

A SZÁMÍTÓGÉP SEGÍTETTE TERVEZÉSI MÓDSZEREK HATÁSA A MŰSZAKI TERVEZÉSBEN

THE IMPACT OF COMPUTER-AIDED DESIGN METHODS IN ENGINEERING DESIGN

Szabó Kristóf*

ABSTRACT

The goal of technical design is that the method used and the process followed produce a tangible result that provides an optimal solution to a specific technical problem. With the help of computer technology tools, various planning support procedures can be created, which, in addition to the methods of classical design methodologies, make the work of design engineers easier.

1. BEVEZETÉS

Az alábbi cikk a számítógép segített tervezési folyamatok sajátosságait kívánja bemutatni.

A műszaki tudományok fejlődése kényszerít gyakorol a gépek, termékek és alkatrészek folyamatos megújulására. A számítástechnikának köszönhetően létrejöttek különféle tervezést segítő eljárások, amelyek megreformálták a klasszikus tervezési módszertanokat. Egy termék tulajdonságait nagy mértékben befolyásolja az alkalmazott tervezési metódus és az előállításához használt gyártóeszközök képessége. Az előző évtizedek alapján jelentős technikai fejlődés figyelhető meg a gyártástechnológia területén, ugyan is kifejlődtek és egyre inkább elterjedtek az additív megmunkálások is. Ezek az innovatív eljárások kikényszerítik, hogy a társtudományok, mint például a gép- és terméktervezés módszertana és annak szemlélete lépést tudjanak tartani a modern elvárásokkal.

A cikk második fejezete a módszertani alapokkal foglalkozik, ahol a 2.1. alfejezetben a tervezési szemléleteket részletezi. A 2.2. bekezdés a számítógép segített párhuzamos tervezés folyamatot mutatja be, kiegészítve az újdonság erejével bíró generatív tervezési folyamattal.

2. A TERVEZÉSMÓDSZERTAN ELMÉLETI ALAPJAI

A tervezési tevékenység célja az, hogy az előállított eredmény optimális megoldást nyújtson az adott műszaki problémára úgy, hogy az eleget tesz a társadalom jelenlegi elvárásainak a műszaki tudományok fejlettségi szintjének.

2.1. Klasszikus tervezésmódszertani eljárások

Egy klasszikus tervezési folyamat alapvetően két egységre bontható: koncepcionális tervezési szakaszra és konstrukciós tervezési szakaszra. A koncepcionális tervezési szakaszban a termékek funkcióstruktúra alakban alkotnak megoldásokat, amelyek előállítása szakmai tapasztalatot, kreativitást és absztrakt gondolkodást igényel a tervezőtől. A konstrukciós tervezési szakaszban konkrét, de átfogó műszaki ismeretek szükségesek ahhoz, hogy egy sikeres koncepció egy működő és végleges megoldássá alakulhasson át. Egy műszaki problémának számos eltérő minőségű megoldása lehet, ezért a tervezésmódszertan célja az, hogy leírjon egy ideális folyamatot, amely jól követhető és a műszaki probléma megszületésétől annak megoldásáig tart. Az elmúlt évszázadban különféle szemléletek és technikák jöttek létre, amelyek alapvetően két főcsoportra oszthatók: a társadalomtudományi és a természettudományos szemléletek. Az első ágon tulajdonképpen pszichológiai megközelítésről beszélünk, amely három eltérő: intuitív, kognitív és diszkurzív szemléletre bontható. A természettudományos szemléleteket az evolúciós és a matematikai megközelítés alkotja.

2.1.1 Intuitív tervezési modell

Az intuíción alapuló tervezési szemlélet tekinthető az egyik legkorábbi tervezési modellnek, amelyet szokás angolszász tervezési szemléletnek is nevezni. Az intuíción alapuló egy sajátos emberi gondolkodás, amely spontán és akaratlan cselekvés eredménye, ezért a megfelelő intuíción időszükséglete bizonytalan nagyságú. A tématerület jelentős kutatói Selye és Pólya volt [1], [3]. Az intuitív folyamatot jól magyarázza és illusztrálja Tajnafői modellje [4]. Ez a modell belső visszacsatolásokat tartalmaz, melyek miatt a tervezőnek bizonytalan nagyságú utat kell megtennie a feladat megértésétől annak megoldásáig. Az intuitív szemléletű tervezési iskola kevés szálon vezeti a tervezést, jellemzően egy összetett modell kialakítására törekszik úgy, hogy azt a legjobb közelítéssel oldja meg. A folyamat végén a terv minőségét és a várható tervezési időt nagy mértékben befolyásolja a konstruktőr mérnök

* mesteroktató, Miskolci Egyetem Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet, Szerszámgépek Intézeti Tanszéke

szakmai rátermettsége, kreativitása és tehetsége. Ezek alapján a tervezési idő mennyisége fordítottan arányos a tervező szakmai tudásával és tehetségével, majd a terv várható minősége arányos a tervező egyéni képességeivel [5].

2.1.2 Kognitív tervezési modell

A kognitív tervezési folyamat alapvetően intuíción alapul, de részben nyílt és előre haladó rendszer jellemzi, amelyben a feladatmegoldásnak különféle szintjei vannak egy-egy modellel. Az új ötletek miatt nagy szerepe van az intuíciónak, azonban megjelenik az előíró szemlélet. A tervezés egzakt lépéseket követve halad előre, így tervezési idő becsülhetőbb. A kognitív szemlélet vagy más elnevezéssel megismerő jellegű tervezési iskola kevés szálon vezeti a tervezést, alapvetően egy jó konstrukcióra törekszik úgy, hogy a feladat különféle megoldási szintjein modelleket állít fel és ezeket sorozatos iterációval pontosítja és javítja. A kognitív tervezőiskola képviselője azt vallja, hogy a feladatot a tervezési fázis szintjein a legjobb közelítésekkel oldotta meg. Az elvi tervezés és a konstrukciós tervezés problémája szétválik. A tervezési folyamat általában gyorsabb, mint az intuitív tervezés modell esetén.

2.1.3 Diszkurzív tervezési modell

A diszkurzív tervezési folyamat egy tervszerűen kivitelezett mérnöki tevékenység, amelyben a tervezési folyamat különféle szintekre és funkcionális egységekre osztható. A megoldáskeresést a korábbi feltárt tapasztalatokra és működő megoldásokra alapozza. Az újszerű módszerfejlesztésnek számos kutatója van [2], [6]-[9], de Pahl és Beitz közös munkája tekinthető a legjelentősebb tanulmánynak, hiszen az egyik legjobb összefoglalást nyújtja a diszkurzív tervezési technikák tudományában [10]. A folyamat monoton előre haladó, mivel nem tartalmaz negatív visszacsatolásokat. A lehetséges megoldások száma növekszik, amelyek módszeres szelektáláson esnek át. A megoldások száma a felhasznált funkcióktól és a funkciókhoz rendelt megoldáselemek számától függ. Túl sok megoldáselem esetén előállhat az úgynevezett kombinatorikus robbanás jelensége, amely számítógépes támogatással kezelhető. Az ilyen szemléletű tervezési iskola a legjobb konstrukcióra törekszik azzal, hogy igyekszik kiválasztani a nagy számú lehetséges megoldás közül a legjobbat. A diszkurzív tervezési folyamat kis mértékben függ az intuíciónól, emiatt a terv várható minősége nem függ a tervező intuitív képességeitől, csak a tervezés megoldáselemeinek számától [5]. A tervezési időszükséglet fordítottan arányos, a megoldás minősége pedig arányos a tervező szakmai képességével. A rendszerben az egyéni kreativitás és tehetség konstansnak tekinthető.

2.1.4 Evolúciós tervezési szemlélet

A genetikai algoritmus a természetes szelekció elvein alapuló optimalizálási technika. A genetikai algoritmusok John Holland nevéhez köthetők, de David Edward Goldberg is nagy sikereket ért el a kutatásaival ebben a témában [12], [13]. A genetikai algoritmusokban az adott probléma lehetséges megoldásainak sokasága helyezkedik el, majd rekombináció és mutáció segítségével új egyedek jönnek létre, mint a természetes genetikában. Minden egyed rendelkezik egy fitness értékkel, amely egy célfüggvény alapján kerül meghatározásra. A rátermettebb egyedek nagyobb eséllyel kapnak arra, hogy egyedeket hozzanak létre, így generációkon keresztül folyamatosan fejlődhetnek ki egyre jobb és jobb megoldások. Ez egyezést mutat Darwin C. R. evolúciós elméletével, azonban sztochasztikus folyamatot feltételezve nincs garancia arra, hogy a megoldás optimális és a legjobb minőségű [14] - [16].

2.1.5 Matematikai tervezési szemlélet

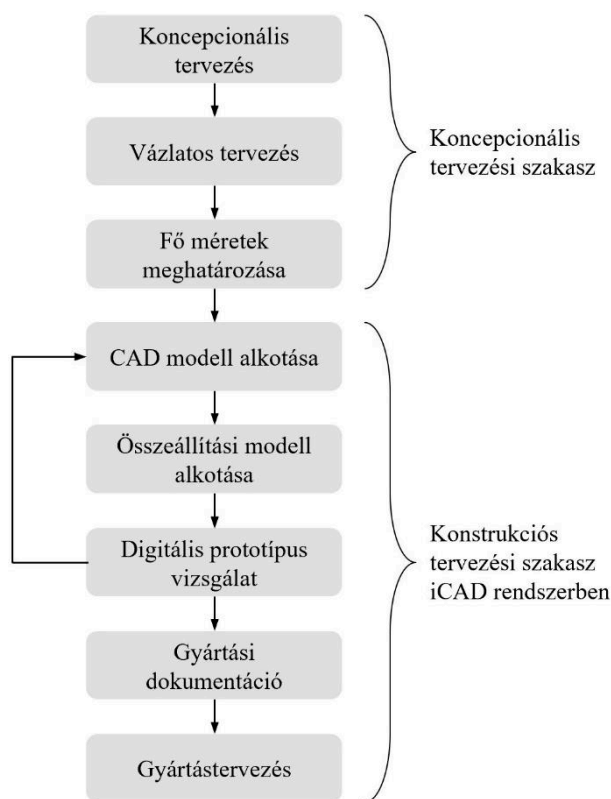
A műszaki tervezési folyamat matematikai szemlélete a különféle optimalizáló eljárások eszközeit részesíti előnyben. Egy tervezési folyamat bizonyos elemeit meg kell ismételni, amely a folyamat optimalizálási részét képviseli [17]. Ezek legtöbb esetben működési, gazdasági és gyártási szempontokhoz köthetők. Az ipari tervezésben és fejlesztésben jelentős növekedés figyelhető meg a iCAD rendszerek és a numerikus szerkezetanalízis eszközök használatában. A számítógéppel segített tervezői eljárások a folyamat korai fázisától kezdve alkalmazhatók, így lecsökkenthető a tervezés időszükséglete. Ezek a korszerű szimulációs eszközök lehetőséget nyújtanak arra, hogy a fizikai tesztek és kísérletek egy része elhanyagolhatóvá váljon. Numerikus eljárások segítségével egy kiinduló modell iteratív úton történő változtatásával közel optimális megoldás érhető el [11].

2.2. A számítógépes tervezői eszközök és a klasszikus géptervezés kapcsolata

Az elmúlt évtizedek során a mérnöki tervezés egyik legfontosabb eszköze a számítógép lett, amely kibővíti a tervezési eszközrendszerek halmazát, ezáltal megreformálja a hagyományos tervezési folyamatokról alkotott képet.

2.2.1 Párhuzamos tervezési folyamat

Az utóbbi évtizedekben többszörösére nőtt a rendelkezésre álló szoftveres technológiák száma, hiszen a különféle szakterületek különböző CAE célszoftvereket igényelnek. A számítógépes tervezői eszközök használatának köszönhetően úgynevezett párhuzamos tervezési folyamatot lehet megvalósítani.

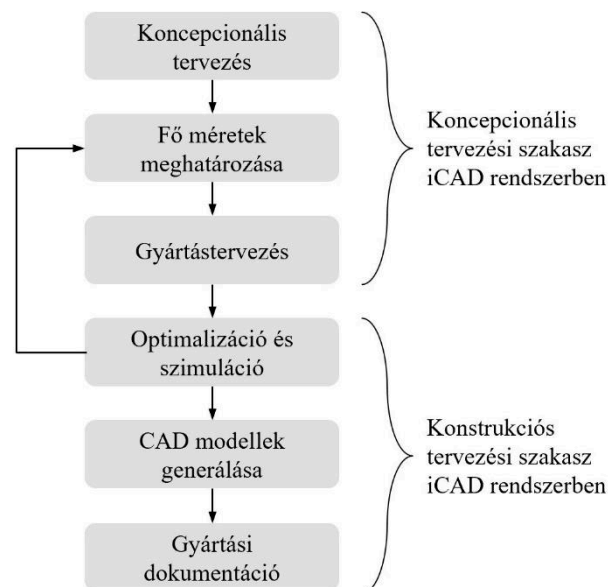


1. ábra A párhuzamos tervezési folyamat

Az 1. ábra bemutatja az iCAD (Integral Computer Aided Design) rendszerekben alkalmazott párhuzamos tervezési folyamatot. A konstrukciós tervezési szakasz iCAD rendszerben zajlik, ezért a részfeladatok párhuzamosodnak. A koncepcionális szakaszban sok esetben parametrikus 3D modellépítés történik, amelyet a CAE integrált modulok fel tudnak használni. A konstrukciós szakaszban a 3D-s CAD modellek digitális prototípus vizsgálatra van lehetőség, amely jellemzően a szerelhetőség vizsgálata, az ütközésvizsgálat és a különféle VEM analízisek. A végleges gyártási dokumentumok az iCAD rendszerben automatikusan generálhatók. Az iCAD rendszerben való tervezés azt eredményezi, hogy kevesebb prototípusra van szükség, mivel a megfelelő szimulációkkal, szoftveres környezetben az alkatrészek számos tulajdonsága nagy biztonsággal tesztelhető és ellenőrizhető, így idő- és költséghatékonyabb lehet a fejlesztés [5], [24], [25].

2.2.2 Generatív tervezési folyamat

A GD generatív tervezés újdonságnak számít a gépészeti tervezési feladatokban, azonban az additív és hibrid gyártástechnológia elterjedésének köszönhetően egyre szélesebb körben alkalmazhatók. A GD főbb jellemzője a mesterséges intelligencia alapú szoftver, amely különféle módszereket felhasználva optimalizálja a tervezés eredményére vonatkozó célkitűzéseket, például a minimális költség és/vagy tömeget.



2. ábra A generatív tervezési folyamat

A GD folyamat (2.ábra) abban különbözik a hagyományos módszerektől, hogy a generatív algoritmus automatikusan változtatja meg a termék modelljét és jóval több megoldásváltozatot szolgáltat. A GD már a tervezési folyamat korai szakaszában is alkalmazható, anélkül, hogy teljes koncepcionális terv állna rendelkezésre. Ennek köszönhetően a módszer teljesen új megoldásokat hoz létre úgy, hogy számításba veszi a gyárthatósági szempontokat is, ezáltal jelentősen csökkenti az alkatrész teszteléséhez kapcsolódó digitális prototípus vizsgálatának időszükségletét. Az ellenőrző szimulációk és különféle analízisek a tervezési folyamatba integrálódtak, amelyeket a szoftver automatikusan végez. A generatív tervezés eredményét nagy mértékben befolyásolja a gyártástechnológia megválasztása, amely lehet forgácsleválasztó eljárás, additív gyártás és öntés. A szoftver olyan megoldásokat állít elő, amelyek megfelelnek a kiválasztott eljárásnak. Nagy előny, hogy az additív és hibrid megmunkálást feltételezve funkció-összevonással olyan több alkatrészből álló termékek is egyesíthetők, amelyek a hagyományos gyártástechnológia miatt korábban ezt nem tették lehetővé [18] - [23].

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A tervezéshez alkalmazott szemléletet és eszközrendszert mindig is az adott kor technikai fejlettsége határozta meg. A módszeres tervezés eszközrendszere párhuzamosan bővül a különféle iCAD rendszerek fejlődésével. A tervezői eszközrendszer legújabb tagja a GD generatív tervezési modul. A GD módszer nyújtotta tervezői problémamegoldást úgynevezett paradigmaváltás fogalmával illetik a téma kutatói és fejlesztői, mert megreformálja a klasszikus szemléleteket. A műszaki tervezés fejlődése egyfajta

összemosódást mutat az egyes szemléleteken belül és valójában az eltérő metódusok leginkább egyre jobban kiegészítik egymást. A generatív tervezői modul alapjait tekintve egy optimalizáló szoftver, amely felhasználja az egyes matematikai szemléletek halmazából a szerkezetoptimalásra irányuló eljárásokat. A szoftver alapvető működését kiegészít az evolúciós eszközrendszerben alkalmazott genetikai algoritmusok integrálása, amely a természetben fellelhető evolúciós folyamatokat próbálja minél pontosabban leírni és integrálni a számítógépes tervezési folyamatokba. Tehát a diszkurzív tervezési modell tekinthető a fejlődés irányának, hiszen a folyamat eszközrendszerébe integrálódott célszoftverek bevonják a különböző szemléletek vagy metódusok elemeit, így a diszkurzív szemlélet afféle tervezési multidiszciplinának tekinthető.

4. IRODALOM

- [1] Selye, J.: Álomtól a felfedezésig – Egy tudós vallomásai, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967.
- [2] Hansen, F.: Konstruktionssystematic– Grundlagen für eine allgemeine Konstruktionslehre, ETO 621.002.2, VEB Verlag Technik, Berlin, 1965.
- [3] Pólya, Gy.: A gondolkodás iskolája–hogyan oldjunk meg feladatokat? Akkord Kiadó, 2000, ISBN 963 7803 75 0
- [4] Tajnafői, J.: Szerszámgéptervezés I., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 1974.
- [5] Takács Gy., Zsiga Z., Szabóné M. I., Hegedős Gy.: Gyártóeszközök módszeres tervezése, Nemzeti Tankönyvkiadó, Miskolc, 2011.
- [6] Rodenacker, W. G.: Methodisches Konstruieren, Springer Verlag, Berlin, 1976, ISBN 3 540 07513 5
- [7] Koller, R.: Konstruktionslehre für den Maschinenbau–Grundlagen zur Neu- und Weiterentwicklung technischer Produkte, Springer-Verlag, Berlin, 1994.
- [8] Roth, K.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen, VEB Verlag Technik, Berlin, 1982, ISBN 963 10 7246 0
- [9] Deciu, E. R., Ostorosi, E., Ferney, M., Gheorghe, M.: Configurable product design using multiple fuzzy models, Journal of Engineering Design, 16(2), 2005, pp. 209-233. ISSN 0954-4828
<https://doi.org/10.1080/09544820500031526>
- [10] Pahl, G., Beitz, W.: Konstruktionslehre – Handbuch für Studium und Praxis, Springer-Verlag, Berlin, 2007, ISBN 963 10 3796 7
- [11] Erdős, S. Cs., Gyurecz, Gy., Janik, J., Körtélyesi, G.: Mérnöki Optimalizáció, egyetemi tananyag, 2012, ISBN 978-963-279-538-6
- [12] Goldberg, D. E., Manohar, Samtani P.: Engineering optimization via genetic algorithm, in will, Proceedings of Conference on Electronic Computation, ASCE, (-), 1986, pp. 471-482.
- [13] Holland, J.: Adaptation in Natural and Artificial Systems, MIT Press, 1992, ISBN 978-0262581110
- [14] Darwin, C. R.: The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life, London, 1872.
- [15] Mitchell, Melanie: An Introduction to Genetic Algorithms, MIT Press, 1996, ISBN 978-0585030944
- [16] Szabó, K.: A brief overview of genetic algorithms, Design of Machines and Structures, 13(2), 2023, pp.113-120. <https://doi.org/10.32972/dms.2023.021>
- [17] Takács, Á.: Computer Aided Concept Building, Solid State Phenomena 261, 2017, pp. 402-407. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.261.402>
- [18] Cadalyst, L. M.: An Introduction to Generative Design – A Digital Guide from the Editors of Cadalyst, Cadalyst Longitude Media, 2018. https://cadalyst.tradepub.com/free/w_cada04/prgm.cgi
- [19] Szabó, K., Hegedüs, Gy.: A generatív tervezést támogató szoftverek rövid áttekintése, Multidiszciplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem közleménye, 10(3), 2020, pp. 328-337. <https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.3.39>
- [20] Zuo, K., Chen, L., Zhang, Y., Yang, J.: Study of key algorithms in topology optimization, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 32, 2007, pp. 787–796. <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0387-0>
- [21] Bendsoe, M.: Optimization of Structural Topology, Shape, and Material, Springer-Verlag, Berlin, 1995, ISBN 978-3-662-03117-9. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-03115-5>
- [22] Rozvany, G.: Aims, scope, methods, history and unified terminology of computer-aided topology optimization in structural mechanics, Structure and Multidisciplinary Optimization, 21(2), 2001, pp. 90-108. <https://doi.org/10.1007/s001580050174>
- [23] Borsodi, E., Takács, Á.: Generative Design: An Overview and Its Relationship to Artificial Intelligence, Design of Machines and Structures, ISSN 1785-6892 (printed), ISSN 2064-7522 (online), 12(2), 2022, pp. 54-60. <https://doi.org/10.32972/dms.2022.013>
- [24] Hegedüs, Gy.: Newton's method based collision avoidance in a CAD environment on ball nut grinding, The international journal of advanced manufacturing technology, 2015, <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7796-5>
- [25] Hegedüs, Gy., Takács, Gy., Patkó, Gy.: Determination of Tool Profile for Ballnut Grinding by Numerical Methods, Proceedings of the Thirteenth International Conference on Tools: ICT, 2012, ISBN:9789639988354