

LINK: [HTTPS://WWW.EDUTUS.HU/CIKK/TERVEZESI-STRATEGIAK-GYARTASI-MEGOLDASOK-A-DIGITALIS-VILAGBAN/](https://www.edutus.hu/cikk/tervezesi-strategiak-gyartasi-megoldasok-a-digitalis-vilagban/)

TERVEZÉSI STRATÉGIÁK, GYÁRTÁSI MEGOLDÁSOK A DIGITÁLIS VILÁGBAN

DR. BORBÁS LAJOS, Professor Emeritus, Edutus Egyetem
borbas.lajos@edutus.hu

DOI [10.47273/AP.2023.29.46-55](https://doi.org/10.47273/AP.2023.29.46-55)

ABSZTRAKT

A gépészeti tervezés folyamata – egyes leszűkítő értelmezésekkel ellentétben – olyan tág, rendkívül sok területre kiterjedő tevékenységek folyamata, amely eredményeként megvalósított termék számos, alkalmazási/használati területére vonatkozó ismérvet – sajátosságot - hordoz magán.

A különböző tervezési technikák olyan általános elveket, módszereket, eljárásokat fogalmaznak meg, amelyek a mérnöki tevékenység valamennyi területén alkalmazhatók és a konstruktőr számára a tervezett objektumtól független ismereteket biztosítanak (angolul: *object independent design*).

A mérnöki tevékenység tervezési szakasza a számítógépes technikák robbanásszerű fejlődése és általános alkalmazásának hatására a 2000-es évektől kezdődően jelentősen átalakult. A ma fejlettnak mondott, korszerű, numerikus szimulációs eljárások sokszor elfedik a fizikai hátteret, a tervezni kívánt alkatrész/részegység/gép-berendezés alapvető hatásmechanizmusainak, jól, vagy rosszul megválasztott hatáshordozóinak megválasztási lehetőségeit. A mesterséges intelligencia tervezési folyamatban történő alkalmazása jelentősen rövidítheti a folyamatot, ugyanakkor képes olyan új, eddig nem alkalmazott megoldások feltárására, amelyre a hagyományos tervezési metodikák nem tudtak feltárni.

Kulcsszavak: módszeres géptervezés, méretezés/alakadás, „generatív” tervezés, MI alkalmazás

ABSTRACT

Contrary to some narrow interpretations, the process of engineering design is a broad, highly multidisciplinary activity, the resulting product of which has many characteristics - specificities - for its field of application/use.

The various design techniques formulate general principles, methods and procedures that can be applied to all areas of engineering and provide the designer with knowledge that is independent of the object designed (*object independent design*).

The design phase of engineering has been transformed significantly since the 2000s by the explosion of computer techniques and their widespread use. Modern numerical simulation

techniques, which are nowadays considered advanced, often obscure the physical background, the choice of the basic mechanisms of action, the well- or poorly chosen carriers of the component/part/machine device to be designed. The use of AI in the design process can significantly shorten the process, while at the same time it has the potential to reveal new, unprecedented solutions that traditional design methodologies have failed to explore.

Keywords: systematic machine design, scaling/forming, "generative" design, AI application

1. A tervezési módszerekről általában

A tervezési folyamat modellezésen alapuló megközelítése során a geometriai jellemzők (geometriai modell) meghatározásához ismernünk kell a terhelések alakulását (terhelési modell), valamint a választott szerkezeti anyag viselkedését (anyagmodell, az anyagjellemzők meghatározásához) [1]. Ez a folyamat minden numerikus szimulációs eljárás (VEM, FEM,...) alapja, kiindulása. A tágabb értelemben vett „tervezési folyamat” ennél jelentősen tágabb, mélyebb összefüggések feltárását és megoldását foglalja magában. Ezeket a kérdéseket a különböző tervezés-elméletekben vizsgálhatjuk, amelyekben a feladat megoldására irányuló stratégiák teljesen különbözőek. Egy konkrét tervezési folyamat különböző elméletekkel történő megközelítése, a kitűzött feladat megoldására adott javaslatokat jól példázza a [2] bemutatott diplomamunka, amely összefoglalóan is értékeli és jellemzi a leginkább használatos tervezési stratégiák/eljárások sajátosságait. Összességében megállapíthatjuk, hogy egy adott feladat megoldására az egyest tervezési módszertanok eltérő megoldásokat ajánlanak.

Az egyik leginkább ismert, és széles körben alkalmazott módszer a Pahl-Beitz féle módszeres tervezés [3], amelyet más néven terméktől független tervezési eljárásnak (angolul: object independent design) is szoktak nevezni. Igen jól követhető eljárás, a funkció struktúrák felállításán alapszik, áttekinti a megoldás érdekében szóba jöhető hatáselveket, amelyek alapján lehetséges megoldások, majd ebből gyakorlatilag megvalósítható struktúrák építhetők fel. Igen fontos előnye, hogy elemi műveletekre bontja minden egyes megoldáselv alapján a tervezni kívánt szerkezet működési modelljét, amelyek napjaink számítástechnikája által biztosított lehetőségek alapján egyszerűen a numerikus szimulációs eljárásokba integrálhatók.

Egy következő lehetséges eljárás Suh axiomatikus tervezési módszertana [4]. Algoritmusok alkalmazásával keresi a választ a felvetett kérdésre, amelynek eredménye egy adott konkrét megoldás. A szubjektív megoldások háttérbe szorulnak, végül egyetlen megvalósítandó megoldás marad. Döntési pontok esetén nem ad pontos eligazítást, ezért is hosszadalmas a módszer alkalmazása.

Inventív problémamagoldáson alapszik Altshuller módszertana, amely a gyakorlatban TRIZ néven ismert [5]. Az eredeti koncepció szerint a feladat 40 megoldásra vezethető vissza (alapestek), melyek persze a bemutatása óta eltelt időben számos új elemmel bővültek. A mintapéldákra visszavezetett feladat megoldások leegyszerűsítik a tervezési lépéseket, a dokumentáció is kis munkaráfordítással összeállítható. Az általánostól eltérő megoldások esetében azonban nem ad igazán eligazítást, ami alapvetően az ellentmondás mátrix viszonylag egyértelműségére vezethető vissza.

Az általánosan alkalmazott módszertanok között érdemes még említeni Ulwick követelményorientált módszertanát [6]. Ez a megközelítés alapvetően gazdasági kérdésekre koncentrál, a mérnöki szemlélet kissé háttérbe szorul. Az eljárás piac-orientált, vevői igények

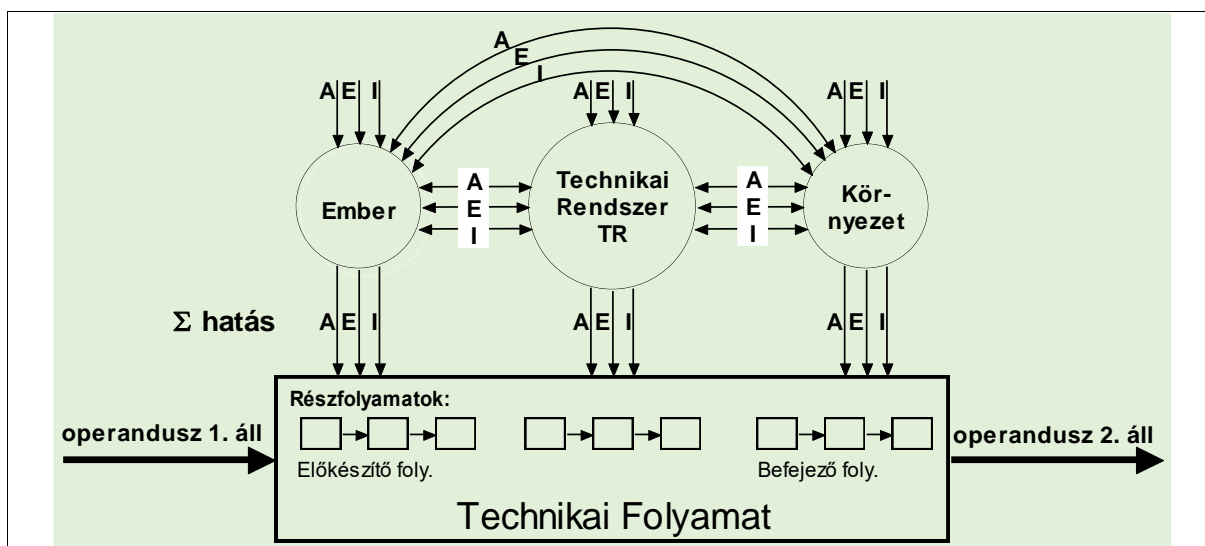
kielégítést célzó eszközöket alkalmaz. A módszer elsősorban meglévő termékek egyes tulajdonságainak javításában alkalmazható sikerrel, új, ismeretlen termék megalkotására kevésbé, illetve korlátozott módon alkalmazható.

2. A módszeres géptervezés alapjai Pahl-Beitz megközelítésén alapulva.

A gépészeti gyakorlatban széles körben alkalmazzák ezt az eljárást, különös tekintettel az elemi műveletekre bontott tetszőleges folyamat számítástechnika számára könnyen értelmezhető felépítésére. Jelen összeállítás ennek a módszertannak az alapelemeibe enged betekintést.

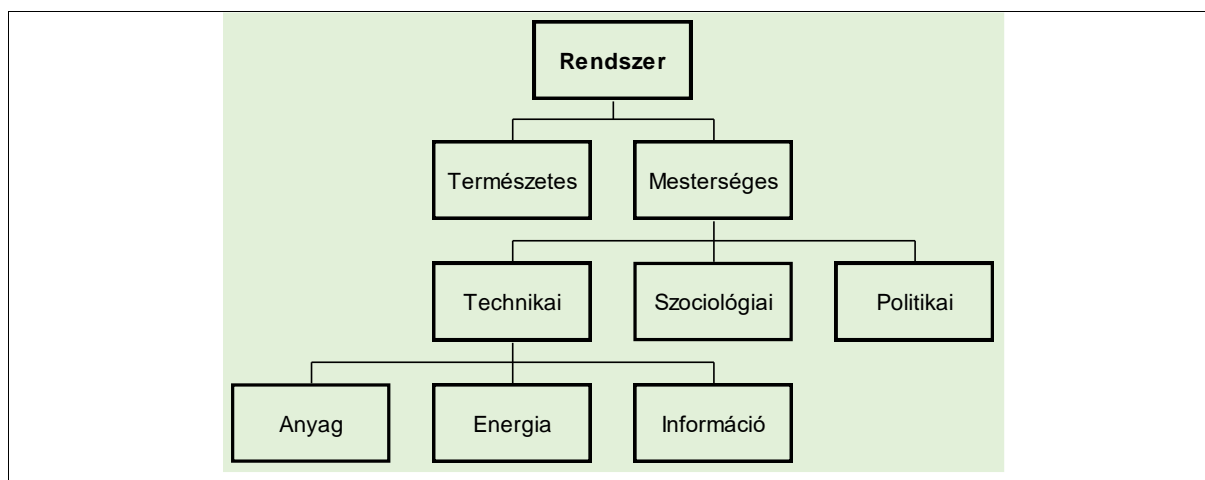
Az eljárás igen magas szintű absztrakción alapul, amelyben bármely technikai rendszer anyag, energia és információ alkotó elemekre vezethető vissza, és amely alapján bármely technikai folyamat leírható [7] az 1. ábrán közre adottak szerint.

1 ábra Technika folyamat – technikai rendszer általános értelmezése [7]



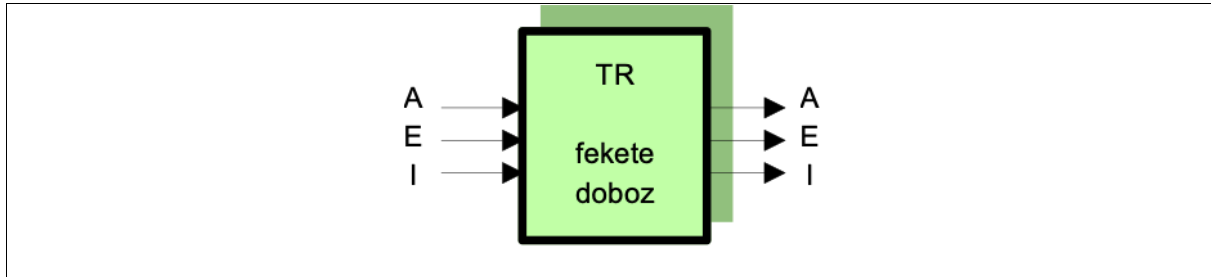
A technikai rendszerek (TR) a technikai folyamat (TF) részei, amelyek a szükséges hatásokat, operációkat, műveleteket létrehozzák, vagyis a transzformációs folyamat technikai eszközei [7]. A technikai rendszerek lehetséges csoportosítását a 2. ábra szemlélteti.

2.ábra Technikai rendszerek csoportosítása [7]



A technikai rendszer modellje – fekete doboza, - a ki- és bemeneti jellemzőinek bemutatásával a 3. ábrán látható [7]. Ebben a megközelítésben úgy a bemeneti oldalon a technikai rendszer az Anyag (A), Energia (E) és az Információ (I) hármasának együttes alkalmazásával írható le.

3 ábra A Technikai rendszer modellje [7]



Egy rendszeren belül a folyamatok egymást követő (soros). vagy egymással párhuzamosan futó, esetleg a folyamat eredményére is figyelemmel visszacsatolós tevékenységek sorozataként írhatók le és jellemzhetők.

Példaként bemutatjuk az elemi műveletek (a terjedelemtől tekintettel csak az elsődleges elemi műveleteket adjuk közre). visszavezetett formáit, amelyet a 4. ábra szemléltet [7].

A 4. ábrán közzétetteknek megfelelően a matematikai, valamint a logikai elemi műveleteket is elkészíthetjük, melyre példaként az elemi matematikai műveleteket az 5. ábra [7] szemlélteti.

4 ábra Elsődleges elemi műveletek energia/információ, valamint anyag vonatkozásában [7]

Megnevezés	Energia/Információ		Anyag	
	Szimbólum	Leírás	Szimbólum	Leírás
Átalakít		fajta/komponenst $E_a \rightarrow E_b$		A anyagnak ad/elvesz "a" tulajdonságot (skalár)
Növel/ Csökkent		komponens skalár értékét $1 \rightarrow 2$		anyag a_1 tulajdonságát a_2 -re változtat
Írányt vált		vektor komponens irányát $1 \rightarrow 2$	(—)	(—)
Vezet		komponens $1 \rightarrow 2$ helyre jutását engedi		anyag $1 \rightarrow 2$ helyre jutását engedi
Szigetel		komponens $1 \rightarrow 2$ helyre jutását megakadályozza		anyag $1 \rightarrow 2$ helyre jutását megakadályozza
Összegyűjt		két részt vagy fajtát (mennyiség szerint)		A ₁ és A ₂ anyagot összegyűjt (mennyiség szerint)
Szétválaszt összetevőkre		részt vagy fajtát kétfelé (mennyiség szerint)		A ₁ anyagot szétválaszt (mennyiség szerint)
Összekever		két részt vagy fajtát (tulajdonság alapján)		A és B anyagokat összekever (minőség szerint)
Szétválaszt		részt vagy fajtát kétfelé (tulajdonság alapján)		A anyagot szétválaszt (minőség szerint)
Összeköt	(—)	(—)		összetartó erőt hoz létre A és B anyag között (mechanikai, kémiai)
Old	(—)	(—)		összetartó erőt szüntet AB anyagban (mechanikai, kémiai)

5 ábra Matematikai elemi műveletek [7]

Megnevezés	Szimbólum	Megnevezés	Szimbólum
Összead		Kivon	
Szoroz		Oszt	
Négyzetre emel		Gyököt von	
Integrál		Derivál	

Fentiekben leírtak alapján könnyen megérthető és áttekinthető, miszerint az elemi műveletekre bontott szerkezetek működése algoritmizálható, és a műveletek megvalósításához alkalmazható hatáselvek (=a működés fizikai elvei) a számítástechnika számára nem jelentenek kihívást. Érdeemes kihangsúlyozni, hogy ily módon a lehetséges megvalósítható variánsok felderíthetők és sorra vehetők, amelyek a korábbi, hagyományos eszközökkel nehezebben voltak megvalósíthatók.

3. Generatív tervezés lehetőségei a mesterséges intelligencia alkalmazásával

A generatív tervezés egy olyan méretezési megközelítés, amely az algoritmusok és a számítógépes szimulációk segítségével készült modellekkel és adatokkal dolgozik, optimalizálja a tervezett részek szerkezet kialakítását és teljesítményét. [8].

A „generatív tervezés” során a termékkel szemben támasztott követelményeket összegezzük az elvárt funkciók megadásával, pontosítva: a funkcióknak megfelelő paraméterekkel írjuk le, mit szeretnénk létrehozni (célok pontos meghatározása). A tervezési folyamat során különféle szempontok szerinti optimalizálást is végezhetünk, így a kiinduló feltételeknek megfelelő lehetséges megoldások közül választhatjuk ki a számunkra megfelelő valóságos – megvalósítandó - változatot.

Megfelelő adatbázisok birtokában a mesterséges intelligencia használata hozzásegít a szerkezetek várható működésének jobb megértéséhez, alkalmazása új ismereteket nyújt a folyamatok várható lefolyásának eredményeiről, a terhelések lehetséges hatásainak vizsgálatáról. Alkalmazásával hatékonyan feltárható a folyamatokat befolyásoló tényezők (paraméterek) egymásra gyakorolt hatása, a köztük levő korreláció. Mindez persze feltételezi az érintett szakterületről rendelkezésre álló, minél nagyobb mennyiségű adat (adatbázis) elérhetőségét.

A MI alkalmazásával nagyobb biztonsággal végezhető előrejelzések, az adatbázisokra alapozva az algoritmusképzés, valamint modellalkotás folyamatai pontosíthatók [9].

A 21. század talán legnagyobb kihívása a „*Mesterséges intelligencia (MI)*”, hazánkban is elterjedt angol nevén „*Artificial intelligence, (AI)*” megjelenése, amelynek hatása alapjaiban befolyásolja az emberiség jelenét és jövőjét, az élet minden területén. A működési területet új tudományágnak tekinthetjük, melynek célja olyan fizikai gépek, eszközök, rendszerek, valós és virtuális folyamatok elemzése, megvalósítása, irányítása, amelyek önálló döntéshozatalra, ehhez kötődően a folyamatok elemzésének eredményeként tanulásra képesek. Az MI képességek összekapcsolása a módszeres géptervezés elemi műveletekre bontott funkció struktúráival, a megvalósításhoz szóba jöhető hatáselvek/hatásmechanizmusok tervezésbe bevonásával új távlatok nyílnak a géptervezés folyamatában.

A tanulás, amely ebben az összefüggésben a gépi tanulás elnevezéssel ismert, a mesterséges intelligenciának, a számítástechnikával és informatikával közösen fejlődő ága. Az itt alkalmazott algoritmusok révén a rendelkezésre álló adatok elemzésére, azokból következtetések levonására képes rendszerekről beszélünk, melyek sajátja az önálló tanulás, amelyre alapozva önálló döntések meghozatalára, folyamatok lefolyásának előrejelzésére alkalmasak. Az önálló gondolkodás képessége azonban továbbra is az ember olyan tulajdonsága, amely a rendszerezés, a következtetések levonásának képességén alapul. A „mesterséges intelligencia” az ember alkotta termék, képes a számára rendelkezésre bocsátott adatok alapján folyamatok alakulásának elemzésre, adott célfüggvények szerinti optimalizálásra, akár alkalmazott algoritmusainak módosítására. Az eljárás piac-orientált, vevői igények kielégítést célzó eszközöket alkalmaz.

Amikor a mesterséges intelligenciáról beszélünk, megkerülhetetlen a természetes intelligencia egyes sajátosságainak jellemzése. Linda Susanne Gottfredson (1947 -) amerikai író és pszichológus, a Delaware egyetem professora emeritusa 1997-ben megjelent munkájában

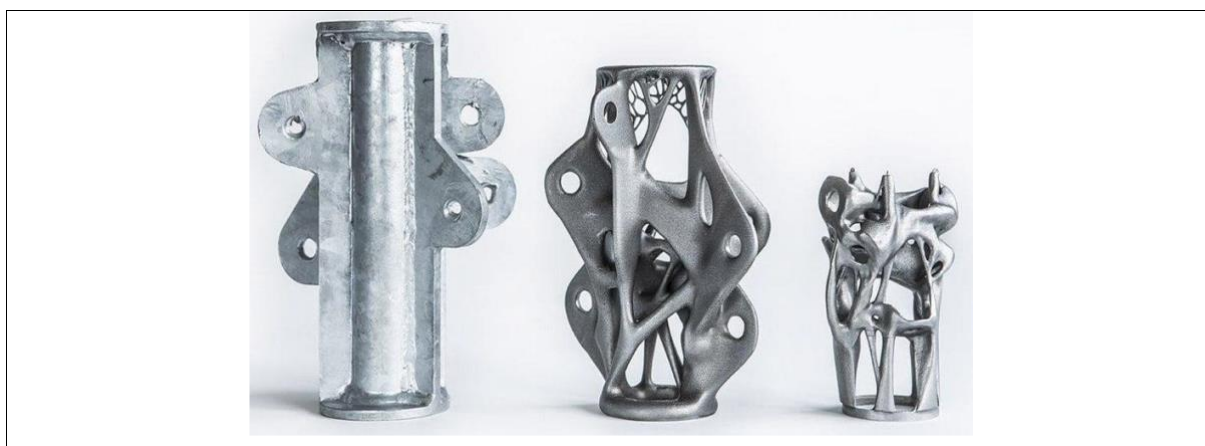
adott megalapozott jellemzést a természetes intelligenciáról. Néhány gondolat a jellemzésből: az ember olyan képessége, amely lehetőséget biztosít folyamatok ok – okozati viszonyainak feltárására, folyamatok tervezésére, képes absztrakt gondolkodásra, elvont gondolatok megértési képességével rendelkezik, sajátja a gyors tanulásra, amely folyamatban felhasználja gyakorlati tapasztalatait. Mindezek alapján képes a dolgoknak értelmet adni, meghatározni a szükséges cselekvés mikéntjét felhalmozott tudására, gyakorlatból gyűjtött tapasztalataira támaszkodva.

A természetes intelligencia 9 típusát különböztethetjük meg, melyek közül néhány: személyes, zenei, vizuális, természeti nyelvi, logikai, stb. (Prof. Dr. Imre Horváth: [10]), amelyek viszonyait, egymásra épülését, kölcsönhatásait számos kutató vizsgálja és elemzi [10]. Számos modellje is létezik az intelligencia leírásának, melyek kifejtésére jelen összeállítás terjedelmi korlátjai nem adnak lehetőséget [10].

A generatív tervezés tehát egy olyan megközelítés, amely az algoritmusok és a számítógépes szimulációk segítségével optimalizálja a tervezett részek szerkezetét (geometriák és kapcsolatok) és teljesítményét, figyelemmel az adott terhelési körülményekhez tartozó határállapotú jellemzőkre. Az eljárás nagyszámú adat (nagy méretű adatbázisok) rendelkezésre állása esetén a MI alkalmazásával a legkülönbözőbb optimalizálások elvégzésre alkalmas, (célfüggvények megadása) feltárva a folyamatokat meghatározó kapcsolatok összefüggéseit, előrejelzéseket készíthet események bekövetkezési valószínűségének megadásával. Mindennek a kulcsa a pontosan megadott célfüggvény, valamint az adathalmaz (*big data*), amelynek feldolgozására – önálló döntéshozatali képességei révén – a MI biztosítja a lehetőséget, az egyébként ismert, és a rendszer által is használt matematikai statisztikai módszerek felhasználásával.

A generatív tervezés mesterséges intelligenciát felhasználó módszertana a különböző optimalizálási eljárások eredményeként teljesen új formák, megoldások létrehozására képes (alapvetően funkció összevonások alkalmazásával), amelyek az additív (felépítéses) gyártástechnológiák alkalmazásával megvalósíthatók. Ez utóbbira példát a 6., valamint a 7. ábrán adunk közre [11].

6 ábra Szerkezet optimalizálás, tömegcsökkentés generatív design alkalmazásával, MI algoritmusok segítségével [11]



7 ábra Szerkezet optimalizálás Deformáció – feszültség analízis alapján, generatív design alkalmazásával, MI algoritmusok segítségével [11]



t

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Zoltán MAJOR (PCCL, Leoben): Determination of Material Parameters for Micromechanics Modeling and Simulation of Particle Filled Polymeric Materials (Előadás: YSESM 8, 2008, Győr, Hungary).
2. Fóth Barnabás: Mozgássérültek épületekbe való bejutását segítő eszközök tervezése. Diplomaterv, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gép- és Terméktervezés Tanszék. 2011.
3. Pahl, G. és Beitz, W. *A Géptervezés Elmélete és Gyakorlata*. 1981.
<http://slidepdf.com/reader/full>
4. Suh, Nam Pyo. *Axiomatic Design: Advances and Applications*. 2001.
Author: Nam P. Suh ISBN: 0195134664, 9780195134667mPublisher: Oxford University Press, 2001
5. Altshuller, Genrich és Shulyak, Lev. *40 Principles. TRIZ Keys to Innovation* [Extended Edition] Paperback – April 15, 2005 by Genrich Altshuller (Author), Dana W.
6. Ulwick, Anthony. *What Customers Want*. 2005.. McGraw-Hill Education, Aug 16, 2005. ISBN: 0071408673, 9780071408677
7. Jármű- és hajtáselemek III. a BS.C mérnökképzés számára. BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI KAR. A II. Nemzeti Fejlesztési Terv Társadalmi Megújulás Operatív Program TÁMOP-4.1.2/A/2-10/1-2010-0018 azonosító számú programja keretében készült jegyzet. (2011)
8. Ficzer Péter, Borbás Lajos: A generatív tervezés biomechanikai alkalmazásának lehetőségei. *Biomechanica Hungarica* 2023;16(1):50-4. DOI: 10.17489/biohun/2023/1/581 <https://doi.org/10.17489/biohun/2023/1/581>
9. Borsodi E, Takács Á. Generative Design: An overview and its relationship to artificial intelligence. *Design of machines and structures: a publication of the University of Miskolc*. 2022;12(2):54-60. DOI <https://doi.org/10.32972/dms.2022.013>
10. Prof. Emeritus Dr. Imre Horváth: If intelligent is not possible yet, then how about smartness? Előadás a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya Gépszerkezettani Tudományos Bizottság ülésén 2023. május 19.
11. Magyar Mérnöki Kamara Kiadványsorozata 2023. Gépészeti Tagozat FAP-2023/125-GPT
Zsidai László Dr. Sarankó Ádám. Dr. Szabó Péter Lektorálta: Az additív technológiák terméktervezési és technológiai sajátosságai. MMK FAP azonosító: 2023/125-GPT
Gödöllő, 2023. október

12. EURÓPAI BIZOTTSÁG Brüsszel, 2021.4.21. COM(2021) 206 final ANNEXES 1 to 9 MELLÉKLETEK a következőhöz: Javaslat az Európai Parlament és a Tanács rendelete A MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁRA VONATKOZÓ HARMONIZÁLT SZABÁLYOK (A MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁRÓL SZÓLÓ JOGSZABÁLY) MEGÁLLAPÍTÁSÁRÓL ÉS EGYES UNIÓS JOGALKOTÁSI AKTUSOK MÓDOSÍTÁSÁRÓL {SEC(2021) 167 final} - {SWD(2021) 84 final} - {SWD(2021) 85 final} (keresésre szabadon letölthető anyag)
13. EURÓPAI BIZOTTSÁG Brüsszel, 2021.4.21. COM(2021) 206 final ANNEXES 1 to 9 MELLÉKLETEK a következőhöz: Javaslat az Európai Parlament és a Tanács rendelete A MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁRA VONATKOZÓ HARMONIZÁLT SZABÁLYOK (A MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁRÓL SZÓLÓ JOGSZABÁLY) MEGÁLLAPÍTÁSÁRÓL ÉS EGYES UNIÓS JOGALKOTÁSI AKTUSOK MÓDOSÍTÁSÁRÓL {SEC(2021) 167 final} - {SWD(2021) 84 final} - {SWD(2021) 85 final} (keresésre szabadon letölthető anyag)
14. Council of the EU: PRESS HU SAJTÓKÖZLEMÉNY 1008/22 2022.12.06. Jogszabály a mesterséges intelligenciáról: a Tanács szorgalmazza az alapvető jogokat tiszteletben tartó, biztonságos mesterséges intelligencia előmozdítását. (keresésre szabadon letölthető anyag)