



TÁRSADALOM

A mesterséges intelligencia – AI (MI) – hatása a munkahelyeken: az OECD munkaadók és munkavállalók körében elvégzett felmérésének eredményei

Marguerita Lane – Morgan Williams – Stijn Broecke: *The impact of AI on the workplace: Main findings from the OECD AI surveys of employers and workers*

OECD, Social employment and migration working papers, 287. sz. OECD, 2023. 1–156. o.

DOI: [10.1787/ea0a0fe1-en](https://doi.org/10.1787/ea0a0fe1-en)

A mesterséges intelligenciára (MI) támaszkodó eljárások terjedése a gazdasági életben (és azon túl) nagy átalakulások lehetőségét rejti magában, de aggodalmakat is kelt. A Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (OECD) ezért 2019 óta működtet kutatási programot a mesterséges intelligencia hatásainak felderítésére. A kutatások egyik eredménye két, egymással összehangolt vizsgálat lett. A közös munkával előkészített kétféle felmérés egyike kvantitatív, a másik kvalitatív megközelítésű kutatás. Mindkettő ugyanarra a 7 országra terjedt ki (a kvalitatív változat ráadásaként Japánt is érintette), mindkettő a feldolgozóiparban és a pénzügyi szektorban tevékenykedő vállalatok körét mérte fel, s a felvételek során mind a munkaadókat, mind a munkavállalókat megkérdezték.

TÁRGYSZAVAK: mesterséges intelligencia, feldolgozóipar, pénzügyi ágazat, OECD

A mesterséges intelligenciát alkalmazó eljárások hatásait vizsgáló, több szerző által kidolgozott kvantitatív felmérést 2022 januárjában és februárjában végezték el Ausztria, Írország, Franciaország, Kanada, Nagy-Britannia, Németország és az Egyesült Államok 20 főnél többet foglalkoztató vállalatainál, mégpedig a feldolgozóiparban és a pénzügyi szférában (azaz a NACE C, illetve NACE K besorolásaiba tartozó gazdálkodó szervezeteknél). Az alkalmazotti létszám küszöbét az a feltevés indokolta, hogy csekélyebb a valószínűsége annak, hogy a kisebb vállalkozásoknál a mesterséges intelligencia közreműködésével dolgozó eszközök találhatók. A két ágon lebonyolított felmérésben összesen 5334 alkalmazottat és 2053 céget kerestek fel. A munkáltatók kikérdezése telefonon történt (CATI), 2022 januárjában és februárjában. A mintavétel kereteit főként a világ legnagyobb cégnyilvántartó rendszerének mondott Dun & Bradstreet adatbázisából merítették. A munkavállalók mintájának kijelölése online panelek

alapján történt – ezeknek a (térítés ellenében) válaszadói hajlandóságú személyeket tartalmazó állományoknak az előnye, hogy rögzített bennük az illetők kora, neme iskolai végzettsége – hátrányuk viszont, hogy az interneteléréssel nem rendelkezők nem szerepelnek benne.

A potenciális válaszadókkal történő előzetes kapcsolatfelvétel során a felmérést ismertette a szervezők szándékosan kerülték a „mesterséges intelligencia”, vagy az „MI” emlegetését, hogy elkerüljék az ilyen eljárások alkalmazásához kapcsolódó torzításokat; helyettük „fejlett technológiákról” beszéltek. A felvétel során a válaszadókat felkérték, hogy a mesterséges intelligencia következő meghatározását tartsák szem előtt, függetlenül attól, mennyire ismerik az eljárásokat: „mesterséges intelligenciának (MI) nevezzük mindazt, ami az okos számítógépes programok és a gépek számára lehetővé teszi olyan műveletek elvégzését, amelyek jellemzően emberi intelligenciát igényelnek”. A definíció megerősítése végett

példaként hozták fel a Siri vagy az Alexa virtuális személyi asszisztenseket, a Netflix vagy a YouTube ajánlatait, a vezető nélküli gépkocsikat. Hasonlóképpen példálóztak a MI alkalmazásának olyan eseteivel, mint a vevőszolgálatoknál használatos csevegőrobotok (chatbotok), említették a szoftveralapú robotok közé tartozó robottanácsadókat és csalásfelderítő szoftvereket a pénzügyi ágazat alkalmazottjainál, míg a feldolgozóiparban dolgozók számára az egyes folyamatok tételeit kamerákkal megfigyelő robotokat, az árak és a kereslet előrejelzésére kidolgozott szoftvereket, valamint a karbantartás esedékességét jelző algoritmusokat.

A munkaadók körében végzett terepmunka során a kérdezőbiztosok igyekeztek felkutatni a témában leginkább járatos személyt: a 250 főnél kevesebbet alkalmazó cégeknél ez az utasítás értelmében a tulajdonos, az igazgató vagy a műszaki igazgató felkeresését vonta maga után, míg az ennél több munkavállalóval rendelkezőknél a vezérigazgatóét vagy a műszaki vezetőét (a 250 főnél többet alkalmazó vállalatok aránya a 2053 eset 12%-ára rúgott). A munkavállalók 5334 fős összlétszáma csaknem egyenesen oszlott meg a felkeresett országok között (14,0–15,7%); kivétel ez alól egyedül Írország volt (8,3%). A legnépesebb korcsoportot a 35–49 évesek alkották (37,2%), őket az 50–64 évesek követték (29,7%). Túlsúlyban voltak a férfiak (60,5%), miként a felsőfokú végzettséggel nem rendelkezők is (63,8%).

A mesterséges intelligenciára támaszkodó eljárások használatáról a pénzügyi és a feldolgozóipari szektor munkaadóinak 42, illetve 29%-a számolt be. A tanulmány szerzői hangsúlyozzák: ezek a számok nem értelmezhetők a mesterséges intelligencia alkalmazásának adataiként, a felmérésnek nem ez volt a célja. Az alkalmazásra vonatkozó megállapítások megoszlása a vállalatok méretéhez igazodik: túlsúlyban vannak benne a nagyobb cégek (csaknem egyharmaduknál számoltak be a mesterséges intelligencia alkalmazásáról). Az MI használatáról közölt munkaadói vélemények összhangban állnak más kutatások megállapításaival, így egy egész Európára kiterjedő 2020. évi felvételével is, az IBM 2022-es, globális MI-indexének adataival is, akárcsak a McKinsey piackutató és piacelemző cég 2021. évi eredményeivel. Ugyanakkor mindezek az adatok meghaladják a hivatalos statisztikai szolgálatok által közölt tényszámokat – habár azokból is kiviláglik, hogy a feldolgozóiparban és a pénzügyi szolgáltatások terén az átlagosnál elterjedtebbek a mesterséges intel-

ligenciával támogatott eljárások. A statisztikai hivatalok és az egyéb felmérések adatai közötti eltéréseket a szerzők részben a mesterséges intelligencia meghatározásának különbségeire vezeti vissza. Ismeretes, hogy Magyarországon a KSH meghatározása szerint „A mesterséges intelligencia fogalma olyan rendszereket takar, amik az alábbi technológiákat használják: adatbányászat, beszédfelismerés, gépi látás, természetes nyelv generálása, gépi tanulás és mélytanulás az adatok gyűjtésére és/vagy használatára. Mindezt különböző szintű autonómia mellett teszi egy adott cél legoptimálisabb elérése érdekében hozott intézkedések előrejelzésével, ajánlásával vagy meghozatalával. Az MI-rendszerek lehetnek tisztán szoftveralapúak vagy lehetnek valamely eszközbe beépítve.” (OSAP 1840 [2021]. 8. <https://www.ksh.hu/docs/hun/info/02osap/2020/kerdoiv/k201840.pdf>). A meghatározások eltéréseit az OECD két szakembere 2021-ben önálló áttekintésben foglalta össze: AI measurement in ICT usage surveys: a review címmel (https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/ai-measurement-in-ict-usage-surveys_72cce754-en), idézve a szervezet 2019. évi definícióját: „Az MI olyan, gépen alapuló rendszer, amely emberek által meghatározott célok adott körére képes a valóságos vagy virtuális környezetet befolyásoló előrejelzéseket, ajánlásokat vagy döntéseket létrehozni. Az MI-rendszereket az önálló működés különböző szintjei szerinti működésre tervezik meg.”

A mesterséges intelligenciával felszerelt eszközök használatáról beszámoló munkaadók közül a pénzügyi ágazatban a leggyakoribb alkalmazási területként az adatelemzést (52%) és a csalásfelderítést (50%) hozták fel, a feldolgozóiparban pedig a termelésirányítást (60%) és a karbantartást (40%). A legtöbben többcélú felhasználásról számoltak be, az egyetlen feladatra alkalmazott eszközöket a válaszadók 26, illetve 32%-a említette. A leggyakoribb felhasználási területek országonként némi változatosságot mutattak. Így a pénzügyekben a csalásfelderítés Kanadában és Németországban volt a leginkább használatos, míg a feldolgozóiparban a robotika Németországban és az Amerikai Egyesült Államokban.

A felmérésben szereplő munkáltatók közül a legtöbben Kanadában nyilatkoztak úgy, hogy alkalmaznak MI-vel felszerelt eszközöket, míg számuk a legcsekélyebb Nagy-Britanniában volt. Ismerve London megkülönböztetett szerepét a nemzetközi pénzügyi életben, különösen meglepőnek tűnik, hogy (még mindig a munkáltatók szerint) a 7 vizsgált ország kö-

zül Nagy-Britannia pénzügyi szektorában a legszerényebb a mesterséges intelligenciával kiegészített felszerelések használata: az arányszám a maga mintegy 12%-ával a többi tagállam átlagának egyharmadára rúgott. Ugyanakkor a feldolgozóiparban nem volt észlelhető számottevő eltérés az osztrák vagy a német részesedéstől. A lehetséges magyarázatok között szerepel, hogy a szigetországban kirívóan nagy a pénzügyi közvetítő cégek száma, amelyekre a kicsiny vállalatméret jellemző. Ezzel együtt még ha az ide sorolható cégeket ki is iktatták a mintából, a mutató a többi országnak csak a felét érte el. Az adatok óvatosságra int vizont, hogy az összes vállalkozást érintő 2020. évi Eurostat-felmérés eredményei szerint Nagy-Britanniában a szervezetek 34%-a nyilatkozott úgy, hogy használ legalább egy mesterséges intelligenciával kiegészített eszközt, ami csupán 1-2 százalékponttal maradt el Írország és Franciaország arányszámától (és 10 százalékponttal Németországtól). Az IBM 2022. évi MI-alkalmazási indexe szerint Nagy-Britannia és az Amerikai Egyesült Államok 26 és 25%-os felhasználása elmaradt Franciaország és Németország adataitól (31 és 34%).

A mesterséges intelligenciát használó eszközökkel felszerelt cégek munkavállalóitól arra kértek választ: dolgoztak-e MI-vel; van-e a vezetésük alatt ilyen eszközökkel tevékenykedő munkatársuk; részt vettek-e fejlesztésükben, karbantartásukban; dolgoztak-e MI vezérlése mellett – avagy egyéb módon léptek-e kapcsolatba ilyen eszközökkel. A kért szektort tekintve a megkérdezettek 35%-a felelte, hogy dolgozott efféle eszközökkel; 15% válasza szerint ők irányítottak olyanokat, akik mesterséges intelligenciával ellátott eszközökkel dolgoztak. Kevesebben válaszolták, hogy a munkájukat irányította volna ilyen eszköz, vagy hogy részt vettek volna a fejlesztésükben avagy karbantartásukban. A megkérdezettek jelentékeny hányada „egyéb módon” került kapcsolatba MI-vel felszerelt eszközökkel, ám a módokról nem nyilatkoztak. A tanulmány fogalmi megkülönböztetést vezetne be, MI-felhasználóknak nevezné a munkavállalókat, MI-alkalmazóknak a munkaadókat. Ennek megfelelően a pénzügyi szektorban a pénzügyek terén dol-

gozó összes cég munkavállalójának 42%-a tekinthető MI-felhasználónak (a feldolgozóiparban 19%), míg a mesterséges intelligenciával ellátott eszközöket ténylegesen alkalmazó cégeknél arányuk 70, illetve 67%.

Az MI-felhasználók jellemzően fiatalabbak (50 évesnél nem idősebbek), mint a mesterséges intelligenciás eszközöket nem használók, többnyire férfiak, és magasabb iskolai végzettséggel rendelkeznek. A pénzügyi szektorban az MI-felhasználók mediánadatai a feldolgozóipartól eltérően felsőfokú végzettségre mutatnak. Ezeket az eredményeket alátámasztják egyéb kutatások megállapításai is. Így az IPSOS 2022. évi globális felmérése szerint a válaszadók közelebbi szerint a mesterséges intelligencia kedvező felfogása gyakoribb volt a fiatal, férfi és magasabb iskolázott megkérdezettek körében; optimistábban ítélték meg a segítségével előállított termékeket és szolgáltatásokat. Hasonlóképpen összhangban áll az OECD felméréseinek, a PIAAC (Felnőttek Képesség- és Kompetenciamérése Program) első ciklusának megállapításaival, miszerint a fiatalabbak, a férfiak, a magasabb iskolai végzettségűek átlagosan jobb problémamegoldást mutatnak fel a technológiákkal gazdagon felszerelt környezetben, nagyobb a tapasztalatuk a számítógépek használatában.

A mesterséges intelligenciát futtató eszközök megítélése mind a munkaadók, mind a munkavállalók részéről kedvező képet festett: a pénzügyek terén az MI-felhasználók 79%-a vélte úgy, hogy ezek javították a teljesítményét (a feldolgozóiparban 80%) – míg csupán 8-8% közölte, hogy ezek az eszközök hátráltatták. A munkaadók a válaszok szerint az alkalmazottak teljesítményének fokozása, a munkaerő költségeinek lefaragása végett döntöttek úgy, hogy meghonosítják ezeket az eszközöket. Igaz, ezek mellett motívumaikra csak két további válaszlehetőséget kínáltak fel: „a hiányzó készségek kiegészítése”, „az alkalmazottak egészségének és biztonságának fokozása”. Az már a témakör kvalitatív felmérését jelentő, kísérő esettanulmányokat felsorakoztató összeállításból derül ki, hogy a munkáltatók leggyakoribb ösztönzője a termékek és szolgáltatások színvonalának emelése volt.

HOLKA LÁSZLÓ

Elmozdulások a munkahelyek foglalkozási ágazat szerinti összetételében: javulás, romlás, vagy polarizálódás? Oroszország esete, 2000–2019

Vladimir Gimpelson – Rostislav Kapeliushnikov: *Shifts in Composition of Jobs: Upgrading, Downgrading or Polarization? The Case of Russia 2000–2019*

IZA Discussion Papers, 16078. sz. Bonn, IZA – Institute of Labor Economics, 2023. 1–31. o.

URL: <https://www.iza.org/publications/dp/16078/shifts-in-composition-of-jobs-upgrading-downgrading-or-polarization-the-case-of-russia-2000-2019>

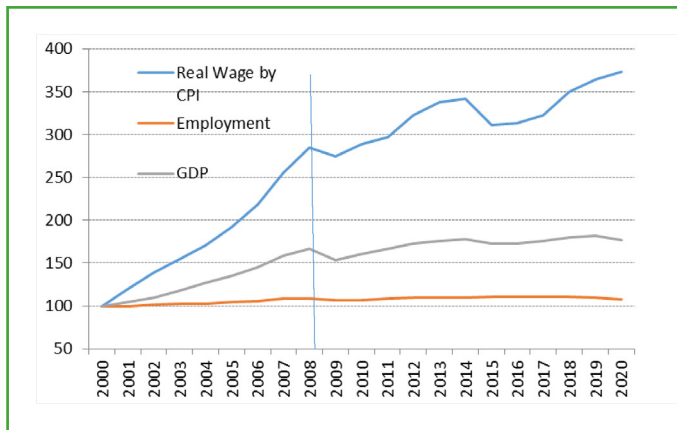
Vajon a foglalkoztatottság mérésének kombinált mutatói alapján milyen jellemzők uralkodtak Oroszországban az évezred első két évtizedében? A technológiai váltás és a nemzetközi kereskedelem élénkülésével járó időszakot a tanulmány a munkaerő-felvételek adatai alapján, az ország gazdasági folyamataiba beágyazottan vizsgálja. A kereseti kvintilisekre osztott munkaerő számbeli alakulása alapján arra jut, hogy a munkahelyek polarizálódása még várat magára.

TÁRGYSZAVAK: foglalkoztatottság, polarizáció, munkahelyek minősége, Oroszország

A foglalkoztatottság alakulásában beálló módosulások az ezredfordulót követően főbb vonalakban Oroszországban is alárendelődtek az általános technológiai váltásnak: egyes szakmákban nőttek a felkészültség iránti elvárások, az életre szóló állások helyett megszokott lett a munkahelyek váltogatása (jószerivel normává vált); a folyamatok mögött állandósult a korábbi munkahelyek megszűnése, miközben egyre újabbak jöttek létre. Végeredményben a foglalkoztatottság szerkezetének gyors ütemű átalakulása következett be, ami mélyreható változásokat okozott a gazdaságban és a dolgozók jólétében egyaránt. A háttérben meghúzódó tényezők között kulcsfontosságúnak tűnik kínálati oldalról a fiatalabb, magasabb iskolázott korosztályok növekvő súlya, az idősebb, alacsonyabb végzettségűek kiszorulása. A nők foglalkoztatottsága Oroszországban hagyományosan magas szintű, a statisztikailag nehezen megragadható bevándorlás pedig alacsonyan tartotta a béreket. A kereslet felől a technológiai fejlemények, valamint a

kereskedelem globálissá válása együttesen alakította a munkaerő felkészültsége iránti igényeket.

A foglalkoztatottságot vizsgáló kutatások a múlt század kilencvenes éveiben azt mutatták ki, hogy a folyamatokat a fejlett világban a tudásigényes műszaki haladás határozza meg. A munkaerőpiaccal kapcsolatos felmérések következtetései szerint a tömeges számítógépesítés, az információs technológiák terjedése fokozza a megfelelő képzettségű szakemberek iránti igényeket, felhajtva az adott csoport béreit. A bérskála túlsó végén elhelyezkedők egyre csekélyebb bérnövekményekre számíthatnak, sőt, kereseteik csökkenhetnek – tehát a műszaki haladás alakítja a keresetek változásait, s ezzel növeli az egyenlőtlenégeket. Az ezredfordulót követően kialakult ennek az elképzelésnek az alternatív magyarázata. A vele szembeállított felfogás szerint úgynevezett rutinvezérelt technológiai váltás zajlik le, a folyamat alapja, hogy az átalakulás eltérő módon érinti a megszokott, ismétlődő feladatokat ellátó munkavállalókat és a nem rutinszerű munkákat végzőket, a keresletet az



1. ábra: Főbb gazdasági mutatók alakulása, 2000–2019 – Reálkeresetek a fogyasztói árindex alapján – Foglalkoztatottság – GDP.

Forrás: Rosstat.

utóbbiak felé tereli. Mivel a rutinfeladatok többsége formalizálható, könnyű ezeket automatizálni és gépesíteni, így visszaesik a képzett és kevésbé képzett dolgozókat igénylő, rutintevékenységeket ellátó állások iránti igény, s mivel az ezeket végzők a bérszála közepén helyezkednek el, csökken az ebbe a kategóriába tartozó foglalkoztatottak száma: a munkaerő piacán polarizálódás megy végbe.

Az ezredforduló óta Oroszországban lezajlott gazdasági fejlődést a szerzőpáros rendkívül egyetlennek ítéli meg, amihez a munkaerőpiac igen sajátos módon alkalmazkodott. A kisebb megrázkódtatásokat a munkaerő költségeinek csökkenése semlegesítette, de közben a foglalkoztatottság szintje nem változott. A növekedési szakaszok idején a bérek nőttek, ám a foglalkoztatottság nem bővült. A szerzők leírásában a két évtized két részre osztható. Az első a 2008-as válság évének végéig tart, a másodikat az azt követő évek képviselik.

Az első, szűk évtized folyamán végbement az ország gazdaságának helyreállítása az 1998–1999-es nagy megrázkódtatást követően, amiben komoly szerephez jutott a szénhidrogének árának világszintű emelkedése és az orosz valuta gyengülése is a vezető pénznemekkel szemben. S mivel hatalmas, kihasználhatatlan fizikai és emberi tőke állt rendelkezésre, az ország ezek bekapcsolásával a produktív folyamatokba folytatta gazdasági reformjait, amit a világgazdaságba történő beilleszkedése kísért. A környezet kedvezett a külföldi tőkebefektetéseknek, a beruházóknak biztonságot ígért. Az időszak egésze során a bruttó hazai termék (GDP) 66%-kal nőtt, a reálkeresetek

185%-kal emelkedtek. A gazdaság szerkezete átalakult, a kevésbé termelékeny ágazatok visszaszorultak, a szolgáltatási szektor bővült. A foglalkoztatottak száma csaknem 10%-kal gyarapodott, részben a fiatalabb korosztályok belépése, részben az idősebb korcsoportok foglalkoztatottsági arányának növekedése következtében. A 2008. évi világgazdasági válság 1 év késéssel teljes erejével lesújtott az országra, véget vetve ennek a „boldog” időszaknak.

A második szakasz éveiben mind a gazdaságpolitika, mind a nemzetközi politikai környezet alapvető változásokon ment át. Ezek fokozatosan következtek be: 2008–2009-ben a gazdasági helyreállítás még elsőrendűen fontos célkitűzésnek minősült, ám az orosz hatóságok nem sokkal később a gazdaságpolitikai szuverenitás felé mozdultak el, megkezdve a leválást a világgazdasági rendszerről. Ezt csak fel erősítette a Krím-félsziget 2014. évi elfoglalása, ami után a „szociális stabilitás” fenntartása vált a kulcsfontosságú törekvéssé. Habár 2012-ben elnöki dekretummal hirdették meg az átfogó gazdaságpolitikai nemzeti projekteket, amelyek célja a termelékenység és a keresetek növelése volt, s az ígéret, hogy az országban 25 millió úgynevezett „magasan képzett” állást hoznak létre, ám 7 évvel később a projektek egyike sem valósult meg. Összességében a 2019-ig terjedő 11 esztendő során a GDP 10%-kal nőtt (nem érve el az évi 1%-os ütemet sem), a reálkeresetek 27%-kal emelkedtek (évente nem egészen 2,5%-kal), a termelékenység 8,9%-kal (évente átlagosan 1,3%-kal) lett nagyobb.

A komoly demográfiai korlátok miatt a foglalkoztatottság szintje jószerivel mit sem változott. 20 év leforgása alatt módosult ugyanakkor a szerkezete. A felsőfokú végzettséggel rendelkező munkavállalók aránya a 2000. évi 22%-ról 8 év elteltével 26, majd 2019-re 34%-ra emelkedett: a humán tőke nagyarányú beáramlása zajlott le a gazdaságba. Ezzel párhuzamosan az alapfokú (vagy annál alacsonyabb) iskolai végzettségűek részesedése az időszak kezdetén miéért 9,7%-ról két évtized elteltével 3,9%-ra mérséklődött. Ezek a változások éreztették hatásukat a keresetek eloszlásában is.

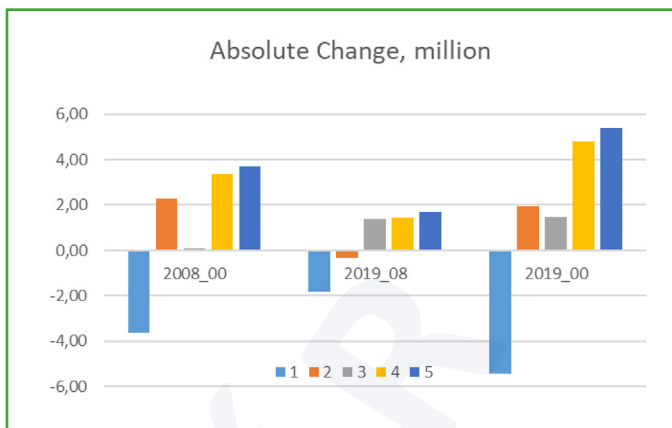
A foglalkoztatottság ágazatok szerinti megoszlása szintén átalakult (besorolásukat a nemzetgazdasági ágak nemzetközi osztályozása, NACE alapján végezték el). A vizsgált két évtized egészére alapvető tendenciaként a mezőgazdaság (NACE A) és a feldolgozóipar (NACE C) területén dolgozók számának csökkenése figyelhető meg: a visszaesés 8,8, illetve

51 százalékponton rúgott. Az első szűk évtizedben a kereskedelem (G) és az építőipar (F) szférájában alkalmazottak létszámának enyhe növekedése volt észlelhető, majd a második évtizedben ez megtorpant, sőt, az ellenkezőjébe csapott át.

A munkaerő foglalkozások szerinti szerkezete az ágazati változásokkal összhangban módosult (besorolásuk a FEOR nemzetközi változata, az ISCO szerint történt). Bővült a felsőfokú képzettség önálló alkalmazását igénylő foglalkozások (ISCO 2), valamint a kereskedelmi és szolgáltatási foglalkozások (ISCO 5) képviselőinek jelenléte. Ezzel egyidejűleg visszaesett a mezőgazdasági (6) és a gépkezelő, összeszerelő, járművezető (8), valamint a szakképzettséget nem igénylő (egyszerű) foglalkozások (9) közé soroltak aránya.

Az elemzés a munkahelyek minőségét közép-pontba helyező felfogásban készült. Követi azt a 2016 óta alkalmazott eljárást, amely két dimenziót kombinál: a foglalkozási csoportokat vizsgáló megközelítést és az ágazati szintre koncentráló elemzéseket, vagyis az alapvető vizsgálati egységet az egyes ágazatokon belül megtalálható foglalkozások adják. Mögötte az a megfontolás áll, hogy az ágazatonkénti foglalkozások mátrixa a dimenzióként elkülönített vizsgálatnál pontosabban megragadja a gazdaságban létrejövő munkahelyeket, míg a munkavállalók elhelyezkedésének változásai a munkahelyek elemeiben tükrözik a munkahelyek minőségét (majd az egyes elemeket mérni lehet, rangsorolni, mediánokat számolni). Az átlagkeresetek alapján a foglalkoztatottakat 5 csoportba sorolták, bázisnak az első esztendő (2000) tekintették. Ezt követően a munkaerőnek a két vizsgált időszak (évtized) végi (2008 és 2019) összetételét egybevetették a bázis év adataival: a kvintilisek között időközben bekövetkezett elmozdulások utalnak a foglalkoztatottság alakulására és a munkahelyek változásaira.

Az adatok forrásaként egyfelől a hivatalos statisztikai szolgálat, a Roszstat kétféle felvétele szolgált. Egyrészt a Nemzetközi Munkaügyi Szervezet (ILO) ajánlásainak megfelelően végrehajtott munkaerő-felvételnek a 2000., 2008. és 2019. évi adatai (a felmérés a kereseteket nem méri), az elemzés a 18 és 69 éves munkavállalókra szorítkozott. Másfelől merített a háztartási jövedelem-, a társadalmi programokban való részvétel vizsgálatának (SIPSP) 2016. évi felméréséből, amely az Eurostat jövedelmi és életkörülmény felvételéhez (SILC) igazodó módszertant alkalmaz 2012-től kezdődően, s a naptári



2. ábra: A munkahelyek számának alakulása kvintilisek szerint, millió fő

Forrás: A szerzők számításai a Roszstat adatai alapján.

év egészére kiterjed. A választás azért esett a 2016-os évre, mert ekkor a mintát 160 ezresre növelték (ekkor sokasággal a Roszstat sem korábban, sem a későbbiekben nem dolgozott).

A NACE és az ISCO-08 kombinálásával „munkahelycellákat” hoztak létre, a két számjegyig terjedő dezaggregálás és a kiigazítások elvégzését követően 1300 ágazati-foglalkozási „cellát” kaptak, ám az üresen maradtak eltávolítását követően a megfigyelési egységek száma 854 lett. A kétféle felmérésből származó „cellákat” összeillesztve, a legalacsonyabbak felől kezdve elosztották ezeket a bérszála ötödeibe, majd a kvintiliseket rávetítették a 2008-as és 2019-es foglalkoztatottsági adatokra.

Az elemzés kiindulópontja az összes foglalkoztatott kvintilisek szerinti megoszlása volt. A vizsgált időszak első felében a teljes létszám mintegy 5,6 millió fővel nőtt, közülük 3,7 millió a legjobban keresők, a legmagasabb ötödbe soroltak számát gyarapította. Ezzel szemben az első kvintilis elveszített 3,6 millió főt. A közöttük lévő ötödökbe összesen 5,7 millióval többen kerültek (hozzávetőlegesen 60%-uk a 4. kvintilisbe). Az időszak második fele folyamán, 2008 és 2019 között a változások hasonló irányban folytatódtak, ám egyenetlenül. A foglalkoztatottak teljes száma 2,4 millió fővel lett több, ebből 1,7 millióan kerültek a felső ötödbe, míg a két alsó kvintilis 2,1 millió főt veszített. A bérszála középső ötödeinek kiürülését jelentő polarizáció az elemzés alapján nem érhető tetten. A jelenséget a szerzők nem tartják meglepőnek, tekintve Oroszországnak az információs technológiákhoz történő, egyre késlekedő felzárkózását,

a gazdaságát sújtó gyakori megrázkódtatásokat, a világgazdaságtól való elzárkózását (majd a legfrissebb fejlemények miatti kirekesztettségét), lehetőségként inkább az eddigi, a polarizáció felé mutató folyamatok irányának visszafordulását vetik fel.

Az áttekintés második fele részletezi az oroszországi foglalkoztatottság nemek, életkor, iskolai végzettség, lakóhely (város és falu) szerinti változásait, valamint regressziós együtthatókra támaszkodó feltételes valószínűségszámítás szerint kimutatja az egyes kvintilisekbe kerülés esélyeit.

HOLKA LÁSZLÓ

CHAIMELEON projekt: a rákkezelés képei páneurópai adattárának mesterséges intelligencia (MI) alapú adatkezelésére

Luis Martí Bonmatí et al.: CHAIMELEON Project: Creation of a Pan-European Repository of Health Imaging Data for the Development of AI-Powered Cancer Management Tools *Frontiers in Oncology*, 2022. 1–11. o.

DOI: [10.3389/fonc.2022.742701](https://doi.org/10.3389/fonc.2022.742701)

A rákterápia szűrési és klinikai gyakorlatában alkalmazott digitális felvételek a mesterséges intelligenciára (AI) alapozott európai központi adattárházban úgy érhetők el, hogy a rendszer automatikusan összeállítja az ajánlott kezelési stratégiákat az eset jellemzői szerint. A kutatási konzorcium az AI-alapú rendszer működését 2023-ban mutathatja be, majd a validálások után 2024-től indíthatók a tanítás és kalibrálás klinikai eljárásai.

TÁRGYSZAVAK: képkalkító diagnosztika, rákterápia, CHAIMELEON kutatási projekt, HORIZONT uniós támogatás, mesterséges intelligencia, európai adattárház, reprezentatív mintavétel, 2020–2024

A rákterápia diagnosztikai felvételének digitális információi a mesterséges intelligencia (magyarul MI, Artificial Intelligence – AI) alkalmazásával automatikusan értékelhetők. Az uniós (AT, DE, ES, FR, IT, NL, PT) és más országok (IL, UK) kutatói a HORIZONT 2020 program (H2020) támogatásával a CHAIMELEON projekt (itt: C-projekt) feladatterve szerinti komplex adattárházat alakítanak ki ilyen céllal. A mesterséges intelligencia a rákdiagnosztika dokumentációit egymással összekapcsolja, értékeli az előfordult klinikai eljárások képi és szöveges információit (*San José Estépar [2022], Gómez-González-Gómez [2020], Ibrahim et al. [2021], Pesapane et al. [2018], Viskivis et al. [2022]*).

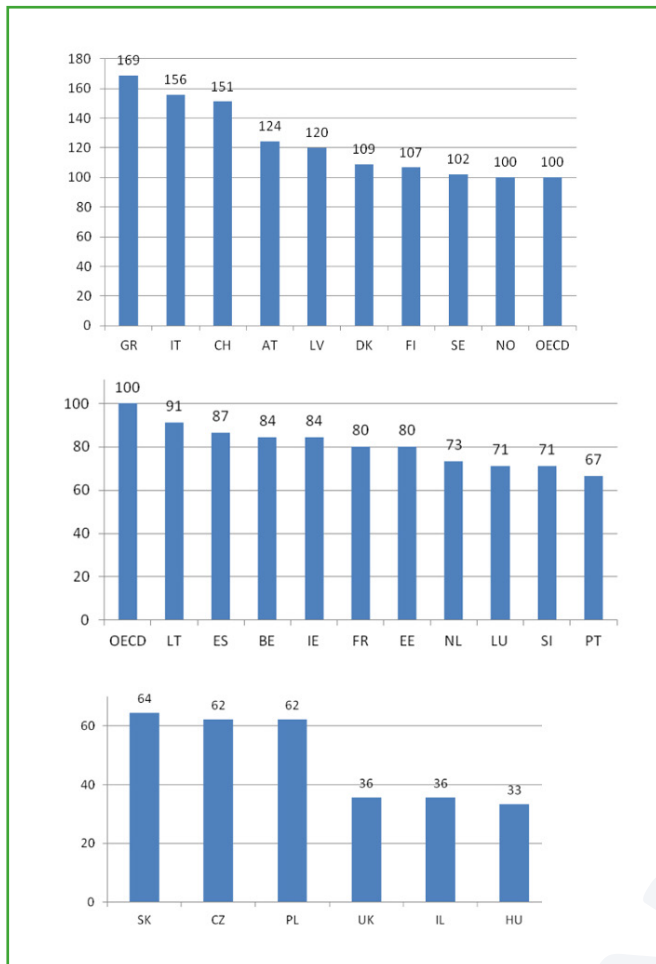
Az európai központi adattárházra alapozott MI-rendszer a leggyakoribb daganatos elváltozások: a tüdő-, a mell-, a prosztata- és a vastag-/végbél- (kolorektális) rák eseteire tanítható. Az itt értékelt diagnosztikai felvételek az MRI-, a CT-, a PET/CT- és az ultrahangvizsgálatra alapozottak. Az MI képfeldolgozó programjai automatikusan rendszerezik, majd tömörítik és értéklik az összegyűjtött esetek komplex digitális információit. A C-projekt kutatóinak fel-

adata az esetek közös ismérveinek megállapítása, hogy azok révén azonosíthatóak a rákdiagnózis európai adatállományának csoportjait. Kiválasztott mintákkal tanítják az MI programjait.

— A képkalkító diagnosztika fontosabb technológiai a Computed Tomography (CT), a Magnetic Resonance Imaging (MRI), a Positron Emission Tomography (PET), a Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) és az ultrahang (Ultrasound – U/S) radiológiai berendezéseit, a felvételek adatkezelését alkalmazzák. – NZ (1. ábra)

A vizsgált leggyakoribb 4 ráktípus diagnosztikai felvételeinek európai állománya heterogén. Az értékelt felvételek automatikus csoportosítása harmonizálja és szintetizálja a mintában előforduló sokféle eszközt, klinikai rákkezelést.

— A rákdiagnosztika archívuma a The Cancer Imaging Archive (TCIA, US), a tájékoztató forrása: https://imaging.cancer.gov/informatics/cancer_imaging_archive.htm. – NZ



1. ábra: A CT, az MRI és PET berendezések együttes rátája országok* szerint, 2019, százalék (az OECD [db/egymillió lakos] indikátora = 100)

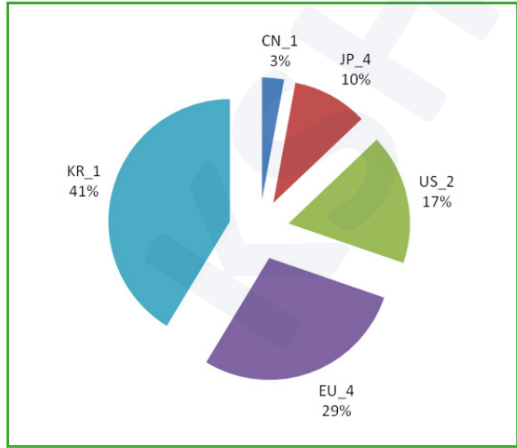
*Az ábrát az ismertető készítette, az adatok forrása (GEC [2022]). Az országok kétbetűs jelöléssel, az ábra 3 része a százalékos ráta szerint rendezve. A működő diagnosztikai (CT&MRI&PET) berendezések egymillió lakosra jutó száma az Amerikai Egyesült Államokban 91, az Egyesült Királyságban (UK) 16, a 37 OECD országban átlagosan 45.

Modellre alapozott (in silico) teszt értékeli az összeállított algoritmusokat. A projekt első szakaszát követi a tipikus esetek automatikus felismerésének klinikai validálása a 4-féle ráktípusra. A tanítás folyamatai felhasználják a szűrés és kezelés protokolljait, ezek alapozzák meg a programrendszer automatikus kalibrálását. A kialakított központi adattárház szakmai bemutatása és az európai felhasználók kiképzése 2024-től kezdődhet.

A tanításra, kalibrálásra választott reprezentatív minták keretsokasága az európai országok lezárt rákeseteinek tárolt digitális adatállománya. A programok ezek alapján határozzák meg az európai rákesetek jellemzőit, azok eloszlását a túlélési/halálozási és más releváns változók szerint. A mintavétel fontosabb ismérvei a kórtünet, a kezelési mód, a felmért tumor és diagnózis, a megállapított jellemzők (feltételezett) kapcsolata a tovaterjedéssel, a terápia tényleges kimenetele stb.

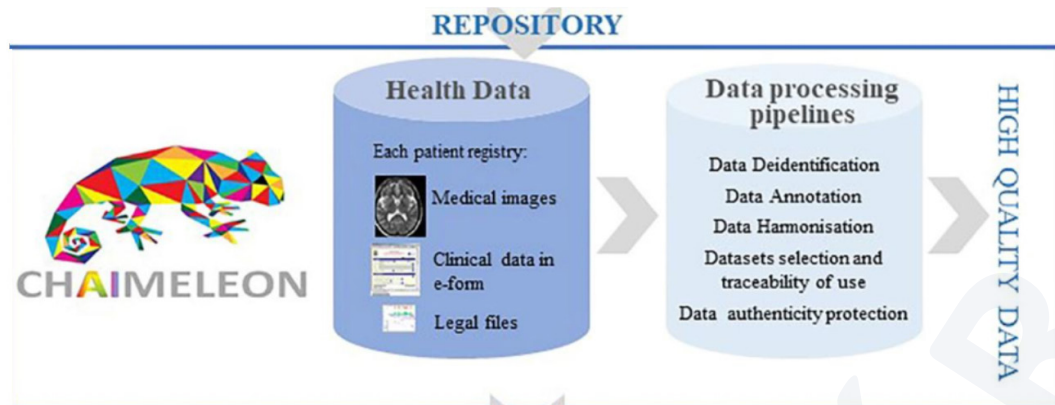
Az esetek szintetizált információi alapozzák meg a heterogén képanyag és esetleírás automatikus csoportosítását. Az MI-rendszer értékeli a diagnosztikai felvétel releváns elemeinek összefüggéseit a fontosabb klinikai eljárásokkal. A megtanított eljárások, mérték alkalmasak dokumentációk változóinak cso-

A projekt keretében egységes azonosítási eljárás, fogalmi meghatározás készül a rákesetek dokumentációinak releváns tényezőcsoportjaira. Az MI programjai összekapcsolják a tárolt képek biomarkereit és fontosabb információit a rákterápia előfordult kezelési módjaival. Az eljárás eredménye segíti harmonizált ajánlások készítését a gyakori európai rákesetek klinikai kezelésére.



2. ábra: A képalkotó diagnosztikai berendezés fontosabb gyártóinak kibocsátása térségek szerint, 2020, százalék (a minta árbevétele összesen =100)

*Az ábrát az ismertető készítette, az adatok forrása (GEC [2022]). A megoszlás az összes árbevétel százalékos értékaránya. A székhely térsége kétbetűs jelöléssel, a vállalatok számával. A legnagyobb európai gyártók: Althea Group (IT), Agfa-Gevaert Group (BE), Koninklijke Philips (NL) és Siemens (DE). A General Electric (US) és a Samsung (KR) orvostechikai üzletága több európai vállalatot is irányít.



portosítására. Az MI-programok szintetizálják az előfordult európai rákesetek adatállományait. Az eljárás mértékei például a rákeset súlyossága, kockázata, időadata, a szűrés és kezelés ráfordítása stb., illetve ezek kombinációja (Mali et al. [2021], Nan et al. [2022], Nigri et al. [2022], Stamoulou et al. [2022], Verduin et al. [2021], Whitney et al. [2021]).

Az európai ipar kínálata több észak-amerikai, japán és dél-koreai irányítású elektronikai vállalat diagnosztikai termékeivel és globális szolgáltatásaival versenyez a berendezések közbeszerzéseiben. (2. ábra)

A C-projekt eredménye a rákdiagnosztika felvételeinek egységes európai adatkezelése, ajánlott protokollokkal, keretszabályokkal, gyakorlati példatárakkal. A kutatók tervezik meg, validálják, tanítják a ráktérápia központi európai adattárházát (CHAIMELEON repository, a továbbiakban: C-repozitórium), amely automatizálja az archiválást és harmonizálást. Ez a rendszer az eset és az egyén (anonim) azonosítói szerint tárolja az elemi adatállományokat.

A rákkategória reprezentatív mintái tartalmazák a tanítható esetek információit, a szűrés, a kezelés és a következmények (Clinical End Points – CEPs)

3. ábra: A C-repozitórium adtarendszerei* (elvi vázlat)

*Az adattárház a regisztrált 4 féle rákeset CT, MRI, PET/SPECT és ultrahang képfelvételeit, digitális klinikai információit tartalmazza. A bal oldali ábrarész említi a szentitív egészségi információk (nemzeti, GDPR) jogi előírásait is. A jobb oldali ábrarészben a feldolgozási és adatforgalmi funkciók (felülről): (I) a személy azonosításának törlése (anonim tárolás), (II) annotálások, (III) harmonizálások, (IV) szelektiók és a rendeltetés szerint kiválasztott képinformáció szolgáltatása, (V) a bizalmas kezelés adatvédelmi művelete. A folyamat jó minőségű rákdiagnosztikai információkat eredményez.

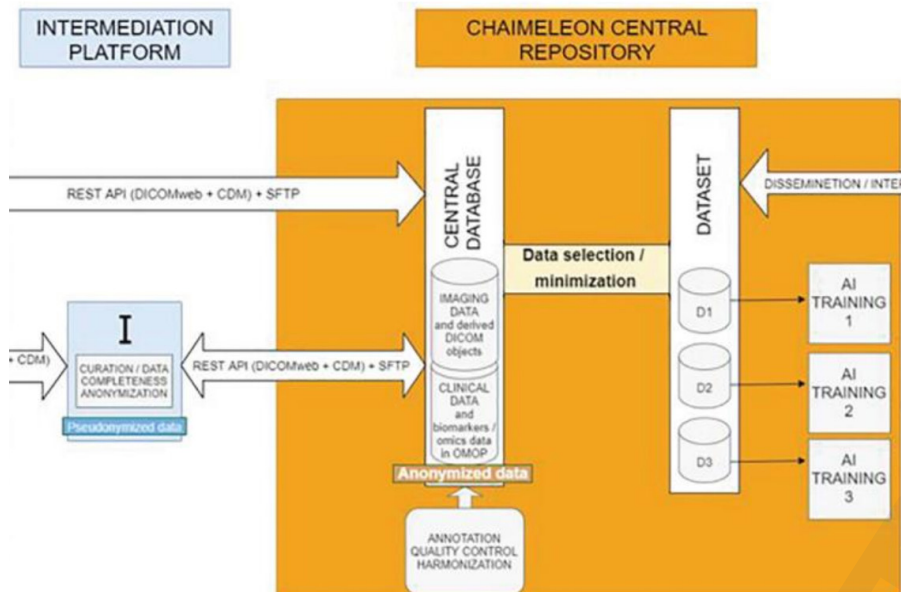
előfordult gyakori összefüggéseivel. Fontos része a C-repozitórium koncepciójának a szentitív egyedi egészségi adatok jogi, etikai és más korlátozása. Alapkövetelmény az eset információinak anonim tárolása, kezelése, a kívülálló személy hozzáférési jogosultságának meghatározása (EC [2022]).

Az adattárház MI-rendszerrel automatikusan minősíti a kockázat mértékét, fokozatát. A programok értékelik a tárolt rákdiagnosztikai felvétel mennyiségi indikátorait (quantitative imaging biomarkers – QIB).

Ráktípusok	A digitális képkötő eljárások	A minta mérete, esetek	
		AI tanítására	validálásra
Tüdőrák	CT/PET/CT	7000	4500
Mellrák	Mammográfia, DBT (Digital Breast Tomosynthesis), ultrahang, MRI	3500	2500
Kolorektális rák			
vastagbélrák	CT	2334	1667
végbélrák	MRI	1167	833
Prostatarák	MRI	6000	4000

1. táblázat: A C-repozitórium tanítási és validálási mintái* a rák típusa szerint

*A konzorcium klinikai szakértői írják elő a diagnosztikai képfelvétel reprezentatív mintavételét az elérhető (európai) keretszabályokból. Az AI modellek a minta elérhető képi és szöveges információit szintetizálva kezelik és összekapcsolják a szűrés, illetve a terápia esetei szerint tárolt információkkal.



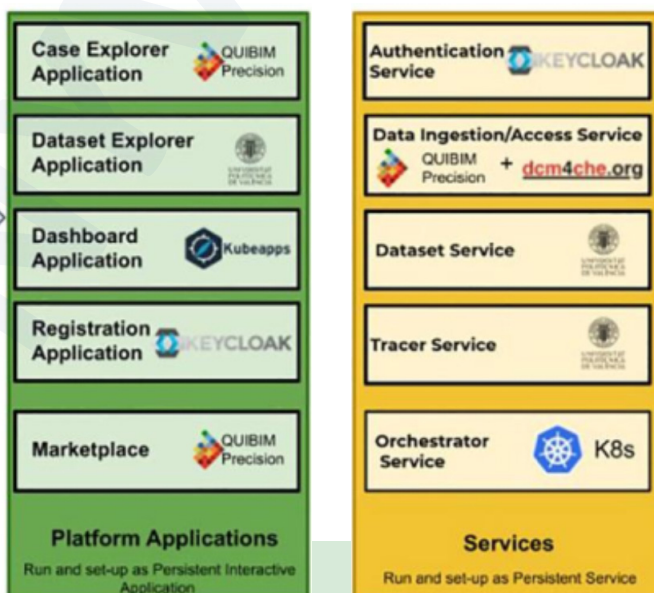
4. ábra: A C-repozitórium tervezett architektúrája* (elvi vázlat)

*A rendszer bemenetei (I jellel) interaktívan ellenőrzik, jóváhagyják az input adatállományait és azokat automatikusan anonimizálják. A kétirányú inputok interneten kapcsolódnak a külső rendszerekhez (az ábra bal oldalán).

A felvétel és a klinikai eset egyedi azonosítói összekapcsolják a tárolt (anonim) információkat. A mesterséges intelligencia (AI) feladata az anonimizálás, a minőségbiztosítás és az információk harmonizálása. Az AI sűríti a tömegesen tárolt elemi adatokat, program szerinti válogatásokkal.

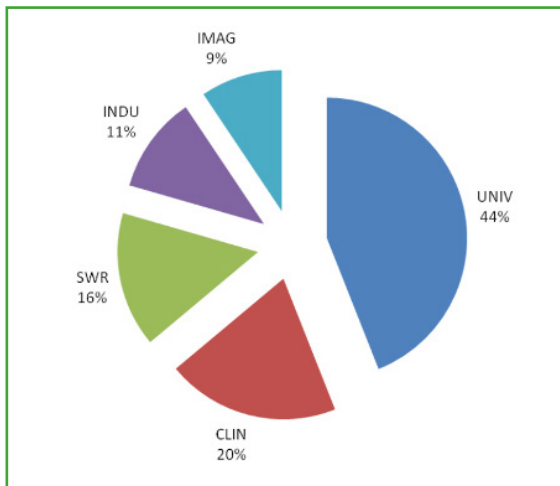
Az eljárás eredményei a D1, D2, D3 stb. feldolgozott adatállományok, amelyek alkalmazhatók az AI1, AI2, AI3 stb. jelű tanításra a rendszer protokolljai szerint.

A rendszer interaktív outputjai tartják a kapcsolatot a külső felhasználókkal (az ábra jobb oldalán).



5. ábra: A C-repozitórium működtető alrendszerei* (elvi vázlat)

*A bal oldali ábrarész a platform standard alkalmazásai a konfigurálás és futtatás programjaival: (felülről) az esetfelismerés, az adatkezelés, a megjelenítés, a regisztrálás, az elszámolás beépített applikációi. A jobb oldali ábrarész a rendszer szolgáltatásaira alkalmas konfiguráló, futtató programok (felülről) a jogosultságokra, az információk be/kimenetére, az adatállomány kezelésére, a folyamatok kijelölésére, az adatmodulok összehangolására.



6. ábra: Az uniós támogatás megoszlása a C-projekt közreműködőinek főtevékenysége* szerint, 2020–2024, százalék (előírányzatok összesen = 100)

*Az ábrát az ismertető készítette, a teljes időszak jóváhagyott támogatása 8 784 039 EUR, a megoszlás elemei a szöveg szerinti jelöléssel. Az arányok forrása: CHAIMELEON project, (*Accelerating the lab to market transition of AI tools for cancer management*) elérhető: <https://cordis.europa.eu/project/id/952172>

A tanítás fontosabb tényezői a következők a rák-esetek kiválasztott kategóriái szerint:

- az MI informatikai keretrendszere, infrastruktúrája;
- az adatbevitel (interoperábilis) eszközei, programrendszere;
- az információ védelmének előírása (GDPR), etikus eljárása, dokumentálása;
- a harmonizált kapcsolat a képfelvétel és a rákterápia eljárásai között;
- az MI-modell bemutatásának, tanításának módszerei.
- A tárolt felvétel és a klinikai döntés közötti leggyakoribb összefüggések elérhetők a C-repozitóriumban, az esetcsoportok szintetizált információival. (3. ábra)
- A C-repozitórium első prototípusa 24 hónap alatt készül el, igazolja a komplex rendszer előírt alapfunkcióit.
- A következő szakasz feladata a rendszer részeinek és a kapcsolatainak a véglegesítése.
- Ezt követi a próbaüzem és a szolgáltatások ellenőrzése a projekt 25. hónapjától.
- A konzorcium tagjai a 30. hónaptól kezdhetik meg a fejlesztés eredményeinek validálását, és ez a 34. hónapban zárul.
- A felkért külső felhasználók a 38. hónapig véleményezhetik az adattárház alkalmasságát a rákterápia gyakorlati eseteire.
- Ezt követően a 41. hónaptól indul C-repozitórium átfogó minősítése.
- A 48. hónapban (2024-ben) zárul a rendszer klinikai tesztelése, tanítása, kalibrálása.
- A projekt feladatterve szakmai bemutatókat, publikálásokat is tartalmaz.

Az elérhető európai rákdiagnosztikai adatállomány mintegy 20 millió eset digitális felvételeit tar-

talmazza, a már teljesen lezárt rákkezelések egyedi (anonim) adataival. A C-projekt ebből legfeljebb 40 ezer esetre kiterjedő reprezentatív mintát kezel, feldolgozza az elsődlegesen rögzített, helyileg értékelt komplex információkat. A projekt reprezentatív mintái a 4 rákkategória európai eseteit képviselik (*Chong et al. [2019], Granzier et al. [2021]*). (1. táblázat)

A C-projekt fejlesztéseit követő szakaszokban alkalmazható újabb európai tanítási, validálási minták rendeltetése a kezdeti modellek kalibrálása a tanulmányozott ráktípus, annak releváns tényezői szerint.

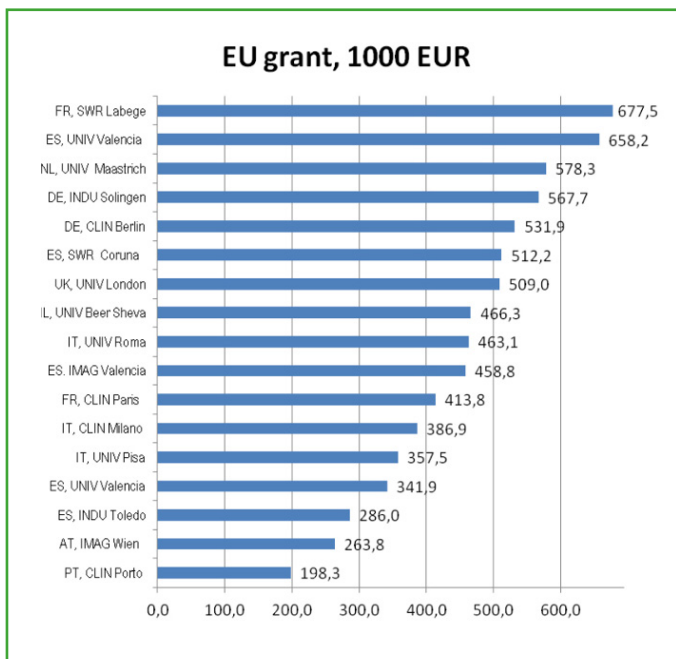
A rendszer egymással összekapcsolt modulokat tartalmaz. Az interaktív bemenet fogadja az európai intézmények rákterápiás eseteinek képfelvételeit, dokumentációit.

Az interaktív kimenet az esetcsoport szintetikus ajánlásait a rák szűrése és kezelése szakmai feladatainak igényei szerint szolgáltatja. (4. ábra)

Az informatikai alrendszerek feladata a működtetés és a környezettel tartott kapcsolat. (5. ábra, a projektA klinikai tanítás és kalibrálás mintái a diagnosztikai felvétel napját követő legfeljebb 12, illetve 24 hónapra vonatkoznak, ezt az esetcsoportok, valamint a képalkotó technológiák szerint állapítják meg. Az európai központi adattárház további kalibrálása a felkért klinikák közreműködésével történik 5 országban. A kutatók és a klinikák feladata gyakorlati szakmai útmutatók összeállítása az adatkezelésre a 4 ráktípus esetei szerint (*Granzier et al. [2022]*).

A C-repozitórium automatikusan harmonizálja a minták fontosabb adatköreit, az eljárások alapja

- a kezelt személy *profilja*, itt a változók az életkor, a nem, a lakóhely és etnikai jellemzők, a kórtünetek, a kezelések (ezen belül a halálozás) dokumentált adatai stb.;
- az észlelt *rendellenesség*, itt a változók a szövet-



7. ábra: Az uniós támogatás megoszlása a C-projekt közreműködőinek székhelye* és alaptevékenysége szerint, 2020–2024, 1000 EUR

*Az ábrát az ismertető készítette, forrás, mint a 6. ábrában. Az országok betűjellel, az intézmények székhelye a támogatási előirányzat értéke szerint rendezve. Az intézmények alaptevékenységének jelölése a 6. ábra szerint, részletes információk a projekt honlapján, <https://chaimeleon.eu/#partners>.

tani lelet, a tumor genetikai, molekuláris adatai, a kezelések és azok kimenetele stb.

A C-projekt az azonosítás bevált standardjait alkalmazza, ilyen például a MIABIS (Minimum Information About Biobank Data Sharing), az OMOP (Observational Medical Outcomes Partnership) stb. nemzetközi adatkezelési előírása. A meglévő fogalmi meghatározások 97%-a (930 szó) azonosan alkalmazható az MI-modellekben is. A C-repozitórium prototípusa eddig 24 fogalom kiegészítő meghatározását igényelte a rákterápia speciális tartalmi szerint. Speciális például a képalkotás eszközeinek, eljárásainak, információhordozóinak és a felvétel releváns ismérveinek fogalmi meghatározása az egyes rák-esetek diagnózisában.

A rák megelőzésének és kezelésének európai gyakorlata nem korlátozódik az itt vizsgált 4 gyakori halálozási okra. A rendszer infrastruktúrája, adatfel-

dolgozása alkalmazható további rákesetek, kórképek szűrési és klinikai ajánlásainak automatikus összeállítására is, a lezárt esetek mintáival (Budati-Katta [2022], Siddiqi et al. [2022], Keek et al. [2021], Moradi et al. [2015], Zhang et al. [2021]).

Az automatikusan összeállított ajánlás segíti a rákterápia technológiáinak harmonizálását, az európai szabványosítást. A C-projekt konzorciumában együttműködnek egyetemek (UNIV), klinikák (CLIN), informatikai (SWR), ipari (INDU) és képfeldolgozó (IMAG) gazdasági egységek. (6. ábra)

A C-projekt egyetemi és klinikai kutatóhelyeinek többsége spanyol (ES) és olasz (IT). (7. ábra)

A rák szűrése, terápiája a közegészségügy egyik gyorsan fejlődő területe. Nemzetközi együttműködés valósul meg a rákkezelés információinak harmonizálására, felhasználva a mesterséges intelligenciát is. A támogatott C-projekt várható eredménye a gyakori rákesetek automatikus azonosítása. A rendszer tanítása, validálása, kalibrálása kezdetként a rák 4 eset-típusára végezhető, reprezentatív európai mintákra alapozva. Az automatikus diagnózis olyan ajánlásokat eredményez, amelyek javítják a klinikai eljárások hatékonyságát. A képalkotó radiológiai központok és a kapcsolódó vállalkozások a világháló útján kapcsolatba léphetnek a (globális) szolgáltatásaikat felhasználó távoli klinikákkal is. Erre alapozott a C-projekt 18 együttműködő intézményének adatforgalma és közös rendszerfejlesztése is.

Nemzetgazdasági és vállalati érdekek kapcsolódnak a C-projekt kutatásaihoz. Az orvosdiagnosztikai rendszerek 2021. évi globális piaca mintegy 43 milliárd USD, ebben több mint 49% a radiológiai eszközök aránya. A projekt elősegíti a CT-, MRI-, ultrahang- és röntgenberendezések európai innovációit, növeli az eszközök alkalmazásának hatékonyságát. A röntgenteknika egykori túlsúlya csökkenő tendenciájú a globális keresletben, ugyanakkor nő a CT (2016: 20,5%) és az MRI (2016: 18,5%) piaci aránya. (EC [2022], GEC [2022])

A digitális diagnosztikai eszközök egymillió lakosra jutó rátája, az állomány térségi megoszlása és a technológiák színvonala, az eszközpark korszerűsége összefügg a közfinanszírozott és a magánklinikák gazdasági súlyával.

NÁDUDVARI ZOLTÁN

IRODALOM

- BUDATI, A. K. – KATTA, R. B. [2022]: An automated brain tumor detection and classification from MRI images using machine learning techniques with IoT. *Environment, Development and Sustainability*. 10570–10584. <http://link.springer.com/10.1007/s10668-021-01861-8>
- CHONG, A. – WEINSTEIN, S. P. – MCDONALD, E. S. – CONANT, E. F. [2019]: Digital Breast Tomosynthesis: Concepts and Clinical Practice. *Radiology*, 1. sz. 1–14. <https://doi.org/10.1148/radiol.2019180760>
- EC [2022]: *Regulatory framework proposal on artificial intelligence*. Brussels, European Commission. 2022. szeptember 28. 1–13. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/policies/regulatory-framework-ai>
- SAN JOSÉ ESTÉPAR, R. [2022]: Artificial intelligence in functional imaging of the lung. *The British Journal of Radiology*, 1132. sz. 1–14. <https://doi.org/10.1259/bjr.20210527>
- GEC [2022]: *Medical Imaging Equipment*. Global Electronics Council. 1–72. <https://globalelectronicscouncil.org/wp-content/uploads/medical-imaging-equipment-state-of-sustainability-research.pdf>
- GÓMEZ-GONZÁLEZ, E. – GÓMEZ, E. [2020]: *AI Watch. Artificial Intelligence in Medicine and Healthcare: applications, availability and societal impact*. Luxembourg, Publications Office of the European Union. 1–88. <https://dx.doi.org/10.2760/047666>
- GRANZIER, R. W. et al. [2021]: MRI-Based Radiomics Analysis for the Pretreatment Prediction of Pathologic Complete Tumor Response to Neoadjuvant Systemic Therapy in Breast Cancer Patients: A Multicenter Study. *Cancers*, 10. sz. 1–17. <https://doi.org/10.3390/cancers13102447>
- GRANZIER, R. W. et al. [2022]: Test-retest data for the assessment of breast MRI radiomic feature repeatability. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2. sz. 592–604. <https://doi.org/10.1002/jmri.28027>
- IBRAHIM, A. et al. [2021]: The application of a workflow integrating the variable reproducibility and harmonizability of radiomic features on a phantom dataset. *PLoS One*, 5. sz. 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251147>
- KEEK, S. A. et al. [2021]: A Prospectively Validated Prognostic Model for Patients with Locally Advanced Squamous Cell Carcinoma of the Head and Neck Based on Radiomics of Computed Tomography Images. *Cancers*, 13. sz. 1–17. <https://doi.org/10.3390/cancers13133271>
- MALI, S. A. et al. [2021]: Making Radiomics More Reproducible across Scanner and Imaging Protocol Variations: A Review of Harmonization Methods. *Journal of Personalized Medicine*. 9. sz. 1–30. <https://doi.org/10.3390/jpm11090842>
- MORADI, E. et al. [2015]: Machine learning framework for early MRI-based Alzheimer's conversion prediction in MCI subjects. *NeuroImage*. 398–412. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.10.002>
- NAN, Y. et al. [2022]: Data harmonisation for information fusion in digital healthcare: A state-of-the-art systematic review, meta-analysis and future research directions. *Information Fusion*. 99–122. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2022.01.001>
- NIGRI, A. et al. [2022]: Quantitative MRI Harmonization to Maximize Clinical Impact: The RIN–Neuroimaging Network. *Frontiers in Neurology*, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.855125>
- PESAPANE, F. – CODARI, M. – SARDANELLI, F. [2018]: Artificial intelligence in medical imaging: threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine. *European Radiology Experimental*, 35. sz. 1–10. <https://doi.org/10.1186/s41747-018-0061-6>
- SIDDIQI, M. H. – AZAD, M. – ALHWAITI, Y. [2022]: An Enhanced Machine Learning Approach for Brain MRI Classification. *Diagnostics*, 11. sz. 1–19. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12112791>
- STAMOULOOU, E. et al. [2022]: Harmonization Strategies in Multicenter MRI-Based Radiomics. *Journal of Imaging*, 11. sz. 1–22. <https://doi.org/10.3390/jimaging8110303>

- VERDUIN, M. et al. [2021]: Prognostic and Predictive Value of Integrated Qualitative and Quantitative Magnetic Resonance Imaging Analysis in Glioblastoma. *Cancers*, 4. sz. 1–19. <https://doi.org/10.3390/cancers13040722>
- VISVIKIS, D. et al. [2022]: Application of artificial intelligence in nuclear medicine and molecular imaging: a review of current status and future perspectives for clinical translation. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 4452–4463. <https://doi.org/10.1007/s00259-022-05891-w>
- WHITNEY, H. M. – LI, H. – JI, Y. – LIU, P. – GIGER, M. L. [2021]: Multi-Stage Harmonization for Robust AI across Breast MR Databases. *Cancers*, 19. sz. 1–16. <https://doi.org/10.3390/cancers13194809>
- ZHANG, Z. – LI, G. – XU, Y. – TANG, X. [2021]: Application of Artificial Intelligence in the MRI Classification Task of Human Brain Neurological and Psychiatric Diseases: A Scoping Review. *Diagnostics*, 8. sz. 1–27. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11081402>

Tervek a digitális készségek hiányosságainak mérséklésére

Centeno Clara – Karpinski Zbigniew – Urzi Brancati Cesira: *Supporting Policies Addressing the Digital Skills Gap*

Luxembourg, Publication Office of the European Union, 2022. 1–92. o.

DOI: [10.2760/07196](https://doi.org/10.2760/07196)

A tanulmány az Eurostat, és három további nemzetközi szervezet digitális készséggel kapcsolatos felvételeit elemzi. Minden országban érzékelhető kisebb-nagyobb digitális összehanghiány az emberek ilyen jellegű tudása (kínálat) és a társadalom és gazdaság által támasztott igény (kereslet) között. A 45 éven felüliek és az alacsony iskolai végzettségűek digitális felzárkóztatása a legfontosabb cél, amit elsősorban képzéssel és munka közbeni tanulással lehet megvalósítani. A Covid19 közben és után a távmunka gyors elterjedése miatt a digitális tudás lökészerű fejlődést ért el, ám erről itt nincs információ.

TÁRGYSZAVAK: digitális készségek, digitális összehang hiánya, foglalkoztatottak, munkanélküliek, inaktívak digitális jártassága, országok közötti digitális tudásbeli különbségek, távmunka

Manapság a digitális készségek még fontosabbá váltak, mint valaha, mert az embereket e készség képessé teszi arra, hogy résztvevői lehessenek digitális társadalmunknak és gazdaságunknak. Ennek hiánya megfosztja az embereket a bennük szunnyadó erők felszabadításától, a társadalmi integrációtól és a munkaerőpiacon való elhelyezkedéstől. Felismerve e tudás nélkülözhetetlenségét, az Európai Bizottság 2022. januárban megjelentetett egy nyilatkozatot az európai digitális jogokról és elvekről (Declaration on European Digital Rights and Principles). Lényege, hogy oktatással, képzéssel, élethosszig tartó tanulással mindenkinek legyen lehetősége alaptól a felső szintig a digitális készségeket megszerezni.

Ennek megvalósításához, azaz a digitális készségek hiányosságainak mérsékléséhez megbízható adatokra és elemzésekre van szükség. E tanulmány adatai az Eurostat-tól, az OECD-től (Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet), a CEDEFOP-tól (Európai Szakképzésfejlesztési Központ) és az Eurofoundtól (Európai Alapítvány, az élet- és munkakörülmények javításáért létrehozott európai uniós ügynökség) származnak. A fő cél a

digitális készségek növelése és az ebben megfigyelhető hiányosságok mérséklése (*Vazquez et al. [2019]*). A digitális kompetenciák állampolgároknak szóló vázlata (Digital Competence Framework for Citizens – DigComp) már a mesterséges intelligenciáról, a félrevezető tájékoztatásról (misinformation) és a rossz információról (disinformation) írottakat is magában foglalja.

Az Európai Bizottság által 2020-ban megjelentetett, *Európai készségek jegyzéke (European Skills Agenda)* című kiadvány ambíciózus terve szerint 2025-re a 16–74 évesek 70%-ának legalább alapszintű digitális készségre kell szert tennie. Egy másik dokumentum 2030-ra ugyanezt a célt, ugyanerre a körre már 80%-ban határozza meg. További célok között szerepel a digitális intelligencia erősítése, az ezirányú továbbképzések támogatása, az alapszintű és a fejlett készségek szintje között kialakult digitális megosztottság mérséklése. A kutatást nehezíti, hogy nincs standard definíciója sem a digitális kompetenciáknak, sem a digitális jártasság szintjeinek, de az adatgyűjtési módszertan különbségei és az eltérő évekre vonatkozó adatgyűjtések is módszer-

tani kihívásokat és korlátozásokat jelentenek az eredmények összehasonlításában.

Az Eurostat szerint 2019-ben a 25–64 évesek (közelítőleg a munkavállalási korú népesség) 40%-ának a digitális készsége az alapszintű tudást sem érte el. Az e körbe tartozók negyede a felvételt megelőző 3 hónapban nem használt internetet, háromnegyedük ugyan internetezett, de digitális jártasságuk szintje a nullához közelítő. Az egyik legfontosabb terv a digitális eszközök használatának elősegítése, valamint a kompetenciák elsajátításának támogatása. Különösen az internetet nem használókra hívják fel a figyelmet, mert számítógépes tapasztalat nélkül a munkaerőpiacon már nehéz érvényesülni, sőt a digitális készségek egyre inkább meghatározókká válnak. Közülük is a legtöbb segítséget a 45 éves és idősebb korosztálynak kell megadni, elsősorban azoknak, akiknek az iskolai végzettsége csak alap-, illetve középfokú. Speciális figyelmet érdemel a fiataloknak az a csoportja, akik alacsony végzettségűek, valamint akik nem tanulnak, semmilyen képzésben nem vesznek részt és nem is dolgoznak. A digitális jártasság megszerzése nemcsak a munkaerőpiaci helyzetüket javítja, de növeli az önbizalmukat és képessé teszi őket az online álláskeresésre, sőt segíti a kommunikációs és együttműködési készség fejlődését, nyitottá teszi az érintetteket a további tanulmányokra, ami különösen fontos lenne a csak általános iskolai végzettséggel rendelkezők számára.

Ezen alapszintet sem elérik 40%-os aránya az európai uniós országok között jelentősen szóródik. A legalacsonyabb arányt Finnországban (17%) és Hollandiában (19%) mérték, míg a legmagasabbat Bulgáriában és Romániában (69–69%). Az alapszintnél magasabb digitális jártasság Romániában (10%) és Bulgáriában (11%) a legkisebb arányú, a legmagasabb Finnországban (54%) és 50% körüli Hollandiában, Svédországban, az Egyesült Királyságban és Dániában. Az internetet nem használók 10%-os európai uniós átlaga csak 1–2% Svédországban, Finnországban, Dániában és Luxemburgban, ezzel szemben 22–25%-ot ér el Romániában és Bulgáriában. A 16–24 évesek korcsoportjában az alapszintű digitális tudást sem elérik aránya 18%, akiknek negyede csak általános iskolai végzettséggel rendelkezik. Ezzel szemben az 55–64 évesek 58%-ának minimális a számítógépes készsége, ami Finnországban csak 30%, de Romániában és Bulgáriában 80% körüli arányt mutat. Internetet az e korcsoportba tartozók 21%-a nem használ. A csak általános iskolai végzettséggel rendelkező 25–64 évesek 76%-ának

csak alapszint alatti digitális készsége van, ami az országok között 46 és 99% között szóródik, kivéve Finnországot, ahol csak 34%.

A falun élő 25–64 évesek 51%-ának vannak súlyos digitális tudásbeli hiányosságai, a városokban e téren sokkal jobb a helyzet (35%). A keresők jövedelmének a digitális készségekre is van hatása. Az első kvartilisbe tartozók 60%-a, a másodikban lévők 51%-a nem igazán barátja a számítógépnek. Az első és negyedik kvartilisekbe tartozók digitális készségei közötti különbség átlaga 40 százalékpont, ami a dániai 15-től a litvániai 59 százalékpontig terjed. Az Európai Unióban a munkanélküliek 57%-ának van az alapszintnél is alacsonyabb mértékű digitális készsége, ami Hollandiában csak 16, de Bulgáriában meghaladja a 90%-ot. A munkanélküliek ki vannak zárva a digitális készségek munka közbeni fejlesztésének lehetőségeiből és a munkáltatók által támogatott képzésekből is. Az inaktívoknak e téren mért 67%-os aránya a finnországi 36, valamint a ciprusi és bulgáriai 90% között szóródik. A foglalkoztatottak és munkanélküliek közötti, alapszintet sem elérő digitális készségbeli eltérés 21 százalékpont, ami Hollandiában, Luxemburgban, Dániában és Máltán nulla, de Magyarországon 36 százalékpont.

A foglalkozások között a mezőgazdasági munkások, az ipari dolgozók, az üzemi operátorok, a szolgáltatásban és a kereskedelemben foglalkoztatottak, valamint a szakképesítést nem igénylő foglalkozások 75%-a alig használ az infokommunikációs technológia által (ICT) nyújtott lehetőségeket, míg a foglalkozások palettájának másik szélén a menedzserek, az értelmiségiek, a technikusok és a hivatalnokok gyors ütemben sajátítják el e technológia vívmányait, amivel egyúttal segítik saját karrierfejlődésüket, foglalkozási mobilitásukat és növelik élettartamukat is. Az alulképzettek tovább-, illetve átképzése azért szükséges, hogy lépést tartsanak a világ fejlődésével, a magasfokú digitális készséggel rendelkezőknél pedig a gyorsan változó ismeretek elavulásának megakadályozása a cél. Különösen igaz ez a technológiai változásoknak kitett foglalkozásokat folytatókra. A döntéshozóknak, a munkáltatóknak, az oktatást és képzést tartó szervezeteknek és a helyi közösségeknek törekedni kell a párbeszédre és az együttműködésre, hogy a digitális készségfejlesztés a lehető legtöbb egyént bevonva a lehető legmagasabb színvonalon történhessen meg.

Közismert, hogy az utóbbi időszakban a digitális transzformáció üteme felgyorsult, ami együtt járt a robotizáció, valamint az ember és a robotok együttműködésével megvalósuló termelés (cobotisation) fel-

futásával. Az adatgyűjtésben, az adatfeldolgozásban és az elemzésben kialakult jártasság segíti a gépi tanulást és a mesterséges intelligencia használatbavételét is, ami a jövőben még mélyebb analitikai és digitális készségeket igényel az ilyen feladatokkal foglalkozóktól. A változások mértékét jelzi, hogy 2018-ban egy év alatt az internethasználók 16%-ánál a munkaköri feladatok megváltoztak, mert új szoftvert vagy komputerizált felszerelést vezettek be és 29%-ának meg kellett tanulnia, hogyan használja az új szoftvert és hardvert. A digitális készségek fejlesztésébe bele kell érteni a „soft skill”-t is, ami csoportorientációt, kommunikációs készséget, szervezőképességet, rugalmasságot, mobilitási és érzelmi intelligenciát, motiválhatóságot és kreativitást jelent.

Az Eurostat, az Eurofound, az Európai Szakképzésfejlesztési Központ (CEDEFOP) és a Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (OECD) felvételei számos tekintetben eltérnek egymástól, ezért nehéz interpretálni és összehasonlítani adataikat. Az Eurostat akkor tekint valakit alapszintű digitális készséggel rendelkezőnek, ha az információ, kommunikáció, problémamegoldás, szoftver területek közül legalább egyben jártasságot tanúsít. A CEDEFOP ehhez a szinthez megköveteli, hogy a foglalkoztatott egyén használjon PC-t, tabletet vagy mobil eszközt e-mailezésre vagy internetböngészőt a munkaköréhez. A kutatást végző szervezetek eltérő korcsoportokat vonnak vizsgálat alá (24–64, 16–65, 16–74 évesek stb.). A digitális készségek megszerzésének egyik legfontosabb feltétele a számítógéphez való hozzáférés és annak használata (Berger–Frey [2016]). A digitális készségekben mért országok közötti különbségek nagyságának 70%-a ennek a két feltételnek az eltéréseire vezethető vissza.

Az OECD felvételeiben 2012-ben és 2014-ben azt kérdezték a keresőktől, hogy rendelkeznek-e olyan digitális készséggel, amivel jól el tudják látni a munkájukat, illetve ennek hiánya hatással van-e a munkába való felvételükre, előléptetésükre, fizetésemelésükre. Az önértékelésben az országok közötti kulturális különbségek is szerepet játszhatnak. Az OECD összeírása is megerősíti, hogy a 16–65 évesek korcsoportjában a számítógépes tapasztalatokkal nem rendelkezők aránya erősen függ az érintettek korától, de ennél is erősebb hatása van az iskolai végzettség szintjének. A csak általános iskolai végzettséggel rendelkezőknek nagy esélyük van arra, hogy sokuknak a digitális készsége a nullához konvergáljon. Ezért a jövőben a legalacsonyabb iskolai végzettségűek digitális készségének fej-

lesztésére kell koncentrálni. Az OECD e kutatása arra is felhívja a figyelmet, hogy a foglalkoztatottak digitális tudása minden országban magasabb, mint a munkából valamilyen okból kimaradottaké. E téren a két csoport közötti különbség a legfejlettebb országokban a legkisebb és a kevésbé fejlettekben a legnagyobb. A számítógépes tapasztalat nélküli létezés a legnagyobb eséllyel az inaktivitás és az általános iskolai, illetve középiskolai végzettség hiánya vezet. Érdekes megemlíteni, hogy a migránsok e téren is hátránnyal küzdenek, mert köztük 4 százalékponttal nagyobb a digitális készség nélkül élők aránya. Az egyedülállók (hadjadonok, nőtlének, elváltak, özvegyek) számítógépes tudása 1,5%-kal marad el a párkapcsolatban élőkétől.

A CEDEFOP 24–65 éves korcsoportra vonatkozó 2014. évi felvétele szerint a válaszolók 52%-a azt állította, hogy középszintű infokommunikációs technológiai tudásra van szüksége ahhoz, hogy munkáját elláthassa, 19%-uk alapszintű jártasságot is elegendőnek tartott. További 14%-uk nyilatkozott úgy, hogy felsőfokú digitális készségre van szüksége és csak a fennmaradók állították (minden hetedik foglalkoztatott) azt, hogy munkájukban nincs szükség számítógépes tudásra. A szükségesnek vélt alap- és középszintű digitális készség 71%-os európai uniós átlagához képest Svédországban és Dániában ez az arány 80% feletti volt. A digitális tudás szintjében foglalkozásonként jelentős különbségek alakultak ki: a kisegítő foglalkozásúak 56, a szakképzett mezőgazdasági foglalkoztatottak 42, a kereskedelmi dolgozók 37, az üzemi operátorok 36%-ának nincs digitális tudása.

Az Eurostat 2018. évi felvétele szerint a 16–74 évesek 42%-a használt munkájához számítógépet, laptopot, okostelefont, tabletet vagy más hordozható digitális eszközt és dolgozott komputerizált környezetben. 2018-ban a 15–64 évesek 73%-a tartozott ahhoz a munkaerő-állományhoz, amelynek 58%-a munkája közben számítógépet is igénybe vett. A legtöbben e-maileket fogadnak és küldenek, elektronikus dokumentumokat szerkesztenek és speciális munkájukhoz kötődő szoftverekkel dolgoznak. Feladata végzéséhez 18%-uk a szociális médiát is felhasználja.

Közismert, hogy a digitális ismeretek rohamos sebességgel változnak, beleértve az elavulást is. McGuinness et al. [2021] vizsgálta a digitális jártasságot érintő technológiai változást. Úgy találta, hogy az Európai Unióban dolgozók 16%-a a megelőző 5 év digitális tudását már elavultnak minősítette. A legmagasabb arányú változást Észtországban (28%), Szlovéniában (25%), Csehországban (24%), Portugá-

liában és Írországban (21-21%) érzékelték. A leggyorsabb avulást a legfejlettebb digitális tudást nyújtó ICT-szektorban dolgozók érezték, míg a közepes vagy alapszintű számítógépes jártasságot igénylő foglalkozásokban ez kisebb mértékű. Az alapszintnél is kisebb tudással rendelkezők viszont alig érezték technológiai avulást.

Az európai munkaerő-állomány 3,8%-a attól szenved, hogy hiányzik a digitális tudása munkája ellátásához. A mintába kerültek 61%-ának közepes szintű készségekre lenne szüksége, alapszintűre 22, míg felsőfokúra 17%-nak. A legnagyobb eltérést a készségigények és készségkínálatok között Észtországban, Svédországban és Szlovéniában mérték (9-11%). Ez azt jelenti, hogy a magas szintű digitális tudás sem eredményez elégedettséget egy országban, ha az igények szintje jóval meghaladja a kínálatot. Magyarországon e téren kicsik az eltérések, középszinten a hiány mértéke csak 2-3%, míg alap- és felsőszinten 4-5%. 2018-ban azok közül, akik munkájukhoz digitális eszközt használtak, 11%-nyian érezték úgy, szükségük lenne továbbképzésre, hogy a számítógépekkel, szoftverekkel, alkalmazásokkal kapcsolatos ismereteknek a teljes birtokában legyenek munkájuk lehető legjobb színvonalon való ellátásához.

Az OECD 13 országra kiterjedő (Magyarország ebben nem szerepel) 2015. évi felvételében arra a kérdésre, hogy van-e elég digitális tudása a kérdezettnek munkája jó minőségben való ellátásához, a válaszolók 7,5%-a nemmel válaszolt. Érdekes, hogy a legmagasabb digitális kultúrával rendelkező északi országokban a negatív válaszok elérték a 10%-ot (Svédországban 8,6%). A mintába kerültek 5,4%-a szerint digitális készségeik hiányosságai hatással vannak az elhelyezkedésre, a munkahelyi előmenetelre és a fizetésemelésre. Mindezek ösztönzőleg hatnak a digitális tudás fejlesztésére, illetve az esetek egy részében a dolgozók munkahely-változtatásra kényszerülnek. A felvétel tanúsága szerint a válaszolók 87%-ánál többé-kevésbé illeszkednek egymáshoz a digitális készségigények és készségkínálatok, de minden 10. embernél túlképzettség, míg 3%-nál alulképzettség figyelhető meg.

A négy szervezet felvételi eredményeinek összehasonlításából az szűrhető le, hogy az aktív dolgozók körében a digitális összhang hiánya (skill mismatch) 3 és 11% közöttire tehető. E rés mérsékelhető a munka közbeni tanulással, illetve a munkáltatók által szervezett tovább- és átképzéssel. A foglalkozások körében két csoportra jellemző a legnagyobb digitális szaka-

dék: a szakképzett mezőgazdasági, erdészeti, halászati munkakörökben, illetve a kisegítő munkát végzők körében. A munkáltató vállalkozások mérete szerint e témában igen érdekes kép bontakozik ki. Talán a várttal szemben a legnagyobb (1000 fő feletti) létszámú munkáltatók körében a legmagasabb arányú (57%) azok köre, ahol a dolgozók „digitális illeszkedésihiányt” érezték. A kis és közepes méretű cégeknél ez a ráta csak 24, illetve 23%, míg a mikrovállalkozásoknál mindössze 12%. Az oktatás-képzés mellett szervezeti változtatásokban gondolkodnak, a munkafolyamatok megváltoztatásától sem riadnak vissza, a feladatok újraelosztását tervezik, új munkaerőt vesznek fel, kiszervezik a digitális feladatot más munkáltatóhoz, hogy mérsékeljék a rést.

Az e tanulmány alapját képező kutatások a Covid19 előtt lezárultak, ezért különösen fontos lenne, hogy a pandémia által okozott munkahelyi változásokról is ismeretünk legyen, különösen a távmunkában dolgozók digitális felkészültségéről (Milasi–Gonzales–Vázquez–Fernandez-Macias [2020]). A járvány egyik következménye, hogy radikálisan megnőtt az otthoni munkavégzés aránya. A munkavállalók többségének az a vágya, hogy a távmunkát a pandémia vége után is folytathassa. E munkamódszer jelentős hatást váltott ki más online tevékenységekre is (iskolai oktatás, vásárlás, közigazgatási ügyek intézése, betegellátás stb.). Lehetséges, hogy az elmúlt években mélyebb digitális szakadék alakult ki az igények és a lehetőségek között, amit folyamatos átképzéssel, továbbképzéssel, formális és nem formális tanulással lehetne mérsékelni. Az is tény viszont, hogy a járvány néhány hónap alatt hatalmas tömegeket kényszerített digitális tudásuk elmélyítésére.

A tanulmány korunk egyik legfontosabb témáját, a digitalizáció helyzetét, ennek az EU-országok közötti eltéréseit mutatja be több szervezet felvételeinek felhasználásával, igen nagy hozzáértéssel. Számos javaslatot ad a digitális készségek és igények összehanghiányának felszámolására. A dolgozat szemléletével, problémafelvetésével, következtetéseivel az olvasónak semmi gondja nem lehet, de zavaró, hogy a 2022-ben megjelent munka 2014., 2015. sőt 2012. évi adatokkal is operál, miközben a digitalizációban a fejlődés közismerten lökésszerű, az elavulás pedig gyors. A Covid19-cel kapcsolatos digitális változásokra e tanulmány így nem tud válaszokat adni.

HAJNAL BÉLA

IRODALOM

- BERGER, T. – FREY, C. B. [2016]: *Digitalization jobs and convergence in Europe – Strategies for closing the skills gap*. Oxford, Oxford Martin School. 1–51. <http://hdl.voced.edu.au/10707/424509>
- MCGIUNNESS, S. – POULIAKAS, K. – REDMOND, P. [2021]: *Skills-Displacing Technological Change and Its Impact on Jobs: Challenging Technological Alarmism?* Dublin, Economics of Innovation and New Technology. 1–28. <https://docs.iza.org/dp12541.pdf>
- MILASI S, I. – GONZALES-VÁZQUEZ, I. – FERNANDEZ – MACIAS, E. (2020): *Telework in the EU before and after the COVID-19: where we are, where we head to*. Luxembourg, European Union. 1–8. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2021-06/jrc120945_policy_brief_-_covid_and_telework_final.pdf
- VAZQUEZ, I. G. et al. (szerk.) [2019]: *The changing nature of work and skills in digital age*. Luxembourg, Publication Office of the European Union. 1–101. <https://dx.doi.org/10.2760/679150>