

## ინდუსტრიული რევოლუცია და ინოვაციური განვითარების ეტაპები

ანუკი ტოგონიძე

ეკონომიკის დოქტორი, სტუ

### რეზიუმე

ოცდამეერთე საუკუნეში ციფრული ტრანსფორმაცია ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პროცესი გახდა მსოფლიოსთვის. გლობალიზაციამ და ციფრული ტექნოლოგიების ახალმა მიღწევებმა განაპირობა მრავალი ქვეყნის ეკონომიკური და სოციალური განვითარება. ციფრული ტექნოლოგიების ხანას, რომელსაც 4.0 ინდუსტრიული რევოლუციად მოიხსენიებენ ხდება მსოფლიოს ერთ-ერთი მამოძრავებელი ძალა. იცვლება მიდგომები და ბიზნესის კეთების სტილი. სამუშაოს ნაწილი ხდება ავტომატიზირებული. მსოფლიოს წამყვანი ქვეყნები ცდილობენ ერთმანეთს კონკურენცია გაუწიონ და ამასთანავე დაეხმარონ ერთი მეორეს საერთო მიზნის მიღწევაში, რაც გულისხმობს გლობალურ ციფრულ ტრანსფორმაციას.

**საკვანძო სიტყვები:** ინდუსტრიული რევოლუცია, ინოვაცია, ხელოვნური ინტელექტი, გავითარება.

### INDUSTRIAL REVOLUTION AND STAGES OF INNOVATIVE DEVELOPMENT

Anuki Togonidze

PhD, Georgian Technical University

### RESUME

In the twenty-first century, digital transformation has become one of the most important processes for the world. Globalization and new advances in digital technologies have led to the economic and social development of many countries. The age of digital technologies, referred to as the 4.0 industrial revolution, is becoming one of the world's driving forces. Approaches and styles of doing business are changing. Part of the work is being automated. The world's leading countries are trying to compete with each other and at the same time help each other to achieve a common goal, which involves global digital transformation.

**Keywords:** industrial revolution, innovation, artificial intelligence, development.

### ძირითადი ტექსტი

ინდუსტრიული რევოლუცია არის კიბერფიზიკური სისტემებისა და პერსონალური წარმოების მასობრივად დანერგვა. დანიელ ბელი, რომელიც იყო პოსტინდუსტრიული საზოგადოების თეორიის ერთ-ერთი ფუძემდებელი, გამოყოფს სამ ტექნო-

ლოგიურ რევოლუციას, სადაც ყველაფერი ერთქელზე მომუშავე ძრავის შექმნით დაიწყო XVIII საუკუნეში და XIX საუკუნემდე გაგრძელდა. ის პირველი ინდუსტრიული რევოლუციის სახელითაა ცნობილი. აღნიშნული პერიოდიდან იცვლება ხელით შრომა და გადადის ფაბრიკებზე, აგრარულ ეკონომიკას კი მრეწველობა ანაცვლებს. მანქანათმშენებლობამ გაზარდა მოთხოვნა იმ დროისთვის მთავარ ენერგომატარებელზე - ქვანახშირზე, ხოლო მან კი ხელი შეუწყო ტრანსპორტირების საკითხის აქტუალურობას. ამ ყველაფერმა კი გამოიწვია რკინიგზის მშენებლობა და წარმოების მექანიზაციისთვის ერთქელის ძრავის გამოყენება.

აქედან გამომდინარე მრეწველობამ ნელ-ნელა დაიწყო ბევრი ქვეყნის ეკონომიკაში მონიშნავადგილის მოპოვება და ახალი ტიპის სამუშაო ადგილების შექმნელად იქცა. ამას მოჰყვა მეორე ინდუსტრიული რევოლუცია. დაიწყო ელექტროენერგიის გამოყენებით მასობრივ წარმოება, რამაც საფუძველი ჩაუყარა ურბანიზაციის პროცესს. ქალაქების სავაჭრო-სამრეწველო ცენტრებად ჩამოყალიბდა. ხოლო მესამე ინდუსტრიულმა რევოლუციამ მე-20 საუკუნის მეორე ნახევრიდან (1960-იან წლებში) დაიწყო სათავე. მას აგრეთვე უწოდებენ, ციფრულ რევოლუციას, რადგან პროცესი კომპიუტერისა და ინტერნეტის განვითარებით დაიწყო. ამ დროიდან შესაძლებელი ხდება ახალი ინფორმაციული ტექნოლოგიების პროცესების ავტომატიზება. დაიწყო ელექტროგამომწველი მანქანები, განახლებად ენერგიას მიეცა ყურადღება, შეიქმნა რობოტები, ამ ყველაფერმა ერთად კი გამოიწვია ადამიანის როლის შემცირება წარმოების პროცესში, თუმცა მაინც ვერ მოხდა მათი სრულიად გამორიცხვა. ამავდროულად ეკონომიკური განვითარება დაიწყო იმ ქვეყნებმა, რომლებიც დასავლეთისთვის საყურადღებო არ იყო. მაგალითად, სამხრეთ კორეა იყო ის ქვეყანა, რომელმაც ბრინჯის წარმოებას არჩია შეექმნა ისეთი ბრენდები, როგორიცაა LG, HYUNDAI, KIA, SAMUSNG. ამ ყველაფერმა გამოიწვია ის, რომ მათმა მშპ-მ გაუსწრო ბრიტანეთისა და საფრანგეთისას.

მეოთხე ინდუსტრიულმა რევოლუციამ შექმნა, ინოვაციათა ახალი ტალღა, რომელიც დღემდე გრძელდება და სადაც ხდება ტექნოლოგიური გაძლიერება ფიზიკური და ციფრული სამყაროს გადაკვეთით. შედეგად კი მივიღეთ ისეთი ტექნოლოგიები, როგორებიცაა: ნივთების ინტერნეტი, ხელო-

ენური ინტელექტი, ბლოკჩეინი, ჭკვიანი რობოტები, 3D ბეჭდვის ტექნოლოგია, ნანოტექნოლოგია და ა.შ.

აღნიშნული რევოლუციის დამახასიათებელი თვისებებია: სიჩქარე, მასშტაბები და სისტემების გავლენა. ის ვითარდება ექსპონენციურად. ზემოთ აღნიშნული ტრანსფორმაციის ეტაპებზე დაყრდნობით, მსოფლიოში ქვეყნების განვითარების 3 ზოგადი მოდელი ჩამოყალიბდა: (ჯოლია გ., 2016)

**სანედლეული**, ამ მოდელით ხასიათდება ის ქვეყნები რომლებიც ბუნებრივ რესურსებს ფლობენ და სამრეწველო პროდუქციის იმპორტს ახორციელებენ;

**ტექნოლოგიური**, ეს ის ქვეყნებია, რომლებიც მაღალტექნოლოგიურ პროდუქციას აწარმოებენ;

**ინოვაციური**, ამგვარი ქვეყნები ორიენტირებული არიან ფუნდამენტურ-სამეცნიერო კვლევით სამუშაოებზე. ისინი ქმნიან ტექნოლოგიებს და ცდილობენ მსოფლიო ბრუნვაში მათ დანერგვას.

ქვეყნები, რომლებიც ამ უკანასკნელზე გაამახვილებენ ყურადღებას წარმატებისა და კონკურენტუნარიანობის წინაპირობა ექნებათ, რადგან განვითარების ეს მედელი ყველაზე პროგრესულია. დღესდღეობით, ციფრული ტექნოლოგიები წარმოადგენენ მთელ სამყაროს და თანდათანობით ცვლიან სამყაროს ჩვევებს.

მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუცია ცვლის, როგორც აღვნიშნეთ წარმოების პროცესს, რომელიც გამოწვეულია სამი ტექნოლოგიური მეგატრენდით:

**კავშირი:** IoT-ი ტექნოლოგიების საშუალებით, ყველაფერი უკვე ერთმანეთთან დაკავშირებულია მსოფლიოში. 2020 წლისთვის მოწყობილობების რაოდენობამ 11,7 მილიარდს მიაღწია (Petrov C., 2023). მართალია წარმოებაში აღნიშნული, ჯერ დიდი მასშტაბებით არ არის დანერგილი თუმცა, აქტიურად მიმდინარეობს მუშაობა ამ ყველაფერზე.

**ინტელექტი:** ხელოვნური ინტელექტი, ერთ-ერთი მთავარი ტექნოლოგიაა, რომელიც ადამიანის ტვინის სიზუსტით მოქმედებს. ამარტივებს რუტინულ სამუშაოს, ზოგადად დროს და მოქნილს ხდის პროცესს. დღეისათვის წარმოებაში მისი პოტენციალი არ არის სრულად ათვისებული და გადანყვებილების მიღებისას მონაცემები მცირე რაოდენობით გამოიყენება.

**ავტომატიზაცია:** მსოფლიოში სანარმოო პროცესების ნახევარზე მეტი ავტომატიზებულია. რობოტები უკვე მრავალ ქვეყანაში აქტიურად მუშაობენ, თუმცა ამ შემთხვევაშიც ჩართულობის დონე დაბალია. რობოტიკის საერთაშორისო ფედერაციის (IFR) მონაცემებს თუ დავეყრდნობით, ვნახავთ, რომ რობოტების გაყიდვები ყოველწლიურად იზრდება. 2016 წლის გაყიდული რობოტების რაოდენობამ 16 პროცენტით გადააჭარბა 2015 წლის გაყიდვებს. ფედერაცია, ვარაუდობდა, რომ 2020 წელს 3 მილიონზე მეტი სამრეწველო რობოტი ჩაერთებოდა სა-

მუშაო პროცესებში, რაც 2017-2020 წლებში საშუალოდ 14 პროცენტთან ზრდას წარმოადგენს.

ტექნოლოგიის განვითარება და ახალი ციფრული სერვისების/მომსახურების წარმოქმნა უახლოეს წლებში გამოიწვევს სრულიად ახალი ბაზრების ჩამოყალიბებას, მათ ფორმირებას და ბიზნესის ტრანსფორმაციას. ამიტომ, ორგანიზაციებმა უნდა მოახერხონ, ცვლილებებს ფეხი აუწყონ, მოახდინონ თავიანთი ბიზნესის გაციფრულება და ავტომატიზება, რათა მომავალში არ მოხდეს მათი ბაზრიდან გაქრობა.

აღნიშნულ საკითხს ეხმიანება დარვინის სიტყვებიც: „გადარჩენას ახერხებენ არა ყველაზე ძლიერები, ან ჭკვიანები, არამედ ისინი რომელთაც ყველაზე ადრე შეუძლიათ ცვლილებებთან შეგუება“ (ჯანგაჟაძე, 2018).

ინდუსტრია 4.0-ის ოთხი ძირითად მახასიათებლებს მიაკუთვნებენ:

**ურთიერთქმედება** - კიბერ-ფიზიკური სისტემების ავტონომიური ინტეგრაციის უნარი, ნივთების ინტერნეტისა და სერვისების ინტერნეტის მეშვეობით. კიბერ-ფიზიკური სისტემები არის სამრეწველო აღჭურვილობა, რობოტები და დიაგნოსტიკური მოდულები, საინფორმაციო სისტემები, რომელშიც ხდება ტექნოლოგიური პროცესების კონტროლი (Mourtzis, Vlachou, & Zogopoulos, 2018).

**ვირტუალიზაცია** - სიმულაციური და ვირტუალური ინფორმაციის მოდულების ინტეგრაცია რეალურ ტექნოლოგიურ პროცესებთან, როგორც პროცესების შემუშავების ეტაპზე, აგრეთვე მათი განხორციელების დროს (Rojko., 2017).

**დეცენტრალიზაცია** - კიბერ-ფიზიკური სისტემების უნარი ავტონომიურად მიიღონ გადანყვებილები ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიების საფუძველზე (Carlberg, Kreutzer, & Smith, 2016).

**მოქმედება რეალურ დროში** - კიბერ-ფიზიკური სისტემების ტექნოლოგიური და წარმოების ანალიზის უნარი, მონაცემები მიაწოდოს საერთო სამრეწველო ქსელს, რომელიც მოითხოვს დიდი მონაცემების დამუშავებას (Mourtzis D., Vlachou, Dimitrakopoulos, & Zogopoulos, 2018).

ციფრული ტექნოლოგიები ხდება ინოვაციების განვითარების მამოძრავებელი ძალა. შუმპეტერმა თავის ნაშრომში „ეკონომიკური განვითარების თეორია“, ინოვაცია, როგორც მოგების გადიდების ერთ-ერთი საუკეთესო გზა ისე დაასახელა (ციხელაშვილი, 2009). აღნიშნული ნაშრომი მრავალი წლის შემდგომაც არ კარგავს აქტუალობას და მას როგორც „ინოვაციების წინასწარმეტყველს“ ასეც მოიხსენიებენ (McCraw, 2007). შუმპეტერმა „შემოქმედებითი ნგრევა“ უწოდა პროცესს, როდესაც ბაზრიდან ხდება მოძველებულ ტექნოლოგიების გაძევება და მათ ადგილას ახალი დარგების შემოსვლა. ის ამბობდა: „ბრძოლა მიმდინარეობს რუ-

ტინასა და ინოვაციების დანერგვას შორის“ (სტუ, 2014), აგრეთვე, ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტი, რომელიც ტექნოლოგიების დანერგვის მნიშვნელობასთან იყო დაკავშირებული, ამერიკელმა ეკონომისტმა რობერტ სოლოუმ 1957 წელს აღმოაჩინა. ეს იყო, პროდუქციის გამოშვების ზრდა ერთ ადამიან/საათზე გაანგარიშებით, მხოლოდ 12.5%-ით იყო დამოკიდებული კაპიტალის გამოყენების ზრდაზე, დანარჩენი 87.5% კი ტექნოლოგიურ ცვლილებებზე მოდიოდა. ბოლო 25 წლის მანძილზე 110 პროცენტით გაიზარდა შრომითი დანახარჯები, ხოლო რობოტების ფასი 50 პროცენტით შემცირდა. აღნიშნულმა გამოიწვია წარმოებაში მათი აქტიური გამოყენება (Bruner & Kisgergely, 2019).

ტექნოლოგიური ინოვაციისა და ტრანსფორმაციის საშუალებით, ბიზნესებს ეძლევათ საშუალება, მოახდინონ ბიზნეს პროცესების ავტომატიზირება, რესურსების სწრაფი მართვა, მარკეტინგული აქტივობების გაუმჯობესება, მომხმარებლებთან უკუკავშირის მექანიზმის დანერგვა, ბიზნესპროცესების სისტემატიზაცია და ეფექტურობის გაზრდა (Mourtzis, Vlachou, & Zogopoulos, 2018).

2018 წელს ჩატარებულ კვლევაში, საერთაშორისო კომპანია PwC-მა წარმოადგინა, თუ რამხელა წარმატებას მიაღწიეს კომპანიებმა, რომლებმაც წარმოებაში ჩართეს ციფრული ტექნოლოგიები და ამასთანავე ოპერაციების 2/3 დააკავშირეს ტექნოლოგიებს, როგორებიცაა: რობოტები, სამრეწველო IoT და სხვა. თუმცა ჯერჯერობით ბევრი ორგანიზაცია კვლავ გამოწვევების წინაშე დგას. როდესაც ვამბობთ კეთილდღეობის ზრდა, იგულისხმება მსოფლიოს მშპ-ს 14 პროცენტის ზრდა 2030 წლისთვის, რაც დაახლოებით 15 ტრილიონ დოლარს შეადგენს (Szirmai, Alcorta, & W, 2013).

მსოფლიოში არსებული ეროვნული ინოვაციური განვითარების ანალიზის შედეგად გამოყოფენ 5 მოდელს:

**ევროატლანტიკური მოდელი** - წარმოადგენს ინოვაციურ მოდელს, იდეის წარმოქმნიდან მზა პროდუქციის წარმოებამდე. აღნიშნულ მოდელს იყენებენ განვითარებული ქვეყნები, როგორიცაა: საფრანგეთი, გერმანია, დიდი ბრიტანეთი და სხვა. მათში წარმოდგენილია ინოვაციური სისტემის კომპონენტები: ფუნდამენტური და გამოყენებითი ხასიათის მეცნიერება, საცდელი ნიმუშების შექმნა და მათი ჩაშვება მასობრივ წარმოებაში. (ქოქიაური, 2017).

**აღმოსავლეთაზიური მოდელი** - აღნიშნული მოდელის ინოვაციური ციკლი მოკლებულია ფუნდამენტური მეცნიერების კომპონენტს. ის გამოიყენება აზიის ქვეყნებში, როგორიცაა: ჰონკონგი, სამხრეთ კორეა, იაპონია. ეს ქვეყნები აქცენტს აკეთებენ ტექნოლოგიების ექსპორტზე (The Economic Times, თ. გ.).

**ალტერნატიული მოდელი** - გამოიყენება ქვეყნებში, რომლებსაც არ აქვთ ფუნდამენტური, გამოყენებითი ხასიათის მეცნიერული პოტენციალი და არ ფლობენ გადამუშავების ტექნოლოგიებს, რომელთა რეალიზაცია შეიძლება გამხდარიყო ქვეყანათა კონკურენტუნარიანობის საფუძველი. მათ არ შეუძლიათ შესამჩნევი შედეგები დადონ ინოვაციური ტექნოლოგიების შექმნაში. ისინი აქცენტს აკეთებენ კადრების მომზადებაზე. აღნიშნული მოდელის ქვეყნებს მიეკუთვნება: ტაილანდი, თურქეთი, ჩილე და სხვ (ქოქიაური, 2017).

**„სამმაგი სპირალის“ მოდელი** - იგი აღწერს სამი ინსტიტუტის (მეცნიერება- სახელმწიფო-ბიზნესი) ურთიერთ ზემოქმედებას ინოვაციური პროდუქტის შექმნის ყველა ეტაპზე. ეს მოდელი გვხვდება დასავლეთ ევროპის ზოგიერთ ქვეყანასა და იაპონიაში (ჯანგაგაძე, 2018). სამმაგი სპირალის თვალსაჩინო მაგალითია, სილიკონის ველის შექმნა აშშ-ში.

ისტორია უკავშირდება მასაჩუსეტსის შტატის სურვილთან გადაეღახათ დიდი დეპრესიის გავლენა (1930-იანი წლები). საწყის ეტაპზე იყო „უნივერსიტეტი-საწარმო“ და „სახელმწიფო-უნივერსიტეტი“ შორის ურთიერთქმედება, რომელიც თანდათან გახდა სამმაგი სპირალი. უნივერსიტეტში ყურადღება მახვილდებოდა მეცნიერულ კვლევებზე, რაც ორიენტირებული იყო საწარმოო საქმიანობაში შედეგების პრაქტიკულ გამოყენებაზე.

**ოთხმაგი სპირალის მოდელი** - ეს მოდელი სამ ინსტიტუციურ სექტორთან ერთად მოიცავს მეოთხე ელემენტსაც, როგორიცაა სამოქალაქო საზოგადოების წარმომადგენლები. აღიარებენ, რომ მესამესთან შედარებით, მეოთხე სპირალი უკეთე ახასიათებს პოსტინდუსტრიულ ეკონომიკას, რადგანაც ოცდამეერთე საუკუნეში საზოგადოება იძენს მნიშვნელოვან როლს ახალი ფასეულობების შექმნასა და გავრცელებაში.

მსოფლიოში ციფრული ტრანსფორმაცია ძირითადად ორმა ფაქტორმა განაპირობა, ესაა: ინტერნეტში მოსახლეობის მასიურმა ჩართვამ და სენსორული მონაცემების გავრცელებამ.

ევროკომისიის მონაცემებით, ევროკავშირის ციფრულ ბაზარს ყოველწლიურად შეუძლია 41589 მლრდ ევროთი გაზარდოს ევროკავშირის ეკონომიკა და ამასთანავე შექმნას ახალი სამუშაო ადგილები.

McKinsey-ის შეფასებით, ციფრული ეკონომიკის განვითარებისაგან მიღებული ეფექტი დადებითია. ინფორმაციულ-კომუნიკაციური ტექნოლოგიების სექტორში ერთი სამუშაო ადგილის შექმნას უწყობს ხელს. საერთაშორისო კომპანია PwC-ს კვლევით, 10 პროცენტისაა დიფიციტისა უმუშევრობის დონეს ამცირებს 0,84 პროცენტით. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ბოლო თხუთმეტი

ნელინადში, ეკონომიკის დიჯიტალიზაციის წყალობით, საფრანგეთში 500 000 სამუშაო ადგილი გაუქმდა, ხოლო დამატებით 1,2 მლნ შეიქმნა (The Economic Times, n.d.).

### დასკვნა

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ვასკვნით, რომ ინდუსტრიულმა რევოლუციებმა გაიარეს რამდენიმე ეტაპიანი განვითარება და დღეს ყველაზე გრდამტეხ ეტაპზე დგანან. მსოფლიო განვითარების მნიშვნელოვან ეტაპზეა და ამიტომ განვითარებადი

ქვეყნების ვალია განვითარებულ ქვეყნებს ფეხი აუწყონ, რათა არ ჩამორჩნენ უსწრაფეს პროცეს, რომელიც მიმდინარეობს მსოფლიოს მასშტაბით. გაჩერება დამანგრეველი ეფექტისაა კი შეიძლება იყოს, თუმცა ნებისმიერი სფეროს განვითარება ინვესტ მომიჯნავე სფეროების განვითარებასაც, როგორცაა მაგალითად კიბერუსაფრთხოება, რადგან ციფრული სივრცე მეტად დაცულობით გამოირჩეოდეს. ამასთანავე ეს ყველაფერი გამოიწვევს იმ პროცესების გაადვილებს რაც დაკავშირებულია ციფრული სფეროს შემდგომ განვითარებასთან.

### გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ჯოლია გ. „კრეატიული განვითარება: განათლება, ცოდნა, ქმედება“, ევროპის სასწავლო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 2016.
2. ჯანგაგაძე ი. დისერტაცია „საქართველოს ეკონომიკის ინოვაციური განვითარების შესაძლებლობები და პერსპექტივები“ თბილისი 2018.
3. ციხელაშვილი ზ., კიკნაძე ნ., გიორგაძე პ., ციხელაშვილი ი., ციხელაშვილი შ.
4. „ინოვაციური პროცესების მართვა“, სტუ-ს გამომცემლობა, თბილისი, 2009. ISBN:9789941145926.
5. ქოქიაური ლ. „ეროვნული ინოვაციური სისტემის შექმნის მსოფლიო გამოცდილება – გაკვეთილები განვითარებადი ქვეყნებისათვის“. საერთაშორისო კონფერენციის ელექტრონული ჟურნალი (EISSN 2346- 8203). ანსუ-ის გამომცემლობა, ქუთაისი, 2017
6. Rojko, Andreja. 2017. "Industry 4.0 Concept: Background and Overview." International Journal of Interactive Mobile Technologies 11 (5): 77–90. <https://doi.org/10.3991/ijim.v11i5.7072>.
7. Mourtzis, D., E. Vlachou, G. Dimitrakopoulos, and V. Zogopoulos. 2018. "Cyber- Physical Systems and Education 4.0 -The Teaching Factory 4.0 Concept." Procedia Manufacturing 23 (2017): 129–34. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.005>.
8. CARLBERG, Carolin MOELLER; Jan SMIT; Stephan KREUTZER; alin. 2016. "Industry 4.0 Analytical Study." European Parliament. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
9. Mourtzis, D., E. Vlachou, G. Dimitrakopoulos, and V. Zogopoulos. 2018. "Cyber- Physical Systems and Education 4.0 -The Teaching Factory 4.0 Concept." Procedia Manufacturing 23 (2017): 129–34. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.005>.
10. McCraw, T., 2007, Prophet of innovation: Joseph Schumpeter and Creative Destruction, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge
11. Bruner, Jon, and Balázs Kisgergely. 2019. The Digital Factory Report. web based (pdf), [digitalfactory.xyz](http://digitalfactory.xyz).
12. Adam Szirmai ,Ludovico Alcorta , Wim Naude (2013), Pathways to Industrialization in the Twenty-First Century New Challenges and Emerging Paradigms
13. <https://economictimes.indiatimes.com/tech/internet/internet-creates-2-4-jobs-for-every-job-it-destroysmckinsey/articleshow/8586070.cms>