

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

IPARI RENDSZEREK KORSZERŰ

IT-ALAPÚ INTEGRÁCIÓJA

HEGEDŰS-KUTI JÁNOS

PANNON EGYETEM

VEGYÉSZMÉRNÖKI- ÉS ANYAGTUDOMÁNYOK

DOKTORI ISKOLA

TÉMAVEZETŐK:

DR. CSOBÁN ATTILA

DR. ANDÓ MÁTYÁS



PANNON EGYETEM, MÉRNÖKI KAR
VESZPRÉM

2025

1. Bevezetés és célkitűzések

A kutatási motivációm azon alapszik, hogy a gyártástechnológia területén az informatikai alkalmazások érzékelési és kommunikációs képességei egyre inkább lehetővé teszik az adatok valós idejű gyűjtését és elemzését, lerövidítve az információáramlást, növelve a hatékonyságot. A kutatás részben a 3D szkener által gyűjtött eredménytermékek felhasználására összpontosít, a hegesztési hibák azonosítására, jellemzően a pontfelhők sűrűség alapú klaszterezése céljából. Továbbá a hegesztési varratok detektálását a Machine Learning technológia felé terjeszti ki. A strukturált fényszkener és érzékelési algoritmusokból származó adatok integrálásával a kutatás célja a hegesztési varratok minőség-ellenőrzésének és felügyeletének javítása, hozzájárulva a gyártási folyamatok hatékonyságához.

2. Kísérleti eszközök és módszerek

A disszertáció olyan keretrendszert mutat be a hegesztési hibák észlelésére és azonosítására, amely fejlett 3D szkennelési és képfeldolgozási technikákat használ. A pontfelhők 3D strukturált fényszkenerből származnak és bemenetként szolgálnak a pontfelhő-feldolgozási illesztési folyamatokhoz. A felülnézetből készült fényképeket, a varratszélesség meghatározásának céljából - képfelismerő algoritmusokkal vizsgálva - egy digitális interfésszel (virtuális robot) kerülnek integrálásra, amely hatékonyan képes rögzíteni és vizualizálni is a varrat keletkezése közben generált adatokat.

3. Eredmények gyakorlati hasznosítása

Az alkalmazott módszer hatékonyan észleli és osztályozza az eltéréseket szabványos hegesztési hibaosztályok szerint, bizonyítva, hogy az ISO 5817:2014 szabványban meghatározott hat hegesztési eltérésből ötöt azonosítani lehet. A kombinált megközelítés támogatja a valós idejű elemzést és optimalizálást, megkönnyítve a hegesztési varratok közben keletkező hibák azonosítását. Az eredmények rávilágítanak a digitális ikertechnológiában rejlő potenciálra, a valós idejű visszacsatolás és a hegesztési paraméterek optimalizálása terén, ami javítja a gyártási hatékonyságot és a termékminőséget.

4. Tézisek

1. A hegesztési hibákat tartalmazó munkadarabok CAD-alapú pontfelhői leírhatóak és azonosíthatóak a pontokat leíró PFH hisztogram analízis támogatásával.

A kutatásom során négy fő publikációra támaszkodom. A publikációim a hegesztési hibák vizsgálatának kiterjesztéséről, a varratok keletkezése alatt rögzített adatok felhasználásáról és a varratokról készült 2D és 3D technológiával gyűjtött adatok integrálásával kapcsolatosak. Az első kapcsolódó publikáció a hegesztési munkadarabok pontfelhőinek egymásra illesztése után kapott eltérésekre fókuszál, PFH analízis alkalmazásával.

Kapcsolódó publikáció:

3D scanning and model error distribution-based characterisation of welding defects (HUNGARIAN JOURNAL OF INDUSTRY AND CHEMISTRY, Hegedűs-Kuti János, Szőlősi József, Varga Dániel, Farkas Gábor, Ruppert Tamás, Abonyi János és Andó Mátyás; [DOI: 10.33927/hjic-2021-13](https://doi.org/10.33927/hjic-2021-13))

2. A hegesztési hibák hatékonyan azonosíthatóak a hibaklaszterek tömegközéppontjai, a felhők pontszámai és a felhő alakzata alapján, DBSCAN algoritmus alkalmazásával

A második kapcsolódó publikáció egy keretrendszert ír le az első cikkem folytatásaként, a hegesztési hibák 3D szkennertől származó adatok alapján történő felismerésére, és az eltérések azonosítására. A megjelent publikációm tehát a hegesztési hibák 3D szkennertől származó adatok azonosításának keretrendszerét írja le. A tanulmány a pontfelhő összehasonlítására és az eltérések azonosítására sűrűség alapú klaszterezést alkalmaz. Az ISO 5817:2014 szabványban meghatározott hat hegesztési eltérést értékelték, és a módszer négy eltérést sikeresen azonosított.

Kapcsolódó publikáció:

3D Scanner-Based Identification of Welding Defects - Clustering the Results of Point Cloud Alignment (Hegedűs-Kuti János, Szőlősi József, Varga Dániel, Abonyi János, Andó Mátyás és Ruppert Tamás; MDPI Sensors, Q1, <https://doi.org/10.3390/s23052503>)

3. A hegesztési varratok létrejöttének bemenetét képező hegesztési paraméterek a varrat alakjára befolyást gyakorló hatásként (feszültség, áramerősség, hegesztési sebesség, huzal adagolási sebesség) detektálhatóak a varratokról készült pontfelhők konzisztens követésével, azok egymásra illesztésének folyamata alatt.

A megjelölt publikáció a hegesztési hibák vizsgálatának kiterjesztésével foglalkozik. Bemutatja hogyan lehet a hegesztési folyamat során gyűjtött adatokat integrálni a képfeldolgozó alkalmazások eredménytermékeivel. Az egymásra illesztett pontfelhőkön nyomon követhető a villamos paraméterek hatása.

Kapcsolódó publikáció:

Extending the welding seams detection as preparation towards the digital twin technology (Hegedűs-Kuti János, Szőlősi József, Birosz Márton Tamás, Csobán Attila, Popa-Müller Izolda, és Andó Mátyás; IET Collaborative Intelligent Manufacturing, Q1, [DOI:10.1049/cim2.70027](https://doi.org/10.1049/cim2.70027))

4. Machine Learning technológia támogatásával a hegesztési varratra jellemző

geometriai adatok megbecsülhetők, a korábban elvégzett más hegesztési paraméterekkel folytatott hegesztési kísérletek alapján.

Az előző tézisben említett harmadik publikációm a hegesztési hibák vizsgálatának kiterjesztésével is foglalkozik. A hibák észleléséről és azonosításáról szól, amely bemutatja hogyan lehet a hegesztési folyamat során gyűjtött adatokat integrálni a képfeldolgozó 2D alkalmazások eredménytermékeivel, a varratszélességre vonatkozó hiányzó adatokat becsléssel megadva.

Kapcsolódó publikáció:

Extending the welding seams detection as preparation towards the Digital twin technology (Hegedűs-Kuti János, Szőlősi József, Birosz Márton Tamás, Csobán Attila, Popa-Müller Izolda, és Andó Mátyás; IET Collaborative Intelligent Manufacturing, Q1, [DOI:10.1049/cim2.70027](https://doi.org/10.1049/cim2.70027))

További publikációk:

1. **Performance of Cell Phone Controlled Model Vehicle** (Mérnöki és Informatikai Megoldások, ELTE).
2. **Real-time data visualization of welding robot data and preparation for future of digital twin system** (Scientific Reports, D1)
3. **Lazy thermal annealing of material extrusion-based 3D-printed PLA specimens,** (Springer, Progress in Additive Manufacturing, Q1)