https://doi.org/10.70750/GEP.2026.3-4.19

MAGYARORSZÁGI TERVEZŐISKOLÁK LEGUTÓBBI TERVEZÉSMÓDSZERTANI KUTATÁSAI

LATEST RESEARCH TRENDS ON THE DESIGN METHODOLOGY OF HUNGARIAN DESIGN SCHOOLS

Rohály Áron, Dr. Takács Ágnes**, Dr. Jálics Károly****

ABSTRACT

This study aims to provide a structured review of recent trends in Hungarian design methodology and to present the latest activities of the two most significant design schools. In the examined research studies, the classical methodological elements of the methods proposed by the authors are mainly linked to algorithmizing, databased solutions or computer-aided support. This is not limited to CAD-CAE modelling and simulation, but it also supports additional elements of the digitalised engineering workflow. In this article, the presented research results in the field of design methodology share common bases, however they differ in terms of which phases and which type of computer-aided methods of the design process they support. This paper develops a unified comparative framework for analysing the examined methods, which contributes to a developed CAD-CAE decision-support method.

1. BEVEZETÉS

Napjainkban az egyre kifinomultabb gépészmérnöki folyamatok egyre összetettebb termékek létrehozását teszik lehetővé, azonban mindez egyre szigorúbb követelményeket von maga után. A fejlesztés korai fázisában az egymásnak ellentmondó költség, ciklusidő és minőségi kritériumok közötti kompromisszum megtalálásában, a lépések rendszerezésében és a döntéshozatal dokumentálásában a tervezésmódszertan nagy jelentőséggel bír. Többek között a digitalizáció, a számítógépes CAD-CAE támogatás és az optimalizálás azok a kiemelkedő területek, amelyek a tervezőmérnök munkáját a tervezés kezdeti szakaszában is támogatják.

Magyarországon jelentős szerepe és hagyománya van a tervezésmódszertan kutatásának, ebben kiemelt szerep jut a Budapesti Műszaki Egyetem és a Miskolci Egyetem tervezőiskoláinak és azok kutatási eredményeinek. Az ezekhez kapcsolódó kutatási hagyományok eltérőek, ugyanakkor kapcsolódnak is egymáshoz. A tanulmány az utóbbi évek tervezésmódszertani vonatkozású kutatásaira fókuszál a két tervezőiskola esetében.

A cikk a vizsgált munkákat a számítógépes támogatás tervezési fázisokban betöltött szerepének elemzése alapján egységes összehasonlító keretbe foglalja az ezekben található módszertani elemeket. Az összehasonlítás szempontjai a tervezési fázis, a támogatás típusa, a digitalizáltsági szint, a módszertan és a digitális mérnöki munkafolyamatba való integrálhatóság. A tanulmány azt is bemutatja, hogyan jelennek meg a klasszikus tervezésmódszertani elemek mellett a modernebb digitális eszközök.

Ez a támogatás a CAD-CAE eszközökkel segített modellezés és szimuláció mellett jelenthet többféle formát, például adatbázisok létrehozását, tudásbázis építést, elemkönyvtárak felépítését, optimalizálási eljárásokat vagy akár teljes életciklusra kiterjedő információk nyilvántartását.

A tanulmány azonosítja a fő kutatási irányokat és kitér arra is, hogy ezek a tervezés melyik fázisában adaptálhatók. Ezekből több összehasonlító táblázat is készült. A vizsgálat kitér arra is, hogy a különböző matematikai, digitalizált vagy számítógéppel segített támogatási formáknak mi a közös alapja, eltérő szintje vagy iránya.

2. MÉRNÖKI TERVEZÉSMÓDSZERTAN KUTATÁSI HÁTTERE

A mérnöki tervezés egy szervezett és dokumentált döntéshozatal, amely során az egyszerre jelenlévő különböző célokat és korlátokat logikusan kell összeegyeztetni és dokumentációval alátámasztani. A tervezői tevékenységek a feladat tisztázása után feloszthatók koncepcionális, konstrukciós és részlettervezési tevékenységekre. Ezeknek a fázisoknak az elvégzése során a tervezésmódszertan segíti a mérnököket. Ez a műszaki rendszerek fejlesztésének cselekvési terve, ami a tervezéstudományból és a megszerzett gyakorlati tapasztalatokból építkezik és rugalmasan igazítható az adott feladathoz [1].

A tervezésmódszertan fejlődése elsősorban a 2. világháború után gyorsult fel, kiemelkedő kutatók munkája révén, mint például Pahl és Beitz, Roth, Hubka és Eder, Koller, Altshuller, Kesselring, vagy Lindemann. Az idők folyamán különböző módszertani irányok fejlődtek ki, mint a rendszerszemlélet, az értékelemzés, vagy a szisztematikus tervezés.

Napjainkban egyre nagyobb az igény a szisztematikus tervezésre, mert növekszik a komplexitás és a variánsok száma, nőnek a minőségi elvárások, ugyanakkor az idő- és erőforrás korlátok egyre szigorúbbak és folyamatosan csökkennek a fejlesztési ciklusidők is. Ezek egymással

** PhD hallgató, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézete*
*** egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézete*
**** egyetemi docens, intézetigazgató, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézete*

szemben ellentmondásos elvárások, feloldásukhoz rendszerszintű szemlélet szükséges.

A megoldásváltozatok előállítása a részmegoldások rendszerszintű összeállítását jelenti, amikhez már számítógépes és matematikai módszereket is igénybe vesznek. Ennek eredménye számos megoldásváltozat, amelyek közül a koncepcionális tervezés során ki kell választani azt a változatot, amelyik az adott elvárásoknak várhatóan a legjobban meg fog felelni. A kiválasztás módja az értékelés, melynek során különféle összehasonlító eljárásokkal történik a megoldás értékelése. A preferenciák kiválasztása a pontosan rögzített vállalati célokból, a piaci igényekből megállapított termékkövetelményekből és a termék várható életciklusából vezethető le, amit mindig dokumentálni kell. Ezek képezik a specifikációk alapját.

A mérnöki munkafolyamat a feladattisztázási, koncepcionális, konstrukciós és részlettervezési fázisból és azok ütemezéséből áll. A cél, hogy a lépések időzíthetők és kontrollálhatók legyenek, ami szükséges a projektmenedzsmenthez és a mérnöki döntések auditálhatóságához, illetve ahhoz, hogy a hibákat még korai szakaszban feltárjuk. A különböző szakaszok közötti folyamat része a kétirányú iteráció, ami visszacsatolást jelent például a prototípustesztekből és szimulációból származó adatok és a folyamat korábbi szakaszai között. Ennek révén a terv folyamatosan módosul és egyre pontosabbá válik.

Az 1. ábra szemlélteti a feladattisztázás, a koncepcionális és konstrukciós tervezés, illetve a részlettervezés közötti munkafolyamatot. Az iterációs lépések bármelyik tervezési fázis között megjelenhetnek, de nem mindig szükséges az elvégzésük.

1. ábra. A tervezés egyszerűsített munkafolyamata Pahl és Beitz munkája alapján [1]

A koncepcionális tervezés fő lépései az absztrakció, funkcióstruktúra képzés, részmegoldások kombinációinak képzése, végül a koncepcióképzés. A koncepcionális fázis kimenete a különböző kiválasztott és pontozott koncepciók és azok funkcióstruktúrája, a kiválasztás kritériumai és súlyozásai, a követelménylista, a kockázatértékelési lista, illetve az ellenőrzési terv. Ezek célja, hogy növeljük a koncepciók minőségét.

A konstrukciós tervezés feladata a működési elvekből olyan elrendezési terv kialakítása, amely teljesíti a műszaki és gazdasági elvárásokat. Ennek az eszközei az ellenőrzőlisták, szabályok, elvek és útmutatók. A konstrukciós tervezés folyamata során a koncepcióból kiindulva először a kritikus követelményeket és a térbeli kényszereket azonosítjuk. Ezután kezdetleges modell készül a fő funkcióhordozó elemekre, majd ezekhez előzetes méretarányos elrendezés és anyagválasztás történik. Ezt követi a főfunkciók és a segédfunkciók részletes kidolgozása, a műszaki és gazdasági értékelés, optimalizálás, hibakeresés. Végül az eredményeket rögzíteni szükséges és el kell készíteni a gyártási és szerelési dokumentumokat. A lépések iteratívak, mert az elrendezés, a fő méretek és az anyagok minden iterációban változhatnak. A változásokat mindig ellenőrizni és rögzíteni kell.

A részlettervezési folyamat során befejezzük a műszaki termékek megvalósításához szükséges végleges műszaki dokumentációt. Rögzítésre kerül az összes egyedi alkatrész különböző tulajdonsága, gyártási módszere, működési eljárása, a végső költségek és végül minden újra ellenőrzésre kerül. Ennek a szakasznak az egyik legfontosabb része a gyártáshoz szükséges specifikációk kidolgozása, beleértve a részletes alkatrészrajzokat, összeszerelési rajzokat és a megfelelő alkatrészlistákat is [1].

3. KIVÁLASZTOTT KUTATÁSI MUNKÁK MÓDSZERTANI ÁTTEKINTÉSE

A cikk egy olyan irodalmi áttekintés, ami öt tervezésmódszertani témában végzett kutatás eredményeit hasonlítja össze. A vizsgálat Piros Attila, Trautmann Laura, Gotthard Viktor, Dömötör Csaba és Szabó Kristóf kutatásait tekinti át. A források kiválasztása során fontos szempont volt a budapesti és a miskolci tervezőiskolák tervezésmódszertani kutatási eredményeinek megismerése továbbá, hogy ezek az eredmények a mérnöki tervezési folyamathoz hogyan és melyik fázisban illeszkednek. Lényeges kérdés volt ezen felül, hogy a vizsgált kutatásokban felhasznált számítógépes alkalmazások segíthetik-e a későbbi CAD-CAE döntéstámogatási kutatás módszertani megalapozását. A klasszikus tervezésmódszertani hátteret Pahl és Beitz könyve [1] adja, valamint Roth, Hubka és Eder, Koller, Altshuller, Kesselring vagy Lindemann munkái. Az elemzés áttekinti a fő

módszertani elemeket a tervezési folyamat főbb fázisaiban, a számítógéppel támogatható megoldásokat, a különböző CAD-CAE eszközök fő előfordulási helyeit és a témához kapcsolódó lehetséges alkalmazási területeket. Ezek az azonosított módszertani trendek az összehasonlítási szempontok alapján meg is jelennek az adott munkáknál a következő fejezet táblázataiban.

Piros Attila [2] úgy ismerteti a fuzzy módszert, mint a tervezési eljárások fejlesztésének egyik lehetséges új módját. A cél a fuzzy módszer kiértékelési fázisra történő kiterjesztése, a tagsági függvények alakjának fejlesztése, egy egyszerűbb összegzési eljárás kidolgozása és ezek ipari alkalmazhatóságának igazolása valós műszaki feladatokon. Az új kidolgozott eszköz a kiértékelés egyszerűsítésére szolgáló korrigált fuzzy átlag (CFM). A módszer elsődlegesen a részlettervezés fázisához kapcsolódik. Ez számítógépes tervezési környezetben is ad egy gyorsan alkalmazható, hatékony és tervezői szempontból kontrollálható eljárást. További elemei a tagsági függvények, súlyozás, fuzzifikáció és defuzzifikáció, melyek segítségével meghatározható a kiértékelés eredménye. A megoldás előnye, hogy képes kezelni és számszerűsíteni a bizonytalan eseteket és az emberi gondolkodáshoz közeli objektív, szubjektív és kevert követelményeket a tervezési környezetben is, amikor a követelmény már nem értelmezhető tisztán számszerűen. A fuzzy módszer az iparban még nem terjedt el széles körben, de a szerző több valós műszaki és ipari példát is bemutat.

Trautmann Laura [3] kutatása a termék vizuális jellemzőinek és ezen jellemzők által a felhasználóból kiváltott érzelmi hatás összekapcsolására összpontosított. A mintázatok generálását több iparágban is használják, azonban a parametrizálás nem érzelem alapon történik. Trautmann úgy véli, hogy a színek, formák, vonalak, mintázatok stb. hangulati hatása parametrizálható, szabályokba rendezhető, fizikai jellemzőkből levezethető, mérhető és modellezhető. A minták és az általuk kiváltott érzelmek közötti kapcsolatok kezelésére fuzzy módszeren alapuló szabályrendszert és érzelemalapú tagsági függvényeket használ. A szerző kidolgozta az EmPatGen (Emotional Pattern Generator) érzelemalapú fuzzy szabályrendszerrel támogatott parametrikus mintázat generálási rendszert. Ez követelményekre bontja a mintát, ezután fuzzy módszerrel összeköti, majd legenerálja. A kimenet 2D minták formájában jön létre defuzzifikáció segítségével Mamdani következtetési rendszerrel. A módszer elsősorban a koncepcionális tervezéshez kapcsolódik. A kutatás során több szoftvert is használnak egymással összekapcsolva, például MATLAB, PTCCreo, GIMP. A termékek egyedi igényekre történő fejlesztéséhez már alkalmas a modell, de ipari gyártási folyamat szintjén megvalósuló projektek vagy automatizálások elvégzéséhez további fejlesztések szükségesek.

Gotthard Viktor [4] munkája többek között a moduláris felépítésű gyártósorok tervezésének elméletét és gyakorlatát ismerteti. Gotthard megállapította, hogy az egyedi gyártósorokra és célgépekre nincs részletesen kidolgozott moduláris fejlesztési módszer, ezért a kutatás célja olyan eszközök és eljárások kidolgozása, amik lehetővé teszik és támogatják az építőelemekből felépülő egyedi gyártósorok gyors összeválogatását. A vizsgálat ipari problémája abból adódik, hogy a tömegtermelési igények moduláris termékeket és modulárisan összekapcsolható gyártástechnológiai lépéseket tesznek szükségessé. Ezekhez moduláris szerkezeti felépítésű gyártógépekre van szükség. A különböző módszerek együttes alkalmazásával informatikai tervezést támogató rendszert hoz létre. A kutatás fókusza a hierarchikus moduláris tervező program (MTP) létrehozása. Ez egy olyan rendszer, amely építőelemeket, alegységeket és felhasználói követelményeket kapcsol össze az ezek kezelésére kifejlesztett segédszoftverrel több adatbázison keresztül. A program összekapcsolja az ajánlatadási, specifikációs, tervezési és kivitelezési fázist. Képes BOM generálására, SAP adatok kezelésére, CAD modellek tárolására és összeállítási modell létrehozására, specifikációs adatbázis és elemkönyvtárak használatára is. A kidolgozott módszer támogatja a szimultán tervezést, amivel az ipari berendezés bizonyos részeinek kivitelezése már akkor megkezdődhet, amikor más részei még pontosan nincsenek megtervezve. Az elemkészlet és az elemek paraméterei egy komplex elektronikus adatbázisban tárolhatók, kezelésüket egy célprogram támogatja. Ezáltal a paraméterek értékei és a modulok rugalmasan változtathatók a piaci igények szerint. A folyamat és a program alkalmas egyedi gyártósorok, célgépek kivitelezésére és ezek költség- és átfutási idejének becslésére is. A kidolgozott program leginkább a konstrukciós tervezési fázishoz kapcsolódik.

Dömötör Csaba [5] kutatása a természeti analógiákra épített adatbázisra, annak statisztikai elemzésére, illetve a koncepcionális tervezési alkalmazásokra összpontosít. A kutatás kiindulópontja a természeti megfigyelésekből származó mérnöki tudás megszerzése és hasznosítása. A természet fontos inspirációs forrás is lehet a mérnök számára, aminek a megoldásai tanulhatók és fejleszthetők. A kutatás célja, hogy kifejlesszen egy katalógust, ami széleskörűen összegyűjti a tervezéshez használható különböző természeti analógiákat és megoldásokat. A kutatás áttekinti a tervezésmódszertan irodalmát, amiből arra a következtetésre jut, hogy a TRIZ-módszer kapcsolható össze leginkább a természeti alapú analógia kereséssel és az ebből szerkesztett adatbázissal. A TRIZ-módszer (Altshuller) alapgondolata, hogy egy speciális konstrukciós feladatnak vagy egy ahhoz hasonló problémának valahol már született megoldása. Ezek a megoldások az ellentmondások kreatív feloldásából születnek. A kutatás rendszerezi és csoportosítja a természetben is megtalálható hatáselveket, azok alkalmazási módjait és analógiáit, majd ezekből katalógust készít. Ennek a kezeléséhez Microsoft Access programot használ. A különböző CAD-CAE eszközöket nem használja közvetlenül a módszer kidolgozása során. A katalógus használható keresésre, szűrésre, címkézésre, csoportosításra, lekérdezésre. A módszer az adatbázis- és katalógus építéssel leginkább a koncepcionális tervezési fázishoz kapcsolódik.

Szabó Kristóf [6] kutatása a generatív tervezési módszerek és algoritmusok feltárását, a különféle gyártási technológiákkal gyártható alkatrészek tervezését

részletezi. A kutatás a generatív tervezést a tervezésmódszertan és a különböző szoftveres megoldások egy új lépcsőfokaként és kombinációjaként kezeli, mivel ezzel már a mérnöki folyamat korai fázisában is több ezer variáció előállítható. A tervezés olyan folyamat, amely során a korlátozott megoldástér mellett egy műszakilag és pénzügyileg optimális eredményt kell létrehozni. A generatív tervezési folyamatot párhuzamos megoldáskeresési folyamatként határozza meg, ami elsősorban a diszkurzív és a matematikai szemléletet kapcsolja össze. Ennek a folyamatnak a szakaszai a funkcionális peremfeltételek meghatározása, a geometriai modell megalkotása, a szimulációs modell létrehozása, a megoldások generálása, a kiértékelés és a kiválasztás. Ma már léteznek számítógéppel segített CAD optimalizálási beépülő modulok is a generatív tervezési folyamatokhoz. A kidolgozott új leírásmód bevezeti az X konstrukciós tér kapcsolati mátrixot, G generált kapcsolati mátrixot, M megoldásmátrixot, F_g generált funkcióstruktúra-mátrixot, g(k) és g(sz) generálási kötöttség és generálási szabadság mutatókat, γ_i generáltsági fok paramétert, $b_i(r)$ és $b_i(v)$ biztonsági tényezőket. Ezeket az iparban is elterjedt, matematikai alapú SIMP topológiai optimalizálási módszer segítségével lehet alkalmazni az optimalizált geometria meghatározására.

Az áttekintett kutatások alapja a közös klasszikus tervezésmódszertani művek, de eltérő a módszertanuk fókusza, a számítógépes támogatás módja, a tervezési fázishoz kapcsolódó CAD-CAE eszközök és az alkalmazhatóság lehetőségei. Az összehasonlítás szempontjai a módszertan, a számítógépes támogatás, a CAD-CAE eszközök és az alkalmazhatóság. A következő fejezetben egyes kutatásoknál azonosított tulajdonságok táblázatos formában kerülnek összefoglalásra. Ennek a táblázatos elemzésnek az eredményei hozzájárulnak a későbbiekben kifejlesztésre kerülő CAD-CAE döntéstámogatási módszer fejlesztéséhez.

4. BEMUTATOTT MÓDSZEREK ELEMZÉSE

Ez a fejezet összehasonlítja különböző szempontok szerint a korábban ismertetett kutatásokat. Az alábbi táblázatokban azt lehet látni, hogy a vizsgált munkák a tervezési folyamat melyik fázisában alkalmaznak matematikai, adatbázis vagy számítógépes támogatást, mi a fő módszertan, milyen a CAD-CAE támogatás és milyen az ipari alkalmazás lehetősége. A tervezést segítő módszerek eltérő mértékben szerepelnek a koncepcionális, konstrukciós és részlettervezési szakaszokban. A számítógép használata elsősorban a koncepcionális és konstrukciós fázisokban van. A részlettervezésről inkább csak a háttérben történik említés. A CAD-CAE szoftverelemek bizonyos esetekben inkább csak megvalósítható lehetőségként jelennek meg.

Az 1. táblázat az alkalmazott módszert és a támogatott tervezési fázist szemlélteti. Látható, hogy az egyes modellek elsősorban melyik tervezési fázishoz kapcsolódnak és a kapcsolódó tervezési fázisban milyen tervezésmódszertani irányt képviselnek.

1. táblázat. Alkalmazott fő tervezési módszertan és támogatott tervezési szakasz összehasonlító áttekintése

Forrás	Alkalmazott fő tervezési módszertan	Támogatott tervezési fázis
Piros Attila	fuzzy módszer és kiértékelés, CFM	részlettervezés
Trautmann Laura	érzelemalapú parametrikus mintázatok, EmPatGen	koncepcionális
Gotthard Viktor	moduláris gyártósor tervezése, MTP	konstrukciós
Dömötör Csaba	természeti analógiák adatbázisa, TRIZ	koncepcionális
Szabó Kristóf	generatív tervezés, topológiai optimalizálás, SIMP	konstrukciós

Az 1. táblázat alapján Piros Attila fuzzy módszere és CFM eljárásai a részlettervezéshez, Trautmann Laura érzelemalapú parametrikus mintázatgenerálása és Dömötör Csaba természeti analógiákra épülő adatbázis építése a koncepcionális tervezéshez kapcsolódik. Gotthard Viktor moduláris gyártósortervezése, illetve Szabó Kristóf generatív tervezési és topológia optimalizálási módszere pedig a konstrukciós tervezéshez kapcsolható.

A 2. táblázat a számítógépes támogatás típusát és a használt eszközeit foglalja össze: bemutatja, hogy a modellek milyen típusú szoftveres, digitalizált vagy CAD-CAE eszközt használnak a tervezés támogatásához.

2. táblázat. Számítógépes támogatás típusa és az alkalmazott eszközök összehasonlító áttekintése

Forrás	Számítógépestámogatás típusa	Alkalmazott eszköz
Piros Attila	fuzzy-alapú számítási és kiértékelési támogatás	CFM, tagsági függvények, MATLAB programkódok
Trautmann Laura	érzelemalapú parametrikus mintázatgenerálás fuzzy módszerrel	EmPatGen, MATLAB, PTCCreo, GIMP, Mamdani rendszer
Gotthard Viktor	elemkönyvtár- és célprogram-alapú tervezéstámogatás	MTP, EKR, SA, SA-EKR mátrix, SAP kapcsolat, BOM és CAD generálás
Dömötör Csaba	adatbázis- és katalógus-alapú megoldáskeresés	Microsoft szoftver csomag, Microsoft Access
Szabó Kristóf	generatív tervezés és topológiai optimalizálás	CAD beépülő modulok, SIMP, mátrixok és paraméterek

A 2. táblázatban látható, hogy Piros Attila kutatásában fuzzy kiértékelés és tagsági függvények, illetve MATLAB programkódok, Trautmann Lauránál EmPatGen, MATLAB, PTCCreo, GIMP és Mamdani rendszer, Gotthard Viktor esetében MTP, EKR, SA, SA-EKR mátrix, SAP kapcsolat, BOM és CAD generálás, Dömötör Csaba munkájában Microsoft Access, illetve Szabó Kristóf tekintetében CAD beépülő modulok, SIMP, mátrixok és paraméterek jelennek meg.

A 3. táblázat a használt CAD-CAE eszközöket és az ezek által támogatott tervezési szakaszokat ismerteti. Az egyes modellekben különböző mértékben jelenik meg ezeknek az eszközöknek a használata és a támogatott tervezési fázisok is különbözőek.

3. táblázat. CAD-CAE eszközök és támogatott tervezési fázis összehasonlító áttekintése

Forrás	CAD-CAE eszközök	Támogatott tervezési fázis
Piros Attila	CFM, MATLAB, digital mock-up	részlettervezés
Trautmann Laura	EmPatGen, MATLAB, PTCCreo, GIMP	koncepcionális
Gotthard Viktor	MTP, SAP, BOM és CAD modellek generálása	konstrukciós
Dömötör Csaba	Microsoft Access	koncepcionális
Szabó Kristóf	SIMP, optimalizálási CAD-CAE beépülő modulok	konstrukciós

A 3. táblázat szerint Piros Attilánál CFM, MATLAB és digital mock-up, Trautmann Laura esetében EmPatGen, MATLAB, PTCCreo és GIMP, Gotthard Viktor munkájában MTP, SAP, BOM és CAD modellek generálása, Dömötör Csaba kutatásában Microsoft Access, illetve Szabó Kristófnál SIMP és optimalizáláshoz használható CAD-CAE beépülő modulok szerepelnek.

Az 4. táblázat az ipari alkalmazhatóságot és a fejlesztési lehetőségeket mutatja be. Alacsony az alkalmazhatósága azoknak, amik elsősorban elméleti, módszertani vagy koncepcionális modellekkel dolgoznak és további fejlesztés kell az ipari alkalmazásukhoz. Közepes szintűek azok a modellek, amik használnak szoftvert vagy adatbázist is. A munka ipari alkalmazhatóságú magas, ha az adott kutatás már az iparhoz, mérnöki munkafolyamathoz vagy a vállalati rendszerhez is szorosan kapcsolódik. Piros Attila módszere valós műszaki és ipari példákon ellenőrzött, de az ipari elterjedése még korlátozott. Trautmann Laura elemzése a formák és mintázatok tervezését támogatja, de további fejlesztés szükséges a gyártáshoz és automatizáláshoz. Gotthard Viktor tanulmánya a célgépek tervezéséről szól. Dömötör Csaba módszertana a koncepcionális tervezési fázist támogatja, Szabó Kristóf kutatása pedig a generatív tervezést és topológiai optimalizálást.

4. táblázat. Ipari alkalmazhatóság és fejlesztés lehetőségei

Forrás	Ipari alkalmazhatóság	Fejlesztés lehetőségei
Piros Attila	fuzzy módszer alkalmazása valós műszaki és ipari példákon	módszer ipari elterjedtsége korlátozott
Trautmann Laura	egyedi termékek tervezése, formák, dekorációk és mintázatok tervezése	ipari gyártáshoz és automatizált projektekhez további fejlesztés szükséges
Gotthard Viktor	egyedi gyártósorok, célgépek és modulok tervezése, ajánlatadás és költségbecslés támogatása	speciális modulcsoportok bővítése a folyamatban, további fejlesztés emberi tényező csökkentéséhez
Dömötör Csaba	koncepcionális tervezési fázis támogatása a mérnöki munkafolyamatban	katalógus bővítése, stabilitás és a nyílt hozzáférés megoldása
Szabó Kristóf	generatív tervezés és topológiai optimalizálás, műszaki és gazdasági szempontok értékelése	kifáradási és élettartam számítások és a rangsor robusztusságának fejlesztése szükséges

A bemutatott táblázatok jól definiálják, hogy a vizsgált modellek a tervezésmódszertan melyik területén alkalmazhatók nagy hasznossággal.

5. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A tanulmány a budapesti és a miskolci tervezőiskolák tervezésmódszertani kutatási eredményeit elemzi. Az elemzés arra keresi a választ, hogy mi a módszertan fókusza, milyen a számítógépes támogatás típusa, melyik a CAD-CAE eszközökkel leginkább támogatott tervezési fázis, mi a digitalizáltság típusa és milyen mértékű a módszer ipari alkalmazhatósága.

A vizsgált kutatómunkák közös jellemzője az olyan klasszikus tervezésmódszertani művekre építő szisztematikus tervezés, mint Pahl és Beitz, Roth, Hubka és Eder, Koller, Altshuller, Kesselring vagy Lindemann. Az elemzésben részt vevő kutatások további közös elemei a követelmények megismerése, a funkcióstruktúra létrehozása, a megoldásváltozatok képzése, kiértékelése és kiválasztása. Az eltérések elsősorban a támogatott tervezési fázisban és a digitális módszer típusában tapasztalhatók.

A vizsgálat során másféle módszertant, többféle szakaszban és különböző támogatási formában használnak.

Az összehasonlítás alapján a fő különbségek úgy azonosíthatók, hogy az egyes kutatások melyik tervezési fázist segítik, illetve milyen típusú digitális és számítógépes támogatást alkalmaznak. Ezek a módszerek a tervezési fázis több szakaszában is megjelennek a klasszikus tervezésmódszertani elemek mellett is. A kutatások alapján a számítógépes támogatás nemcsak a közvetlen CAD-CAE modellezést és szimulációt jelentheti. Adatbázisokkal, algoritmusokkal, parametrizálással és más módszerekkel is támogatható a tervezési folyamat, ezért külön kell vizsgálni a digitalizáltság és a CAD-CAE integráció jellemzőit és mértékét.

A kutatásokban azonosítható több egymás mellett használt módszer is, nincs egyetlen domináns magyar tervezésmódszertani irány. A klasszikus módszertan használata kiegészül a meglévő munkafolyamat számítógépes támogatásával is. Az öt vizsgált kutatás nem mutat egységes módszertani fejlődési irányt, hanem inkább egymással párhuzamos és különböző tervezési problémákra specializált megoldásokat dolgoztak ki.

A kutatás további célja az összehasonlítás bővítése más magyar tervezőiskolák kutatási eredményeivel is, illetve egy parametrikus CAD-CAE döntéstámogatási rendszer megalkotása. Ennek a későbbi keretrendszernek a kidolgozásához hasznosak lehetnek az összegyűjtött trendek, módszerek és kutatási irányok.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány részletesen áttekinti az utóbbi évek néhány tervezésmódszertani témájú magyarországi kutatási eredményét.

A tanulmányozott kutatómunkáknak közös tervezésmódszertani alapjai vannak, de a számítógépes támogatás eszközrendszerét eltérő módszerekkel és különböző tervezési fázisokban használják. Ez a támogatás a CAD-CAE modellezés és szimuláció mellett tudásbázis létrehozását, elemkönyvtárak felépítését, optimalizálási eljárásokat vagy akár az egész életciklusra kiterjedő nyomon követést is jelenthet. A magyar tervezésmódszertani munkákban jelen vannak a klasszikus módszertani alapok, de kiegészülnek több számítógéppel támogatott folyamattal.

A kutatási témák fókuszai Piros Attila kutatásában a fuzzy kiértékelés, Trautmann Lauránál az érzelemalapú parametrikus mintázatgenerálás, Gotthard Viktor esetében a moduláris gyártósortervezés, Dömötör Csaba munkájában a természeti analógiák adatbázis-alapú kezelése, Szabó Kristóf tekintetében pedig a generatív tervezés és topológiai optimalizálás.

A cikk azonosítja a kutatások közös és eltérő számítógépes támogatási módszereit. Ezekből több összefoglaló táblázat is készült. Ezek az eredmények megfelelő kutatási alapot adhatnak későbbi CAD-CAE alapú tervezésmódszertani eszközök kutatásához.

7. SUMMARY

The study provides a detailed review of several recent Hungarian research results in the field of engineering design methodology.

The examined research works have common foundations in engineering design methodology, but these use different methods and different types of computer-aided supporting tools and in different phases of the design process. Besides CAD-CAE modelling and simulation, this support can mean the creation of knowledge bases, development of component libraries, optimization procedures, and even lifecycle tracking. Classical methodological foundations are present in the Hungarian design methodology research works, but they are complemented by several computer-aided processes.

The main research topics are fuzzy evaluation in the work of Attila Piros, emotion-based parametric pattern generation in the research of Laura Trautmann, modular production-line design in the work of Viktor Gotthard, databased management of natural analogies in the research of Csaba Dömötör, and generative design and topology optimization in the work of Kristóf Szabó.

The paper identifies the common and different computer-aided support methods used in the examined research works. Several summary tables were created from these results. These results can provide a proper research basis for future research on CAD-CAE-based engineering design methodology tools.

8. IRODALOM

[1] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, K.-H. Grote, *Engineering Design: A Systematic Approach*, 3rd ed. London, U.K.: Springer, 2007, https://doi.org/10.1007/978-1-84628-319-2

[2] Attila Piros, *Fuzzy alapú kiértékelő módszer alkalmazása a konstrukciós tervezésben,* PhD. értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Hungary, 2012

[3] Laura Trautmann, *Érzelem-alapú geometrikus mintázat fejlesztése,* PhD. értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Hungary, 2021

[4] Viktor Gotthard, *Moduláris felépítésű gyártósorok tervezésének elmélete és gyakorlata*, PhD. értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Hungary, 2008

[5] Csaba Dömötör, *Természeti analógiák adatbázisa, statisztikai elemzése és alkalmazási módszerei a koncepcionális tervezésben*, PhD. értekezés, Miskolci Egyetem, Miskolc, Hungary, 2014

[6] Kristóf Szabó, *Generatív tervezési módszerek és algoritmusok feltárása különféle gyártási technológiákkal gyártható alkatrészek tervezéséhez,* PhD. értekezés, Miskolci Egyetem, Miskolc, Hungary, 2026