kvaraia@gmail.com

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

E-mail: ketevanburduladze@gmail.com

Reviewers:

N. Bebiashvili, Assistant-Professor, Faculty of Energy, GTU

E-mail: n.bebiashvili@gtu.ge

M. Lomsadze-Kuchava, Professor, Faculty of Energy, GTU

E-mail: maikolomsadze@gmail.com

Abstract. Telemedicine gained a special impetus after the wide spread of information technology (IT). The use of information technology offers the healthcare industry a huge potential to solve its most important problem. The importance of using Industry 4.0 technologies in medicine is highlighted, which contributes to the introduction of digitalization elements in healthcare and medical services. The application areas and advantages of 3D printing, medical robots, Internet of Things, artificial intelligence are given. Phases of telemedicine development from the middle of the 19th century to modern times are given. Systematic use of Industry 4.0 tools will contribute to the correct clinical decisions, give the patient and the clinic adequate access to health records, improve the accuracy and reliability of these records, and contribute to the collection, systematization and analysis of quality service data. In this case, the joint use of such technologies as artificial intelligence, gene editing, advanced robotics, which have actually removed the previously existing boundaries between the physical, digital and biological worlds, is of crucial importance.

Keywords: Internet of Things; industrial revolution; medicine and Industry 4.0; telemedicine.

განხილვის თარიღი 12.07.2023

შემოსვლის თარიღი 18.07.2023

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 21.12.2023