



AZ MI ÉS A CNC-TECHNOLÓGIA KAPCSOLATA

THE RELATIONSHIP BETWEEN AI AND CNC TECHNOLOGY

Burai István György,¹ Czifra György²

¹ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gyártástechnológiai Intézeti Tanszék, Budapest, Magyarország, burai.istvan@bgk.uni-obuda.hu

² Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gyártástechnológiai Intézeti Tanszék, Budapest, Magyarország, czifra.gyorgy@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

Our research focuses on the applicability of artificial intelligence (AI) in the education of CNC programming. In this article, we present the current application areas of AI, focusing on its role in CNC technology. We define what the term artificial intelligence entails and briefly review its application areas. The acronym CNC is interpreted, and we summarize the history of CNC. We examine the potential of artificial intelligence, which we use to support CNC technology, and we present the application of AI in the context of Industry 4.0.

Keywords: *artificial intelligence, CNC, Industry 4.0.*

Összefoglalás

Kutatásunk középpontjában a mesterséges intelligencia (MI) CNC-programozás oktatásában való alkalmazhatóságának vizsgálata áll. Ebben a cikkben bemutatjuk az MI jelenlegi felhasználási területeit, fókuszálva a CNC technológiában betöltött szerepére. Megfogalmazzuk, mit takar a mesterséges intelligencia kifejezés, és röviden áttekintjük az MI felhasználási területeit. Értelmezésre kerül a CNC mozaikszó, és összefoglaljuk a CNC történetét. Megvizsgáljuk a mesterséges intelligenciában rejlő lehetőségeket, amit a CNC-technológia támogatására használunk fel, valamint bemutatjuk az MI alkalmazását az ipar 4.0 kontextusában.

Kulcsszavak: *mesterséges intelligencia, CNC, Ipar 4.0.*

1. Bevezetés

A mesterséges intelligencia (röviden MI) olyan számítógépes algoritmusok összessége, amely képes az emberi intelligenciát utánózni a különböző feladatok végrehajtása során. Ilyen tevékenység a tanulás, a problémamegoldás, a tervezés, a természetes nyelv feldolgozása vagy a képfelismerés. A mesterséges intelligencia a rendelkezésre álló adatok alapján, emberi beavatkozás nélkül képes érvelni és döntéseket hozni [1].

A mesterséges intelligencia jelenlegi fejlettségi szintjét figyelembe véve, egy típus érhető el, a speciális mesterséges intelligencia (Artificial Narrow Intelligence – ANI), amelyet szűk vagy keskeny MI-nek is szoktunk nevezni. Ez a típus kizárólag egy adott feladat végrehajtására képes, amelyet hatékonyabban végre tud hajtani, mint

az ember. Ez a jelenleg legmagasabb szintű MI, amellyel találkozhatunk. Idetartoznak például az önvezető járművek, arcfelismerő rendszerek, digitális személyi asszisztensek, nyelvi feldolgozó MI (Copilot, ChatGPT, Gemini, stb.) vagy például egy sakkjáték [2].

A fejlődés következő lépcsőfoka az általános mesterséges intelligencia (Artificial General Intelligence – AGI), amely nemcsak egyetlen feladatra specializálódna, hanem képes lenne komplex gondolkodásra, tanulásra és alkalmazkodásra többféle környezetben. Egy ilyen rendszer az emberhez hasonló módon tudna problémákat megérteni és kreatív megoldásokat keresni. Az AGI ma még kísérleti szinten létezik, fejlesztése az MI-kutatás egyik legfőbb célja.

A legmagasabb szintű elméleti típus a szupertudatos mesterséges intelligencia (Artificial Super

Intelligence – ASI), amely messze meghaladná az emberi intelligenciát nemcsak számítási kapacitásában, hanem érvelésben, döntéshozatalban, sőt, érzelmi és társadalmi intelligenciában is. Az ASI működése alapjaiban változtatná meg a társadalmi és gazdasági rendszereket, ugyanakkor jelentős etikai kérdéseket is felvetne. Ez a típus ma még pusztán elméleti síkon létezik, de fontos része a jövővel kapcsolatos MI-diskurzusnak [3]. Az alábbiakban bemutatásra kerülnek a képességekre vonatkozó eddig ismert technológiai megoldások:

A gépi tanulás (Machine Learning) olyan mesterségesintelligencia-alapú technológia, amely lehetővé teszi, hogy a számítógépes rendszerek automatikusan tanuljanak és fejlődjenek tapasztalatok, illetve adatok feldolgozása révén, anélkül hogy kifejezetten minden egyes lépést programozni kellene. Az algoritmusok mintázatokat ismernek fel az adathalmazokban, és ezek alapján képesek előrejelzéseket, döntéseket vagy osztályozásokat végezni. A gépi tanulás három fő típusa a felügyelt tanulás (supervised learning), ahol ismert bemenet-kimenet párokkal tanul a modell. A felügyelet nélküli tanulás (unsupervised learning), amely rejtett szerkezetek és csoportosítások felfedezésére alkalmas, valamint az erősített tanulás (reinforcement learning), ahol a rendszer jutalmazás és büntetés alapján alakítja ki döntési stratégiáit. A gépi tanulást napjainkban széles körben alkalmazzák például ajánlórendszerekben (Netflix, Spotify), pénzügyi előrejelzésekben, egészségügyi diagnosztikában, csalásfelismerésben és önvezető járművek irányításában.

A mély tanulás (Deep Learning) a gépi tanulás egy speciális ága, amely mély neurális hálózatokat használ. Ezek a hálózatok nagy mennyiségű adatból tanulnak, és képesek komplex feladatokat végrehajtani. Ilyen például a képfelismerés és a természetes nyelvfeldolgozás. A mély tanulás különlegessége, hogy többretegű neurális hálózatokat alkalmaz, amelyek képesek hierarchikus reprezentációkat létrehozni az adatokból. Ez lehetővé teszi, hogy a rendszer fokozatosan egyre elvontabb szinteken értelmezze az információt. A mély tanulás technikai jelentős előrelépést hoztak a gépi látás, beszédfelismerés és természetes nyelvfeldolgozás területén. Például a konvolúciós neurális hálózatok (Convolutional Neural Network – CNN) kiválóan alkalmasak képfelismerési feladatokra, míg a hosszú-rövid távú memóriával (Long Short-Term Memory – LSTM) rendelkező hálózatok hatékonyak a szekvenciális adatok, például szövegek feldolgozásában [4].

Az önvezető autók fejlesztése során a mély tanulás és a számítógépes látás kulcsszerepet játszik. Az ilyen rendszerek konvolúciós neurális hálózatokat (CNN-eket) használnak, hogy feldolgozzák a kamerák és szenzorok által gyűjtött adatokat. Ezek a hálózatok képesek felismerni és értelmezni a környezetet, például az útjelzéseket, gyalogosokat, más járműveket és az útviszonyokat. Az önvezető autók folyamatosan tanulnak, és alkalmazkodnak a különböző közlekedési helyzetekhez, ami növeli a biztonságot és hatékonyságot. A mély tanulás és számítógépes látás alkalmazása lehetővé teszi, hogy az autók önállóan navigáljanak, elkerüljék az akadályokat, és biztonságosan közlekedjenek anélkül, hogy emberi beavatkozásra lenne szükség. Az Uber és a Tesla például jelentős előrelépéseket tett ezen a területen, és folyamatosan fejlesztik az önvezető technológiáikat [5].

A természetes nyelvfeldolgozás (Natural Language Processing - NLP) az MI azon ága, amely az emberi nyelv megértésére és generálására összpontosít. Az NLP alkalmazásai közé tartozik például az autocorrect és spell-check funkciók, amelyek segítenek a helyesírási hibák javításában és a szövegek pontosításában. Továbbá, az NLP-t használják szentimentelemzésre, amely lehetővé teszi a szövegek érzelmi tartalmának felismerését és elemzését, például a közösségimédia-bejegyzésekben vagy ügyfélvéleményekben. Az NLP alkalmazható kérdés-válasz rendszerekben is, amelyek automatikusan válaszolnak a felhasználók kérdéseire, például ügyfélszolgálati chatbotokban. Ezenkívül az NLP-technológiát használják szövegfordításra, amely lehetővé teszi a különböző nyelvek közötti automatikus fordítást, például a Google Translate-ben. Az NLP alkalmazásai közé tartozik továbbá a beszédfelismerés, amely lehetővé teszi a beszélt nyelv szöveggé alakítását, például a Siri és Alexa virtuális asszisztensekben. Néhány népszerű NLP-szoftveres megoldás [6]:

- a spaCy egy Python-alapú könyvtár, amely több mint 72 nyelvet támogat, és hatékony szövegfeldolgozást tesz lehetővé;
- a MonkeyLearn egy gépi tanulási platform, amely lehetővé teszi a szövegelemzést és az adatok vizualizálását;
- a Stanford CoreNLP Java-alapú NLP-eszköz, amely nyelvi annotációkat készít szövegekből, és több nyelvet támogat;
- az IBM Watson átfogó vállalati szövegelemző megoldás, amely különböző NLP-feladatokat képes végrehajtani.

A számítógépes látás (Computer Vision) lehetővé teszi a számítógépek számára, hogy képeket és videókat értelmezzenek. A számítógépes látás alkalmazásai közé tartozik az arcfelismerés, az objektumfelismerés és az önvezető autók.

Az arcfelismerő rendszerek képesek azonosítani és hitelesíteni az embereket az arcuk alapján. Például a FaceID-technológia az Apple eszközein lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy az arcukkal oldják fel a készülékeiket. Az arcfelismerést biztonsági rendszerekben is alkalmazzák, például a repülőtereken az utasok azonosítására [2, 7].

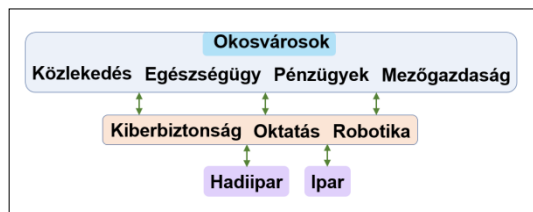
Az objektumfelismerő rendszerek képesek különböző tárgyakat azonosítani és kategorizálni a képeken. Például a YOLO (You Only Look Once) algoritmus nagy teljesítményű objektumfelismerést biztosít valós idejű alkalmazásokban, mint például a biztonsági kamerákban és az ipari automatizálásban. Az Amazon Go üzletekben az objektumfelismerés segít az automatikus fizetési rendszerek működtetésében, ahol a vásárlók egyszerűen elvehetik a termékeket a polcokról, és a rendszer automatikusan számlázza azokat [8]. Néhány népszerű szoftveres megoldás a számítógépes látásra [9]:

- az OpenCV egy nyílt forráskódú gépi tanulási és számítógépeslátás-könyvtár, amely több mint 2500 algoritmust tartalmaz különböző feladatokhoz, mint például arcfelismerés, objektumazonosítás és mozgó tárgyak követése;
- a TensorFlow egy nyílt forráskódú gépi tanulási keretrendszer, amelyet széles körben használnak számítógépeslátás-projektekben, például képosztályozásban és objektumfelismerésben;
- a YOLO egy nagy teljesítményű objektumfelismerő algoritmus, amely valós idejű alkalmazásokhoz készült, és széles körben használják biztonsági rendszerekben és ipari automatizálásban.

A cselekvéstervezés (Action Planning) olyan folyamat, amelyben az intelligens rendszerek képesek érzékelni a környezetüket, döntéseket hozni és cselekedni. A robotok különböző iparágakban és az egészségügyben is használatosak. Az ipari robotok cselekvéstervezést alkalmaznak a gyártási folyamatok optimalizálására, például az autógyártásban, ahol a robotok képesek érzékelni az alkatrészek helyzetét, döntéseket hozni a szerelési sorrendről, és precízen végrehajtani a szerelési műveleteket [10]. Az egészségügyi robotok cselekvéstervezést alkalmaznak a sebészeti beavatkozások során, például a Da Vinci-sebészeti

rendszer, amely képes érzékelni a beteg anatómiai struktúráit, döntéseket hozni a legoptimálisabb vágási útvonalakról, és precízen végrehajtani a műtéti beavatkozásokat [11]. A logisztikai hálózatokban a cselekvéstervezés segít optimalizálni a küldemények szállítását, például a drónok képesek érzékelni a környezetüket, döntéseket hozni a legoptimálisabb útvonalakról, és biztonságosan szállítani a csomagokat [12]. A mezőgazdasági robotok cselekvéstervezést alkalmaznak a növények gondozására, például a robotok képesek érzékelni a növények állapotát, döntéseket hozni a szükséges tápanyagok és víz mennyiségéről, és precízen végrehajtani a gondozási műveleteket [13].

A mesterséges intelligenciát jelenleg is számos területen alkalmazzák. A cél az MI által nyújtott előnyök kihasználása az életminőség javítására, a problémamegoldás hatékonyságának növelésére, valamint az innováció támogatására. Íme, néhány terület, ahol felhasználásra került az MI (1. ábra).



1. ábra. Az MI felhasználási területei

Kutatásommal szeretném feltárni és megvizsgálni a mesterséges intelligenciában rejlő lehetőségeket, amit a CNC-technológia támogatására használhatunk fel. A mesterséges intelligencia adaptálása a CNC-technológia valamely területére több lépést és szempontot foglal magában. Az adaptálás gondolata számos kérdést vet fel. A mesterséges intelligencia rendelkezik-e olyan megoldásokkal, amely a CNC-technológiát pozitívan befolyásolja? A másik nagy kérdés, hogy a CNC-technológiának van-e olyan területe, amelyet lehetséges MI által megtámogatni? Ennek a hosszú folyamatnak az első lépése az adaptálás alanyainak vizsgálata, az MI alkalmazásának, kulcsterületeinek, feladatainak meghatározása.

2. CNC-technológia

A CNC betűszó jelentése Computer Numerical Control, azaz számítógépes számjegyvezérlés. Olyan gyártóberendezés, melynél a szükséges mozgásokat motor(ok) (léptető-, szervo-) valósítja meg emberi beavatkozás nélkül. A motor vagy

motorok működését számítógép irányítja, amit a megmunkálógép vezérlésének nevezünk.

A CNC-technológiát a megmunkálás területén alkalmazzák, olyan gyártási eljárásokban, mint az esztergálás, marás, fúrás, köszörülés, ahol az anyagleválasztás folyamatát egy számítógép programozási kódok segítségével irányítja. A számítógépes számjegyvezérlésű gép a modern kori gyártás alappillére, amely az 1940-es évekig nyúlik vissza, amikor megjelentek az első NC-gépek.

A második világháború után, a hidegháború időszakában előtérbe került a fegyvergyártás jelentősége, ami a gyártás hatékonyságának és termelékenységének növelését sürgette. Az 1940-es évek végén, 1949-ben John T. Parsons, a számítástechnika egyik korai úttörője, a Massachusetts Institute of Technology (MIT) légierő-kutatói projektjében dolgozva, kidolgozta a számjegyvezérlés (numerikus vezérlés) első koncepcióját.

Az MIT Szervomechanizmusok Laboratóriumában kísérleti marógépet építettek, amely motoros tengelyek segítségével alkalmas volt helikopterlapátok és merevebb burkolatok előállítására repülőgépekhez. A korai számjegyvezérlésű gépek az 1940-es és 1950-es években még lyukszalagot használtak az utasítások bevitelére, amely akkoriban általánosan elterjedt eszköz volt a távközlésben és adattárolásban. Ezt a technológiát később analóg számítástechnikai megoldásokkal váltották fel.

1952-ben Richard Kegg, az MIT-vel együttműködésben, megalkotta az első NC-marógépet (2. ábra), amely a Cincinnati Milacron Hydro-

tel néven vált ismertté. Ebben az időszakban a CNC-technológia elsősorban a megmunkálógépekre korlátozódott.

Az 1960-as és 1970-es évek folyamán megjelentek a digitális technológiák, amelyek jelentősen automatizálták és hatékonyabbá tették a gyártási folyamatokat.

A 1970-es években nagy előrelépést hozott a CNC-megmunkálás terén a számítógéppel segített tervezés (CAD – Computer Aided Design) és a számítógéppel támogatott gyártás (CAM – Computer Aided Manufacturing) alkalmazása.

A 1990-es évektől kezdve a CAD- és CAM-rendszerek a CNC-technológia szerves részévé váltak, lehetővé téve a még precízebb és rugalmasabb gyártási megoldásokat [14].

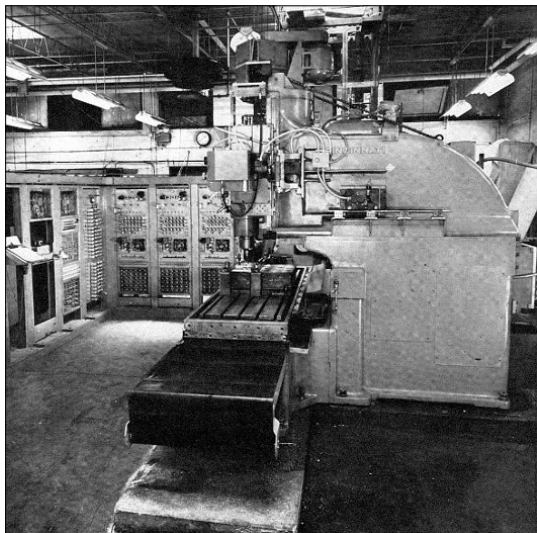
3. A CNC-technológia és az MI

A szerszámgépek és a hozzá tartozó CNC-technológia fejlődése egyedülálló. Az evolúció eredménye a gyorsabb, pontosabb és megbízhatóbb alkatrészgyártás. A ma elérhető 5 – 8 – 10 tengelyes gépek (pl.: esztergaközpont, megmunkálóközpont) egyre komplexebb alkatrészgyártást tesznek lehetővé. A CNC-technológia jelenlegi állapota jelentős előrelépéseket mutat az intelligens gyártási rendszerek terén, különösen az Ipar 4.0 kontextusában.

A digitális ikrek technológiája a CNC-iparban olyan fizikai entitások, mint megmunkálógépek, szerszámok, munkadarabok és gyártási folyamatok pontos digitális másolatainak létrehozására épül, amelyek valós idejű adatkapcsolattal szinkronizálódnak fizikai megfelelőikkel. Az IoT-eszközök, fejlett érzékelők, adatelemzési algoritmusok és szimulációs eszközök kombinációja lehetővé teszi az adatok folyamatos gyűjtését, elemzését és a rendszerek állapotának valós idejű monitorozását.

Az érzékelők valós idejű adatokat rögzítenek a fizikai rendszerek állapotáról, például a hőmérsékletről, nyomásról vagy vibrációról, amely adatokat számítógépes hálózatokon, például WiFi vagy ipari Ethernet segítségével továbbítanak központi adatfeldolgozó rendszerekbe. Itt a felhőalapú számítástechnika biztosítja az adatok biztonságos tárolását és feldolgozását, amely valós idejű betekintést nyújt a rendszerek működésébe.

A digitális ikrek nemcsak az aktuális állapotot monitorozzák, hanem képesek szimulálni a rendszerek viselkedését is. Fizikai alapú szimulációk segítségével megjelenítik a folyamatok lehetséges változásait, például egy gép üzemzavarait vagy



2. ábra. Az első NC-marógép (Cincinnati Milacron Hydrotel)

egy alkatrész elhasználódását. A mesterséges intelligencia (MI) és adatelemzési algoritmusok képesek felismerni az anomáliákat, előre jelezni a hibákat, és javaslatokat adni a karbantartási vagy optimalizálási lépésekre. A digitális iker legkiemelkedőbb tulajdonsága a kétirányú kommunikáció: ez a technológia nemcsak adatokat fogad, hanem visszacsatolást is nyújt, például automatikus rendszerbeállításokkal vagy döntéstámogató javaslatokkal. Ezáltal csökkentik a meghibásodások miatti állásidőt, miközben növelik az eszközök üzemeltetési hatékonyságát.

A kiterjesztett valóság (AR) alkalmazásával a digitális ikrek vizuális interfészeket kínálnak, amelyek megkönnyítik a hibák gyors azonosítását és kezelését. Egy karbantartó mérnök például AR-szemüveggel figyelheti a gépek aktuális állapotát. A kiberbiztonság, például az adattitkosítás és a hozzáférés-vezérlés biztosítja az adatok védelmét és hitelességét.

A digitális ikrek technológiai innovációi új szintre emelik az ipari működés hatékonyságát, fenntarthatóságát és rugalmasságát, hozzájárulva az Ipar 4.0 célkitűzéseinek megvalósításához és a környezeti hatások mérsékléséhez [15].

A CNC-technológia számos területén alkalmazzák a mesterséges intelligenciát, jellemzően a gyártási folyamatok optimalizálása és hatékonyságának növelése érdekében. Néhány megoldás az MI alkalmazására:

- Szerszámkopás-előrejelzés;
- Megmunkálási paraméterek optimalizálása;
- Prediktív karbantartás;
- Felületi minőség előrejelzése;
- Szerszám-pálya-optimalizálás.

Szerszámkopás-előrejelzés: Az MI segít a CNC-gépekben alkalmazott szerszámok kopásának előrejelzésében, amivel növelhető a szerszám élettartama, és javulhat a megmunkálás hatékonysága.

Megmunkálási paraméterek optimalizálása: az MI-rendszerek optimalizálják a megmunkálási paramétereket, mint például a forgácsolósebesség és a fogásmélység, hogy ezzel javítsák a felület minőségét, és csökkentsék az energiafogyasztást.

Prediktív karbantartás: Az MI lehetővé teszi a CNC-gépek prediktív karbantartását, ami segít előre jelezni a gépek szervizelési igényeit és minimalizálni a leállási időt.

Felületi minőség előrejelzése: Az MI-technikák, különösen a gépi tanulás és mélytanulás-modellek, előre jelzik a megmunkált alkatrészek felületi minőségét, ami javíthatja a gyártási folyamatok pontosságát és megbízhatóságát.

Szerszám-pálya-optimalizálás: Az MI-algoritmusok képesek optimalizálni a szerszám-pályákat, ezzel csökkentve a programozási időt és minimalizálni a szerszámpozicionálással kapcsolatos hibákat. Például az Autodesk Fusion 360 CAM szoftver MI-t használ a CNC-programozás hatékonyságának növelésére [16, 17].

A felsorolt megoldások jelentős mértékben hozzájárulnak a CNC-technológia fejlődéséhez, és lehetővé teszik a gyártási folyamatok intelligensebb, hatékonyabb és fenntarthatóbb működését [4].

4. Következtetések

A CNC-technológia az egyik legdinamikusabban fejlődő résztvevője az iparnak. Legaktívabb terjedése az alkatrészgyártás (esztergálás, marás, fűrés, köszörülés) területén történt, és napjainkban is folytatódik. A manuális működtetésű megmunkológépek alkalmazásával ma már csak speciális esetekben találkozunk, helyüket átvették a CNC-vezérléssel rendelkező gyártógépek. Ennek egyik oka a számítástechnika hihetetlenül gyors változása. A mesterséges intelligencia (MI) megjelenésével olyan feladatokat delegálhatunk át az MI részére, amely hatékonyabbá, pontosabbá, biztonságosabbá teheti a gyártás folyamatát, valamint a karbantartás tervezhetőségét javítja.

A jelenlegi MI és CNC kapcsolatának vizsgálata során megerősítést kaptunk az MI és a CNC-technológia együttműködését támogató kutatások jelentőségéről. A mesterséges intelligencia bevonása a CNC-programozás támogatására kulcsfontosságú szerepet tölt be az MI-vel kapcsolatos kutatásokban. A meglévő szerepeken felül újabb lehetséges felhasználási módok megfogalmazásával tovább fokozható a gyártás hatékonysága a gyártási folyamat bármely szakaszában. Az MI mint technológiai asszisztens több alternatívát javasolhat egy termék előállítási folyamatára, és lehetővé teheti a kézi CNC-programozás szintjén a rugalmas alkatrész-megmunkáló kódok létrehozását is.

Kutatásom célja a mesterséges intelligencia alkalmazása a középiskolai és egyetemi oktatás CNC-technológiával foglalkozó területén. Az MI-megoldások felhasználásának célja az oktatás minőségének és hatékonyságának növelése, oly módon, hogy az új technológia alkalmazása ne járjon többletmunkával, és a lehető legbiztonságosabb legyen. Az MI oktatásba integrálása hosszú és bonyolult folyamat, melynek első feladata a kapcsolódó területek (MI, oktatás, CNC) tulaj-

donságainak és az adaptálásra, valamint az egy-másra gyakorolt hatásainak feltárása lesz. Ehhez elvégzem a három területhez tartozó SWOT-elemzést. Ezt követően a három területet a kutatási céloknak megfelelően egy egységként kezeltem, és egy újabb SWOT-analízissel megvizsgálom az életképességét. A kapott eredmények függvényében meghatározom a stratégiaiilag fontos feladatokat.

A mesterséges intelligenciával kapcsolatban meg kell vizsgálni, hogy milyen technológiák, alkalmazások érhetők el jelenleg, hol és milyen formában alkalmaznak MI-t a CNC-technológiában és az oktatásban. Jelenlegi formájában alkalmas-e az adott feladat elvégzésére, és milyen mértékben képes azt megoldani? Meg kell vizsgálni az MI-rendszer fejlesztési lehetőségeit. Meg kell határozni az MI futtatási környezetét, szoftveres megoldását, működési elvét és a tanulási metodikáját. Fontos feltárni, hogyan integrálhatók az elérhető mesterségesintelligencia-rendszerek (például ChatGPT, Gemini, Copilot stb.) egy meglévő, jól működő felhasználói környezetbe, mint például a Moodle.

Összességében a mesterséges intelligencia bevonása a CNC-programozás támogatásába kulcsfontosságú szerepet tölt be az MI-vel kapcsolatos kutatásokban. A meglévő szerepeken felül újabb lehetséges felhasználási módok megfogalmazásával tovább fokozható a gyártás hatékonysága a gyártási folyamat bármely szakaszában. Az MI mint technológiai asszisztens több alternatívát javasolhat egy termék előállítási folyamatára, és lehetővé teheti a rugalmasalkatrész-megmunkáló programkód létrehozását és ellenőrzését is. Mindez szükségszerűvé teszi az MI oktatásban betölthető szerepeinek és az MI fejlesztéséhez kapcsolódó oktatási módszerek megfogalmazását és kutatását.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Russell S., Norvig P.: *Artificial Intelligence – a Modern Approach*. Series in Artificial Intelligence, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2009.
- [2] Goodfellow I., Bengio Y., Courville A.: *Deep Learning*. Genet Program Evolvable Mach, 19. (2018) 305–307.
<https://doi.org/10.1007/s10710-017-9314-z>
- [3] Bostrom N.: *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press, 2014.
- [4] LeCun Y., Bengio Y., Hinton G.: *Deep Learning*. Nature, 521. (2015) 436–444.
- [5] Khurana D., Koli A., Khatter K.: *Natural Language Processing: State of the Art, Current Trends and Challenges*. Multimedia Tools and Applications, 82. (2023) 3713–3744.
<https://doi.org/10.1007/s11042-022-13428-4>
- [6] Kuei-Hu Chang: *Natural Language Processing: Recent Development and Applications*. Department of Management Sciences R.O.C. Military Academy, 2002.
<https://doi.org/10.3390/app132011395>
- [7] Lynn T.: *Computer Vision Applications*. (2025). roboflow:
<https://blog.roboflow.com/computer-vision-applications/> (megtekintve: 2025. április. 09.)
- [8] Lynn T.: *Computer Vision Examples*. (2025). roboflow:
<https://blog.roboflow.com/computer-vision-examples/> (megtekintve: 2025. április. 09.)
- [9] Gao M., Zou G., Li Y., Guo X.: *Recent Advances in Computer Vision: Technologies and Applications*. Electronics, 13 (2024) 2734.
<https://doi.org/10.3390/electronics13142734>
- [10] Singh G. & Pidadi P., Malwad D.: *A Review on Applications of Computer Vision*. (2023).
https://doi.org/10.1007/978-3-031-27409-1_42.
- [11] Gao J, Yang Y, Lin P, Park DS.: *Computer Vision in Healthcare Applications*. Journal of Healthcare Engineering, 2018 Mar 4; 2018:5157020.
<https://doi.org/10.1155/2018/5157020>.
- [12] Jalal A. M., Toso E. A. V., Morabito R.: *Integrated Approaches for Logistics Network Planning: a Systematic Literature Review*. International Journal of Production Research, 60/18. (2021) 5697–5725.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1963875>
- [13] Jiachen Yang, Jingfei Ni, Yang Li, Jiabao Wen, Desheng Chen: *The Intelligent Path Planning System of Agricultural Robot Via Reinforcement Learning*. Sensors, 22/12. (2022) 4316.
<https://doi.org/10.3390/s22124316>
- [14] Noah Harrison: *CNC History: The Origination and Evolution of CNC Machining*, 2021.
<https://www.rapiddirect.com/blog/cnc-history/> (letöltve: 2025. február. 28.).
- [15] Daraba D., Pop F., Daraba C.: *Digital Twin Used in Real-Time Monitoring of Operations Performed on CNC Technological Equipment*. Applied Sciences, 14/22. (2024) 10088.
<https://doi.org/10.3390/app142210088>
- [16] Kusiak A.: *Smart Manufacturing*. International Journal of Production Research, 56/1–2. (2017). 508–517.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1351644>
- [17] Teti R., Jemielniak K., O'Donnell G., Dornfeld D.: *Advanced Monitoring of Machining Operations*. CIRP Annals, 59/2. (2010) 717–739.
<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2010.05.010>