

MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR



GENERATÍV TERVEZÉSI MÓDSZEREK ÉS ALGORITMUSOK FELTÁRÁSA KÜLÖNFÉLE GYÁRTÁSI TECHNOLOGIÁKKAL GYÁRTHATÓ ALKATRÉSZEK TERVEZÉSÉHEZ

PhD értekezés tézisei

KÉSZÍTETTE:

SZABÓ KRISTÓF

okleveles gépészmérnök

SÁLYI ISTVÁN GÉPÉSZETI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA,
GÉPEK ÉS SZERKEZETEK TERVEZÉSE TÉMATERÜLET,
SZERSZÁMGÉPEK TERVEZÉSE TÉMACSOPORT

DOKTORI ISKOLA VEZETŐ:

VADÁSZNÉ PROF. DR. BOGNÁR GABRIELLA
a műszaki tudomány doktora, egyetemi tanár

TÉMACSOPORT VEZETŐ:

DR. HEGEDŰS GYÖRGY
egyetemi docens

TUDOMÁNYOS TÉMAVEZETŐ:

DR. HEGEDŰS GYÖRGY
egyetemi docens

Miskolc
2025

BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG

JAVASOLT BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG

- Elnök: **Vadászné Prof. Dr. Bognár Gabriella**, DSc, egyetemi tanár, Miskolci Egyetem
- Titkár, tag: Dr. Kovács Péter Zoltán, PhD, egyetemi docens, Miskolci Egyetem
- Tagok: Dr. Kerényi György Zsolt, PhD, egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
- Dr. Felhő Csaba, PhD, egyetemi docens, Miskolci Egyetem
- Bírálok: Dr. Takács Ágnes Judit, PhD egyetemi docens, Miskolci Egyetem
- Dr. Horák Péter, PhD, egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

PÓTBÍRÁLÓ BIZOTTSÁG

- Elnök: **Prof. Dr. Jármai Károly**, DSc, egyetemi tanár, Miskolci Egyetem
- Titkár, tag: Dr. Rónai László, PhD, egyetemi docens, Miskolci Egyetem
- Tagok: Prof. Dr. Száva János, PhD, professor emeritus, Brassói Egyetem
- Dr. Baksa Attila, PhD, egyetemi docens, Miskolci Egyetem
- Bírálok: Dr. habil. Piros István Attila, PhD, egyetemi docens, Neumann János Egyetem
- Dr. Lukács Zsolt, PhD, egyetemi docens, Miskolci Egyetem

1. BEVEZETÉS

A hétköznapi termékekben, gépekben, valamint a különféle gyártóeszközökben felhasznált alkatrészek esetében tényként kezelendő, hogy a folyamatos fejlődés és az innováció állandó célkitűzés.

A piaci és társadalmi igények, valamint a műszaki tudományok fejlődése folyamatos kényszert gyakorol arra, hogy ezek a termékek és alkatrészek napról napra új külső megjelenéssel vagy esetlegesen új funkcionális kritériumoknak való megfeleléssel születhessenek újjá. Ezen termékek vagy alkatrészek folyamatos fejlesztése, tervezése és szimulációs ellenőrzése nagy anyagi ráfordítást igényel, amelyhez rendkívül sok mérnöki, szellemi és fizikai munka párosul. Ezek a befektetett erőforrások arra irányulnak, hogy lépést lehessen tartani a fogyasztók igényeivel és az ipar nagy mértékű fejlődésével. Ettől eltekintve, még mindig érvényes az a tényszerű megállapítás és szemlélet, amely gazdasági szempontok alapján értékeli a konstrukciós tevékenységeket, miszerint a tervezési folyamat korai fázisban felfedezett tervezési hibák megoldásának várható költségei a legalacsonyabbak, figyelembe véve egy termék teljes életútját. Ezen logika alapján a teljes tervezési és fejlesztési folyamat során a konstruktőr mérnök felelősége a legnagyobb. Ennek megfelelően igaz állításnak tekintjük azt, hogy a legkevesebb ráfordítással, a legnagyobb gazdasági eredményt a műszaki fejlesztés révén lehet elérni. A számítástechnika segítségével létrejöhett a generatív tervezési modell, amely megreformálja a klasszikus tervezési módszertanok módszereit, szemléleteit és a különféle szabályrendszereit. A tervezési modell utánozza a természet evolúciós megközelítését, hogy akár több ezer megoldást tudjon szolgáltatni egyetlen mérnöki problémára. A mesterséges intelligenciára épülő szoftverekkel és a számítógépek teljesítményének kiaknázásával teszi lehetővé, hogy a mérnökök több száz vagy akár több ezer tervváltozatot hozzanak létre egy tervezési probléma meghatározásával, azaz az alapvető paraméterek, például a geometriai méretek, a terhelés, a szilárdság és az anyagváltozatok megadásával. Ezt a fajta tervezési módszert kombinálva az additív gyártástechnológia pozitív tulajdonságaival, relatíve kis idő alatt olyan használati tárgyak vagy speciális alkatrészek jöhetnek létre, amelyek anyagtakarékosabbak, ezáltal kisebb tömegűek vagy bizonyos esetekben terhelhetőbbek a hagyományos eljárásokkal előállított alkatrészekhez képest.

A kutatásom célja, hogy a generatív tervezési eljáráshoz megvizsgáljam a jelenleg alkalmazott tervezésmódszertani elveket és azok alkalmazhatóságát a generatív tervezési folyamatokban. A módszeres tervezésben alkalmazott kombináción alapuló megoldáskeresés mintájára olyan módszert és egyedi leírásmódot szeretnék megalkotni, amely megfelelően jellemzi és különbözteti meg a generatív tervezési technikával előállított megoldásokat. Az eredmények kiértékelésére új szempontokat szeretnék megfogalmazni, amely objektív módon segíti az osztályozás folyamatát. Új tervezésmódszertani szemléletet dolgozok ki a generatív tervezéshez, amely alkalmazható a termék különféle gyártástechnológiákkal történő előállítása esetén.

2. A DISSZERTÁCIÓ CÉLKITŰZÉSEI

A korszerű, jelenlegi fejlesztésű gyártóeszközök termelékenységére vonatkozó jellemzők folyamatos javulást mutatnak, anélkül, hogy a pontossági paraméterek romló tendenciát mutatnának. Ez a jelenség főként az automatizált gyártóeszközök vezérlésének köszönhető, amely rohamos fejlődésen esett át az elmúlt évtizedekben. Egy előállított termék, alkatrész vagy egyéb gyártmány elvárt tulajdonságait és annak minőségét jellemző paramétereit nagy mértékben befolyásolja az alkalmazott tervezési metódus és az előállításához használt gyártóeszközök képessége és milyensége. Ezért fontos a fejlesztés és a folyamatos innováció, hogy a gépek pontossága, valamint mechanikai és dinamikai tulajdonságai javulást mutassanak, amelyek kiszolgálják egyrészt az új szerszámgép fejlődési irányzatokat, valamint azokon a gépeken előállított gyártmányokra vonatkozó minőségi elvárásokat. A miskolci géptervező iskolában használatos az úgynevezett anyagép fogalma, hiszen minden alkatrészt, gépelemet és gépet szerszámgépeken állítanak elő, ezért különösen fontos a szerszámgépek, azok főegységeinek, részegységeinek és azok alkatrészeinek pontosságának és megbízhatóságának növelése. Egy szerszámgép megmunkálási pontosságát és termelékenységét számos tényező befolyásolhatja, ilyen például a mechanikai és dinamikai merevség vagy a pozicionálási pontosság és ismétlési pontosság. Az előző évtizedek alapján jelentős technikai fejlődés figyelhető meg a gyártástechnológia területén, ugyanis kifejlődtek és egyre inkább elterjedtek az additív megmunkálások, amelyeknek folyamatos motiváló ereje van az additív szerszámgépek fejlődésében. Ezek az innovatív eljárások kikényszerítik azt, hogy a társtudományok, mint például a gép- és terméktervezés módszertana és annak szemlélete lépést tudjanak tartani a modern elvárásokkal. A kutatásom főként az új szemléletű tervezésmódszertani eljárásokra koncentrálódik. A fő célom az, hogy kutatómunkám segítségével megállapíthassam, hogy az újdonság erejével bíró mesterséges intelligencia segítette generatív tervezési folyamat által létrejövő termékek és alkatrészek, hogyan épülnek be a klasszikus géptervezés szemléleteibe és eszközrendszerébe. További célkitűzéseim közé tartozik, hogy megvizsgáljam a generatív tervezési eljáráshoz jelenleg alkalmazott tervezésmódszertani elveket és azok alkalmazhatóságát a generatív tervezési folyamatokban, valamint új tervezésmódszertani szemléletet és tervezési módszert dolgozzak ki a generatív tervezéshez, figyelembe véve a termék additív gyártástechnológiával történő előállítását. A disszertációban részletes irodalomkutatást, majd elemzést végzek a hagyományos tervezésmódszertani elvek tudományterületén és azok alkalmazhatóságára a generatív tervezési folyamatban. Megvizsgálom a generatív tervezési eljárások szerepét a szerszámgépelemek tervezésében és előállításában, amelyet esettanulmány segítségével prezentálok. Végezetül új tervezésmódszertani leírásmódot javaslok a generatív tervezési eljáráshoz.

3. AZ ELVÉGZETT FELADATOK RÉSZLETEZÉSE

A disszertáció célja a generatív tervezési módszerek feltárása, amely arra keresi a választ, hogy milyen tervezési szemlélet képviselésében és milyen tervezői lépésekben célszerű megoldani a feladatot. A kutatásom során feltártam a történelmi előzményeket, amelyben irodalmi áttekintést fogalmaztam meg a tervezésmódszertan és a topológiai optimalítás fejlődésére vonatkozóan. Megvizsgáltam a legfőbb tervezési szemléleteket, amelyek rendszerébe foglaltam a generatív tervezést és annak elveit. Fókuszálva a műszaki gyártmányok tervezésére megvizsgáltam a soros, párhuzamos és a generatív tervezési folyamatok logikai lépéseit és feladatait, amelyet egy összehasonlítással összegeztem. Kutatást végeztem a számítógéppel támogatott generatív tervezés témájában, amely során összefoglaltam az eljárás alapját jelentő topológia optimalítás elméleti alapjait és azok különféle típusait. Összefoglaltam a generáló szoftverek fejlődésének és integrálódásának folyamatát és tanulmányoztam a legelterjedtebb iCAD rendszerek generatív tervezési moduljainak felépítését és annak használatához szükséges lépéseit, amelyet folyamatábrával jellemeztem. Egy automata szerszámcserélő mechanizmus fejlesztésére vonatkozó esettanulmány segítségével megvizsgáltam a generatív tervezés szerepét a szerszámgéptervezés tudományában. A tanulmány során új módszertani leírásmódot alkalmaztam. Az előállított megoldásokra vonatkozóan értékelési szempontokat fogalmaztam meg, amely során előállítottam az optimális megoldást.

A disszertáció során olyan módszeres leírásmódot javasoltam, amely kiegészíti a klasszikus módszertani leírásokat. A generatív tervezést a szakma „paradigma váltás” jelzővel illeti, amelyet elsődlegesen a leírásmódban, tehát a lehetséges megoldások kódolásában kell keresni. Az ajánlott módszer és szemlélet segítséget nyújthat az amorf és szabályos geometriák permutációjából felépülő konstrukciók és gyártmányok módszeres leírásában, megkülönböztetésében, jellemzésében és azok értékelésében.

A további fejlesztési lehetőség a konstrukciókra és megoldásokra vonatkozó új leírásmód és értékelési jellemzők különféle topológiai optimalító és generatív tervezési modulokba való integrálása lehetne. A szoftverbe ágyazás segítséget nyújthatna a szimulációs modell kódolás alapján történő módszeres felépítésében és azok objektív értékelésében. A relatív biztonság és valós biztonság értékét befolyásoló gyárthatósági jellemzők pontos meghatározása javítaná a várható eredmények tulajdonágainak becslését.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

T1. Generatív tervezési eljárással előállított konstrukciókra vonatkozóan kidolgoztam egy új elvű leírásmódot és bevezettem az $\mathbf{X}$ konstrukciós tér kapcsolati mátrixot, amely a tervezési teret alaphalmazra, részhalmazokra és valódi részhalmazra bontja. Az $\mathbf{X}$ mátrixban az egyes halmazok argumentumai a funkciók bináris kódolásával kerülnek meghatározásra.

$$\mathbf{X} = \begin{matrix} & F_1 & F_2 & F_3 & F_i & F_n \\ \begin{matrix} H \\ A \\ B \\ C \\ D \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- Az $\mathbf{X}$ konstrukciós tér kapcsolati mátrix első sora minden esetben az alaphalmaz, amely az alkatrészre vonatkozó teljes tervezési térfogatot testesíti meg. A további sorok az egyes részhalmazokat tartalmazzák, amelyek ez egyes konstrukciós geometriákat reprezentálják. A mátrix oszlopain helyezkednek el az alkatrész funkciói. Az egyes mátrix elemek bináris értéket vehetnek fel, amely 1, ha az adott részhalmaz tartalmazza a funkciót, ellenben 0 értéket képvisel.
- A kötött geometriákat a tervező szabadon határozhatja meg. Ez az alkotói szabadság sok esetben irányulhat az esztétika, mint funkció kielégítésére. A funkciók kapcsolatát leíró részhalmazok nem rangsorolják az egyes kapcsolatokat, csupán azok megléte a fontos. A funkciók gráf, egyenlet és struktúra mátrix leírásában szereplő logikai kapcsolatok nem korlátozzák a részhalmazok felállítását, csupán segítséget nyújthatnak abban, hogy milyen szegmentálást és csoportosítást hozzanak létre az egyes konstrukciós geometriák. Abban az esetben, amikor két funkcióhoz csatolt alaksajátosságok szorosan kapcsolódnak egymáshoz, esetleg egymáson helyezkednek el, a szétválasztás nem indokolt.
- Az $\mathbf{X}$ mátrix egyes sorait kiemelve létrehozhatók a konstrukciós geometriákra vonatkozó funkció kapcsolati vektorok.

T2. Generatív tervezési eljárással előállított konstrukciókra vonatkozóan bevezettem a $\mathbf{G}$ generált kapcsolati mátrixot, amely leírja az előállított megoldások funkciói és a konstrukciós térfogatok közötti szoftver által generált anyagi kapcsolatot.

$$\mathbf{G} = \begin{matrix} & F_1 & F_2 & F_3 & F_i & F_n \\ \begin{matrix} H \\ A \\ B \\ C \\ D \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ x & 0 & x & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & x \\ x & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- A $\mathbf{G}$ generált kapcsolati mátrix első sora minden esetben az alaphalmazt tartalmazza, amely az alkatrészre vonatkozó teljes tervezési térfogatot testesíti meg. A további sorok az egyes részhalmazokat tartalmazzák, amelyek az egyes konstrukciós geometriákat képezik. A mátrix oszlopain helyezkednek el az alkatrész funkciói. Az egyes mátrix elemek bináris értéket vehetnek fel, amely x , ha az adott részhalmaz kapott szoftver által generált kapcsolatot az adott funkcióval, ellenben 0 értéket képvisel.

T3. Generatív tervezési eljárásokkal előállított konstrukciókra vonatkozóan bevezettem az $\mathbf{M}$ megoldás mátrixot, amelyet az $\mathbf{X} + \mathbf{G} = \mathbf{M}$ összefüggéssel származtattam. A $\mathbf{M}$ mátrix leírja a generált megoldások funkcióinak és konstrukciós geometriáinak kapcsolatát úgy, hogy különbséget tesz az előre definiált és a szoftver által generált anyagi kapcsolatok között.

$$\mathbf{M} = \begin{matrix} & F_1 & F_2 & F_3 & F_i & F_n \\ \begin{matrix} H \\ A \\ B \\ C \\ D \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} + \begin{matrix} & F_1 & F_2 & F_3 & F_i & F_n \\ \begin{matrix} H \\ A \\ B \\ C \\ D \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ x & 0 & x & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & x \\ x & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{matrix} & F_1 & F_2 & F_3 & F_i & F_n \\ \begin{matrix} H \\ A \\ B \\ C \\ D \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ x & 0 & x & \dots & 1 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & x \\ x & 0 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- Az $\mathbf{M}$ mátrix elemei 0, 1 és x karaktert vehetnek fel. Amennyiben egy mátrixelem értéke 1, az adott részhalmaz tartalmazza a funkciót és a kapcsolat előre definiált peremfeltételnek minősül, ellenben 0 értéket képvisel. Amennyiben egy mátrix elem x karaktert tartalmaz, akkor az egy szoftver által generált funkció és konstrukciós tér kapcsolat.
- T4. Generatív tervezési eljárásokkal előállított konstrukciókra vonatkozóan bevezettem az $\mathbf{F}_g$ generált funkcióstruktúra mátrixot. Az $\mathbf{F}_g$ mátrix a módszeres tervezés tudományterületén elterjedt leírásmódot egészíti ki azáltal, hogy a funkciókapcsolatok esetén különbséget tesz az előre definiált és a szoftver által generált anyagi kapcsolatokban. Az $\mathbf{F}_g$ mátrix felírását az $\mathbf{M}$ mátrix segíti.

$$\mathbf{F}_g = \begin{matrix} & F_1 & F_2 & F_3 & F_i & F_n \\ \begin{matrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_j \\ F_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & x & \dots & 1 \\ x & 0 & 1 & \dots & x \\ 1 & x & 0 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & 0 & \dots \\ x & 1 & x & \dots & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- Az $\mathbf{F}_g$ generált funkcióstruktúra mátrix főátlója 0 elemeket tartalmaz. A mátrix oszlopait és sorait a generált alkatrészt felépítő funkciók képezik. Az egyes mátrix elemek 0, 1 és x értéket vehet fel. Ha az érték 1, akkor az adott sorhoz és oszlophoz tartozó funkciók között előre megadott anyagkapcsolat van. Ha egy mátrix elem x értéket képvisel, akkor az adott sorhoz és oszlophoz tartozó funkciópáros között a szoftver által generált anyagkapcsolat jött létre. 0 érték esetén a funkciópáros között nincs közvetlen anyagi kapcsolat.
- T5. Generatív tervezési eljárással előállított termékek és alkatrészek értékelési rendszereként kidolgoztam geometriai és fizikai tulajdonságokból származtatható jelzőket. Bevezettem a geometriai sajátosságból meghatározható $g_{(k)}$ generálási kötöttség, a $g_{(sz)}$ generálási szabadság és a γ_i generáltsági fok fogalmakat. Bevezettem a fizikai tulajdonságok alapján számítható $b_{i(r)}$ relatív biztonsági tényezőt és a $b_{i(v)}$ valós biztonsági tényező fogalmát.

$$g_{(k)} = \left[\frac{V_{i(k)}}{V_o} \right] \cdot 100, \quad g_{(sz)} = \left[1 - \frac{V_{i(k)}}{V_o} \right] \cdot 100 \quad \text{és} \quad \gamma_i = \left[\frac{V_{i(ga)}}{V_{i(k)}} \right] \cdot 100$$

- A $g_{(k)}$ százalékos formában megadja a $V_{i(k)}$ konstrukciós terek által megkötött térfogatot a kiinduló V_o tervezési térfogathoz képest. A $g_{(sz)}$ generálási szabadság a $g_{(k)}$ inverze, amely százalékos formában megadja a $V_{i(k)}$ konstrukciós terek által megkötött térfogat függvényében a szoftver által szabadon generálható V_o tervezési térfogatot. A $g_{(k)}$ és a $g_{(sz)}$ az $\mathbf{X}$ mátrix alapján leírt geometriából származtatható. A két paraméter fontos jelzője egy topológia optimált alkatrésznek, hiszen alapvető viszonyítási alapként szolgál a tervezési és értékelési szakaszokban.
- A γ_i generáltsági fok megmutatja, hogy a kötött konstrukciós térfogatokhoz képest milyen arányban van a szoftver által létrehozott anyagmennyiség. Az eredményt a $V_{i(ga)}$ generált anyag és $V_{i(k)}$ konstrukciós terek térfogathányada adja meg százalékos formában. A γ_i az $\mathbf{M}$ mátrix alapján leírt geometriából származtatható.

$$b_{i(r)} = \frac{\sigma_{meg}}{\sigma_{i(max)}} \geq 1 \quad \text{és} \quad b_{i(v)} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{i(max)}}, \quad \text{ahol:} \quad \sigma_{meg} = \frac{R_{p0,2}}{b}$$

- A relatív biztonsági tényező megmutatja a generálás előtt megadott σ_{meg} megengedett feszültségérték és az i -edik generált konstrukcióban kialakuló $\sigma_{i(max)}$ maximális feszültség különbségét. A két feszültségérték közötti különbség megmutatja, hogy statikai szempontból mekkora tartalék van a rendszerben. A különbség valójában a geometriára vonatkozó kényszerek és korlátok eredményei, amelyeket a megválasztott

gyártástechnológiához rendelt gyárthatósági szabályok határoznak meg. Az i -edik konstrukcióra vonatkozó $b_{i(v)}$ valós biztonsági tényezőt, az anyag folyáshatárához viszonyítva lehet értelmezni. Ez a két jelző a módszeres tervezés értékelési szakaszában megfelelő értékelési szempont lehet, amelyek segítségével objektív módon osztályozhatók az egyes megoldások (27).

5. A KUTATÁSI TERÜLET TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Magyar nyelvű konferencia előadások

- (1) Szabó, K.: *A genetikai algoritmusok alapjai*, A PEME XXV. PhD – Konferenciájának előadásai, poszterszekció, Budapest, Magyarország: Professzorok az Európai Magyarországiért Egyesület (2023. április 27. Budapest)
- (2) Szabó, K.: *A genetikai algoritmusok működésének áttekintése*, XXVI. Tavaszi Szél Konferencia 2023, poszterszekció, Miskolc, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (2023. május 5., Miskolc, Miskolci Egyetem A4 főépület)
- (3) Szabó, K.: *Component Development by Simulation-Driven Design Method*, InnoVeTAS, (2025. május 9., online prezentáció)

Idegen nyelvű konferencia előadások

- (4) Szabó K.: *Design of Chip Conveyor*, 7th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2019), Debrecen, Hungary: Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Debrecen 07-08th November (2019)
- (5) Szabó, K.: *Investigation of the Applicability of Topological Methods*, Lecture Notes in Mechanical Engineering (2195-4356 2195-4364): Vehicle and Automotive Engineering 4 pp 582-591 Paper Chapter 49. (2022) 4th International Conference on Vehicle and Automotive Engineering, Conference place and date: Miskolc-Egyetemváros, Magyarország 2022.09.08. - 2022.09.09.
- (6) Szabó, K.: *Component development using Topological Methods*, 8th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2022), Debrecen, Hungary: Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Debrecen 10-11th November (2022)
- (7) Szabó, K.: *Application of Topological Methods in the development of Vehicle components*, 8th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2022), Debrecen, Hungary: Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Debrecen 10-11th November (2022)

Magyar nyelvű konferencia cikkek

- (8) Szabó, K.: *A genetikai algoritmusok alapjai*, A PEME XXV. PhD – Konferenciájának előadásai, Budapest, Magyarország: Professzorok az Európai Magyarországiért Egyesület, pp. 218-226. (2023)

Magyar nyelvű lektorált folyóiratcikkek

- (9) Szabó, K.: *Forgácskihordó rendszerek tervezésmódszertanának vizsgálata*, Multidisciplinary Sciences, University of Miskolc, 9: 4 pp. 517-522., 6 p. (2020)
- (10) Szabó, K., Hegedűs, Gy.: *A generatív tervezést támogató szoftverek rövid áttekintése*, Multidiszciplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem közleménye 10: 3 pp. 328-337., 10 p. (2020)
- (11) Szabó, K., Hegedűs, Gy.: *A generatív tervezés lépései integrált CAD rendszerekben*, Multidiszciplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem közleménye 10: 4 pp. 393-398., 6 p. (2020)
- (12) Szabó, K.: *Topológiai módszerek alkalmazása*, Multidiszciplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem közleménye 11: 4 pp. 218-226., 9 p. (2021)
- (13) Szabó, K.: *Tervezésmódszertani esetvizsgálatok*, Multidiszciplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem közleménye 11: 2 pp. 123-128., 6 p. (2021)
- (14) Szabó, K.: *Topológiai módszerek alkalmazása járműalkatrészek fejlesztésében*, Kutatási eredmények a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézetében – 2022, Miskolc-Egyetemváros: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, pp. 109-117. (2022)
- (15) Szabó, K.: *A genetikai algoritmusok rövid áttekintése*, Kutatási eredmények a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézetében – 2022, Miskolc-Egyetemváros: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, pp. 101-108. (2022)
- (16) Szabó, K.: *A genetikai algoritmusok működésének alapjai*, Kutatási eredmények a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézetében – 2022, Miskolc-Egyetemváros: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, pp. 101-108. (2022)
- (17) Szabó K.: *A számítógép segített tervezési módszerek hatása a műszaki tervezésben*, GÉP (0016-8572 3057-9473): 75 3-4 pp. 109-112. (2024)

Idegen nyelvű lektorált folyóiratcikkek

- (18) Szabó, K.: *Design of Chip Conveyor*, Internal Journal of Engineering and Management Sciences / Műszaki és Menedzsment Tudományi Közlemények 5: 2 pp. 81-85. (2020)
- (19) Szabó K., Hegedűs, Gy.: *Brief Overview of Generative Design Support Software*, Design of Machines and Structures Vol. 10: No. 2 pp. 123-132. (2020)
- (20) Szabó, K.: *Application of Topological Methods*, Design of Machines and Structures Vol. 11, No. 1, pp. 59-68. (2021)
- (21) Szabó, K.: *Steps of Generative Design in Integrated CAD Systems*, Design of Machines and Structures Vol. 11, No. 1, pp. 53-58. (2021)

- (22) Szabó, K.: *Investigation of the Applicability of Topological Methods*, Lectura Notes in Mechanical Engineering (2195-4356 2195-4364): Vehicle and Automotive Engineering 4 pp. 582-591 Paper Chapter 49. (2022) 4th International Conference on Vehicle and Automotive Engineering
- (23) Szabó, K.: *Component development using Topological Methods*, Internal Journal of Engineering and Management Sciences / Műszaki és Menedzsment Tudományi Közlemények, (IJEMS) Vol. 8. No. 2. pp. 54–62. (2023)
- (24) Szabó, K.: *Application of Topological Methods in the development of Vehicle components*, Internal Journal of Engineering and Management Sciences / Műszaki és Menedzsment Tudományi Közlemények, (IJEMS) Vol. 8. (2023). No. 1. pp. 67–75. (2023)
- (25) Szabó, K.: *A Brief Overview of Genetic Algorithms*, Design of Machines and Structures (1785-6892 2064-7522): Vol. 13 No. 2, pp. 113-120. (2023)
- (26) Szabó, K.: *The impact of computer tools systems on design methodology processes and approaches*, Multidiszciplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem közleménye (2062-9737 2786-1465): 14(3) pp. 25-34. (2024)
- (27) Szabó, K.: *Component Development by Simulation-Driven Design Method*, InnoVeTAS, (2025) (megjelenés alatt)

