

# Technológiai áttekintés, csatlakozó házak feldolgozásához szükséges cella tervezés

## Technological overview, design of a machine station for connector processing

*BÖCZ Gábor<sup>1</sup>, JÓSVAI János<sup>2</sup>*

1 ACSG Kft, H-9024 Győr Práter u. 5/A, gabor.bocz@acsg.hu, www.acsg.hu

2 Széchenyi István Egyetem Járműgyártási Tanszék, H-9026 Győr Egyetem tér 1, josvai@sze.hu, jt.sze.hu

### Abstract

*Increased demand in the field of cable and wire processing encourages continuous quality and innovation, the introduction of modern technologies. Hundreds of thousands of different connectors are in use through various industries actively, they are developing into a huge industry. Automation is difficult due to the many types, sizes, and shapes. However, many innovations and developments in the industry make it possible to build a universal machine that can process connectors in bulk.*

**Keywords:** Industry 4.0, Cable Assembling, Cooperative Robots, Machine Vision, Bin-picking

### Kivonat

*A kábel és vezeték feldolgozás területén megnövekedett igények ösztönzik a folyamatos minőségi és gyártási innovációkat, a korszerű technológiák bevezetését. Több százezer különböző csatlakozót használnak különféle iparágak aktívan, ezek fejlesztése egy hatalmas iparág. Automatizációja nehéz a sok típus, méret és forma miatt. Az ipar számos újítása és fejlesztési iránya azonban lehetőséget ad, egy univerzális gép építésére, amely a csatlakozókat ömlesztett formában képes feldolgozni.*

**Kulcsszavak:** Ipar 4.0, Kábelkonfekcionálás, Kooperatív robotok, Gépi-látás, Bin-picking

## 1. BEVEZETÉS

Az innováció és a fejlesztések fő mozgatórugója a megnövekedett mennyiségi és minőségi igények kielégítése. Az emberek munkaideje, munkatempója és munkaképessége azonban véges. Szaktudásuk mértéke változó, így a gépek megjelenésük óta egyre nagyobb területeken terjednek el, hogy segítsék a gyártást, vagy akár egy teljes munkafolyamatot végezzenek el. Ma a gépgyártás rendkívül sokrétű, ezért állandó kihívást jelent az innováció, a fejlesztés és az optimalizálás. A kábelgyártás területén megnövekedett igények is ösztönzik a folyamatos minőségi és gyártási innovációkat, a korszerű technológiák bevezetését. Több százezer különböző csatlakozót használnak különféle területeken aktívan, ezek fejlesztése egy hatalmas iparág. Feldolgozásának automatizációja nehéz a sok típus, méret és forma miatt, ezért kizárólag olyan iparágakban és termék portfóliókban gazdaságos jelenleg, ahol a gyártások évekig és több százezer, akár milliós nagyságrendben történnek. Az ipar számos újítása és fejlesztési iránya azonban lehetőséget ad, egy univerzális gép építésére, amely a csatlakozókat ömlesztett formában (az iparban legjellemzőbb csomagolási formája a termékeknek) képes feldolgozni. Ehhez egy képfeldolgozáson és gépi látáson alapuló robotizált rendszer szükséges, amelyet nem tradicionális program vezérel. Egy olyan intelligens rendszer kialakítása a cél, ahol a robot receptúrái automatikusan gépi tanulással, mesterséges intelligencia és adatgyűjtés révén kerülnek kialakításra.

## 2. KÁBELKONFEKCIONÁLÁS

A vezetékkötegek elektromos kábelekből álló szerelvények, amelyeket széles körben alkalmaznak az autóiparban, konsumer elektronikában, és Hi-Tech ágazatokban, mint orvoselektronika és hadipar. A jeleket és az elektromos áramot továbbító vezetékeket hevederek, kábelkötegelők, kábelcsatornák, ragasztószalag és

hasonlók kötik össze. A kábelvégek elektromos sorkapcsokkal vannak ellátva, opcionálisan huzaltömítésekkel, és elektromos csatlakozókba helyezhetők.

Sok helyen használnak elektromos vezetékeket. Használhatók villamos energia szállítására a fogyasztói egységekhez. Legyen szó vékony vezetékekről kisebb létesítményekben, vagy nagy távolságra földbe fektethető kábelekről, ezeknek mind meg kell felelniük bizonyos feltételeknek. Ebből kifolyólag gondos tervezésre, műszaki és gazdasági szempontok felmérésére van szükség. Ennek eredményeként a kábelek változatos anyagokból készülhetnek, átmérőjük és hosszúságuk a felhasználási körülményektől függően változhat. A jó vezetőképesség, a mechanikai szilárdság és a külső hatásokkal szembeni ellenállás fontos attól függően, hogy hol helyezték el őket.

A nagyobb és összetettebb gépekben, berendezésekben a kábelek az elektromos meghajtású rendszerek elengedhetetlen részét képezik. A kábelezés tervezését sok esetben a tervezés végére hagyják, így esetenként ez a folyamat csak problémás utánkövetéssel és járulékos költségekkel megy végbe. Az összeszerelés és a karbantartás során nehéz sok különböző vezetéket egyenként felszerelni és rögzíteni. Erre a problémára nyújt megoldást a kábelkorbács készítés. A kábelköteg tervezése és gyártása is időigényes és költséges, mivel a gépeknek általában csak korlátozott helyük van a vezetékvezetéshez, így ezeken a zsúfolt területeken nehéz eligazodni, hogy melyik kábel melyik kábelt használja. Szükség esetén nevüket vagy kódszámukat is feltüntetik. Így a gépek beépítése során csak az ágakat kell a megfelelő helyen csatlakoztatni, nincs szükség utólagos elrendezésre, és jelentősen megkönnyíti a szétszerelést is.

### 2.1 Kábelköteg tervezési folyamat

A kábelköteg alapvető funkciója a megbízhatóság biztosítása és hibamentes elektromos kapcsolat az elektronikus alkatrészek között annak élettartama alatt, amely körülbelül 15-20 év. Az összes szükséges funkció eléréséhez kulcsfontosságú a kábelköteg elrendezése, valamint a megfelelő anyagok és alkatrészek kiválasztása. [1] A következőkben a tervezési folyamatot és néhány gyakori tervezési hatást részletesebben ismertetünk. Először egy kapcsolási rajz készül, amely felsorolja az elektronikus alkatrészek közötti összes kapcsolatot, a szükséges feszültségeket és áramokat, valamint az ebből eredő vezetékátméretet. Az elektromos jelek elektromágneses interferenciájának csökkentése érdekében az érzékeny vezérlőcsatlakozások sodrott vezetékpárokat igényelnek az egyszerűsek helyett. [2]

Ezenkívül egy 3D CAD-elrendezést alakítanak ki, amely nemcsak az alkatrészek elhelyezkedését veszi figyelembe, hanem olyan befolyásoló tényezőket is, mint az alkatrészek egymáshoz viszonyított mozgása, beépítési terek, éles szélek, hőmérséklet-tartományok, közegellenállás, telepítési követelmények stb. Ezek a befolyásoló tényezők általában a kiigazított elrendezéshez és speciális célú alkatrészek alkalmazásához vezetnek. A kapcsolási rajz és a 3D CAD elrendezés alapján részletes 2D műszaki rajz készül. Ez a 2D rajz a vezetékköteg összeszereléséhez használt lapos szerelőtáblára van leképezve. [2]

### 2.2 Kábelköteg gyártási folyamat

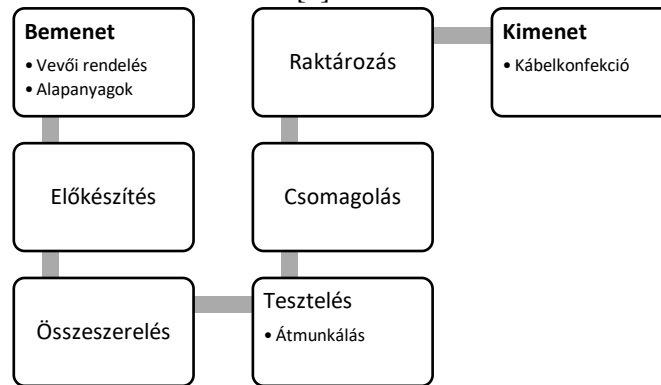
A kábelköteg gyártási folyamat láncát általában hat szakaszra osztható (1. ábra). A gyártás előtti alapvető folyamatlépések, mint a huzalvágás, csupaszítás, az egyhuzalos tömítések felszerelése, a kapocs rögzítése és a huzalcsavarás. A gyártási részmodulok, például a dugasz előszerelése, a vezetékek behelyezése és a kötegelés szintén gyakori folyamatok az előgyártás során. Az összes komponens vagy almodult később közbenső pufferekben vagy raktárakban tárolják. Amint az alkatrészeket az összeszerelő soron kéri, a beszállítás elindul a szupermarketbe. [2, 3] A szupermarket a szerelő sorhoz közeli tárolóhelyiség, ahol az összes szükséges alkatrészt, például a megmunkált vezetékeket, dugaszokat, almodulokat, tartozékokat stb. tárolják a szerelők számára elérhető helyen.

Az összeszerelési folyamatok közé tartozik többek között a dugók befejezése, a vezetékek behelyezése a csatlakozóházakba, a vezetékek rögzítése a szerelő lapon, a vezetékek kötegelése hullámcsővel vagy ragasztószalaggal. Végül olyan részek vannak felszerelve, mint a vezetékcsatornák, kábelkötegelők és rögzítések. [1]

Az összeszerelési folyamat után a teljes kábelköteg 100%-os működési és teljesítményi vizsgálata kötelező. Ehhez a kábelköteget le kell venni a szerelő lapról, és egy speciálisan kialakított vizsgálóasztalra kell helyezni. Mivel a teszt során a csatlakozókat nem szabad bedugni, a vizsgálóasztal speciális konzolokkal van felszerelve, amelyek a dugaszolómechanizmus használata nélkül érintik meg a csatlakozóházak kivezetéseit. [1]

Különböző tesztek végeznek: Ezek közé tartozik az elektromos működési teszt, a légnyomással végzett szivárgásteszt, a teljesítményellenőrzés, valamint másodlagos zárral ellátott dugók alkalmazása esetén a zárok szoros illeszkedésének vizsgálata [4]. Hiba esetén dokumentált átdolgozási folyamatot kell végrehajtani. Például egyetlen vezeték cseréje gyakran nagy mennyiségű szalag vagy egyéb rögzítés eltávolítását

eredményezi. A dugasz préselt kivezetésének cseréjéhez speciális szerszámok állnak rendelkezésre a biztosítózár kinyitásához. Az átdolgozási folyamat után a kábelköteg újabb 100%-os működési és teljességi vizsgálata kötelező. A sikeres teszt után a rendszer egy címkét nyomtat, és felhelyezi a kábelkötegre. Az utólagos csomagolás és raktári tárolás következik. [1]



1. ábra: Kábelkonfekcionálási folyamat [5]

### 2.3 Automatizáció a gyártási folyamatban

A kábelköteg összeszerelése nagyszámú kézi munkalépést foglal magában. Az automatizálás mértéke az előgyártás és az összeszerelő sor között változik. Az előgyártás során az olyan folyamatlépések, mint a huzalvágás, a csupaszítás, az egyhuzalos tömítések felszerelése, a terminálok rögzítése és a huzalcsavarás jól automatizáltak [1]. A kiválasztott speciális célgépeket és azok funkcióit az 1. táblázat sorolja fel. Ezzel szemben az összeszerelő soron minden munkalépést manuálisan hajtanak végre. A tipikus munkalépések közé tartozik a vezetékvezés, a kapocsbehelyezés, a kötegelés pl. kábelkötegelők, ragasztószalagok, hullámos csövek vagy műanyag szövöttömlők és kábelcsatornák. A kézi készülékek szabványos kábelkötegelőkkel és ragasztószalaggal köthetők össze. A tesztelési táblázatban szereplő tesztelési eljárások többnyire automatizáltak. Azonban a kábelköteg kezelése, azaz a kábelköteg tesztelőasztalra helyezése, a csatlakozók ki- és beillesztése, valamint a rögzítőelemek és rögzítések a vizsgálatkonzolokba kézzel történik.

Vezeték feldolgozó gépek és fő funkcióik [5]

1. táblázat

	VÁGÁS	CSUPASZÍTÁS	SEAL RÁHELYEZÉS	TERMINÁL PRÉSELÉS	VEZETÉK SODRÁS	VEZETÉK HÁZAZÁS	SODROTT VEZETÉK HÁZAZÁS
KOMAX „KAPPA”	X	X					
SCHLEUNIGER „STRIP-SERIES”	X	X					
SCHLEUNIGER „UNICRIMP”	X			X			
SCHLEUNIGER „STRIPCRIMP”	X	X		X			
KOMAX „ALPHA / GAMMA”	X	X	X	X			
SCHLEUNIGER „CRIMPCENTER”	X	X	X	X			
KOMAX „BT”	X				X		
SCHLEUNIGER „WIRETWISTER”	X				X		
KOMAX „ALPHA S”	X	X	X	X	X		
KOMAX „ZETA / OMEGA”	X	X	X	X		X	

## 3. IPARÁGI TRENDEK

A kábelfeldolgozás automatizációja kihívást jelent a számos eltérő vezeték jellemző miatt. Kutatásunk fő célja, egy olyan berendezés tovább fejlesztése egy különálló modullal, amely képes lesz egyszerre több

eltérő vezeték kezelésére, ónozási, préselési és csatlakozó házba történő behelyezési folyamatokra. Mindezt okos rendszerekkel és Ipar 4.0-ás elveket követően.

### 3.1 Robotok a kábelkonfekcionálásban

A robotok számára továbbra is kihívást jelent a rugalmas anyagokkal való munka. Ennek fő oka a valódi művelet kezdeti állapotának pózban és alakban való változékonysága a tanulási folyamatban kialakult feltételekhez képest [6]. Ezen rugalmas anyagok közül az automatizált elektromos vezetékkezelés az elmúlt néhány évben intenzív kutatás tárgyát képezte, különösen az autóiparban.

Az e területtel kapcsolatos munkák átdolgozása után [7] egy felmérés található az autóipari kábelköteg gyártási folyamatáról. Ennek megfelelően [8] genetikai algoritmusok segítségével optimalizálták a szalagozási útvonalat és a jig-elrendezést [9]. Ez a megközelítés azonban nem tartalmazza a maximális nyúlás kiszámításának módját, amelyet manuálisan kell bevezetni. A kábelkötegekkel kapcsolatos további alkalmazások a mesterséges intelligencia-rendszerek által végzett útválasztás [10], a kábelkötegek összeszerelése az autók karosszériájában [11], a súlyelemzés és a kábelkötegek csökkentése az autó hasznos terhelésének csökkentése érdekében [12], kábelköteg robotizált felismerése [13], feladat-vezető interfészek az összeszereléshez [14], kábelköteg-tervező szoftver [15].

A ciklusidő az egyik legfontosabb tényező a kábelköteg-gyártásban. Az autóipar komolyan veszi ezt azáltal, hogy optimalizálást és sorkiegyenlítést alkalmaz Kaizen-megközelítésekkel annak javítására [16]. A megfelelő ergonómia kulcsfontosságú eleme a dolgozók bevonásával zajló gyártási folyamatoknak, különösen az olyan ismétlődő feladatoknál, mivel mind rövid, mind hosszú távon negatív hatással vannak a munkavállalók egészségére [17]. Számos módszer áll rendelkezésre egy feladat vagy folyamat ergonómiájának objektív mérésére [18], amelyek pontszáma hasznos a különböző megközelítések és fejlesztések összehasonlításához, mielőtt a jobb ergonómiával rendelkezőt megvalósítaná. Ezeket a módszereket különböző valós forgatókönyvek kockázatértékelésére használták [19 - 23].

Az egyik technológia, amely mind a ciklusidő, mind az ergonómia növelésében segít, a kollaboratív robotika [24]. Ezt a technológiát az Ipar 4.0-ban [25] használják a termelékenység növelésére a nagymértékben testreszabott ágazatokban, valamint az ergonómia javítására azáltal, hogy eltávolítják az egyenletből a munka azon részét, amely ismétlődő, és nem ad hozzáadott értéket a végtermékhez [26]. A Poka-Yoke módszert [27] az ágazat számos ipari alkalmazásában alkalmazzák a folyamat során végzett műveletek minőségi eszközeinek javítására azáltal, hogy csökkentik a munkások hibáit az anyagok kezelése során a feladatfolyamat során. A robotika használata a kezelő által elvégzendő műveletek számának csökkentésével minimalizálja az ilyen típusú módszerek alkalmazásának szükségességét, valamint javítja a végtermék minőségét.

Alacsony költségű beágyazott rendszereket, például a Raspberry Pi-t használták az ipari robotautomatizálási megoldásokban [28- 30], amelyek lehetővé teszik összetett ipari rendszerek futtatását szerény számítási kapacitással és csökkentik a robotizált megoldás összköltségét, ami kulcsfontosságú a KKV-nál történő bevezetéskor. Az additív gyártás [31] a folyamatautomatizálás prototípus-készítési részében segít, különösen a költségkorlátozások és az olyan forgatókönyvek miatt, ahol a folyamat során iteratív és inkrementális módszereket alkalmaznak [32]. A szimulációs technikák [33] lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy megtalálják és megoldják a problémákat, mielőtt a gyártási folyamat a robotcellában zajlana. Így a termelési költség csökkenthető, míg a végtermék minősége javul.

### 3.2 Gépi látás

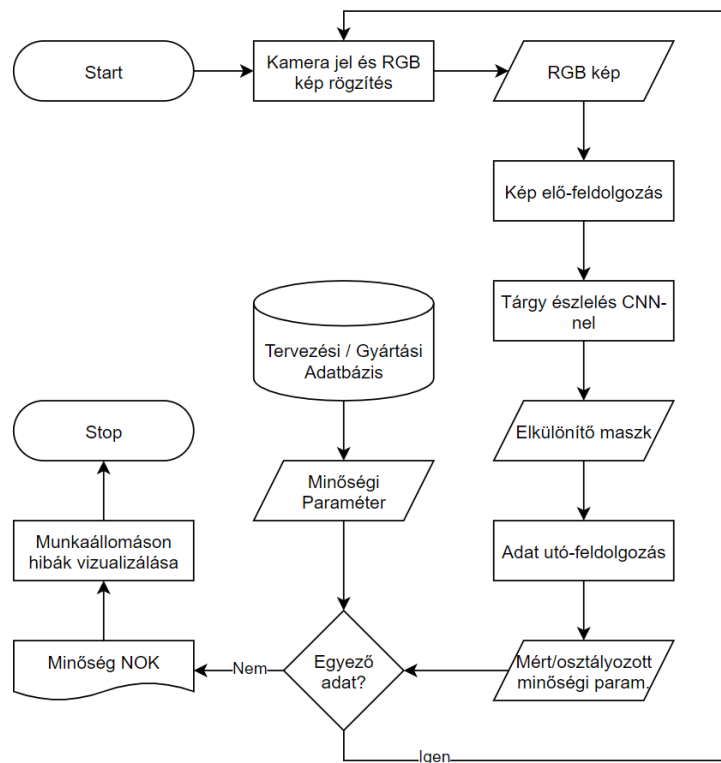
#### **Konvolúciós neurális hálózatok deformálható objektumok automatizált optikai minőség-biztosításához**

Az összeállításban végzett optikai ellenőrzés lehetővé teszi a kritikus termék- és folyamatparaméterek, mint például az alkatrészek minősége, elhelyezkedése és tájolása figyelemmel kísérését és biztosítását, valamint az összeszerelési hibák roncsolásmentes észlelését [34]. A konvolúciós neurális hálózatokat (CNN-eket) a kutatók egyre gyakrabban használják a gyártási környezetben, különösen minőségbiztosítási feladatokra, köszönhetően az öntanulás elvének, az automatikus funkciótervezésnek és az általánosító képességüknek [35 – 38]. Ennek megfelelően a CNN-eket a víz alatt telepített kábelek [39], az erőátviteli kábelek [40, 41] és a ferdepályás hidakba telepített kábelek [42] észlelésére és minőségértékelésére alkalmazzák. Más kutatási eredmények a CNN-t használták a vezetékekre nyomtatott azonosítók beolvasására az összeszerelés során vizuális útmutatás céljából [43], valamint a kábelvégek észlelésére, hogy újszerű algoritmusok vagy huzalmodellek segítségével meghatározzák a vezeték útvonalát [44,45]. Ezek a kutatási eredmények azt mutatják, hogy a mély tanulásban rejlő lehetőségek kiaknázhatók a deformálható objektumok AOI-jánál. A javasolt megoldások azonban aligha alkalmazhatók a kábelköteg-szerelvényre, mivel a meglévő

megoldások olyan nagy keresztmetszetű vezetékek szegmenseit rögzítik, amelyek deformálható gerendákra emlékeztetnek, és nem alkalmazhatók teljesen ábrázolt deformálható lineáris tárgyra. A kábelköteg-szerelvény használata esetén a deformálható lineáris objektumok AOI-ja nagyobb kihívást jelent a CNN számára, mivel a konfigurációk nagymértékben változnak a sok szabadsági fok, valamint a rugalmas és képlékeny deformáció miatt.

### Mély tanuláson alapuló AOI kábelkötegekhez

A merev és deformálható kábelköteg-alkatrészek mély tanuláson alapuló detektálása. A cél a különböző típusú kapcsok, csatlakozók és vezetékkötegek észlelése, amelyeket a kábelkötegbe szerelnek össze. Ehhez a feladathoz különböző mély tanulási architektúrákat és gerincmodelleket valósítottak meg, optimalizáltak és értékelték a szemantikai képszegmentációhoz. A cél az AOI bevezetése a kábelköteg végső összeszerelő sor minden egyes munkaállomására a kézi összeszerelési feladatokból származó termékminőségi jellemzők felmérésére. Minden munkaállomás után egy mély tanuláson alapuló képfeldolgozással rendelkező RGB-kamera van elhelyezve, hogy rögzítse a kábelköteg-összeállítás állapotát, és elvégezze a képszegmentálást. Ezután a minőségi paramétereket az adatok utófeldolgozása révén származtatják, és a tervezési és mérnöki adatokból leolvasott célparaméterekkel egyeztetik (folyamata a 2. ábrán). Ez megkönnyíti annak minőségellenőrzését, hogy az üzemeltető megfelelően végezte-e el a tervezett összeszerelési feladatokat. [46]



2. ábra: Folyamatábra a kábelköteg-összeszerelő sor munkaállomásán végzett automatizált optikai ellenőrzéshez [46]

### 3.3 Bin-Picking

A munkadarabok általában ömlesztett áruk, ezért termelési környezetben kaotikusan tárolják őket különböző dobozokban és hordókban. Ez egyszerű megoldást kínál a tárolásra és szállításra. A további megmunkálási műveletekhez a munkadarabokat a tartályból kiemelik, ami a bonyolult alakzatok miatt összegabalyodott munkadarabok esetén nehézkes [47][48]. Ezek az összegabalyodott alkatrészek a gyártási folyamat robusztusságának csökkenéséhez vezetnek, és ezáltal megnövelik a ciklusidőket. E helyzetek azonosítására Moosmann [49] kidolgozott egy módszert az összegabalyodott munkadarab helyzetek kimutatására. Továbbá Moosmann leír egy első szétválasztási stratégiát. [50], amely a felügyelt tanulási megközelítésen alapul. Ennek a módszernek az egyik hátránya a képzési adatok címkézéséhez szükséges nagy időráfordítás.

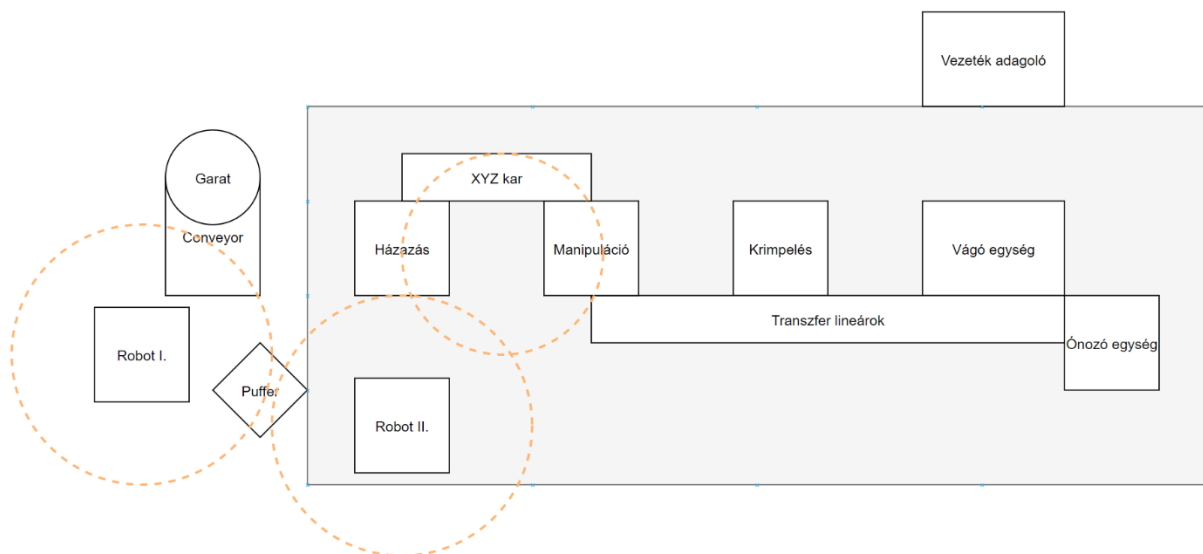
A véletlenszerűen elhelyezett ipari alkatrészekhez használt mai automata kommissiózási rendszerek többsége nem oldja meg az összegabalyodott munkadarabok problémáját [47] [48] [51]. Ütközésmentes pálya

megtalálása egy tárgy megfogása után meghibásodhat a többi munkadarab miatt, amelyek a megfogott tárgy kiemelése közben még összegabalyodnak írja Ellekilde [52], Iversen [53], valamint Spenrath[54]. Ennek elkerülése érdekében Moosmann [49] egy modell alapú megközelítésre összpontosított. Az ilyen helyzetek észlelésére, valamint egy felügyelt tanulási megközelítésre, amellyel szisztematikusan szétválasztja az összegabalyodott munkadarab-szituációkat egy halomban, véletlenszerű kommissiózással, hat szabadságfokú mozgástervezéssel [50]. Matsumura és munkatársai javasoltak egy módszert a megfogási pontok kimutatására, amelyek sikertelen megfogáshoz vezethetnek [55], amely csak a kétdimenziós megoldási stratégiákra és az összefonódási formák egyszerű újraépítésére korlátozódik. [56]

Annak ellenére, hogy a felügyelt tanulási megközelítés [50] összetett munkadarabok széles skáláját tudja szétválasztani, jelentős mennyiségű betanítási adatot és időt igényel. A felügyelt tanulással ellentétben a megerősített tanulás nem igényel nagy mennyiségű címkézett képzési adatot [57]. Teljesen autonóm ágensek előállítása, amelyek kölcsönhatásba lépnek a környezetükkel az optimális viselkedés elsajátítása érdekében, és az idő múlásával a próbálkozások és tévedések révén javítása az egyik elsődleges cél a megerősítő tanulás területén [57]. A fizikai alapú vezérlési problémák megoldása [58], a tárgyfelismerés vizuális figyelem segítségével [59] és a nagy dimenziós robotvezérlés [60] csak néhány példa a széles skálából, ahol a mély megerősítéses tanulás sikeresen elsajátította az emberi szintű irányítási politikákat. A konvolúciós neurális hálózatok használata népszerű technika nyers képadatokkal és komplex megerősítő tanulási környezetekkel rendelkező jellemzők és vizuális modellek tanulására. Különösen a Deep Q-Networks bizonyult hatékonyak az Atari 2600-as játékokban, bizonyítottan elsajátítja a bonyolult vezérlési politikákat csak nyers pixeladatok felhasználásával. Ebben a munkában a megerősítő tanulást, amely a képzési környezetben szerzett tapasztalatokon és a kapcsolódó jutalmakon alapul. A jutalom meghatározása az egyik fő kihívás a mélyen megerősített tanulásban, és a tanulmánynak a fókuszpontja [58]

#### 4. TERVEZETT CELLA

Ebben a fejezetben bemutatásra kerül a gép elvi vázlata. A 3. ábrán látható a cella felépítése. Szürke háttérben a gépen belül található egységek helyezkednek el, mögötte az egyszerre 6 vezeték adagolására képes adagoló és egyengető rendszer. A gépet a bal oldala mentén érdemes bővíteni a ciklusidők miatt két robottal egy puffer állomással, ahová a csatlakozókat helyezhetjük a szállítószalagról. Ezt a szalagot a bin-picking folyamat egyszerűsítésére alkalmazzuk, az adagoló garatból előre meghatározott mennyiségű alkatrészt helyeznénk a szalagra, ahol a robot képes felvenni a megfelelő pozícióban elhelyezkedő darabokat; amennyiben nem talál ilyet, munkateret biztosítunk az egyéb manipulációknak, lehetőség van rázásra is a hatékonyabb feldolgozás érdekében. Sárga körrel a robotok mozgástere látható.



3. ábra: A tervezett cella elméleti felépítése



Az alábbi képen a már meglévő gép elemei láthatók, szemléletessé téve a párhuzamos feldolgozás lehetőségét az állomásokon és a rendelkezésre álló helyet. A montázon látható képek bemutatják a gépet (bal felső sarok), a terminál préseléshez szükséges applikátort és transzfer kart (bal alsó sarok), a jobb alsó felső sarokban látható a préselő és házazó állomás viszonya. A jobb alsó sarokban pedig a házazó állomás részletesen; egy XYZ kar, illetve egy forgó adagoló a csatlakozóknak.



4. ábra: A kiindulási állapot, meglévő gép

## 5. ÖSSZEFOGLALÓ

A dolgozat során bemutatásra került a kábelkonfekcionálás jelenlegi ipari és tudományos állapota. Iparági trendek és nehézségek. A cél minden esetben a legmagasabb automatizáció kooperatív munkahely kialakítással, vagy az operátor teljes kihagyásával a folyamatban. Esetünkben a teljes automatizáció a cél.

Ezt követően a cella fejlesztéséhez szükséges három fő alkotóelem iparági és tudományos állapotát mutattuk be. Ezek a robotok, gépi látás és bin-picking. A három fő alkotó elem segítségével és megfelelő alkalmazásával felépíthető az általunk tervezett cella. Ennek egyszerűsített elvi vázlatát bemutattuk.

Célunk a cella megépítése, a technológiák alkalmazása a lehető legszélesebb körben, majd a tovább fejlesztés, amely segítségével a csatlakozó házak alakjától és méretétől függetlenül is képes lesz a felügyelet mentes működésre, azaz, intelligens rendszerek segítségével felismeri a feldolgozandó alapanyagokat és annak megfelelően választ receptúrát és megfogókat.

## IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] K. Feldmann, V. Schöppner, és G. Spur, Szerk., Handbuch Fügen, Handhaben, Montieren. München: Hanser, 2014
- [2] K. Reif, „Elektrische und elektronische Systeme im Kfz”, in Bosch Autoelektrik und Autoelektronik, K. Reif, Szerk. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2011
- [3] K. Reif, Automobilelektronik: Eine Einführung für Ingenieure, 5., Überarb. Aufl. 2014. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014
- [4] Z. Bi és mtsai., „Automated testing of electrical cable harnesses”, in 2018 13th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Wuhan, 2018
- [5] J. Trommnau, J. Kühnle, J. Siegert, R. Inderka, és T. Bauernhansl, „Overview of the State of the Art in the Production Process of Automotive Wire Harnesses, Current Research and Future Trends”, Procedia CIRP, köt. 81, 2019

- [6] Matthew. Bell, „Flexible object manipulation.”, Ph.D., Dartmouth College, 2010
- [7] M. Kobayashi, Y. Hirano, és M. Higashi, „Optimization of Assembly Processes of an Automobile Wire Harness”, *Computer-Aided Design and Applications*, köt. 11, sz. 3, 2014
- [8] W. P. J. Pamarathne és T. G. I. Fernando, „Wire and cable routings and harness designing systems with AI, a review”, in 2016 IEEE International Conference on Information and Automation for Sustainability (ICIAfS), Galle, Sri Lanka, 2016
- [9] Oba, „Wiring harnesses for Next Generation Automobiles”, 2013
- [10] X. Jiang, Y. Nagaoka, K. Ishii, S. Abiko, T. Tsujita, és M. Uchiyama, „Robotized recognition of a wire harness utilizing tracing operation”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, köt. 34, 2015
- [11] M. Rice, H. H. Tay, J. Ng, C. Lim, S. K. Selvaraj, és E. Wu, „Comparing Three Task Guidance Interfaces for Wire Harness Assembly”, in *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, San Jose California USA, 2016
- [12] A. Pradhan, „Current Trends in Automotive Wire Harness Design”, 2011
- [13] A. Kumar, G. Chaudhary, M. Kalra, és B. K. Jha, „Optimization of cycle time for wire harness assembly – Line balancing and Kaizen approach”, *IJRSET*, köt. 03, sz. 08, 2014
- [14] N. Öztürk és M. N. Esin, „Investigation of musculoskeletal symptoms and ergonomic risk factors among female sewing machine operators in Turkey”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, köt. 41, sz. 6, 2011
- [15] P. Drinkaus és mtsai., „Comparison of ergonomic risk assessment outputs from Rapid Upper Limb Assessment and the Strain Index for tasks in automotive assembly plants”, *Work*, köt. 21, sz. 2, 2003
- [16] J. R. T. Domingo, Ma. T. S. D. Pano, D. A. G. Ecat, N. A. D. G. Sanchez, és B. P. Custodio, „Risk Assessment on Filipino Construction Workers”, *Procedia Manufacturing*, köt. 3, 2015
- [17] M. Massaccesi, A. Pagnotta, A. Soccetti, M. Masali, C. Masiero, és F. Greco, „Investigation of work-related disorders in truck drivers using RULA method”, *Applied Ergonomics*, köt. 34, sz. 4, 2003
- [18] B. M. Deros, D. D. I. Daruis, és I. M. Basir, „A Study on Ergonomic Awareness among Workers Performing Manual Material Handling Activities”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, köt. 195, 2015
- [19] S. Sahu és M. Sett, „Ergonomic evaluation of the tasks performed by the female workers in the unorganized sectors of the manual brick manufacturing units in India”, *Ergon SA*, köt. 22, 2010
- [20] P. Mukhopadhyay és S. Srivastava, „Ergonomic Design Issues in Some Craft Sectors of Jaipur”, *The Design Journal*, köt. 13, sz. 1, 2010
- [21] E. H. Østergaard, „THE ROLE OF COBOTS IN INDUSTRY 4.0”
- [22] A. Rojko, „Industry 4.0 Concept: Background and Overview”, *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, köt. 11, sz. 5, 2017
- [23] A. Cherubini, R. Passama, A. Crosnier, A. Lasnier, és P. Fraisse, „Collaborative manufacturing with physical human–robot interaction”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, köt. 40, 2016
- [24] M. Dudek-Burlikowska és D. Szewieczek, „The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process”, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, köt. 36, sz. 1, 2009.
- [25] R. Szabo és A. Gontean, „Industrial robotic automation with Raspberry PI using image processing”, in 2016 International Conference on Applied Electronics (AE), Pilsen, Czech Republic, 2016
- [26] E. Kadiyala, S. Meda, R. Basani, és S. Muthulakshmi, „Global industrial process monitoring through IoT using Raspberry pi”, in 2017 International Conference on Nextgen Electronic Technologies: Silicon to Software (ICNETS2), Chennai, India, 2017
- [27] H. K. és D. D., „Industrial Automation using IoT with Raspberry Pi”, *IJCA*, köt. 168, sz. 1, 2017
- [28] „A Brief History of 3D Printing”, in *A New Industrial Future?*, 1. kiad., 1 Edition. | New York : Routledge, 2016.: Routledge, 2016
- [29] A. Azanha, A. R. T. T. Argoud, J. B. de Camargo Junior, és P. D. Antonioli, „Agile project management with Scrum: A case study of a Brazilian pharmaceutical company IT project”, *IJMPB*, köt. 10, sz. 1, 2017
- [30] V. Román-Ibáñez, A. Jimeno-Morenilla, F. Pujol-López, és F. Salas-Pérez, „Online simulation as a collision prevention layer in automated shoe sole adhesive spraying”, *Int J Adv Manuf Technol*, köt. 95, sz. 1–4, 2018
- [31] A. A. R. M. A. Ebayyeh és A. Mousavi, „A Review and Analysis of Automatic Optical Inspection and Quality Monitoring Methods in Electronics Industry”, *IEEE Access*, köt. 8, 2020
- [32] H. G. Nguyen, M. Meiners, L. Schmidt, és J. Franke, „Deep learning-based automated optical inspection system for crimp connections”, in 2020 10th International Electric Drives Production Conference (EDPC), Ludwigsburg, Germany, 2020
- [33] M. Meiners, A. Mayr, és J. Franke, „Process curve analysis with machine learning on the example of screw fastening and press-in processes”, *Procedia CIRP*, köt. 97, 2021



- [34] D. Mourtzis és J. Angelopoulos, „An intelligent framework for modelling and simulation of artificial neural networks (ANNs) based on augmented reality”, *Int J Adv Manuf Technol*, köt. 111, sz. 5–6, 2020
- [35] D. Mourtzis, J. Angelopoulos, és N. Panopoulos, „A Framework for Automatic Generation of Augmented Reality Maintenance & Repair Instructions based on Convolutional Neural Networks”, *Procedia CIRP*, köt. 93, 2020
- [36] G. W. Thum, S. H. Tang, S. A. Ahmad, és M. Alrifaey, „Toward a Highly Accurate Classification of Underwater Cable Images via Deep Convolutional Neural Network”, *JMSE*, köt. 8, sz. 11, 2020
- [37] Z. Dai, J. Yi, Y. Zhang, B. Zhou, és L. He, „Fast and accurate cable detection using CNN”, *Appl Intell*, köt. 50, sz. 12, 2020
- [38] X. Ye, G. Wu, F. Fan, X. Peng, és K. Wang, „Overhead ground wire detection by fusion global and local features and supervised learning method for a cable inspection robot”, *SR*, köt. 38, sz. 3, 2018
- [39] X. Li, C. Gao, Y. Guo, F. He, és Y. Shao, „Cable surface damage detection in cable-stayed bridges using optical techniques and image mosaicking”, *Optics & Laser Technology*, köt. 110, 2019
- [40] L. Zheng, X. Liu, Z. An, S. Li, és R. Zhang, „A smart assistance system for cable assembly by combining wearable augmented reality with portable visual inspection”, *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, köt. 2, sz. 1, 2020
- [41] D. De Gregorio, G. Palli, és L. Di Stefano, *Let’s take a Walk on Superpixels Graphs: Deformable Linear Objects Segmentation and Model Estimation*. 2018
- [42] P. Chang és T. Padir, „Model-Based Manipulation of Linear Flexible Objects with Visual Curvature Feedback”, 2020
- [43] H. G. Nguyen és J. Franke, „Deep learning-based optical inspection of rigid and deformable linear objects in wiring harnesses”, *Procedia CIRP*, köt. 104, 2021
- [44] F. Spenrath és A. Pott, „Using Neural Networks for Heuristic Grasp Planning in Random Bin Picking”, in 2018 IEEE 14th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), Munich, Germany, 2018
- [45] J.-K. Oh, S. Lee, és C.-H. Lee, „Stereo vision based automation for a bin-picking solution”, *Int. J. Control Autom. Syst.*, köt. 10, sz. 2, 2012
- [46] M. Moosmann és mtsai., „Increasing the Robustness of Random Bin Picking by Avoiding Grasps of Entangled Workpieces”, *Procedia CIRP*, köt. 93, 2020
- [47] M. Moosmann és mtsai., *Using Deep Neural Networks to Separate Entangled Workpieces in Random Bin Picking*. 2020
- [48] C. Martinez, R. Boca, B. Zhang, H. Chen, és S. Nidamarthi, „Automated bin picking system for randomly located industrial parts”, in 2015 IEEE International Conference on Technologies for Practical Robot Applications (TePRA), Woburn, MA, USA, 2015
- [49] V. Vonasek, A. Vick, és M. Saska, „Motion planning with motion primitives for industrial bin picking”, in 2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Limassol, Cyprus, 2017
- [50] T. F. Iversen és L.-P. Ellekilde, „Benchmarking motion planning algorithms for bin-picking applications”, *IR*, köt. 44, sz. 2, 2017
- [51] F. Spenrath, A. Spiller, és A. Verl, „Gripping Point Determination and Collision Prevention in a Bin-Picking application”, in *ROBOTIK 2012; 7th German Conference on Robotics*, 2012
- [52] R. Matsumura, Y. Domae, W. Wan, és K. Harada, „Learning Based Robotic Bin-picking for Potentially Tangled Objects”, in 2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Macau, China, 2019
- [53] G. Leão, C. M. Costa, A. Sousa, és G. Veiga, „Detecting and Solving Tube Entanglement in Bin Picking Operations”, *Applied Sciences*, köt. 10, sz. 7, 2020
- [54] K. Arulkumaran, M. P. Deisenroth, M. Brundage, és A. A. Bharath, „Deep Reinforcement Learning: A Brief Survey”, *IEEE Signal Process. Mag.*, köt. 34, sz. 6, 2017
- [55] N. Heess, G. Wayne, D. Silver, T. Lillicrap, Y. Tassa, és T. Erez, „Learning Continuous Control Policies by Stochastic Value Gradients”, *arXiv:1510.09142 [cs]*, 2015
- [56] V. Mnih, N. Heess, A. Graves, és K. Kavukcuoglu, „Recurrent Models of Visual Attention”, *arXiv:1406.6247 [cs, stat]*, 2014
- [57] S. Levine, C. Finn, T. Darrell, és P. Abbeel, „End-to-End Training of Deep Visuomotor Policies”, *arXiv:1504.00702 [cs]*, 2016
- [58] V. Mnih és mtsai., „Playing Atari with Deep Reinforcement Learning”, *arXiv:1312.5602 [cs]*, 2013
- [59] I. Lenz, H. Lee, és A. Saxena, „Deep Learning for Detecting Robotic Grasps”, *arXiv:1301.3592 [cs]*, 2014
- [60] M. Hausknecht és P. Stone, „Deep Recurrent Q-Learning for Partially Observable MDPs”, *arXiv:1507.06527 [cs]*, 2017