



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
POLIMERTECHNIKA TANSZÉK
GÉP- ÉS TERMÉKTERVEZÉS TANSZÉK

FRÖCCSÖNTÖTT TERMÉKEK SZÍNÉBEN FELLÉPŐ INHOMOGENITÁSOK
MINŐSÍTÉSE OBJEKTÍV MÉRÉSI MÓDSZERREL ÉS FUZZY-KIÉRTÉKELÉS
SEGÍTSÉGÉVEL

TDK MUNKA

VARGA ESZTER
TÖRÖK DÁNIEL

KONZULENSEK:
DR. PIROS ATTILA
DR. KOVÁCS JÓZSEF GÁBOR
ZSÍROS LÁSZLÓ

2014

TARTALOMJEGYZÉK

A DOLGOZATBAN SZEREPLŐ JELÖLÉSEK ÉS RÖVIDÍTÉSEK.....	3
1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	4
2. IRODALOM ÁTTEKINTÉS	6
2.1. FRÖCCSÖNTÉS	6
2.1.1. <i>Fröccsöntő gép felépítése, fröccsöntési ciklus</i>	6
2.1.2. <i>Keverőelemek</i>	8
2.1.3. <i>Színezékek, adalékok</i>	9
2.2. SZÍNEK	10
2.2.1. <i>Színek azonosítása, színterek</i>	12
2.3. LÁGY SZÁMÍTÁSOK.....	13
2.3.1. <i>Fuzzy-logika</i>	13
2.3.2. <i>Neurális hálózatok</i>	17
2.4. LOGISZTIKUS ÉRTÉKELÉS	19
2.5. GÉPKÉPESSÉG VIZSGÁLAT ELMÉLETI ÖSSZEFOGLALÓJA	21
2.5.1. <i>R&R elemzés</i>	21
3. FELHASZNÁLT GÉPEK BERENDEZÉSEK ÉS ANYAGOK	23
3.1. A VIZSGÁLATOKHOZ FELHASZNÁLT GÉPEK, MÉRÉSI MÓDSZEREK.....	23
3.2. A VIZSGÁLATOKHOZ FELHASZNÁLT ALAPANYAGOK	24
4. KÍSÉRLETI RÉSZ	25
4.1. HUMÁN KIÉRTÉKELÉS.....	25
4.1.1. <i>Technológiai beállítások hatása</i>	25
4.1.2. <i>Mesterkeverékek minősítése</i>	26
4.2. KIÉRTÉKELÉS A KÉPELEMZŐ SZOFTVERREL.....	27
4.3. ADATOK ÉRTÉKELÉSE FUZZY-MÓDSZERREL.....	32
4.3.1. <i>Fuzzy program működésének bemutatása</i>	33
4.3.2. <i>Generált adatok létrehozása</i>	35
4.3.3. <i>A képelemző szoftver eredményeinek kiértékelése</i>	41
4.3.4. <i>A kiértékelés eredményének összegző, térbeli megjelenítése</i>	41
4.3.5. <i>Error értékek beállítása a Szoftver eredményeihez</i>	45
4.3.6. <i>Fuzzy kiértékelés összegzése</i>	49
5. TOVÁBBI CÉLKITŰZÉSEK.....	53
6. ÖSSZEFOGLALÁS	54
7. ÖSSZEFOGLALÁS (SUMMARY IN ENGLISH).....	55
8. IRODALOMJEGYZÉK.....	56
9. MELLÉKLETEK.....	58

A DOLGOZATBAN SZEREPLŐ JELÖLÉSEK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

p	[MPa]	hidrosztatikai nyomás
v	[cm ³ /g]	fajtérfogat
R	[J/(kg·mol·K)]	egyetemes gázállandó
M	[g/mol]	monomer-egység móltömege
π	[MPa]	az anyagra jellemző nyomáskorrekciós állandó
ω	[cm ³ /g]	a makromolekula saját térfogatát figyelembe vevő korrekciós állandó
ΔE	[-]	színpontok Euklédesszi távolsága
ΔL	[-]	fényességkülönbség
Δa	[-]	a zöld és vörös közti átmenetből adódó különbség
Δb	[-]	a kék és vörös sárga átmenetből adódó különbség
PE		polietilén
PP		polipropilén
PVC		poli(vinil-klorid)
PS		polisztirol
PET		polietilén-tereftalát
PU		poliuretán
MSZ		magyar szabvány
UV		ultraviola
p,v,T		nyomás, fajtérfogat, hőmérséklet
RGB		színtér (red, green, blue; piros, zöld, kék)
L*a*b*		színtér (lightness, red-green transition, blue-yellow transition; világosság, vörös-zöld átmenet, kék-sárga átmenet)
Y		fuzzy következtetés értéke
μ		igazság érték
μ(z)		tagsági függvény
PolyClourEval.xlsx		táblázat, amelybe a fuzzy kiértékelő program dolgozik
ColourSens		az értékelő személyek színérzékelését leíró függvény
Error		a gépbeállítást leíró függvény
xLim		a hibaérzékelő függvény törés pontjának meghatározója
yLim		a hibaérzékelő függvény törés pontjának meghatározója
ErrFuzzy		a fuzzy kiértékeléssel generált értékek
MoldProcessError		a hibaérzékelő függvény segítségével módosított Error értékek
NaN		„Not a number” matematikailag értelmezhetetlen érték
[HumanData]		az értékelő személyek által adott pontszámok mátrixa
[HumanProfile]		az értékelő személyek humán profiljának mátrixa
[Error]		az Error értékek mátrixa
[ResMat]		a fuzzy kiértékeléssel generált és az értékelő személyek által mondott értékek különbségének mátrixa

1. Bevezetés és célkitűzés

Az Axis Research Mind kutatása szerint a világon feldolgozott polimer alapanyagok mennyisége 2016-ra eléri 508,6 tonna/év-t. Ez a növekvő tendencia már évtizedek óta megfigyelhető. A műanyagok felhasználásában élen jár a csomagoló- és építőipar, valamint az egészségügyi szektor is. Az Európai Unió országaiban úgy, mint a világon, szintén jelentős és évente növekvő mennyiségű polimer alapanyagot állítanak elő és dolgoznak fel. A leggyakrabban felhasznált alapanyagok sorrendben a következők: PE, PP, PVC, PS, PET és PU [1, 2].

A termelés növekedésével együtt a kereslet is növekszik, azonban a gyártó cégek közti verseny még így is szoros. Elengedhetetlen, hogy a cégek a lehető legjobb minőségben és költséghatékonyan tudják előállítani a termékeiket. A minőséget ugyan egzakt módon definiálni szinte lehetetlen, de ha meg kellene fogalmazni a lényegét, akkor azt mondhatjuk, hogy tulajdonképpen a vevők igényeinek való megfelelést jelenti. Az MSZ EN ISO 9000:2005 szabvány szerint a minőség annak a mértéke, hogy a saját jellemzők milyen szinten képesek az igényeket kielégíteni.

A fröccsöntés a 21. századra a műanyagipar legjelentősebb tömegtermelési eljárásává vált, amivel főként hőre lágyuló alapanyagokat használ. A fröccsöntött termékek minden esetben tartalmaznak adalék- és színezőanyagokat. A leggyakrabban használt adalékanyagok a töltő- és erősítőanyagok, az égésgátlók, UV ellenállást javító adalékok, stb. Ezek homogén eloszlása az alapanyagban rendkívül fontos feladat. A nem megfelelő mértékben elosztatott adalékok a mechanikai tulajdonságok és egyéb funkciók, mint például lángállóság, romlásához vezethet. A színezőanyagok inhomogenitása esztétikai problémákhoz vezethet.

Az esztétikai inhomogenitások minősítése manapság dolgozók segítségével történik, akik szubjektív módon képesek az adott egyenetlenségeket értékelni. A hibára adott értékelés számos emberi tényezőtől függ, valamint az is megfigyelhető, hogy sokszor az emberek akár ugyanarra a hibára is más értékelést adnak egy kis idő elteltével. A mérési módszer bizonytalansága indokolja egy olyan rendszer kifejlesztését, ami objektív módon képes az egyenetlenségeket osztályozni.

Dolgozatunkban célul tűztük ki a fröccsöntött termékek színében megjelenő inhomogenitások minősítését egyrészt az emberektől független módszer segítségével, másrészt az emberi bizonytalanságokat figyelembe vevő kiértékelő rendszerrel. Az emberek

bizonytalanságát fuzzy módszerrel modellezzük, ami segítségével az embereket, mint egyéneket vizsgáljuk. A fuzzy módszer jól illeszkedik az emberek gondolkodásmódjához.

2. Irodalom áttekintés

Ebben a fejezetben a témával kapcsolatos cikkek és könyvek kerülnek feldolgozásra. A fejezetben részletesen foglalkozunk a fröccsöntés alapjaival, a folyamat közben jelentkező keveredési problémák típusaival, megoldási lehetőségeivel. Az irodalmi részben ismertetjük a színekkel kapcsolatos alap információkat és a színek közti különbségek mérésére alkalmas mérési módszereket. Szó lesz még a légyszámítási módszerekről, ezen belül részletesen ismertetjük a fuzzy rendszereket és neurális hálózatokat.

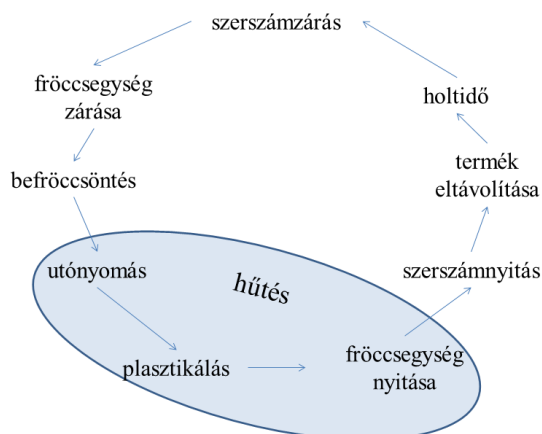
2.1. Fröccsöntés

A fröccsöntés olyan korszerű, műanyagokat feldolgozó tömeggyártási technológia, amellyel összetett geometriájú, szinte tetszőleges 3D-s termék állíthatók elő, szakaszosan és gyakorlatilag hulladékmentesen. A folyamatot nagy nyomásviszonyok jellemzik és nagy nyíróerők lépnek fel.

2.1.1. Fröccsöntő gép felépítése, fröccsöntési ciklus

Az általános célú fröccsöntő gépek felépítése igen hasonló, függetlenül a gép gyártójától. Minden fröccsöntő gép egy masszív gépvázra épül. A gép legfontosabb részei a fröccsöntő aggregát, aminek biztosítania kell a polimer granulátum fröccshengerbe juttatását, plasztikálást, az ömledék reológiai és termikus homogenitását, az ömledék szerszámüregbe juttatását és az utónyomás fenntartását. A szerszámzáró egység feladata a szerszám és a kilökök, valamint a szerszámban található egyéb mozgó alkatrészek mozgatása, a szerszámzáró erő felépítése, megtartása, leépítése. A szerszám és a szerszámmozgató egység közti kapcsolatot a szerszámfelfogó lapok és a támasztólap biztosítják. A gép irányítására a vezérlő egység szolgál.

A fröccsöntési ciklus szerszámzárástól a szerszámzárásig tart. Ez alatt adott számú termék kerül legyártásra, amelyek száma a szerszám kialakításától függ. Léteznek egy-, illetve többfészkés szerszámok is. A szerszámzárás kezdetétől a következő szerszámzárás kezdetéig eltelt idő a ciklusidő, ami jelentősen befolyásolja a gyártás hatékonyságát. Egy többfészkés szerszám esetén néhány századmásodperc is fontos lehet.

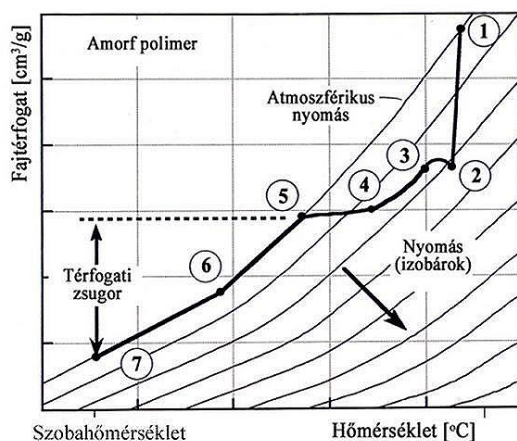


1. ábra A fröccsöntési ciklus

A műanyagok fajtérfogat változása egy nagyságrenddel nagyobb a fémekénél. Fröccsöntésnél a szerszámban lejátszódó folyamatok szemléltetésére éppen ezért a folyamatot a termikus állapotváltozók (2. ábra) függvényében is szokás ábrázolni. A p, v, T diagramról jól kivehető a polimer alapanyag üvegesedési és kristályolvadási hőmérséklettartománya. Spencer és Gilmore [3] írták le először a polimer ömledék állapotváltozóinak egymástól való függését. Az összefüggés hasonló a termodinamikai gáztörvényhez:

$$(p + \pi)(v - \omega) = \frac{RT}{M}, \quad (1)$$

ahol p a hidrosztatikus nyomás, v a fajtérfogat, R az egyetemes gázállandó, T az abszolút hőmérséklet, M a polimerlánc monomer-egységének móltömege, π az anyagra jellemző nyomáskorrekciós állandó és ω a makromolekula saját térfogatát figyelembe vevő korrekciós állandó [3].



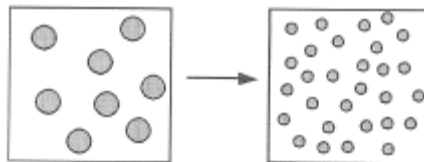
2. ábra A fröccsöntési ciklus a termodinamikai állapotváltozók tükrében [3]

A szerszámzárás és az aggregát zárása után a befroccsöntési szakaszban a nyomás jelentősen megnő, ezt szemlélteti a 2. ábra látható (1-2) szakasz. Ez alatt általában

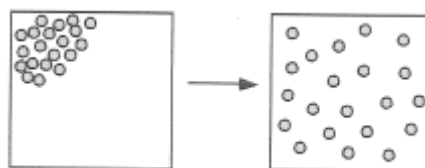
500-2500 bar nyomásnövekedést értünk. A befröccsöntés után az átkapcsolás következik, ami némi nyomáscsökkenéssel jár (2-3), és ezzel egy időben, a formaüreg kitöltése után a rendszer hűtése is megkezdődik. Az utónyomás közel izobár folyamat, aminek célja a fajtérfogat változásának kompenzálása. Az utónyomás a gátfagyásig tart, ezután a fajtérfogat változása már nem korrigálható. Az utónyomás után történik a plasztikálás. A terméket tovább hűtjük és a formaüregben folyamatosan csökken a nyomás a termék hőmérsékletének csökkenésével, állandó fajtérfogaton (4-5). Amikor a nyomás eléri a légköri nyomás értékét, akkor a termék elválk a szerszám falától (5). Innentől kezdve állandó nyomáson történik a hűtés, a kidobás pillanatáig (5-6). A kidobás után a termék a szabadban tovább hűl. A p,v,T diagram mellett szokás a gépmozgásokat ábrázolni az idő függvényében, azaz a ciklusdiagramban.

2.1.2. Keverőelemek

A keverés két rendszer kombinálása, ami során javul a rendszer homogenitása. A polimerek keverése a polimerfeldolgozó eljárások egyik fő lépése. A kívánt mechanikai és egyéb tulajdonságok elérése érdekében fontos a töltőanyagok homogén eloszlása. A keveredés során, a rendszer részecskéinek rendeződése szerint megkülönböztethető diszperzív és disztributív keveredés (3. ábra és 4. ábra). A diszperzív keveredés során a részecskék aprózódása történik, disztributív keveredés esetén pedig a részecskék eloszlása válik egyenletesebbé. A keverési folyamatokban ezek általában lépnek fel.



3. ábra Diszperzív keveredés [4]



4. ábra Disztributív keveredés [4]

A töltött és színezett rendszerek homogenitásának javítására többféle módszer is létezik. Fröccsöntött termékek esetén fontos a fröccsöntő gép, az alapanyagok és technológiai paraméterek helyes megválasztása. Ezen felül a keveredés tovább javítható speciális keverőelemek alkalmazásával. Minderre azért van szükség, hogy a gyártott termékek reprodukálhatók legyenek. Fröccsöntéskor általában dinamikus és statikus keverőelemek egyaránt használhatók. A dinamikus keverők a csigára szerelhetők fel, a statikus keverők

pedig a csiga elé. A statikus keverőelemeket egy fúvókába foglalják, ami egyszerűen a fröccsgép agregátjára utólag is felszerelhető. Az ömledék homogenizálásának egy nem annyira elterjedt módja a speciális keverőcsiga felszerelése a gépre a hagyományos háromzónás csiga helyett. A speciális keverőcsigák hátránya, hogy az előállításuk meglehetősen drága a bonyolult geometriájuk miatt. L/D viszonyuk is nagyobb a hagyományos fröccsöntő csigához képest, mivel a három zónának (behúzó, kompressziós, homogenizáló) itt is meg kell lennie [5].

2.1.3. Színezékek, adalékok

Az fröccsöntés során felhasznált adalékanyagok célja, hogy javítsák a termék előnyös tulajdonságait és minimalizálják a hátrányos tulajdonságait. A polimerek nem dolgozhatók fel stabilizátorok nélkül és a legtöbb esetben színezéket is adagolnak hozzá. Gyakran használt adalékok még az égésgátlók, a töltő- és erősítőanyagok, a csúsztató és feldolgozást segítő adalékok, antisztatizálók. A stabilizátorok és adalékanyagok általában az alapanyaggyártó cégnél kerülnek a műanyagba. A színezékeket azonban főleg gazdaságossági okok miatt a feldolgozás során adjuk a termék alapanyagához [6].

A polimerek színezésének oka leginkább esztétikai, azonban lehetnek műszaki okai is, például egy fekete termék sokkal jobban elnyeli a napsugárzást, mint egy fehér. A fröccsöntés során felhasznált színezékeknek két nagy csoportja van, az egyik a folyadék halmazállapotú, a másik a szilárd színezőanyagok csoportja. A különböző színezési módoknak mind megvan a maguk előnye és hátránya. A szilárd színezőanyagok csoportján belül léteznek por és mesterkeverék alapú színezőanyagok is. A fröccsöntés során a mesterkeverékes színezés a legelterjedtebb. A térhálós polimerek esetében a folyadékos színezés gyakori [7].

Mesterkeverékes színezés

A mesterkeverékek granulátum formájában kapható színezőanyagok, amelyek nagy koncentrációban tartalmazznak színezéket és adalékanyagokat is. A mesterkeveréket a fröccsöntés közben a plasztikálás során adjuk a feldolgozandó anyaghoz. A mesterkeverék adagolása jól kézben tartható és kis mennyiségben, néhány tömegszázalékban, elegendő hozzákeverni az alapanyaghoz. A mesterkeverékben található színezőanyag tartalom függ attól, hogy milyen intenzitású színt szeretnénk elérni. Sötét és intenzív színek esetén a színezék mennyisége akár 40-50% is lehet, 5-10% adalék és 50% hordozóanyag mellett. Kis színezéktartalom a halvány színek esetén használatos [7].

Színezékek típusai

A színezékek olyan adalékanyagok (vegyületek), amelyek képesek a polimerek színét megváltoztatni. A színezékek két nagy csoportba sorolhatók, az organikus és az inorganikus színezékek csoportjába. Mindkét csoport tovább kategorizálható aszerint, hogy a színezék képes-e oldódni a polimer mátrixban. Azokat a színezékeket, amelyek nem képesek oldódni benne, pigmenteknek hívjuk, amik képesek azok pedig a festékek. Polimerek színezésére mindegyik típus használható, a szerves festékeket kivéve, mivel polimerek színezésére használt szerves festék nem létezik. Azok a festékek, amelyek nem tartalmaznak szénatomokat, nem oldódnak a polimerekben, és ha nem oldódnak, akkor már a pigmentek csoportjába tartoznak. A színezékeknek erős színező erővel kell rendelkezniük, jól eloszthatónak, hőállóknak kell lenniük, valamint nem tartalmazhatnak toxikus anyagokat. A szerves festékeket amorf anyagok színezésére szokták használni, a szerves és szerves pigmentek kristályos polimereknél is alkalmazhatjuk [7].

2.2. Színek

A látható fény az energia egy sajátos formája, ami az elektromágneses sugárzások családjába tartozik. A látható fény mellett ide tartozik a röntgen-, az infravörös, az ultraibolya sugárzás, valamint a rádióhullámok is. A látható fény jól jellemezhető alkotóinak hullámhosszával, ami a 380-750 nm-es tartományba esik. A tiszta színek hullámhossz szerint növekvő sorrendben a következők [8]:

- ibolya,
- kék,
- zöld,
- sárga,
- narancs,
- vörös.

A színek érzékeléséhez három dolog szükséges, egy fényforrás, egy tárgy, amit a fényforrás megvilágít és valami, ami érzékeli a tárgyról visszaverődő sugárzást. A legtöbb fényforrás, amit ismerünk, mint például a nap, az izzólámpák izzószála, vagy az izzó fémek közel fehér fényt bocsátanak ki. A fehér fény felbontható alkotóelemeire (Newton 1730) egy prizma segítségével. Bármely fényforrás által generált fény jellemezhető az spektrális energiaeloszlásával a hullámhossz függvényében. A fényforrások egy fontos csoportja a fekete testek, amelyek spektrális eloszlása csak a hőmérsékletüktől függ. Melegítés hatására

ezek először matt piros színt vesznek fel, mint az izzó fémek, majd a hőmérséklet növelésével egyre fényesebbek és fehérebbek lesznek, mint a villanykörtében található izzószálak. Egy fényforrás spektrumát jellemezhetjük a színhőmérséklettel is. A színhőmérséklet azt a spektrális eloszlású fényt határozza meg, amelyet a fekete test adott hőmérsékleten bocsájt ki magából. Ha például egy fényforrás 6500 K színhőmérsékletű, akkor a spektrális eloszlása megfelel a fekete test által, 6500 K hőmérsékleten kibocsájtott fény spektrális eloszlásával [8].

Ha a fény útjába valamilyen tárgyat helyezünk, akkor a beeső fénysugár visszaverődhet annak felületéről, szétszóródhat a felületről, elnyelődhet az anyagban, vagy keresztülhaladhat rajta irányváltoztatással vagy a nélkül. Például egy átlátszó termék esetén a beérkező fény szinte teljes egészében keresztülhalad az anyagon és csak minimális része verődik vissza a termék felületéről vagy nyelődik el benne. Az anyagok törésmutatója azt mutatja meg, hogy a közeghatáron mennyit veszít a beérkező fény a sebességéből, ahhoz képest mintha levegőben haladna. A fény sebességváltoztatásának hatására a beérkező fénysugár egy része elhajlik, vagy visszaverődik a közeghatárról. Az elhajlás szöge függ a beérkező fény hullámhosszától, a beesés szögétől is, aminek a következménye, hogy egy prizma segítségével a napfény alkotóelemeire bontható [8].

A termékekben elnyelt nagymennyiségű fény érzékelhető, hiszen az elnyelődő fény felmelegíti a testet, amiben elnyelődött. Ha a test a fény egy részét elnyeli, az színesnek látszik, de még mindig átlátszó. Az a test, amely minden ráeső fényforrást elnyel, feketének látszik. Az elnyelődés mellett, a beeső fénysugár a közegben szét is szóródhat és különböző irányokban halad tovább. A napból érkező fény szétszóródása a légkör molekuláin az oka annak, hogy színesnek látjuk az égboltot és a felhőket. Ha a szétszóródás olyan intenzív, hogy a fény nem hatol át az anyagon, akkor nem áttetsző, ha pedig a fény keresztülhatol rajta akkor áttetsző. A tárgyak színe az elnyelődés és a szétszóródás függvénye. Ha a tárgy nem nyeli el a fényt egyik hullámhosszon sem és a szétszóródás a fény minden hullámhosszú alkotójánál azonos, akkor a tárgy fehérnek látszik, egyébként színesnek. A szóródás mértéke függ az anyagban található részecskék méretétől és törésmutatójától. Annál nagyobb a szóródás, minél jobban eltér egymástól a részecskék és az őket magában foglaló anyag törésmutatója. A szóródás a részecskék méretének növekedésével együtt nő egészen addig, amíg a részecske mérete a fénysugár hullámhosszának nagyságrendjébe esik, a feletti részecskeméret esetén pedig csökkenő jelleget mutat. A pigmentek például nagyon jó színezékek, amiket gyakran

használnak polimerek színezésére, mivel a törésmutatójuk jelentősen eltér a színezendő anyagétól [8].

A tárgyak megjelenése a felületi minőségüktől függ. Beszélhetünk fémesen csillogó és matt felületekről. A durva felületi minőségű tárgyak matt színűek, míg a jó felületi érdességűek fényesen csillogóak [8].

A tárgyak anyagát csakúgy, mint a fényforrásokat jellemezhetjük. Erre a célra a spektrális áteresztés és szóródás eloszlásfüggvényeit használják, amelyek azt mutatják meg, hogy a tárgyról a fény adott hullámhosszú összetevői milyen mértékben verődnek vissza vagy haladnak keresztül a tárgy anyagán [8].

2.2.1. Színek azonosítása, színterek

A tárgyak színének jellemzése megoldható 3 szám segítségével, ami a tárgy visszaverődési és áteresztési görbéjéből származtatható. Minél komplexebb módon származtatjuk ezt a három jellemzőt, annál jobban le tudjuk írni, hogy mit lát a szemünk. A színek leírására használ színterek közül az RGB a legegyszerűbb és legelterjedtebb.

Az **RGB** színtér egy olyan színek összekeveréséből adódó színmodell, ami a vörös, zöld és kék színekből állítja elő a többi színt. A színek pontos definiálása miatt az alapszíneket, amelyeket összekeverünk, egyértelműen meg kell határozni. Az RGB színmodell alapjául választott alapszínek a következők:

- vörös, 700 nm hullámhosszú, monochromatikus fény, 0,17697 lumen fényerősséggel
- zöld, 546,1 nm hullámhosszú, monochromatikus fény, 0,81240 lumen fényerősséggel
- kék, 435,8 nm hullámhosszú, monochromatikus fény, 0,01063 lumen fényerősséggel

Az RGB színtér alapszíneit összekeverve 1 lumen fényerejű fehér fényt kapunk. Az RGB színtér hátránya, hogy nem írható le vele az összes szín és az emberi színérzékeléssel nem jól korreláltatható [9].

A **CIE rendszer** (Comission International de l'Éclairage) meghatározása szerint a fényforrásokat és a megfigyelőt szabványosítja. A szabványosított fényforrások a napfény, LED fényforrások, izzószálok stb. reprezentálására hivatottak, spektrális eloszlásuk a látható tartományban közel azonos a fényforrásával, amit meghatároznak. Manapság a D₆₅ elnevezésű fényforrást használják széles körben, ami a napfény spektrális eloszlását reprezentálja. A megfigyelő szabványosítása azonban nem volt ilyen egyszerű. Kísérletek és bonyolult matematikai számítások eredményeként hozták létre az L*a*b* színteret, amely a

látható tartomány színeinek egyértelmű leírására alkalmas. A színeket három egymástól független mennyiség segítségével tudjuk leírni, amik a világosság (L), a vörös és zöld (a), illetve a kék és sárga (b) szín közti átmenetet jellemző mennyiségek. A pozitív (a) értékek a piros árnyalatok, a negatívak pedig a zöldek. A (b) esetén a pozitív értékek a sárga, a negatívak pedig a kék színeknek felelnek meg. Az (L) értéke 0-100 tartományon belül változhat. A fekete színhez a 0 (L) érték tartozik, a fehérhez pedig a 100 [8].

Színek közti különbségek értelmezése a színterekben

A színek közti különbségeket a különböző színterekben úgy értelmezhetjük, mint a színpontokhoz tartozó koordináták Euklédesszi távolsága. A színek közti különbségekből számol hibaértékeket az általunk fejlesztett képelemző szoftver is a összefüggés szerint.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} , \quad (2)$$

ahol ΔE a színpontok térbeli távolsága, ΔL a fényességkülönbség, Δa a zöld és vörös közti átmenetből adódó különbség, Δb a pedig a sárga és kék közti átmenetből adódó különbség.

2.3. Lágyszámítások

A klasszikus rendszer matematikai modellje helyett a fuzzy rendszerekben az emberi gondolkodás szabályai, a neurális hálózatokban a bemeneti kimenteti mintapárok, a genetikai algoritmusokban pedig a darwini törvények szolgáltatják a modellt. Ezen rendszereket összefoglalóan lágyszámításoknak szokták nevezni. A lágyszámítás alap gondolata tehát a visszatérés a közelítő, de rendkívül hatékony, rugalmas és gyors emberi gondolkodáshoz [10].

Általában megfogalmazva a lágyszámítás, bizonytalan és pontatlan környezetben, racionális döntést hoz. Alapgondolata tehát visszatérés a rendkívül hatásos emberi gondolkodáshoz [10].

2.3.1. Fuzzy-logika

Napjaink korszerű technikai berendezései és döntéshozatali módszerei mind szélesebb körben alkalmaznak valamilyen fuzzy eszközt, fuzzy szabályzó vagy szakértői rendszert. A fuzzy logika alapjait ZADEH fektette le még 1965-ben [11]. Ezzel a matematikai módszerrel kezelhetők olyan esetek is, amikor a hagyományos bináris logika már nem nyújt megfelelő megoldást.

A fuzzy logika egy olyan új matematikai eszköz, amellyel a valós világ bizonytalanságait tudjuk modellezni. Alapvetően a fuzzyság a pontatlanság egy típusa. Olyan

elemek csoportosításából, halmazából származó pontatlanság, amelyeknek nincsenek határozott körvonalai [12]. A fuzzy teóriájának egyik fő célja olyan módszerek kidolgozása, amelyekkel szabályokba foglalhatók és megoldhatók a túlságosan bonyolult, hagyományos vizsgálati módszerek segítségével nehezen megfogalmazható problémák.

A fuzzy logika alkalmazásának számos előnye van [13]:

- A fuzzy logika koncepciója egyszerűen megérthető
- A fuzzy logika rugalmasan alkalmazható egymástól lényegesen eltérő területeken is
- A fuzzy logika képes bizonytalan adatok kezelésére is, köszönhetően az alapdefiníciójának
- A fuzzy logika társítható más lágy számítási módszerrel is és így megoldhatóvá válnak bonyolult, nemlineáris feladatok is az alkalmazásával. Például a MATLAB szoftver beépítve tartalmaz fuzzy logika és neurális hálózat együttes alkalmazását biztosító neuro-fuzzy modult is (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems, ANFIS).
- A fuzzy logika azonnal képes már rendelkezésre álló szakértői tudást adaptálni a belső szabályrendszer és a tagsági függvények felépítésekor, szemben más számítási módszerekkel. Például a genetikusan algoritmusok, vagy a neurális hálózatok esetén az adatok számos generációjára van szükség a rendszerek öntanuló folyamatai kiszolgálásához.
- A fuzzy logika szerinti leírásban alkalmazhatóak az élő nyelv elemei is, amivel jelentősen megkönnyíthetők a fuzzy logika alkalmazásával épített rendszerek beállításai.
- A fuzzy halmazok és a kapcsolódó tagsági függvények definiálása hasonló az emberi gondolkodásban alkalmazott sémákhoz.
- A fuzzy módszer jól algoritmizálható, és így könnyen implementálható a digitális tervezési környezetbe.

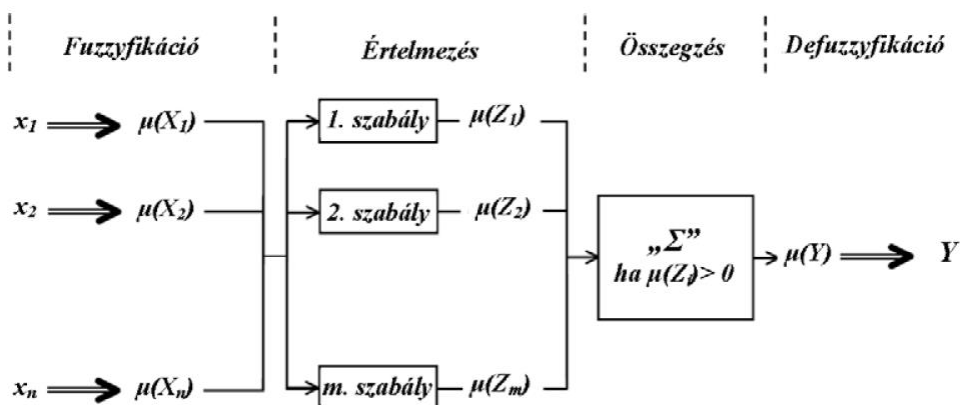
Hagyományos fuzzy kiértékelési rendszer működése

Jelölések:

Y — fuzzy következtetés értéke;

μ — igazság érték;

$\mu(z)$ — tagsági függvény.



5. ábra A Fuzzy rendszerben lejátszódó folyamat [14]

Egy fuzzy logikai módszert alkalmazó döntéshozatali eljárás vagy fuzzy szabályzó rendszer lényegében az fenti folyamatot hajtja végre. Ezek a rendszerek, folyamatok egy időben több logikai szabályt - úgynevezett szabálybázist - alkalmaznak. A szabálybázis sajátossága, hogy a logikai szabályok arisztotelészi logika szerinti megoldásai - egy időben - eltérő eredményeket adhatnak. Lényegében ezen ellentmondást oldja fel a fuzzy logika alkalmazása. A folyamat főbb lépéseinek láncolatát szemlélteti az 5. ábra [14].

Lépések:

1. Fuzzyfikáció

Az első lépésben - melyet fuzzyfikációnak nevezünk - a rendszer konkrét értékekkel bíró bemenő jellemzőinek pillanatnyi éles értékeihez egy-egy fuzzy tagsági értéket rendelünk. A fuzzyfikáció elvégzéséhez először is meg kell határoznunk a modellezés során alkalmazandó kategóriákat és a hozzájuk kapcsolódó tagsági függvényeket [14].

Kategóriák meghatározása: A kategóriák meghatározásához először is meg kell állapítanunk, hogy az adott döntést mely tényezők befolyásolják. Minél több kategóriát határozunk meg, a vizsgálat annál bonyolultabbá válik [14].

A tagsági függvények meghatározása: A $\mu(x;A)$ tagsági függvény az x jellemző adott A halmazhoz való tartozásának mértékét adja meg. Ezek pontos meghatározása alapvetően nem fuzzy-halmazelméleti, hanem a konkrét kérdéskörhöz kapcsolódó szakmai feladat is. A skála felvétele tetszőleges [14].

2. Értelmezés

Ebben a lépésben az előzőleg meghatározott fuzzy értékek felhasználásával határozzuk meg az összes szabály alkalmazásának eredményeit. Ezeket a szabályokat a rendszer felállításakor kell meghatároznunk.

Szabálybázis felállítása: A korábban meghatározott kategóriák alapján az alkalmazott logika szabályait, azaz a szabálybázisát kell meghatároznunk [14].

3. Összegzés, műveletek elvégzése

Az összegzésben az értelmezés során kapott, nem zérusértékű eredmények összefűzése történik. A következtetési algoritmus eredményül egy fuzzy halmazt ad [14].

4. Defuzzyfikáció

A folyamat utolsó lépése az úgynevezett defuzzyfikáció. Ekkor a fuzzy konklúzió alapján ki kell választanunk azt a konkrét értéket, mely az adott fuzzy halmazt az alkalmazástól, illetve modellezett rendszertől függően legjobban jellemzi. Az alkalmazás típusától függően a fuzzy halmaz értelme eltérő lehet, ezért a megfelelő eredmény eléréséhez különböző defuzzyfikációs módszerek közül célszerű választani [14].

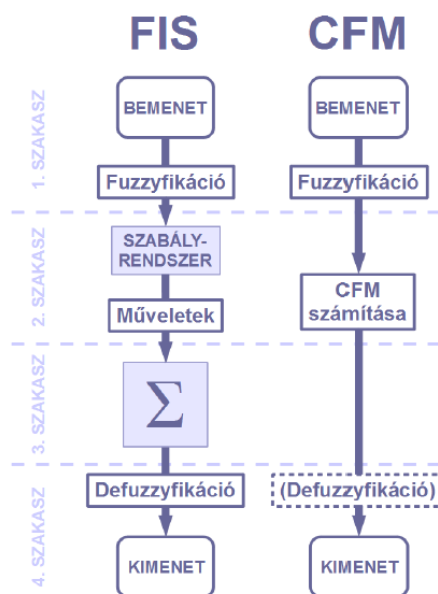
A hagyományos defuzzyfikációs módszerek közül a legelterjedtebbek [14]:

- súlypont módszer (COG),
- geometriai középpont módszer (COA),
- maximumok súlyozott átlaga módszer.

Korrigált fuzzy átlagon alapuló kiértékelés (CFM módszer)

Amint az már előzőleg ismertetésre került, a fuzzy módszerek fuzzyfikációra, majd ezután a fuzzyfikált értékeken végzett műveletekre és az eredmények összegzésére, végül pedig az összegzés eredményének a defuzzyfikációjára épülnek. Maga a fuzzyfikáció viszonylag gyors és egyszerű művelet, de a másik három szakasza a fuzzy módszernek már jelentősen több matematikai műveletet, azaz számítási kapacitást igényel. A CFM módszer egyszerűbb számítási eljárást alkalmaz, mint a hagyományos fuzzy eljárások (FIS). A CFM módszer bevezetésével a hagyományos FIS kiértékelés egy szakasszal rövidül (6. ábra). Mindemellett meg kell még említeni, hogy a CFM módszer esetén a legtöbb esetben elhagyható a defuzzyfikáció. Ez azért bír nagy jelentőséggel, mert maga a defuzzyfikáció is

bonyolult lehet, a választott módszertől függően. A hagyományos FIS eljárás helyett alkalmazható lesz a CFM-módszer a fuzzy kiértékelés során [15].



6. ábra FIS és CFM módszer összehasonlítása [15]

2.3.2. Neurális hálózatok

Ahogy az előző fejezetben is említésre került, a fuzzy logikán alapuló kiértékelés a lágy számítási módszerek közé tartozik. A lágy számítási módszerek közé soroljuk emellett a neurális hálózatok módszerét is [10].

A fuzzy rendszerrel pontatlan, nem szigorú, való világbeli kijelentéseket használva magas szinten következtetni tudunk, de nem tudunk tanulni és tervezése is nehéz, míg a neurális hálózatok tanulni és általánosítani képesek, de nem tudnak gondolkodni, következtetni, számítási hatékonyságuk és hibatoleranciájuk mellett [10].

A neurális hálózatok az agysejtek rendkívül leegyszerűsített modelljét képező mesterséges neuronokból, csomópontokból álló súlyozott összekötésekkel erőteljesen kapcsolódó párhuzamos hálózat, melyik bemeneti és kimeneti minták között bonyolult nem lineáris leképezéseket képes megtanulni. A neurális hálózatok belső „életébe” általában nem látunk bele, az nem transzparens, és ez a „fekete doboz” rendszerint nem tud gondolkodni [10].

A neurális hálózatok három alapjellemezője: *a neuronok fajtája, topológiája (a hálózat felépítése) és a tanulás szabálya*. A neuronok, több bemenet legtöbbször súlyozott összegzése és egy függvény operáció után egyetlen kimenetet képeznek. A neuronokat legtöbbször rétegekbe rendezik, és előrecsatolt vagy visszacsatolt súlyozott összekötésekkel

látják el. A legfontosabb tulajdonságuk a tanulási képesség, vagyis a tanulási algoritmus során úgy tudják adaptálni a paramétereiket, hogy adott bemeneti adatokhoz a helyes kimeneti adatokat képezzék. Így rendkívül hatékonyak olyan problémák esetén, ahol a rendszert irányító leképezés nem eléggé ismert, de elegendő számú bement-kimenet pár elérhető. A tanulás után pedig a neurális hálózat képes helyesen általánosítani a tanult tudást még nem látott bementeti adatokra [10].

Összefoglalva a lényeges tulajdonságaik: tanulás, adaptáció, általánosító képesség, masszív párhuzamosság, az információk elosztott és asszociatív tárolása, robosszusság és hiba tolerancia. Fő alkalmazási területei: mintafelismerés (osztályozás és függvénybecslés), adatsűrítések és a klaszterezés [10].

A neurális hálók alapjellemezőinek bemutatása

A *neuronok*: a bemeneti kapcsokról vagy az előző réteg neuronjaitól irányított bemeneti összeköttetésekkel információt fogadnak, és egyetlen irányított kimenetet képeznek.

A *neurális hálózatok* felépítése leírja egy hálózaton belül a neuronok számát, valamint azok összeköttetését, amit majd az összekötési (súly) mátrixszal lehet jellemezni. A hálózat funkcionális tulajdonságait algoritmusok jellemzik, melyek meghatározzák a hálózat működését, vagyis azt, hogy a hálózat miként tanulja és szolgáltatja a mintákat, és azokat az ismert mintákat miként hasonlítja össze és asszociálja. Alapvetően a működési fázis alatti információátadás iránya szerint előrecsatolt és visszacsatolt topológiákat lehet megkülönböztetni [10].

A *neurális hálózatok tanulásán* olyan folyamatot értünk, mely arra kényszerít egy hálózatot, hogy felépítését úgy változtassa, hogy egy specifikus bemenethez egy partikuláris kimenetet szolgáltatson. A tanulásnak két módját és két típusát lehet megkülönböztetni. A kétfél mód a struktúra tanulás és paraméterek tanulása. A két alapvető típusa a felügyelt és a nem felügyelt tanulás. A felügyelt tanulásnál a bemeneti mintákhoz tartozó helyes kimeneti minták ismertek, míg a nem felügyelt tanulásnál nem ismerjük a bemenethez tartozó helyes válaszokat. Fő alkalmazása a nem felügyelt tanulásnak: hasonlóságok megállítása, csoportok, klaszterek kialakítása, adattömörítés [10].

A tanulási szabályok közé tartoznak: a folytonos perceptron tanulási szabály, a Hebb tanulási szabály és a versengő tanulás. A hálózat típusok közé tartoznak: a több réteges perceptron, a radiális bázisfüggvényes hálózat és a Kohonen önszervező térkép [10].

A *Kohonen önszervező térkép* [16, 17] széleskörűen alkalmazott hálózati modell egyrészt önszervező, azaz nem felügyelt tanítású, másrészt térkép, mert leggyakoribb

alakjában egyetlen réteg négyzetrácsban elhelyezkedő neuronjai térképszerű képet alkotnak. A Kohonen vagy jellemvonás térkép egy sokdimenziós folytonos teret egy kétdimenziós diszkrét térképpé képez le, eközben a bemeneti vektorok hasonlóságait, a kimeneti rács neuronok topológiai közelségeire transzformálja, így mintegy megtartva a bemeneti vektortér fontos jellemzőit [16, 17].

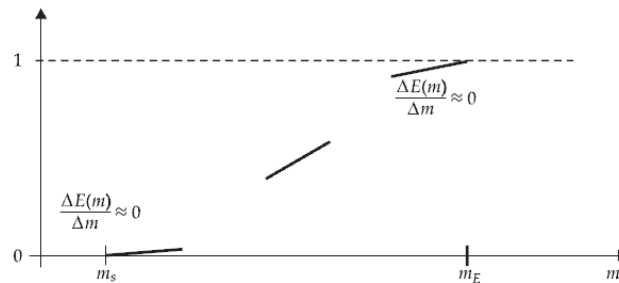
A Kohonen önszervező térképek jól használhatók sok területen, mint például statisztikai módszereknél, ipari analíziseknél, irányítástechnikai, telekommunikációs, és orvostechikai alkalmazások esetén, emellett pedig üzleti területeken is alkalmazható [18].

A Kohonen önszervező térképek használatáról egy esettanulmányt mutat be a [19], amelyben pénzügyi elemzések vizualizációjára használják a módszert.

2.4. Logisztikus értékelés

Logisztikus értékelés esetén az értékelő függvény meredekségét a függvény érték mind nullától, mind egytől számított meredeksége határozza meg, és a meredekség állandó arányban áll e két távolsággal (7. ábra). A logisztikus egyenlet:

$$\frac{dE(m)}{dm} = \lambda[1 - E(m)]E(m) \quad (3)$$



7. ábra Meredekségek meghatározása logisztikus értékelés esetén [20]

A logisztikus értékelőfüggvény egyenlete [20]:

$$S_{\lambda,a}(m) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda(m-a)}} \quad (4)$$

ahol,

$$a = m_0 + \frac{1}{\lambda} \ln \frac{1 - E_{m_0}}{E_{m_0}} \quad (5)$$

A logisztikus függvények tulajdonságai [20]:

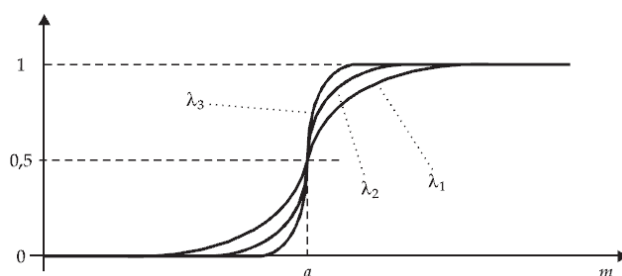
- értelmezési tartomány és folytonosság: a függvény minden valós m -re értelmezett, és minden pontjában folytonos

- monotonitás: a függvény szigorúan monoton növekvő, illetve csökkenő, ha λ pozitív, illetve negatív
- határérték, értékkészlet: m tart mínusz végtelen esetén 0, m tart végtelen 1, a függvény a 0 és 1 értékeket csak határértékben veszi fel
- alaki viszonyok (8. ábra):

	$\lambda > 0$	$\lambda < 0$
m	alak	alak
$m < a$	konvex	konkáv
$m = a$	inflexió	inflexió
$m > a$	konkáv	konvex

8. ábra Alaki viszonyok [20]

- szimmetrikus a függvény
- λ paraméter szerepe (9. ábra): azt határozza meg hogy a függvény mekkora meredekséggel megy át 0-tól 1-be vagy 1-ből 0-ba

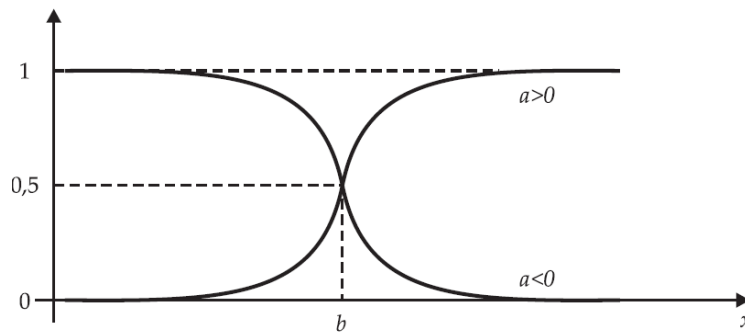


9. ábra A λ paraméter szerepe [20]

- m_0 és a paraméter a függvénygörbéjének helyét határozza meg a vízszintes koordináta tengely mentén

A logisztikus függvény egy speciális változata a szigmoid tagsági függvény (10. ábra), melynek az egyenlete hasonló a logisztikus függvényhez, de a paraméterezése eltér. A szigmoid tagsági függvényt az üzleti folyamatok fuzzy megbízhatóságánál alkalmazzák. A H fuzzy halmaz szigmoid tagsági függvénye az a és b paraméterekkel ($x \in X$) [20, 21, 22].

$$\mu_{H, \text{sigmoid}}^{(F)}(x) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-b)}} \quad (6)$$



10. ábra Az a és b paraméterek értelmezése [20]

Az ábrán két tagsági függvény látható, melynek a b paramétere megegyezik és az a paraméterének abszolút értéke is, de ellentétes előjellel vannak a paraméter felvéve az ábrán. Ha $a>0$ akkor a görbe S alakú és a tagsági függvény növekvő, ha $a<0$ akkor Z alakú görbét kapunk és a tagsági függvény csökkenő. Mindkét függvény helyettesítési értéke a b helyen 0,5 [20].

2.5. Gépképesség vizsgálat elméleti összefoglalója

A gépképesség-vizsgálatok arra a kérdésre próbálnak válaszolni, hogy milyen állapotban van a berendezés a minőség szempontjából. A mérési rendszer pontossága nem egyenlő a mérőeszköz pontosságával. A pontosságot a mérőeszközon kívül befolyásolja még a környezet, az alkalmazott módszer, a mérő személy stb. Ezért a gépképesség-vizsgálat előtt a mérési módszer pontosságának ellenőrzésére ún. ismételhetőség és reprodukálhatóság (R&R) elemzést végeztünk [20].

2.5.1. R&R elemzés

Egy mérési módszer ismételhetősége azt jelenti, hogy elvben mindig ugyanazt az eredményt kellene kapnunk, ha ugyanazt a mennyiséget, ugyanaz a személy többször megméri. Természetesen a méréseket ugyanolyan feltételek mellett (személy, körülmények, mérőeszköz, mérési módszer stb.) megismételve sem kapunk mindig pontosan egyforma eredményt, a mért értékek ingadoznak, kisebb- nagyobb mértékben eltérnek egymástól. Ez a változékonyság a mérőrendszer tulajdonsága, s ennek nagysága a mérési rendszer hibájának egyik összetevője. A jó mérési módszerrel szembeni másik alapkövetelmény, hogy a mérési eredmény legyen független a mérést végző személytől. Ha különböző emberek ugyanazzal a mérőeszközzel, ugyanazt az alkatrészt megmérve azonos (illetve gyakorlati szempontból

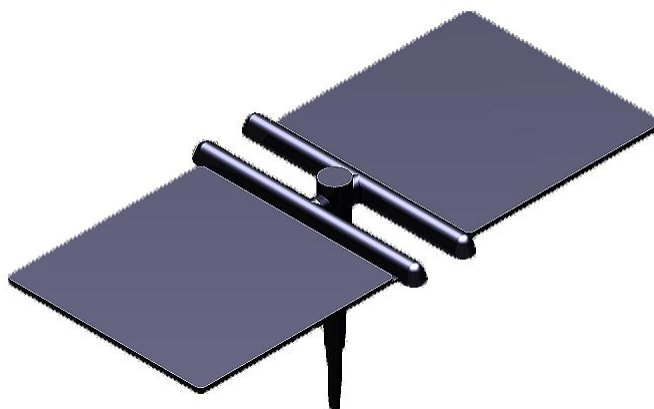
közel azonos) értékeket mérnek, akkor azt mondhatjuk, hogy a mérési módszer reprodukálható. Az említett mindkét jellemző – azaz a reprodukálhatóság és az ismételhetőség – hatással van a mérőrendszer pontosságára. Tervezett kísérletekkel e komponensek nagyságát megbecsülhetjük, s összehasonlítva a mért alkatrészek közötti ingadozás mértékével, értékelhetjük a mérési módszer pontosságát, helyesebben a mérési rendszer által okozott hiba nagyságát. A gépképesség vizsgálatról és az R&R elemzésről bővebben a [23, 24]-ban található leírás [20].

3. Felhasznált gépek berendezések és anyagok

Ebben a fejezetben a TDK munka során felhasznált alapanyagok, gépek és mérési módszerek kerülnek bemutatásra.

3.1. A vizsgálatokhoz felhasznált gépek, mérési módszerek

A próbatesteket Arburg Allrounder Advance 370S 700-290 fröccsöntő gépen gyártottuk. A lapka próbatesteket (11. ábra) ezután Epson Perfection V600 Photo síkágys szkennerrel digitalizáltuk.



11. ábra 80x80x2 mm-es lapka próbatest

A színes lapkákat különböző technológiai beállítások mellett fröccsöntöttük, amelyekről korábban elvégzett mérések alapján megállapítottuk, hogy hatással vannak a termékek homogenitására (1. táblázat). A mérések alapjául az A_01-es sorozat beállításait választottuk.

1. táblázat Technológiai beállítások az egyes mérési sorozatok esetén

Sorozat	Befröccsöntés sebessége [cm ³ /s]	Késleltetési idő [s]	Ömledék hőmérséklet [°C]
A_01	55	0	225
A_02	10	0	225
A_03	100	0	225
A_05	55	10.5	225
A_06	55	21	225
A_07	55	0	190
A_08	55	0	260

A technológiai beállítások az egyes sorozatok esetén csak az 1. táblázatban, szürkével kiemelt mezőkben található paraméterben tértek el egymástól. Az első referencia sorozatnál (A_01) a befroccsöntés sebessége 55 cm³/s volt, a ciklusok közt nem volt késleltetési idő és az ömledék hőmérséklete 225°C volt. Így a polimer ömledék 85 s-os tartózkodási idő után került a 40°C-os szerszámüregbe. A fröccsöntés során alkalmazott záróerő 700 kN volt. Minden sorozatból 10 próbatestet készítettünk, amiket a Polimertechnika Tanszék által kifejlesztett képelemző szoftverrel elemeztünk. A próbatesteket emberekkel is megvizsgáltattuk és lepontoztattuk, hogy a szoftver kalibrálni tudjuk az emberi kiértékeléshez. A későbbiekben ez hasznos lehet, hiszen a termékek végső felhasználói is emberek, akiknek szeretnénk a termékeinket eladni. Egy jól működő, objektív mérőrendszer segítségével könnyen ki lehet szűrni azokat a termékeket, amelyek minősége alacsony és már nem eladhatóak.

3.2. A vizsgálatokhoz felhasznált alapanyagok

A TDK munka elkészítése során ABS kopolimert (Styrolution, Terluran GP-35) használtunk, amelyhez különböző mesterkeverékeket adalékoltunk. A mesterkeverékeket és azok típusait a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat Alkalmazott mesterkeverékek

Mesterkeverékek típusai		
Szín	Megnevezés	Jelölés
Halványsárga	BY	PolyOne 4299951
Vörös	BR	Clariant 4261145
Narancs	FYO	PolyOne 4297123
Zöld	BYG	Clariant SB62176023
Sötétszürke	DSG	PolyOne 4655284
Világosszürke	MSG	Clariant 4492336
Kék	MB	Clariant 4299960
Sárga	Y	Clariant 4261147
Világos lila	LP	Clariant Q143479

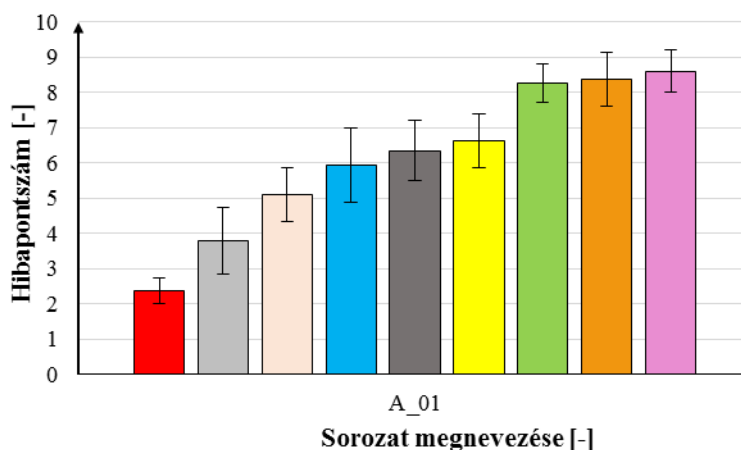
4. Kísérleti rész

4.1. Humán kiértékelés

A TDK dolgozat célja olyan mérőprogramok kifejlesztése volt, amelyek képesek a próbatestek színében fellépő egyenetlenségeket objektív módon értékelni. Fontos szempont, hogy a programok által generált hibapontszámok jól korreláljanak az emberi pontozással. Ennek érdekében a legyártott próbatesteket emberekkel is kiértékelítettük. A kísérletben hét ember vett részt, akik minden egyes képet megnéztek és 1-től 10-ig terjedő skálán osztályozták a termék színegyenletlensége szerint. A növekvő hibapontszámok jelentik a termék minőségének a romlását. Minél magasabb pontszámot adtak a próbatestre, annál nagyobb volt a termék színének egyenetlensége.

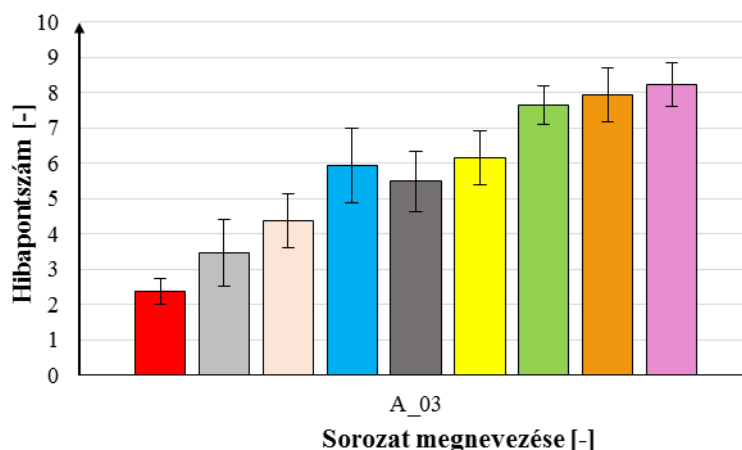
4.1.1. Technológiai beállítások hatása

A 12. ábrán az emberek által adott hibaértékek láthatók az A_01-es sorozat esetében. A hibaértékeiből megállapítható, hogy a különböző színű mesterkeverékkel gyártott próbatestek színegyenletlenségében jelentős eltérések vannak. A piros színű próbatestek kapták a legjobb értékelést, amíg a zöld, narancssárga és halványlila próbatestek homogenitása kimagaslóan rossz volt az emberek szerint.



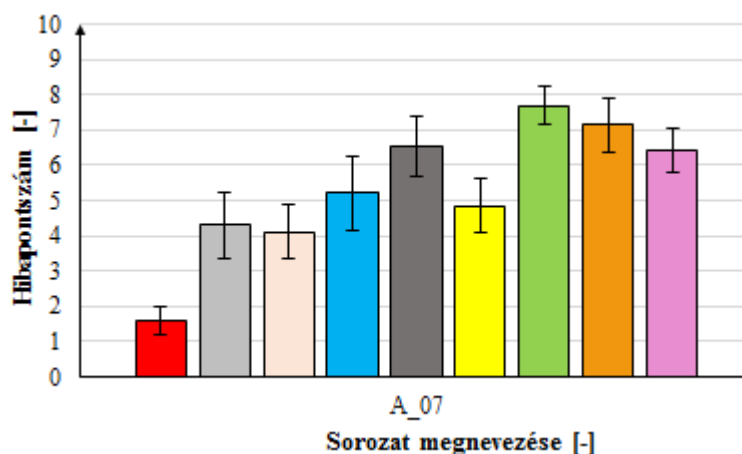
12. ábra Emberi kiértékelés pontszámai az A_01-es sorozat esetén

Az A_02-es és A_03-as sorozat kiértékelése azt mutatta, hogy a befröccsöntés sebességének szignifikáns hatása van a gyártott termékek homogenitására. Az A_03-as sorozat legyártásánál nagyobb áramlási sebességeket alkalmaztunk, mint a többi sorozatnál. Ennek hatására több mesterkeverék használata esetén is javult a termékek homogenitása az emberek által adott hibapontok szerint (13. ábra).



13. ábra Emberi kiértékelés pontszámai az A_03-as sorozat esetén

Az A_07-es sorozat próbatestjeit 190°C-os ömledékhőmérséklettel gyártottuk. Ezek a próbatestek szinte minden esetben jobb értékelést kaptak, mint az A_01-es sorozat (14. ábra). A próbatestek minőségjavulásának az oka feltehetőleg az, hogy alacsonyabb hőmérsékleten megváltoztak a polimer ömledék folyási tulajdonságai. A polimerek folyóképessége a hőmérséklet csökkenésével romlik, aminek hatására nagyobb nyíróerők ébrednek az ömledékben a feldolgozás során.



14. ábra Emberi kiértékelés pontszámai az A_07-es sorozat esetén

4.1.2. Mesterkeverékek minősítése

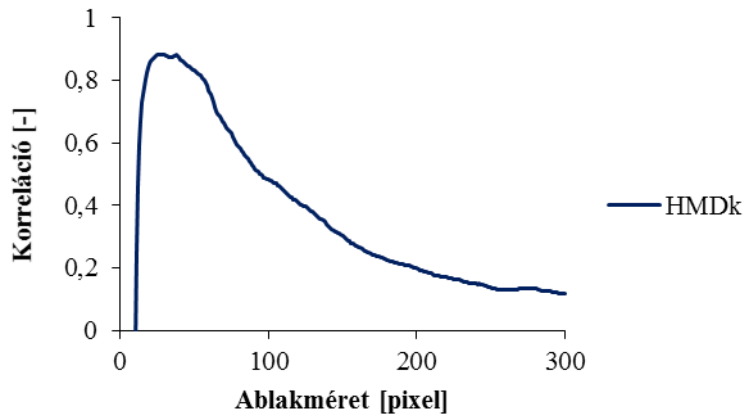
Az emberek kiértékelése alapján nem csak a technológia paraméterek hatásaival kapcsolatban vonhatunk le következtetéseket. A 12. 13. és 14. ábrán jól megfigyelhető, hogy vannak könnyen elkeverhető színezőanyagok és olyanok is, amelyek eloszlátása körülményes. A piros mesterkeverék minden esetben jó pontszámokat kapott, tehát nem volt érzékeny a technológiai beállítások módosítására. A legnagyobb ingadozás a világos lila és a citromsárga

mesterkeverékkel gyártott termékek homogenitásában figyelhető meg. Ezeknél a mesterkeverékeknél fontos a fröccsöntési paraméterek helyes megválasztása.

4.2. Kiértékelés a képelemző szoftverrel

A tanszéken kifejlesztett képelemző szoftver a pixelek színeinek eltéréseiből számol hibaértéket, ami a képet jellemzi. A próbatestek digitalizálásának eredményeként egy képet kapunk, amely pixeleihez tartozó RGB színekoordináták ismertek. A kiértékelés első lépéseként a pixelek színekoordinátáit számoljuk ki Lab színtérben, a már ismert RGB értékekből. Ezután a képet egy mozgó ablakkal pásztázzuk végig. A mozgó ablak oldalhossza (k) 2 és 610 pixel (a kép oldalhossza) között változtatható. A mozgó ablak összes lehetséges pozíciójában kiszámításra kerül az ablakon belül elhelyezkedő pixelek színértékeinek az átlaga, majd az egyes pixelekhez tartozó színértékek és az előbb kiszámolt átlag közti eltérést számoljuk ki (MD_k). A mozgó ablakon belüli átlagos eltérés jellemzi a hiba mértékét az adott ablakpozícióban. A képet a legnagyobb átlagos eltéréssel jellemezzük (HMD_k). Kiszámításra kerül még a legnagyobb ablakmérethez tartozó MD érték is (GMD).

A próbatesteket kiértékeljük a színeképelemző programmal, majd az eredményeket összevetettük az emberek által adott hibaértékekkel. A halvány lila színezőanyaggal gyártott próbatesteket vizsgáltuk első körben, mivel ezeknél a hiba szemmel is jól érzékelhető volt. A vizsgálat eredményeként (15. ábra) azt tapasztaltuk, hogy a HMD_k értékek $k=15$ pixel ablakmérettől körülbelül $k=70$ pixeles ablakméretig viszonylag jól korrelálnak a humán pontszámokkal (a korrelációs együttható 0,75 felett van). A korreláció maximum értéke $R=0,88$, amit $k=28$ pixeles ablakméretnél értünk el.

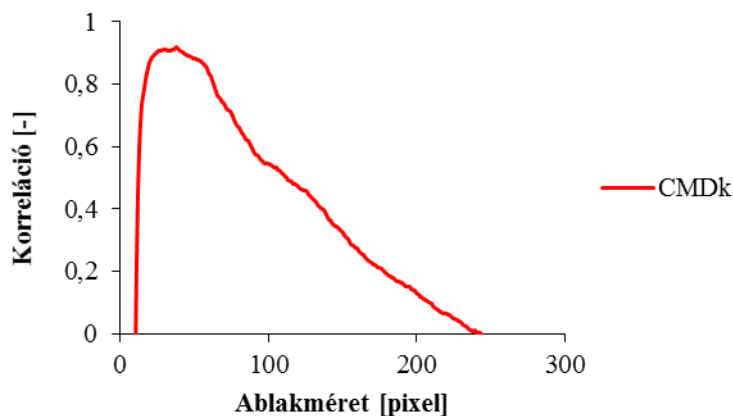


15. ábra Halványlila színű próbatetek HMD_k értékeinek korrelációja az emberi hibapontszámokkal

A továbbiakban a HMD_k értékeket különböző módon korrigáltuk és vizsgáltuk a korrelációs együtttható változását. A program által adott HMD_k értékeket megvizsgálva elmondható, hogy az ablakméret növelésével a HMD_k értékek monoton csökkennek, és egy határértékhez tartanak. Olyan mintákat megvizsgálva, ahol hibákat szabad szemmel nem érzékeltük, megállapítottuk, hogy, ez a határérték a $k=610$ pixel oldalhosszúságú ablakhoz tartozó GMD értékkel nagyon jó közelítéssel megegyezik. Ez az érték függ a próbatest színétől. Az 7. összefüggés szerint korrigált HMD_k értékek és az emberek által adott hibaértékek kapcsolatát a 16. ábra mutatja.

$$CMD_k = HMD_k - GMD, \quad (7)$$

ahol CMD_k a k pixel oldalhosszúságú ablakhoz tartozó korrigált hibaérték, HMD_k a k pixel oldalhosszúságú ablakhoz tartozó hibaérték, GMD pedig a maximális ablakmérethez tartozó MD érték.



16. ábra Halványlila színű próbatetek CMD_k értékeinek korrelációja az emberi hibapontszámokkal

A korrigált hibapontszámok korrelációs együttthatójának maximuma $k=37$ pixeles ablakméretnél van, értéke pedig $R=0,92$. Ezután megvizsgáltuk, hogy a program által generált

hibapontszámok korrelációja milyen változásokat mutat, ha átlagoljuk a hibaértékeket. Az átlagolást a 8. és 9. összefüggés szerint végeztük.

$$AVHMD_k = \frac{\sum_{i=2}^k HMD_i}{k-1}, \quad (8)$$

ahol, $AVHMD_k$ az első „k-1” darab ablakmérethez tartozó hibaértékek (HMD) átlaga, HMD_k a k pixel oldalhosszúságú ablakhoz tartozó hibaérték.

$$AVCMD_k = \frac{\sum_{i=2}^k CMD_i}{k-1}, \quad (9)$$

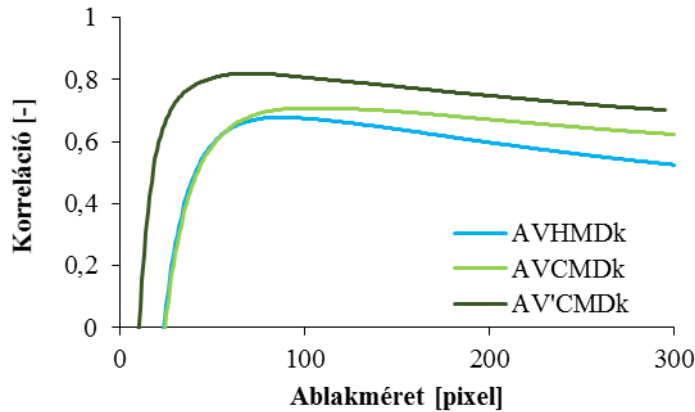
ahol, $AVCMD_k$ az első „k-1” darab ablakmérethez tartozó korrigált hibaértékek (CMD) átlaga, CMD_k a k pixel oldalhosszúságú ablakhoz tartozó korrigált hibaérték.

Az így kapott hibaértékeket az eddigiekhez hasonló módon összevetettük az emberi kiértékeléssel. A korrelációs együtthatók változását az ablakméret függvényében a 17. ábra szemlélteti. Az ábrán látható még egy korrelációs görbe, ami úgy 3. összefüggés alapján számított $AVCMD_k$ értékek módosításából adódik. A módosítás során a számításból kihagytuk a 7 pixeles, vagy annál kisebb ablakmérethez tartozó HMD_k értékeket (10. összefüggés).

$$AV'CMD_k = \frac{\sum_{i=7}^k CMD_i}{k-6}, \quad (10)$$

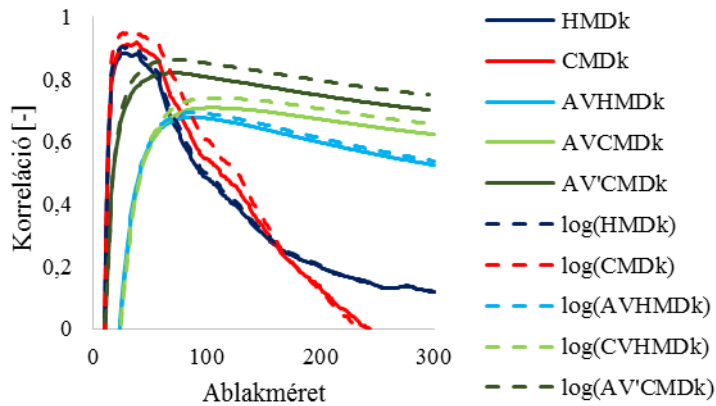
ahol, $AV'CMD_k$ a 7 pixel ablakméret feletti HMD értékekből számolt korrigált hibaértékek (CMD) átlaga, CMD_k a k pixel oldalhosszúságú ablakhoz tartozó korrigált hibaérték.

A vizsgálat alapján elmondható, hogy az átlagolással kapott hibapontok körülbelül 50 pixeles ablakméret felett stabilan korrelálnak az emberi kiértékelés pontjaival, de a korreláció maximum értéke jóval kisebb, mint a nem átlagolt hibaértékeké.



17. ábra Halványlila színű próbatestek AVHMD_k és AVCMD_k értékeinek korrelációja az emberi hibapontszámokkal

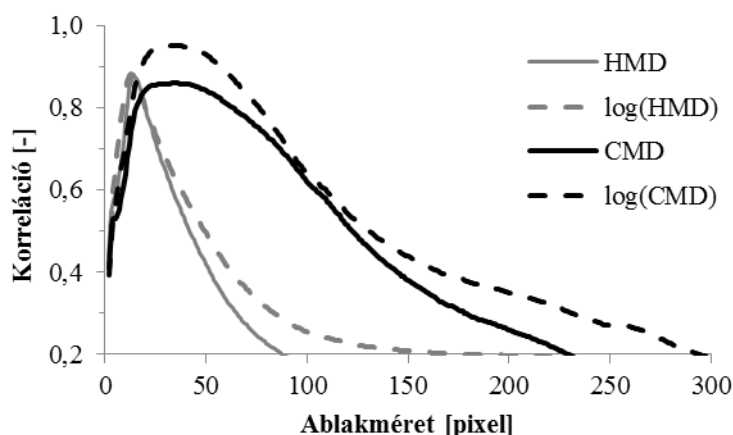
A korrelációs vizsgálatot elvégeztük az előzőekben tárgyalt hibaértékek logaritmikus transzformációját követően is. A 18. ábra az összes korrigált és logaritmikus hibaértékekhez tartozó korrelációs görbéket mutatja. A logaritmikus transzformáció minden esetben javította a korreláció értékét. A legjobb eredményeket a CMD_k hibaérték logaritmizálása után értük el, k=38-as ablakméretnél. Ettől az értéktől nem sokban marad el a HMD_k hibaérték és annak logaritmizált alakja. Halványlila szín esetén nagyon jó korrelációs értékeket sikerült elérni az AV'CMD_k hibaértékek logaritmusával is.



18. ábra Halványlila színű próbatestek korrigált és logaritmikus hibaértékeihez tartozó korrelációs görbék összehasonlítása

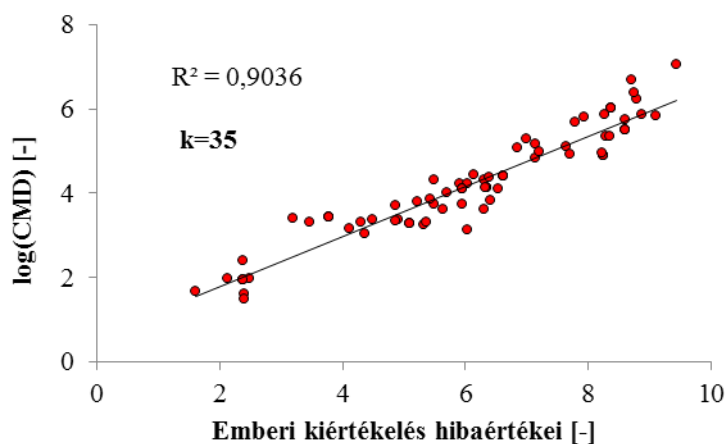
Mivel a célunk olyan mérőrendszer kialakítása volt, amely univerzálisan használható a fröccsöntött termékek inhomogenitásának mérésére, megvizsgáltuk, hogy a sorozatok átlagos hibaértékei hogyan korrelálnak az emberi kiértékeléssel az ablakméret függvényében (19. ábra). A korrelációs vizsgálatot csak a HMD_k és CMD_k értékekre végeztük el, mert a

rózsaszín próbatestek vizsgálatánál már kiderült, hogy különböző módon átlagolt hibaértékek maximális korrelációja elmarad a nem átlagolt hibaértékekétől.



19. ábra A sorozatok átlagos hibaértékeinek és korrigált hibaértékeinek korrelációja az emberi kiértékeléshez, minden szín esetén

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a kép jellemzésére használt hibaértékek közül a legmagasabb korrelációt a CMD_k értékek logaritmikus transzformációja után érték el. A korrelációs együttható maximuma 35 pixeles ablakméret használata esetén adódott. A 20. ábrán az összes színhez tartozó, minden sorozat átlagos hibaértéke látható párhuzamba állítva az emberek által adott hibaértékek átlagával. A két adatsor közti korrelációs együttható $R=0,95$. Az eredmények alapján elmondható, hogy a számítási módszer arányos az emberi kiértékelés eredményeivel.



20. ábra A sorozatok szoftveres és emberi kiértékelésének összehasonlítása $k=35$ pixeles ablakméret alkalmazása esetén

Ez után az így kapott összefüggésünket a 11. összefüggés szerint módosítottuk, annak érdekében, hogy a hibaértékek azonos nagyságrendben legyenek az emberek által adott pontszámokkal.

$$\text{Hibaérték} = C_1[\log(\text{CMD}_k) + C_2], \quad (11)$$

ahol C_1 és C_2 konstansok, CMD_k pedig a korrigált hibaérték. Ha C_1 értékét 5-re és C_2 értékét 1-re választjuk meg, akkor a program által adott pontszámok jó közelítéssel megegyeznek az emberek által adott pontszámok átlagával.

4.3. Adatok értékelése Fuzzy-módszerrel

A dolgozat második felében az adatokat fuzzy kiértékelés segítségével elemezzük majd. Mint ahogy a szakirodalomban bemutatásra került a fuzzy logika jól illeszkedik az emberi gondolkozáshoz, ezért megfelelő módszer ebben az esetben is ahol emberek minősítették a polimer mintákat. A kiértékelésnek ebben a részében az emberek által becsült adatok alapján profilokat szeretnénk kialakítani, vagyis a kutatás végső eredményként létrehozunk a fuzzy tagsági függvényeket. A fuzzy logikát indirekt módon alkalmazzuk. A létrehozott tagsági függvényeket a későbbiekben sokféleképpen lehet majd alkalmazni, hogy megkönnyítse és automatizálja a polimer minták kiértékelését.

Az adatok kiértékeléshez egy programot írtunk. A program kidolgozásánál a legfontosabb alapelvnek azt tekintettük, hogy minden ember egyedi, eltérő preferenciákkal, ezáltal különbözőképpen értékeli ugyanazokat a mintákat. Célunk az volt, hogy létrehozzunk olyan függvényeket, melyek segítségével a program jó közelítéssel le tudjuk modellezni az emberek által mondott számokat minden minta esetén. Hogy az emberi „bizonytalanságot” modellezzük a program véletlen számokat generál, de megadott feltételek mellett. A véletlen számok generálásnál figyelembe fogjuk venni az adott egyén preferenciáit, vagyis a színérzékelését és a gép beállítást, vagyis a különböző sorozatok közti különbséget és az emberek hibaérzékelés görbáját. Ezekből képezzük majd végül a fuzzy tagsági függvényeket, ha sikerült megtalálunk azokat az értékeket, melyek segítségével hasonló eredményeket kapunk, mint az emberi becslések.

A módszer részben hasonlít a neurális hálózatokhoz, mert az inputok beállításával az a célunk, hogy a program segítségével az emberek által mondott értékeket kapjuk vissza, vagyis adott bementetek esetén a függvény segítségével adott kimenetet kapunk. Így a módszert egy előrecsatolt neurális hálózathoz lehet hasonlítani [2.3.2]. A program működése azonban eltér a neurális hálózatok működésétől, de a jövőben akár neurális hálózat alkalmazásával is kiegészíthető az eljárás, amely jól illeszkedik a fuzzy logikához.

4.3.1. Fuzzy program működésének bemutatása

ColourSensitivity, xLim, yLim és Error értékek felvétele

A kiértékelő program egy Excel táblázatból veszi a számításhoz szükséges adatokat és a generált értékeket is ugyanebbe a táblázatba írja vissza (PolyColourEval.xlsx). A program a táblázat első oldalára dolgozik majd, ide kell bemásolni az adott ember által az adott sorozatra mondott mértékeket növekvő sorba rendezve (pl. első értékelő személy azonosítója: MG, sorozat: A_01). A mérés során 7 ember minősítette az adatokat, és 7 sorozatot minősítettek, ahol sorozatonként 9 színt, színként 10 darab mintát minősítettek.

A táblázat felső részében kell megadni az adott értékelőre jellemző értékeket, az ő színérzékelését, vagyis a ColourSensitivity (ColourSens) értékét, amely a 9 színhez tartozik (egy-egy szám minden színhez). Ezzel az értékkel vesszük majd figyelembe, hogy a különböző emberek eltérően érzékelik az eltérő színeket (pl. az egyik ember számára a világosabb színekben lévő hibák feltűnőbbek, mint a sötét színekben levők.) Ha a színhez rendelt érték kicsi szám (pl. 1 vagy 2) akkor az ember nem érzékeny jobban az ebben a színben lévő hibákra, mint az átlagos hibaérzékelése. Ha a szám magas, akkor az ember érzékeny a színre, és jobban észreveszi benne a hibákat. A ColourSens értékek adott egyénnél minden sorozatra azonos lesz.

A ColourSens érték mellett meg kell adni az Error értéket is, ami az adott sorozatra jellemző, de ez is színenként értendő, vagyis itt a 9 színhez kell hozzárendelni egy-egy értéket. Az Error értékkel azt modelleztük, hogy adott gépbeállítás hogyan módosította a színben levő hibákat. Az Error értéket minden sorozathoz külön rendeljük, vagyis adott sorozathoz használjuk ugyanazokat a beállított Error értékeket.

Ezekon kívül meg kell adni az ember hibaérzékelő függvényét, ami két eltérő meredekségű lineáris részből tevődik össze, és 1-től 10-ig veszi fel az értékeket. Az vízszintes tengelyen lesznek az Error értékek, amelyeket a függvény a meredekségek szerint módosít, így megkapjuk a függőleges tengelyen lévő MoldProcessError (MoldProcError) értékeket. A PolyColourEval táblázatban az xLim és yLim értékeket kell megadni, ami beállítja a két letérő meredekségű szakasz találkozási pontját, vagyis az egyik szakasz a (1,1) ponttól tart az (xLim,yLim) pontig, a másik szakasz (xLim,yLim) ponttól a (10,10) pontig tart. A hibaérzékelő függvény úgy kell értelmezni, hogy ha adott sorozatnál minden színhez beállítunk egy Error értéket (vízszintes tengely), majd azt az értéket az ember hibaérzékelő függvényével módosítjuk, ez lesz a MoldProcError érték (függőleges tengely).

Az egyenletek, melyekkel a program hibaérzékelő függvényt számolja:

$$MoldProcError(e) = \text{hiba érzékelő függvény}$$

ha,

$$e \leq xLim \quad (12)$$

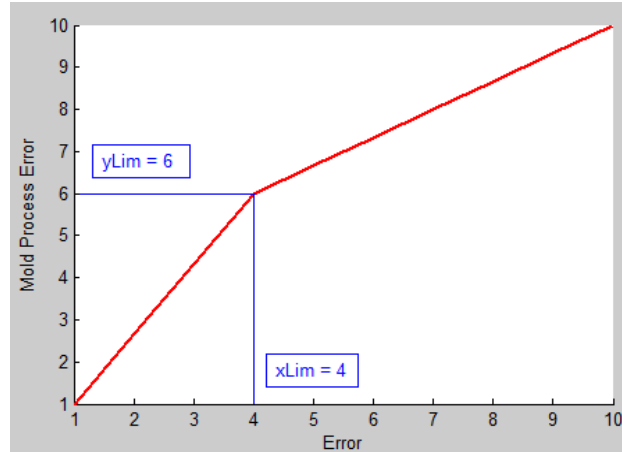
$$MoldProcError(e) = e \cdot \frac{yLim - 1}{xLim - 1} + 1 - \frac{yLim - 1}{xLim - 1} \quad (13)$$

ha,

$$e > xLim \quad (14)$$

$$MoldProcError(e) = e \cdot \frac{10 - yLim}{10 - xLim} + yLim - xLim \cdot \frac{10 - yLim}{10 - xLim} \quad (15)$$

A függvényt a program ki is rajzolja, az 21. ábrán látható egy lehetséges függvény, melynél $xLim=4$, $yLim=6$.



21. ábra Hibaérzékelő függvény

További céljaink között szerepel a hibaérzékelő függvényként más alakú függvények felvétele is. Terveink között szerepel a szigmoid függvény használata, mely egy speciális logisztikus függvény és gyakran alkalmazzák fuzzy tagsági függvényként [2.4]. A szigmoid függvény alkalmazásánál az a tervünk, hogy több letérő b értékkel rendelkező szigmoid függvényt veszünk fel és a személy értékeléshez legjobban megfelelő szigmoid függvényt alkalmazzuk, mint hibaérzékelő függvény. Ennek a résznek a kidolgozása azonban meghaladja a TDK dolgozat terjedelmét, de kutatása folyamatban van.

4.3.2. Generált adatok létrehozása

Ezekből a függvényekből (ColourSens, Error, xLim-yLim) képezzük majd a kidolgozás után a fuzzy tagsági függvényeket, vagyis a megfelelő szabályokat, amely alapján egy fuzzy kiértékelő rendszer működhet. Ebből következően munkánk során, indirekt módon alkalmazzuk a fuzzy eljárást, mivel most keressük a kapott mérési eredményekhez hasonlítva a megfelelő szabályokat, amelyeket később a hagyományos fuzzy eljárásnak megfelelően használunk majd.

A program a táblázatból olvassa be a ColourSens, Error, xLim, yLim értékeket (22. ábra).

személy:	1 MG	1	2	3	5	6	8	9	11	12
sorozat:	1	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ColSens:	4	3	4	3	7	4	8	4	3
	ERROR:	3	1	8	9	5	1	2	6	9
	xLim:	4								
	yLim:	5								

22. ábra ColourSens, Error, xLim, yLim értékek

Ezek segítségével hozzuk létre a véletlen számokat. A véletlen számok generálásához meg kell adnunk egy szintet, ami körül adott szórás értéken belül véletlenszerűen generálódnak a számok. A szint lesz a hibaérzékelő függvénnyel módosított Error érték, vagyis a MoldProcError. A szóráshoz pedig a ColourSens értékét használjuk. Amennyiben a ColourSens páros szám, akkor a program szimmetrikusan osztja el a szórást a MoldProcError érték körül. Ám ha a ColourSens érték páratlan szám (kettővel való osztás után a maradék 1), akkor a szórás az egyik irányba billen majd, így annak az elkerülése miatt, hogy ez mindig az egyik irányba essen, ugyancsak véletlen szám generálását használtunk. Létrehoztunk két vektort, az egyikben csak -1,0,1 értékek, a másikon pedig 0,1 értékek vannak véletlenszerűen. Ezt a két vektort, ha összeszorozzuk, teljesen véletlenszerűen lesznek benne a -1, 0, 1 értékek, ez határozza majd meg, hogy a páratlan ColourSens nagyobb része lefelé szórjon vagy felfelé. Így már teljesen véletlenszerűen generálódnak a páratlan ColourSens esetén is a számok.

Mivel a számgenerátor az adott szint körül a szóráson belül választja ki az egész számokat, így lehetséges, hogy 10 fölé és 1 alá mennek az értékek (pl: átlag 7, szórás 4 így lehet, hogy 11 is lesz a generált pontok között), pedig az emberek 1-10ig értékelték a mintákat. Ezeknek a számoknak a kiszűrésére alul és felülvágó szűrőket alkalmazunk a számok generálása után.

Az alul vágó szűrő

$[x]$ a generált számok mátrixa. A $[n0]$ mátrix létrehozása:

$$[n0] = \frac{[x] + |x|}{2} \quad (16)$$

így, ahol 1-nél kisebb szám volt ott 0 van, ahol 1-nél nagyobb szám volt ott ugyan az az érték marad meg.

A $[k0]$ mátrix létrehozása:

$$[k0] = \frac{[n0]}{[n0]} \quad (17)$$

önmagával osztom a mátrixot, így ahol 0 volt ott NaN szerepe, melynek jelentése „Not a number” vagyis matematikailag nem értelmezhető. A többi helyen 1 van.

A $[k]$ mátrix létrehozása:

$$[k] = \text{isnan}([k0]) \quad (18)$$

az „isnan” paranccsal a NaN („Not a number”) értékből 1 lesz, ahol 1 volt ott pedig 0.

A $[xm]$ létrehozása:

$$[xm] = [n0] + [k] \quad (19)$$

így ahol 1 alatti érték volt már 1 van, de a többi helyen ugyan az a szám áll.

A felülvágó szűrő

A kezdeti mátrix $[xm]$, vagyis az alul vágott mátrix. A $[y1]$ mátrix létrehozása:

$$[y1] = [xm] - 10 \quad (20)$$

csak ott van pozitív szám ahol 10 feletti érték volt.

A $[p1]$ mátrix létrehozása:

$$[p1] = \frac{[y1] - |y1|}{2} \quad (21)$$

így ott 0 lesz ahol pozitív szám, vagyis eredetileg 10 feletti érték volt.

A $[l1]$ mátrix létrehozása:

$$[l1] = \frac{[p1]}{[p1]} \quad (22)$$

vagyis, ahol 0 volt ott NaN („Not a number”), a többi helyen 1 van.

A [l] mátrix létrehozása:

$$[l] = \text{isnan}([l0]) \cdot 10 \quad (23)$$

az „isnan” paranccsal a NaN („Not a number”) értékből 1 lesz, ahol 1 volt ott pedig 0. Ezután megszorozzuk 10-el így a 10 feletti értékből 10 lett a többi helyen 0 van.

A [h1] mátrix létrehozása:

$$[h1] = \frac{[l]}{[l]} \quad (24)$$

így ahol 10 volt ott 1 van, de a 0 helyen NaN („Not a number”) áll.

A [h] mátrix létrehozása:

$$[h] = \text{isnan}([h0]) \quad (25)$$

így ahol NaN volt ott 1 lett ahol 1 volt ott 0 van, vagyis csak ott van 1 ahol a [xm] mátrixban 10 alatti érték volt.

A [Am] létrehozása:

$$[Am] = [xm] \cdot [h] + [l] \quad (26)$$

így a 10 alatti értékek megmaradtak, de a 10 feletti értékekből 10 lett.

Miután elvégeztük a 10 feletti és 1 alatti értékek szűrését, létrehoztuk az [ErrFuzzy] mátrixot, amelyben csak 1-10-ig szerepelnek az értékek és növekvő sorrendben vannak rendezve a számok. Ez a fuzzy generált adatsor, melyet visszaír a program az Excel táblázatba.

A generált értékek a humán adatok alá kerülnek majd be, így az Excel fájlban könnyen össze lehet őket hasonítani (ki kell őket vonni egymásból és a különbség abszolút értékét vizsgálni), és színekkel jelölni az eltérés nagyságát (23. ábra). Ha az eltérés alacsony (0,1) akkor a cella nem kap szín, ez a legjobb eset, az a cél, hogy a lehető legtöbb cella fehér maradjon, mert ebben az esetben a generált adatok értéke közel van az eredeti értékekhez. Amennyiben az eltérés 2,3,4 a cella halványkék színt kap, ilyenkor az eltérés már magasabb, de a kutatásnak ebben a fázisában még az ekkora eltérést is megfelelőnek minősítettük, bár próbáltuk ezeket minimalizálni. Ha az eltérés 5-nél nagyobb a cella sötétkék színt kap, az már

nem megfelelő eltér, igyekeztünk ezeket elkerülni. A színek segítségével így könnyen értékelhető lesz a generált adatsor, mivel a színek jelzik, ha sok az eltérés.

$0 < x < 2$	jó (kis) eltérés
$2 \leq x \leq 4$	elfogadható eltérés
$4 < x$	rossz (nagy) eltérés

23. ábra Színek értelmezése

A kiértékelés az első változatban manuálisan zajlik. A PolyColour táblázat első lapjára be kell illeszteni az adott ember első sorozatának humán adatait. Ez után meg kell becsülni a ColourSens, Error és xLim,yLim értéket. Menteni és bezárni a PolyColour Excel táblázatot. A program futtatása után a PolyColour Excel táblázatban megtekinthető az eredmény, vagyis a fuzzy generált adatok, amelyek össze is vannak hasonlítva a humán rendezett értékekkel. A színekből megállapítható, hogy beállított értékekkel milyenek lettek a generált értékek. Ezután a ColourSens, Error és xLim,yLim érték módosításával lehet az eltérés nagyságát csökkenteni, vagyis manuálisan kell megkeresni a legjobb értékeket, amelyek esetén az eltérés kicsi lesz. Ha adott értékelő személy esetén adott sorozathoz megfelelőnek találtuk a ColourSens, Error és xLim,yLim értékeket, akkor át lehet térni a következő sorozatra, amely esetén a ColourSens, és xLim,yLim értékek már adottak, csak az Error értékeket kell megfelelően beállítani. Ha az értékelő személy esetén minden sorozathoz elő lett állítva az Error értékek, akkor a többi értékelő személyeknél már csak a ColourSens, xLim, yLim értékeket kell megfelelően beállítani.

Meg kell jegyezni, hogy ebben az esetben az Error értékek az első értékelő személyhez vannak pontosan beállítva, nála a legkisebb az eltérés a fuzzy generált és a humán rendezett értékek között. Emiatt a többi értékelő személy esetén kicsit nagyobb lesz az eltérés. De a futtatások során jól látszott, hogy vannak személyek, akikhez jól illeszkedik az első értékelő személyhez igazított Error érték.

Ez az eljárás viszonylag hosszadalmas, mivel manuális beállítást igényel, de a kidolgozott programmal kiértékeljük az összes adatot és létrehoztuk az összes ColourSens, xLim, yLim és Error értékeket, mivel szeretnénk volna látni, hogy a kitalált módszer működik és viszonylag pontosan le tudjuk generálni az értékelő személyek által mondott értékeket.

A futtatások során látható volt, hogy mindhárom érték (ColourSens, xLim és yLim, Error) ténylegesen befolyásolja a generált adatokat, és ezek az értékek tényleg emberenként eltérőek voltak. A 24. ábrán láthatók a ColourSens, xLim, yLim értékek minden értékelő személy esetén:

személy: 1 MG	1	2	3	5	6	8	9	11	12
	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
ColSens:	4	3	4	3	7	4	8	4	3
xLim:	4								
yLim:	5								
személy: 2 PE	1	2	3	5	6	8	9	11	12
	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
ColSens:	6	2	4	3	6	5	6	6	3
xLim:	4								
yLim:	6								
személy: 3 HE	1	2	3	5	6	8	9	11	12
	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
ColSens:	4	3	4	3	8	4	7	4	4
xLim:	5								
yLim:	7								
személy: 4 JG	1	2	3	5	6	8	9	11	12
	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
ColSens:	4	4	4	7	8	6	10	8	7
xLim:	5								
yLim:	6								
személy: 5 LI	1	2	3	5	6	8	9	11	12
	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
ColSens:	1	2	2	2	1	2	1	1	2
xLim:	5								
yLim:	7								
személy: 6 MP	1	2	3	5	6	8	9	11	12
	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
ColSens:	5	3	4	5	7	5	6	5	3
xLim:	4								
yLim:	6								
személy: 7 ZSV	1	2	3	5	6	8	9	11	12
	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
ColSens:	3	4	3	7	8	4	5	7	5
xLim:	4								
yLim:	5								

24. ábra ColourSens, xLim, yLim értékek az egyes értékelő személyek esetén

ColourSens értékek elemzése:

A 24. ábrán látható, hogy a legmagasabb értékek a 6. színnél (DSG1) voltak, vagyis a sötétszürke színben az emberek általában érzékenyebben a hibákra. A második legmagasabb értékeket kapott szín a 9. szín (MB) volt, ami egy élén kék szín. Emellett a kettő szín mellett viszonylag magas értékeket kapott a 11. szín (Y) is, vagyis a sárga és az 5. szín (BYG) is, a zöld. A legalacsonyabb pontokat a 2. (BR - piros), a 8. szín (MSG3- halványszürke) és a 3. (FYO – narancssárga) színek kapták.

Meg kell jegyezni, hogy az 5. személy (LI) esetén a ColourSens értékek nagyon eltérnek a többiek értékeitől. Ez az értékelő személy kilógott a többiek közül. A mintákra

szinte csak 1 vagy 10 pontot adott, vagyis ha számára egy minta megfelelt, akkor tökéletesnek minősítette (1), ha viszont látott benne hibát, akkor rögtön a legrosszabb értéket adta rá (10). Így az ő ColourSens értékei teljesen mások, mint a többiek értékei, így azokkal összehasonlítani nem lehet teljes mértékben.

A 25. ábrán láthatók az Error értékek:

		1	2	3	5	6	8	9	11	12
sorozat:	1	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	3	1	8	9	5	1	2	6	9
sorozat:	2	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	4	1	10	9	4	1	3	4	9
sorozat:	3	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	3	2	8	8	4	1	3	7	8
sorozat:	5	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	5	2	10	10	4	1	2	7	9
sorozat:	6	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	7	2	10	8	4	1	3	7	10
sorozat:	7	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	4	1	8	9	5	1	4	3	6
sorozat:	8	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	8	1	10	9	3	1	2	5	9

25. ábra Error értékek az egyes sorozatokhoz

Error értékek elemzése:

A legalacsonyabb értékeket az Error esetén a 8. szín (MSG3 - halványszürke) kapta, ez a szín minden sorozatban 1 értéket kapott. Emellett alacsony értékeket kapott a 2. szín (BR - piros) és a 9. szín (MB - halványkék) is. Az alacsony érték azt jelenti, hogy ezek a színek nem függtek a gépbeállításától, vagyis nem volt bennük több vagy látványosabb hiba, ha a gépet átállították. Legmagasabb értékeket a 3. szín (FYO -narancssárga), a 5. szín (BYG - zöld) és a 11. szín (Y – sárga) kapták, vagyis ezek a színek függtek leginkább a gép beállításától.

Ezeket az eredményeket összevetve a 4.1.1. fejezetben megállapított eredményekkel, jól látható, hogy teljesen összhangban vannak az általunk meghatározott Error értékek a

gépbeállítás hatásával. Mivel a 4.1.1 fejezetben is a piros és a halványszürke szín nem függött a gépbeállítástól, és a narancssárga, zöld és sárga színek függtek a beállítási paraméterektől. Ezeket figyelembe véve megállapítható, hogy a módszerünk jól működik, mivel a manuálisan beállított Error értékek tényleg illeszkednek a technológiai paraméterek hatáshoz.

A PolyColourEval.xlsx Excel táblázat minden értékelő személy esetén minden sorozat megtalálható.

4.3.3. A képelemző szoftver eredményeinek kiértékelése

Miután minden értékelő személy esetén meg lettek határozva a ColourSens, xLim, yLim, Error értékek, a képelemző szoftver eredményeinek kiértékelése következett. A szoftver esetén a ColourSens értéke minden szín esetén 1, mivel a szoftvert nem befolyásolja, hogy milyen színről van szó. Azért 1 az érték, mert ez volt a jó minta minősítésének értéke, vagyis ha egy minta tökéletes volt, akkor az ember és a szoftver is 1-et adott pontszámnak. Így az értékelés során az 1 jelentette a ColourSens esetén, hogy nem függ a színektől az értékelés. Az xLim és yLim pedig 5 volt, mivel így lineáris függvényt kapunk, vagyis a szoftvernek nincs torzított hibaérzékelő függvénye (26. ábra).

személy:	SZ	1	2	3	5	6	8	9	11	12
		BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ColSens:	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	xLim:	5								
	yLim:	5								

26. ábra A képelemző szoftver ColourSens és xLim, yLim értékei

Ezekből a beállításokból következik, hogy ha viszonylag pontosan sikerül legenerálni a szoftver által mondott értékeket, akkor közelítően jó volt az Error értékek beállítása, mivel a generálásnál csak ez befolyásolja a véletlen számok létrehozását. A futtatások után megállapítható volt, hogy viszonylag jól sikerült modellezni a szoftver eredményeit is, bár becsúsztak 5-nél nagyobb eltérések is, de a fehér és halványkék cellák voltak többségben. Az eredményekből látható, hogy nem a szoftveres eredményekhez lett optimalizálva az Error érték, emiatt van több eltérés. A szoftver összehasonlító eredményeit is a PolyColourEval Excel táblázatban lehet megtalálni.

4.3.4. A kiértékelés eredményének összegző, térbeli megjelenítése

Miután a szoftver eredményeire is megfelelt a módszer, úgy döntöttünk, hogy jobban áttekinthetővé tesszük a kiértékelés eredményét. A kiértékelés módszerén nem változtattunk,

a program alapműködése megmaradt, csak az eredmények megjelenítésén módosítottunk. Az volt a terv, hogy 3 dimenziós mátrixokat hozunk létre értékelő személyenként az összehasonlított értékekből, amelyeket térben forgatva látni lehet majd az eltérést. Emellett egy futtatás során minden sorozat eredménye legenerálódik az adott beállításokkal, így időt lehet megtakarítani, mivel nem kell minden sorozat esetén külön futtatni a programot.

A programban a térbeli megjelenítéshez egy 3D mátrixba kerülnek majd egy értékelő személy esetén mind a 7 sorozatra a humán rendezett és fuzzy generált értékek összehasonlítása ([ResMat]). Ehhez az adatokat mátrixba kell rendezni. Lesz egy mátrix, a [HumanProfile] mátrix, ami az személyhez köthető paramétereket tartalmazza, vagyis a ColourSens és az xLim, yLim értékeket. Emellett lesz egy [Error] mátrix, amiben mind a hét sorozat Error értéke megtalálható. Ezen kívül az értékelő személyek becsléseit is külön-külön 3D mátrixba kell rendezni, ez lesz a [HumanData] mátrix (itt az első „rétegen” lesznek az első sorozatra adott becslések, a másodikban a másodikra és így tovább). Ebből a mátrixból lesz 7 darab, a 7 értékelő személyhez rendelve. Fontos megjegyezni, hogy mivel a 4. sorozatot nem értékeltük ki így ott csak 0 szerepelnek a mátrixban.

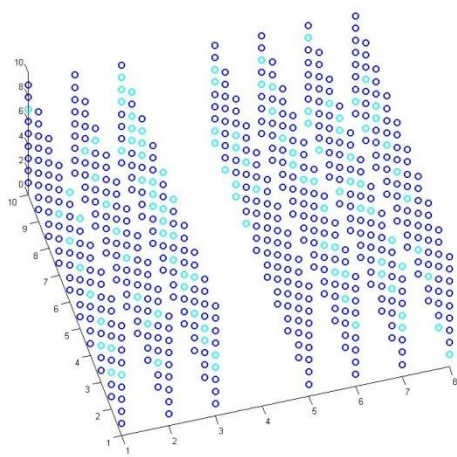
Miután a megfelelő mátrixokat meghatároztuk a program egy ciklust futtat, ami sorozatonként elvégzi ugyan azokat a műveleteket, amelyek 4.3.2 fejezetben bemutatásra kerültek. Ezeken a műveleteken nem változtattunk. A ciklus futtatása során a program legenerálja az adatokat mindegyik sorozathoz, és beteszi az értékeket egy 3D mátrixba ([ErrFuzzy]), ahol ugyan úgy lesznek rendezve az adatok, mint a [HumanData] mátrixban. Ebből következik, hogy ha kivonjuk egymásból a két mátrixot és vesszük a különbség abszolút értékét visszakapjuk a PolyColorEval táblázat összehasonlítás részeit egy 3D mátrixban ([ResMat]), ahol az első „rétegen” az első sorozat eredményei, a másodikon a második sorozat eredményei vannak és így tovább. Ezután az összehasonlítás eredményt kirajzolja a program egy 3D-s mátrixba, vagyis térbeni megjelenítést kapunk, ahol ugyancsak színek jelzik az eltérést. A 4. sorozat helye üres marad, ez látható a képeken is, mivel ez a sorozat nem lett kiértékelve, de a megjelenítésbe bekerült, mivel ciklust futtatunk és így a 4. sorozatot is össze akarja hasonlítani a program. Emellett a későbbiekben, amikor új mérési adatokat kell kiértékelni, megkönnyíti majd a munkát, hogy minden sorozat meg lesz jelenítve.

A program kiegészített változata azért könnyíti meg a kiértékelést, mivel csak azokon a mátrixokon kell változtatni, amiben a ColourSens, xLim, yLim és Error értékek vannak ([HumanProfile], [Error]) és futtatni a programot, ami a ciklus során az összes sorozat esetén

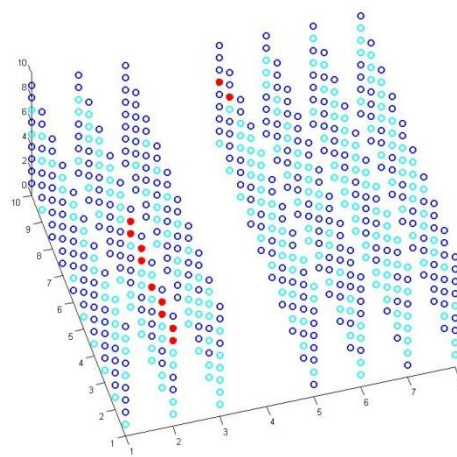
elvégezni a generálást és az összehasonlítást, majd térben megjeleníti az eredményt, színekkel jelezve az térést. Így rögtön látható lesz, hogy milyen hatása volt az egyes értékek változtatásának.

Színek jelentése:

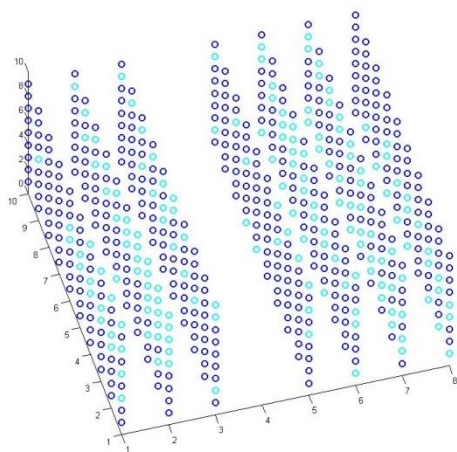
- ha az eltérés $0 < x < 2$: sötétkék karika
- ha az eltérés $2 \leq x \leq 4$: halványkék karika
- ha az eltérés: $5 \leq x$: piros pötty (a fekete fehér megjelenítés miatt tér el a két jelölő)



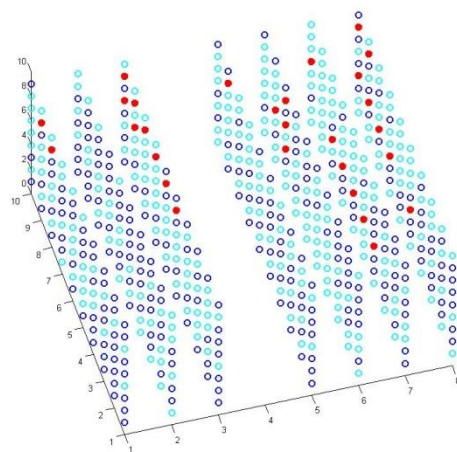
1_MG



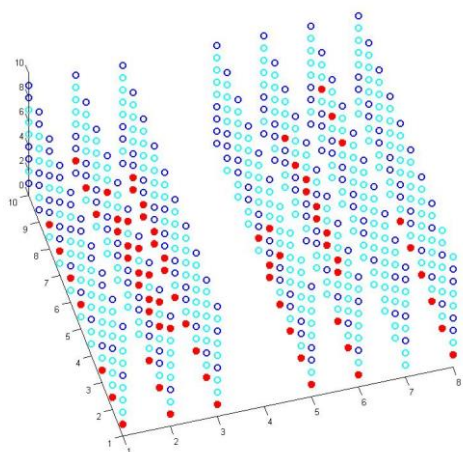
2_PE



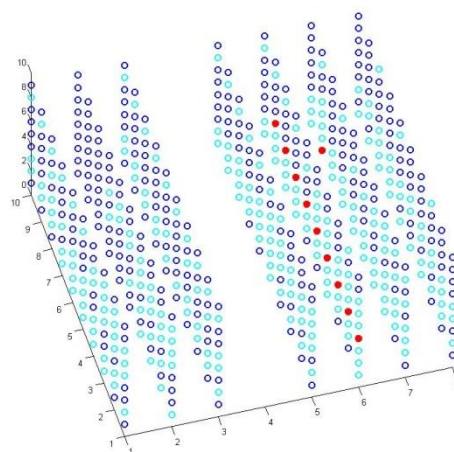
3_HE



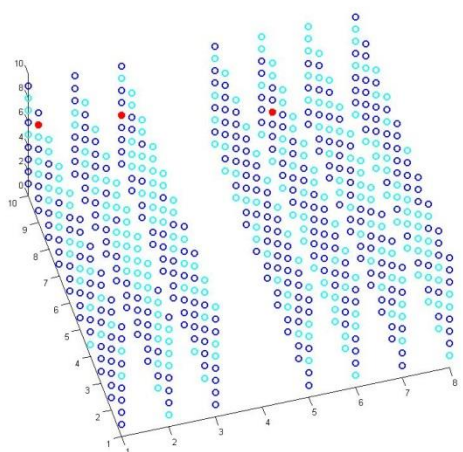
4_JG



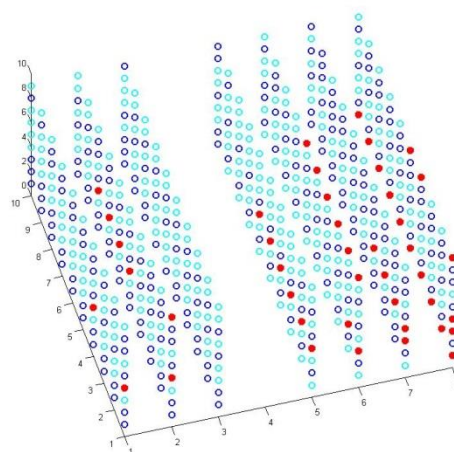
5_LI



6_MP



7_ZSV



Szoftver

27. ábra Az eredmények [4.3.2] fejezetben bemutatott beállításokkal az egyes emberekre, illetve a képelemző szoftverre

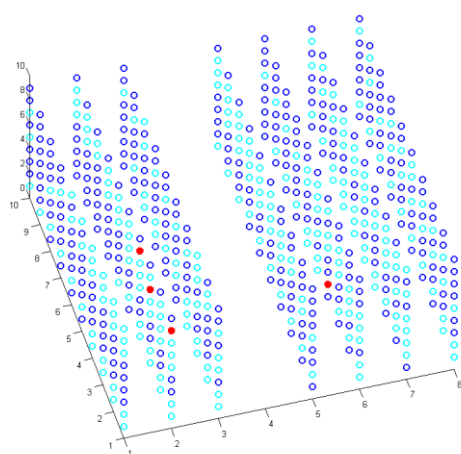
A képeken is látszik, hogy az 5. személy (LI) is kilóg a többi értékelő közül, nála van a legtöbb piros érték.

A program kiegészített változata megkönnyíti és meggyorsítja a kiértékelést, így a kapott adatokhoz akár újra be lehetne állítani a ColourSens, xLim, yLim és Error értékeket, de mivel ezeket többségében jónak ítéltük, így csak azon személyek esetén változtattunk ezeken az értékeken, akiknél nem találtuk megfelelőnek az eddigi beállításokat. Szerettük volna optimalizálni 2_PE és 4_JG azonosítóval rendelkező személyek ColourSens értékét, mivel náluk volt a legtöbb piros érték.

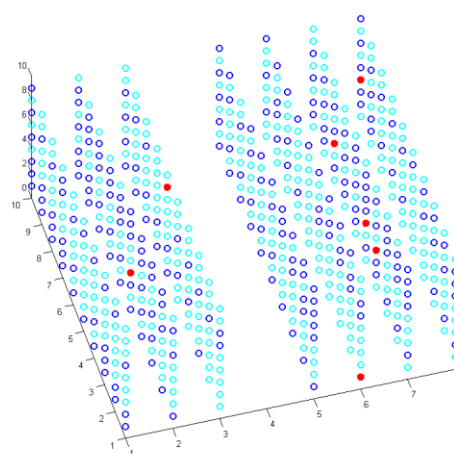
A futtatások során meghatározott új ColourSens értékek és az eredmények alább láthatók (28., 29. ábra):

személy:	2_PE	1	2	3	5	6	8	9	11	12
		BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ColSens:	6	1	4	3	6	5	4	6	3
	xLim:	4								
	yLim:	6								
személy:	4_JG	1	2	3	5	6	8	9	11	12
		BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ColSens:	1	1	1	4	5	3	7	5	4
	xLim:	5								
	yLim:	6								

28. ábra Új ColourSens értékek a 2_PE és 4_JG személyhez



2_PE



4_JG

29. ábra Az eredmények térbeli megjelenítése az új ColourSens értékekkel a 2_PE és 4_JG személyekhez

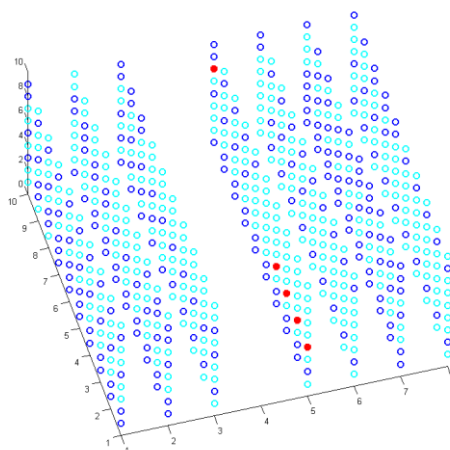
4.3.5. Error értékek beállítása a Szoftver eredményeihez

Sajnos az idő rövidsége miatt nem volt mód az adatokat teljesen újra kiértékelni, így inkább arra voltunk kíváncsiak, hogy ha az Error értékeket a képelemző szoftver eredményeihez állítjuk be, és a személyek ColourSens és xLim, yLim értékét meghagyjuk az eddig meghatározottnak, hogyan változik a generált adatok és a valós becslés közti eltérés. Természetesen jövőbeli célunk az adatok teljes kiértékelése az új megjelenítéssel, mivel így nem csak egy emberre (vagy a szoftverre) lehet optimalizálni az Error értékeket, sőt az emberek ColourSens értékét is pontosabban lehet majd beállítani.

A 30. képen láthatók a képelemző szoftverhez kalibrált Error értékek és a szoftveres eredmények (31. ábra):

		1	2	3	5	6	8	9	11	12
sorozat:	1	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	2	1	7	8	4	1	1	5	8
		1	2	3	5	6	8	9	11	12
sorozat:	2	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	3	1	9	8	3	1	2	3	8
		1	2	3	5	6	8	9	11	12
sorozat:	3	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	2	1	7	7	3	1	2	6	7
		1	2	3	5	6	8	9	11	12
sorozat:	5	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	4	1	9	9	3	1	1	6	8
		1	2	3	5	6	8	9	11	12
sorozat:	6	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	6	1	9	7	3	1	2	6	9
		1	2	3	5	6	8	9	11	12
sorozat:	7	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	3	1	7	8	4	1	3	2	5
		1	2	3	5	6	8	9	11	12
sorozat:	8	BY	BR	FYO	BYG	DSG1	MSG3	MB	Y	LP
	ERROR:	7	1	9	8	2	1	1	4	8

30. ábra Új Error értékek minden sorozat esetén a képelemző szoftverhez kalibrálva

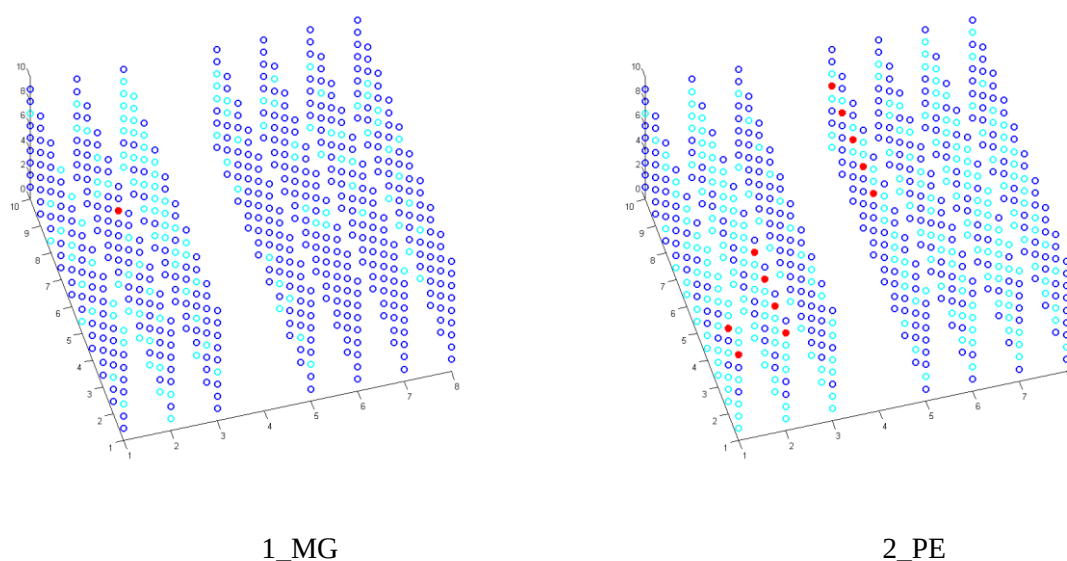


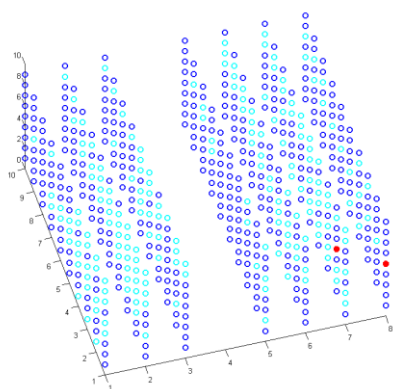
31. ábra A képelemző szoftver eredményei az új Error értékekkel

A képelemző szoftverhez kalibrált Error értékek elemzése

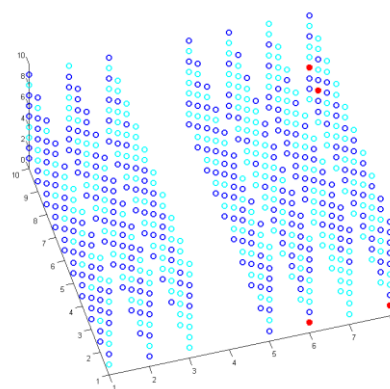
Az új Error értékek is illeszkednek a 4.1.1Technológiai beállítások hatása fejezetben megállapított technológiai hatásokhoz. A képelemző szoftverhez kalibrált Error értékek esetén is a piros (BR) és a halványszürke (MSG3) színek kapták a legalacsonyabb értéket, vagyis mindenhol 1-et, így ezek a színek nem függenek a gépbeállítástól. Legmagasabb értékeket a narancssárga (FYO), a zöld (BYG) és a lila (LP) szín kapták, ezek függenek legjobban a technológiai paraméterektől. Megállapítható, hogy az új Error értékekkel a 4.1.1 fejezetben leírtak még szembetűnőbben látszanak, így ezek az Error értékek vélhetően még jobban vannak beállítva, mint az első futtatásnál.

A 32. ábrán az összes személy eredménye látható az így beállított Error értékkel (ColourSens, xLim, yLim maradt a régi kivéve 2_PE és 4_JG náluk már az újabbat használtuk):

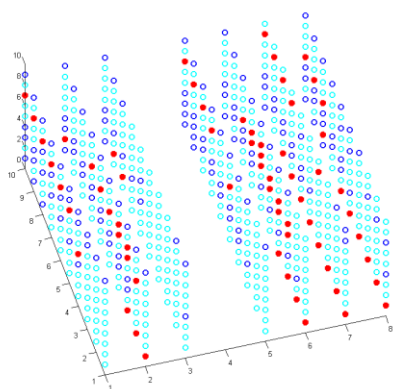




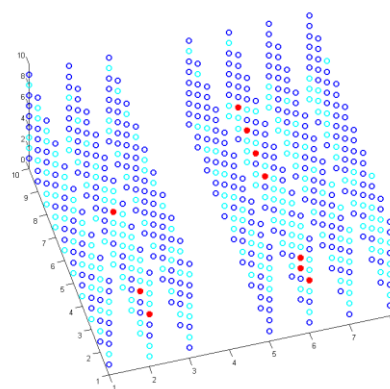
3_HE



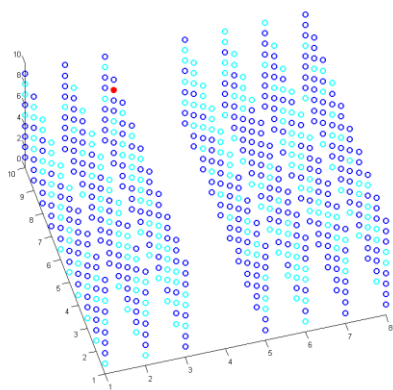
4_JG



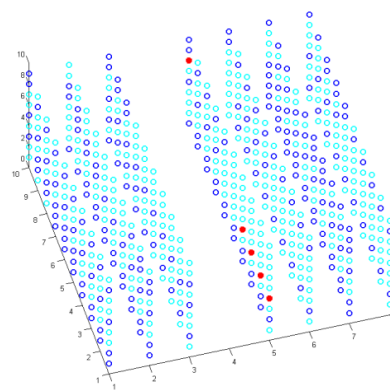
5_LI



6_MP



7_ZSV



Szoftver

32. ábra Az egyes személyek eredményei az új Error értékekkel

Látható, hogy az így beállított Error értékek teljesen jól illeszkednek minden személyhez (kivétel 5_LI azonosítóval rendelkező személyhez, de ezt már korábban

megjegyeztük, hogy ezt a személyt nem lehet teljes mértékben hasonlítani a többi értékelő személyhez). Az eredmények így kiegyensúlyozottabbak lettek, sokkal több sötétkék értéket kaptunk és a piros értékek száma is csökkent, vagyis kevesebb a nagy eltérés a generált és a valódi értékek között.

Ezzel a kiértékeléssel validáltuk a módszerük eredményeit, mivel látható, hogy a Szoftver eredményeit le tudjuk generálni úgy, hogy az csak az Error értéktől függ. Ez az Error érték a humán becsléshez is jól illeszkedik, mivel segítségével jó közelítéssel visszkapjuk azokat az értékeket, melyeket az emberek becsültek meg.

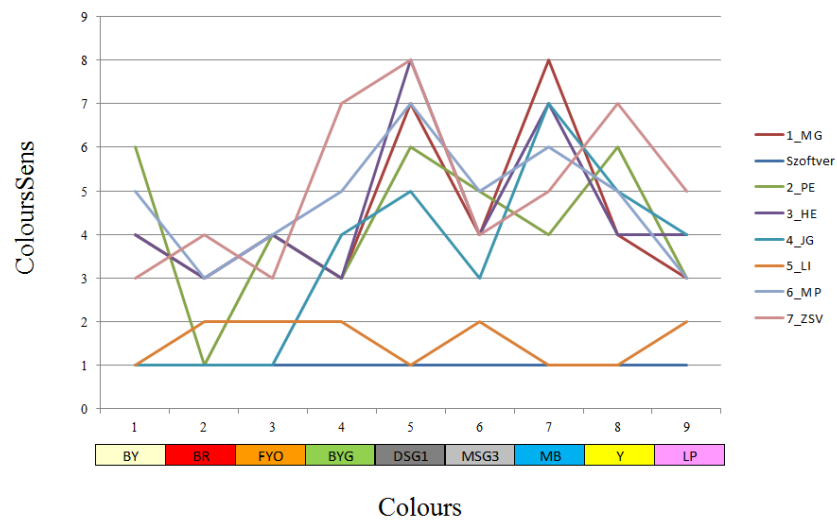
Mindenképpen meg kell jegyezni, hogy az 5_LI személy adatait nem vesszük figyelembe a kiértékelés értékelésnél.

4.3.6. Fuzzy kiértékelés összegzése

A fuzzy kiértékelés összegzéseként megállapítható, hogy létrehoztunk egy olyan programot, mely különböző függvények segítségével véletlen számokat generál, így modellezve az emberi bizonytalanságot. Ezeket a generált adatokat összehasonlítva az értékelő személyek által mondott értékekkel, megállapítható, hogy mennyire voltak jól beállítva az egyes függvények, vagyis a ColourSens és az Error értékek valamint a hibaérzékelő függvény. Munkánk során referenciának használtuk a képelemző szoftver eredményeit és az volt a célunk, hogy a szoftver eredményihez állított Error értékek jól illeszkedjenek az értékelő személyekre jellemző ColourSens és hibaérzékelő függvényekhez, vagyis e három függvény segítségével generált adatok eltérése a valós humán értékeléstől kicsi legyen. Ezt a célunkat elértük, sikerült úgy beállítani az egyes függvényeket, hogy jó közelítéssel visszakaptuk a valós humán értékelés eredményeit. Emellett az Error értékek meghatározásánál visszakaptuk azokat a tendenciákat, amelyeket a technológiai beállításoktól vártunk (4.1.1 fejezet), ezzel is validálva módszerünket.

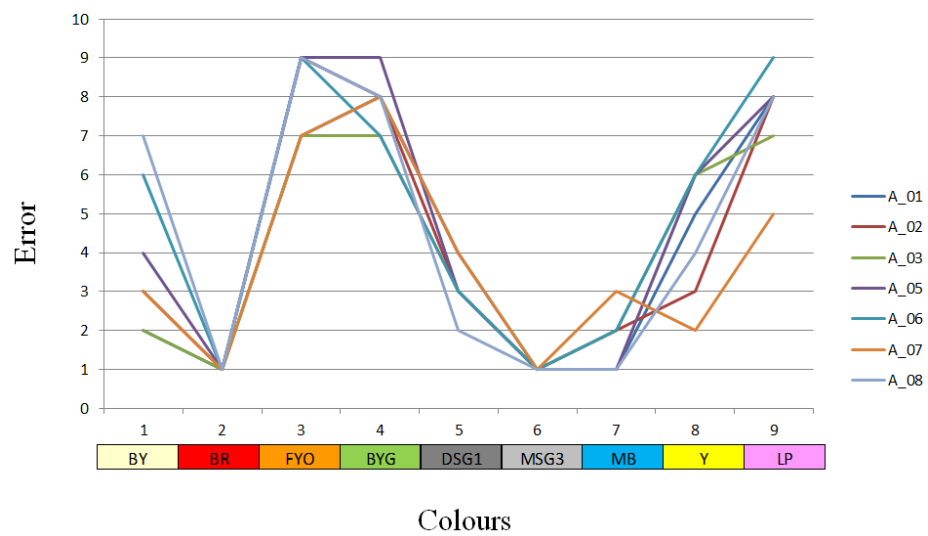
Munkánk során indirekt módon használtuk a fuzzy kiértékelést, végső célunk a fuzzy tagsági függvények létrehozása lesz. Jelen dolgozatban az alábbi függvényeket sikerült létrehozni, ezek segítségével lesznek a későbbiekben a tagsági függvények meghatározhatók.

ColourSens függvények (33. ábra):



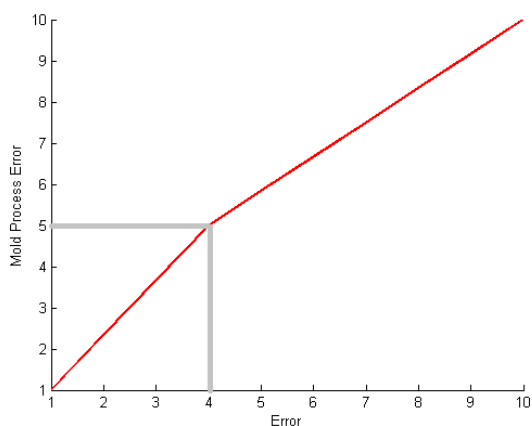
33. ábra ColorSens függvények

Error függvények (34. ábra):



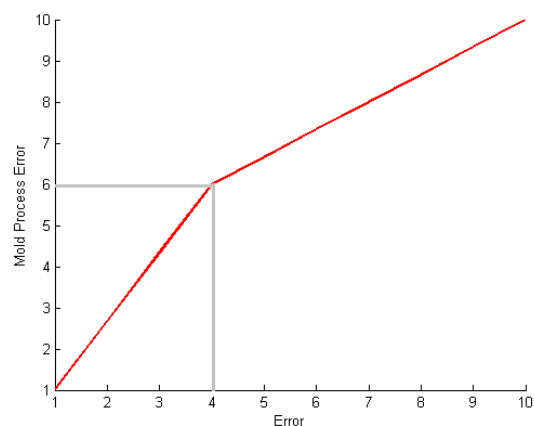
34. ábra Error függvények

Hibaérzékelő függvények (35. ábra):



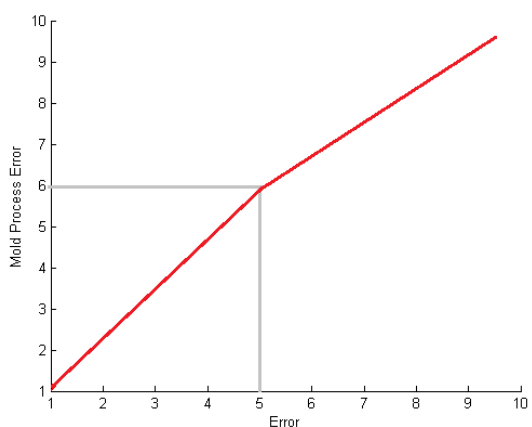
xLim=4

yLim=5



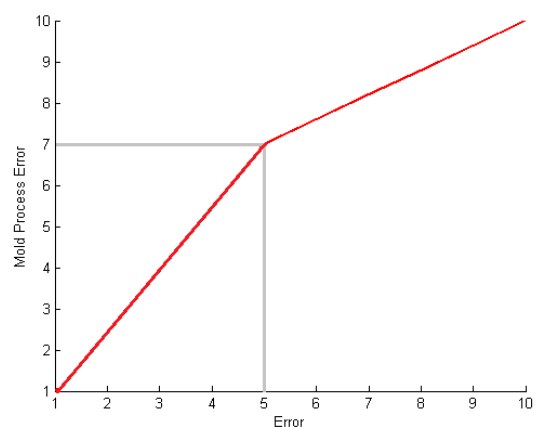
xLim=4

yLim=6



xLim=5

yLim=6



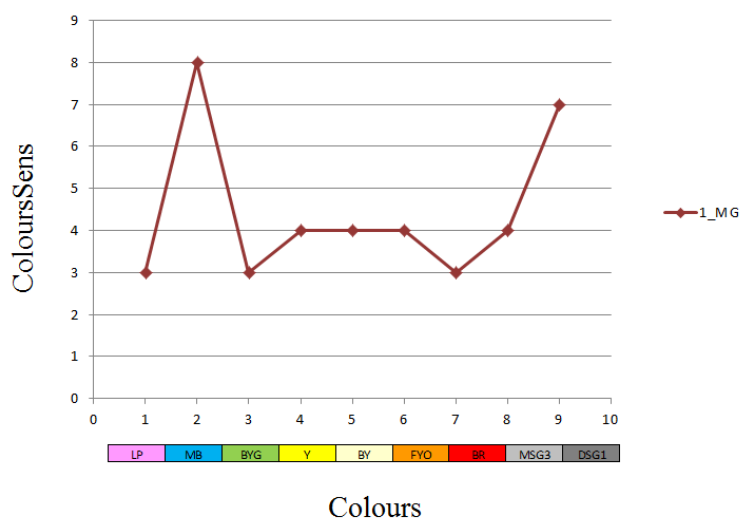
xLim=5

yLim=7

35. ábra Hibaérzékelő függvények

Mivel a kiértékelést az 1_MG azonosítóval jelzett kiértékelő személlyel kezdtük és hozzá illeszkedtek legjobban a generált adatok, így a kutatás végén próbaképpen elkészítettük az ő humán profilját. A 36. ábrán látható a profilja, ahol a színeket spektrum szerint rendeztünk, mivel az a feltevésünk, hogy ha egy szín (amit nem értékelték) két értékelt szín

közé esik, akkor várhatóan a ColourSens értéke is a két értékelt szín ColourSens értéke közé fog esni. Így a humán profil minden színre értelmezhető lesz.



36. ábra 1_MG értékelő személy humán profilja

A fuzzy kiértékelés kidolgozását sajnos a TDK dolgozat terjedelme miatt itt be kell fejeznünk, azonban a kutatás nem fejeződik be itt, további céljainkat a következő fejezetben ismertetjük.

5. További célkitűzések

A képelemző szoftver fejlesztésében nincsenek további célkitűzéseink, a továbbiakban a kidolgozott szoftvert szeretnénk alkalmazni polimer minták minősítésére.

A fuzzy kiértékelés kutatásában számos további célkitűzésünk van, mivel a kidolgozott módszer még csak egy kezdeti modellje egy széleskörűen alkalmazható mintaértékelő rendszernek. Elsődleges célunk a fuzzy tagsági függvények felvétele és egy teljes fuzzy kiértékelő rendszer létrehozása a minták minősítésre. Célunk a hibaérzékelő függvénynek más függvények kipróbálása. Mint ahogyan azt már a dolgozatban is ismertettük, szeretnénk szigmoid függvényt használni, mint hibaérzékelő függvény, mivel ez egy elterjedten alkalmazott fuzzy tagsági függvény (lásd 2.4. fejezet).

Céljaink között szerepel továbbá humán profilok kialakítása az értékelő személyekhez, amelyek segítségével előre megbecsülhető lenne az értékelő személy által adott mintára mondott érték. Munkánk következő fázisába pszichológus bevonását is tervezzük, mivel a témának számos pszichológiai vonatkozása is van. Emellett újabb mérési adatok gyűjtését szeretnénk végrehajtani, ahol esetleg már speciálisan pszichológia jellemzőket is vizsgálnánk, hogy a humán profilokat még pontosabban ki tudjuk alakítani. Hosszú távú terveink között szerepel továbbá egy olyan értékelő rendszer kidolgozása, melyben az értékelő személlyel egy tesztet töltetnénk ki, amely teszt segítségével kialakítható lenne az adott személy humán profilja. A humán profilok segítségével, azon kívül, hogy becslést tudunk adni arra, hogy az értékelő személy hogyan minősítené a mintát, a személy által az értékelésbe szubjektív tényező is kiszűrhető lenne egy referenciához viszonyítva.

Emellett nem csak szubjektív tényező kiszűrésére lesznek jók a humán profilok, hanem ezek segítségével a szoftveres értékelést is be lehet majd úgy állítani, hogy az olyan eredményeket adjon, amilyeneket az értékelő személyek adnánk. Ez azért lenne hasznos, mivel a polimer termékeket emberek fogják megvenni, nekik kell megfelelnie a készterméknek, így az a cél, hogy megtaláljuk azt a küszöb szintet, mely inhomogenitásokat tartalmazó polimer termékeket még megfelelőnek minősítenek az emberek.

A leírt célokból is látszik, hogy a kutatással hosszú távú terveink vannak, mivel szeretnénk egy olyan általános értékelő rendszert kidolgozni, mellyel könnyen és jól lehet polimer mintákat minősíteni.

6. Összefoglalás

A dolgozatban bemutatott módszer aktualitását adja, hogy a polimer termékek, ezen belül is a fröccsöntött termék száma világszerte nő. A fröccsöntés során azonban inhomogenitások jelenhetnek meg a késztermék színében, amelyeket az iparban szubjektív módon értékelnek, így az értékelés eredménye nem tervezhető előre. Ebből kifolyólag szükség van egy olyan összetett kiértékelő rendszerre, amely egy részről objektíven minősíti a mintákat, másrészt az emberi bizonytalanságot is modellezi. A TDK munka keretein belül, egy ilyen mérőrendszer kifejlesztését, illetve kalibrálását végeztük el.

A módszer kidolgozása során először létrehoztunk egy képelemző szoftvert, amellyel objektív módon értékeljük a mintákat. Azonban a szoftveres eredmények nem voltak teljesen összhangban a humán értékeléssel, ami indokolta egy olyan módszer kidolgozását, amely képes az emberi bizonytalanságokat és eltéréseket is figyelembe venni. Ezen tényezők kezelésére képes a fuzzy logika, ezért létrehoztunk egy fuzzy logikán alapuló kiértékelési rendszert, amelyben különböző függvények segítségével jó közelítéssel le tudjuk generálni az értékelő személyek által adott hibaértékeket adott mintára. A technológiai hatásokat egy objektív függvény segítségével vesszük figyelembe (Error függvény), melyet az emberek hibaérzékelő függvényével torzítunk. Emellett egy teljesen szubjektív függvényt is felvettünk, amely minden emberre külön jellemző, ez a ColourSens függvény. A ColourSens függvény segítségével a jövőben humán profilokat fogunk létrehozni, ahogyan azt egy példa esetén a dolgozatban is bemutattuk. A humán profilokat sokféleképpen lehet majd alkalmazni, ezt a további célkitűzések során ismertettük. A három definiált függvény segítségével tudjuk az értékelő személyek által adott pontszámokat jó közelítéssel legenerálni. A fuzzy kiértékelést az objektív képelemző szoftver segítségével validáltuk, emellett a technológiai beállításokhoz is illeszkedő Error értékeket sikerült meghatároznunk.

Összegzésül elmondható, hogy a létrehozott eljárás egy komplex kiértékelő rendszer, amellyel egy részről objektíven, vagyis egy képelemző szoftver segítségével, másrészt a szubjektív tényezőket is figyelembe véve fuzzy kiértékelő rendszerrel tudjuk minősíteni a fröccsöntött polimer minták színében megjelenő inhomogenitásokat.

A statikus keverő minősítése után vizsgálatot végeztem és megállapítottam, hogy a dinamikus keverő hatékonysága meghaladja az SMN statikus keverőét.

7. Összefoglalás (Summary in English)

The injection molding has been the 21st century largest mass-production process of the plastics industry. According to the Axis Research Mind research, the amount of processed polymer raw materials will reach 508.6 tons /year in the world by 2016. This growing trend has been observed for decades. Countries of the European Union, as in the world, also have produced and processed a significant and yearly growing amount of polymer raw material.

The demand is also growing with the increase of the production but the competition between the companies is still tight. It is essential for the companies that produce their products with the best possible quality and cost effectively. However defining the quality is almost impossible but if you have to say a short definition, it can be said that quality means to meet the needs of the customers. According to the DIN EN ISO 9000: 2005 standards quality is the extent to that which level is the feature of the product to be able to satisfy the requirements.

The qualification of the aesthetic inhomogeneity is usually executed by workers who are able to subjectively evaluate a given unevenness. In our case the problem is that the dispersing of the colorants which are mixed for the polymer raw material is not sufficient. The assessment for the error depends on a number of human factors, and it is also observed that, sometimes people can also give other assessment for the same error after a while.

The uncertainty of the measurement method is justified by a complex system development which is able to objectively classify the inhomogeneities.

In our study we aimed to the classification of the inhomogeneities in the colour of the injection molded products on the one hand with a people independent method on the other hand with taking into account the uncertainties of human evaluation system.

The uncertainty of the people is modelled by the fuzzy method which can handle the people as individuals.

8. Irodalomjegyzék

1. Dr. Lehoczki László.: Műanyagok piaci helyzete a világon és az Európai Unióban, Műanyag és Gumi, 50/1, 2014, 2-4
2. Dr. Lehoczki László.: Helyzetkép a műanyag alapanyagok piacáról, Műanyag és Gumi, 51/1, 2013, 7-10
3. Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000
4. C. Rauwendaal: Polymer Mixing: A Self-Study Guide, Carl Hanser Verlag, Munich, 1998
5. Dr. Bánhegyi Gy.: Ömledék homogenitásának javítási lehetőségei fröccsöntésnél és extrúzióánál, Műanyagipari szemle, 6/4, 2008
6. J. Murphy: Additives for Plastics Handbook, Elsevier Science Ltd., Oxford, 2001
7. A. Müller: Coloring of Plastics, Carl Hanser Verlag, Munich, 2003
8. F. W. Billmeyer, M. Saltzman: Principles of Color Technology, John Wiley & Sons Inc., New York, 1981
9. Kovács S.: Színrendszerek, NSZFI 0972-06 modul (Képfeldolgozás), Azonosító szám: SzT-005-05.
10. Retter Gy. (2007): Kombinált fuzzy, neurális, genetikus rendszerek (kombinált lágy számítások), INVEST-MARKETING Bt., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetikai Tanszék, ISBN 978 963 87401 0 6
11. Zadeh, L. A. (1965): Fuzzy Sets Information and Control, 8 ELSEVIER, pp.:338-353, ISSN:0890-5401
12. Koczy, T. L.; Tikk, D. (2000): Fuzzy rendszerek Typotex Kiado, Budapest, ISBN: 963-9132-55-1
13. MATHSOFT (2009): MATLAB R2009b Help, MathSoft Inc. szoftver leírás
14. Pokorádi L. (2008): Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen , ISBN 978-963-9822-06-1
15. Piros A. (2012): Fuzzy alapú kiértékelő módszer alkalmazása a konstrukciós tervezésben PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép-és Terméktervezés Tanszék
16. Kohonen, T. 1989. Self Organization and Associative Memory. 3rd Edition, Berlin: Springer-Verlag

17. Kohonen, T. 1990. The Self-Organizing Map. Proceedings of the IEEE, Vol. 78, No. 9, pp. 1464-1480
18. Kohonen, T. 2013. Essentials of the self-organizing map. Neural Networks, Vol. 37, No. 1, pp. 52-65
19. Tóth Zs E, Jónás T.: Applying self-organizing feature maps to multidimensional financial analysis of corporate accounts - a case study, The Proceedings of the SSEM EuroConference 2014: International Conference on Business, Economics and Finance. 2877 p. (Budapest)
20. Erdei j., Kövesi J., Jónás T., Tóth Zs. (2011): Minőség és megbízhatóság a menedzsmentben, Typotex Kiadó Budapest ISBN 978 963 279 569 0, ISSN 1787-9655
21. Jónás T. (2009): Sigmoid functions in reliability based management, Periodica Polytechnika - Social and management sciences 15: (2) pp.67-72.
22. Kövesi J., Jónás T. (2011): Reliability based Customer Satisfaction Evaluation, Periodica Polytechnika - Social and management sciences 18: (1) pp.3-9.
23. Jónás T., Tóth Zs. (2014): QUALITY MANAGEMENT teaching material, Budapest
24. Burdick R. K. – Borror C.M. –Montgomery D. C.: Design and Analysis of Gauge R&R Studies. Philadelphia, SIAM, 2005.

9. Mellékletek

A fuzzy kiértékelő rendszer MATLAB program kódja:

```
clc;
clear;

MoldProcErrorMethodSignoid=1;

load '1_MG.mat';
load '1_MG_prof.mat';
load 'ERROR.mat'
%%
% Set human profila data:
xLim=HumanProfile(2,1);
yLim=HumanProfile(3,1);
SigNr=HumanProfile(4,1);
ColSens=HumanProfile(1,1:9);

SerNum=8;

for j=1:SerNum
if MoldProcErrorMethodSignoid
    MoldProcError=MoldProcErrSig(Error(j,:),SigNr);
else
    MoldProcError=MoldProcErr(Error(j,:),xLim,yLim);
end

    % Véletlen számok generálása
    for i=1:9
        ErrLevel=round(MoldProcError(i));
        ErrDev=ColSens(i);
        FactOdd=(fix(rand*3)-1)*mod(ErrDev,2);
        ErrDevRand=fix(rand(10,1)+.5);
        ErrOdd=ErrDevRand*FactOdd;
        ErrRand=round(rand(10,1).*ErrDev-(ErrDev/2))+ErrLevel+ErrOdd;
        ErrMin=min(min(ErrRand));
        ErrMax=max(max(ErrRand));
        % Alul vágó szűrő 1 alatti értékekre
        x=ErrRand;
        n0=(x+abs(x))./2;
```

```

k0=isnan(n0./n0);
xm=n0+k0;
% Felül vágó szűrő 10 feletti értékekre
y1=xm-10;
p1=(y1-abs(y1))./2;
k1=isnan(p1./p1)*10;
l1=isnan(k1./k1);
Am=xm.*l1+k1;
ErrFuzzy(:,i)=sort(Am);
end
ResMat(:,j)=abs(HumanData(:,j)-ErrFuzzy);
end

ResMat(:,4)=ones(10,9)*11;
%%
% Térbeli megjelenítés
figure1 = figure('Colormap',...
    [0 0 1;0 0 1;...
    0 1 1;0 1 1;0 1 1;...
    1 0 0;1 0 0;1 0 0;1 0 0;1 0 1;1 0 1;...
    1,1,1],...
    'Color',[1 1 1])

[x2,y2,z2]=meshgrid(1:1,1:10,1:9);

set(figure1,'Position',[10,10,850,850]);
view([-16,64]);
hold on;

for j=1:SerNum
    Xplane=j;
    PlotData(:,1)=ones(90,1)*Xplane;
    PlotData(:,2)=reshape(y2,90,1);
    PlotData(:,3)=reshape(z2,90,1);
    PlotData(:,4)=ones(90,1)*70;
    PlotData(:,5)=reshape(ResMat(:,j),90,1);
    scatter3(PlotData(:,1),PlotData(:,2),PlotData(:,3),PlotData(:,4),PlotData(:,5),'o','LineWidth',2);
    if max(PlotData(:,5))>4
        BadIdx=find(PlotData(:,5)>4);

```

```
scatter3(PlotData(BadIdx,1),PlotData(BadIdx,2),PlotData(BadIdx,3),PlotData(BadIdx,4),PlotData(BadIdx,5),'*','  
LineWidth',5);  
    end  
end
```