

**A GÉPÉSZETI SZAKMAKULTÚRA SZEREPE A HAZAI GAZDASÁG
FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSÉBEN
konferencia**

**HUMÁN TÉNYEZŐK KEZELÉSE GÉPÉSZETI FELADATOK
MEGOLDÁSÁNÁL**

**MANAGING OF HUMAN FACTORS AT ENGINEERING
PROJECTS**

*Varga Eszter, MSc hallgató, Gép- és Terméktervezés Tanszék
Piros Attila, PhD, egyetemi adjunktus, Gép- és Terméktervezés Tanszék*

ÖSSZEFOGLALÓ

A humán tényezőknek az élet minden területén nagy hatása van, ez alól a tervezési és ezen belül is a gépészeti tervezési folyamatok sem képeznek kivételt. Példának okáért a tervezési projektek során a különböző kockázatok elemzése és modellezése rendkívül sok bizonytalansági tényezőt tartalmaz, amelyek közül kiemelkednek a humán tényezők okozta bizonytalanságok. Ezen tényezők kezelésre kidolgozott modellek kerülnek bemutatásra, a felhasználási lehetőségekkel és továbbfejlesztési irányokkal együtt.

SUMMARY

Human factors have a great impact in all areas of life, the planning processes do not constitute an exception including the engineering design processes. For example in the design projects, analysing and modelling of the different risks consist extremely high uncertainty factors. From these the uncertainties caused by human factors typically jump out. In the following article models are presented to handle these factors with utilization opportunities and improvement trends.

1. BEVEZETÉS

A humán tényezők kezelése minden esetben nehéz, mivel minden ember egyedi. Ezen szubjektív tényezők kezelése olyan modellek kidolgozását igényli, amelyeket az emberek eltérő preferenciáit figyelembe veszi. Munkánk során két eltérő területen dolgoztunk ki modelleket a szubjektivitás kezelésére fuzzy logika alkalmazásával, mivel a fuzzy logika jól illeszkedik az emberi gondolkozáshoz, segíti a

döntéshozatalt a bizonytalan helyzetekben is, és lehetőséget ad a szubjektív tényezők számszerűsítésére. [1] [2] [3]

Az egyik kutatási területünk a projekt kockázatmenedzsment, mivel ez minden tervezési projektet érint. Manapság szinte minden fajta munka projekteken keresztül valósul meg, vagyis vannak kockázatok, melyeket becsülni kell és vannak határidők, melyeket tartani kell. Az általunk kidolgozott modell az időbeli lefutás kockázatát vizsgálja, amelyben nagy szerepe van a humán becslésnek.

A másik terület a fröccsöntött polimer minták minősítésével foglalkozik. A minősítést emberek végzik, így munkánk során egy olyan fuzzy logikán alapuló kiértékelő rendszert dolgozunk ki, amely jól modellezi a humán értékelést.

Mindkét területen méréseket végeztünk, adatokat gyűjtöttünk, amelyekkel a modell működését validáltuk. A következőkben a kidolgozott modellek kerülnek bemutatásra.

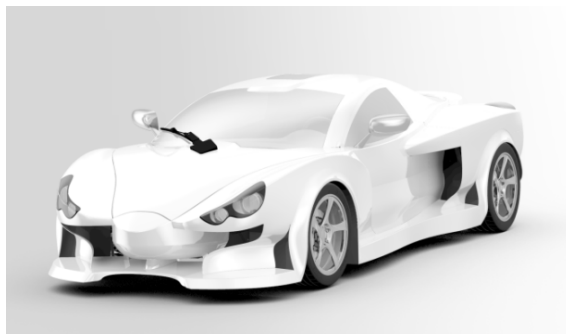
**2. MATEMATIKAI MODELL TERVEZÉSI
PROJEKTEK KOCKÁZAT ELEMZÉSÉRE**

A projektmenedzsment technikák alkalmazása napjainak nagyon elterjedt. Használata megkönnyíti a munkát, mivel segítségével egy strukturált, átlátható rendszert lehet létrehozni folyamatok kezelésére. Szerepe a műszaki tervezési folyamatok esetén is jelentős.

2.1. Projekt meghatározása

A projekt, melyen keresztül bemutatásra kerül a matematikai modell egy teljesen elektromos hajtással rendelkező virtuális sport autótervezésre irányul (1. ábra). A projekten

hallgatók dolgoznak a BME Gép- és Terméktervezés Tanszékéről. [4]



1. ábra Virtuális sportautó

Egy hallgató egy részegységet fog kidolgozni. Így az erőforrásoknál mindig konstans erőforrással dolgozunk. Az általunk vizsgált projektrésznél 6 hallgató dolgozott az autón a nyári gyakorlatuk során.

2.2. Projektkockázat-menedzsment

A projektek kockázatmenedzsmentje egy összetett folyamat, mely több lépésből épül fel, folyamatos iterációval [5]. A kezdeti modell kidolgozásánál egyszerűsítéseket alkalmaztunk. Mivel a modell tervezési projektekkel foglalkozik, amelyekre jellemző, hogy projekt lefutásához szükséges idő nehezen tervezhető, így a kockázatelemzés összetettsége miatt az a döntés született, hogy a modellt az időbeli lefutás kockázatának értékelésére dolgozzuk ki. Célunk az adott kockázat számszerű meghatározása, a becslés során fellépő humán tényezők figyelembevételével, vagyis a kockázatelemzés szubjektivitásának csökkentével. Jövőbeli célkitűzéseink közé tartozik több kockázati tényező hatásának figyelembevétele.

2.3. Projektütemezés és monitorozás tervezés

A projektütemezés mindig a tevékenységek meghatározásával kezdődik, mely során a teljes tervezési projektet külön álló részfeladatokra, altevékenységekre bontjuk le [6], majd meghatározzuk az ezek elvégzéséhez szükséges időt, végül elkészítjük a hálóttervet a PERT-módszer segítségével. [7] A kritikus utat is kiszámítottuk. [8] [9]

A monitoroztatás során a hallgatóknak csak a késés és a korábbi befejezés valószínűségét kell becsülniük, anélkül hogy foglalkozniuk kellene az eltérés időtartamával és a súlyossággal. A hallgatóknak 5 lehetséges válasz (biztos, valószínű, lehetséges,

valószínűtlen, lehetetlen) közül kell kiválasztani azt, hogy mennyi valószínűséget látnak a korábbi befejezésre és a késésre. Ezen kívül a késés okát is meg kell adni az előre definiált okok közül választva. Ez a becslési eljárás sokkal pontosabb képet fog adni a késés valószínűségére, mivel jobban illeszkedik az emberi gondolkodáshoz.

2.4. Fuzzy logika alapú kockázatmenedzsment humán tényező figyelembe vételével

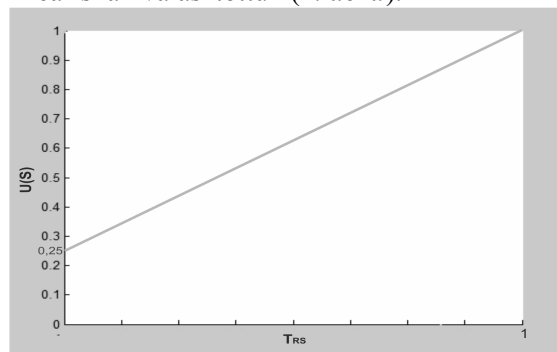
A matematikai modellnek a lényege az, hogy helyettesítse a szubjektív becslésen alapuló kockázatértékelést a fuzzy logika alapú kockázatbecsléssel. A kockázatot, mely a súlyosságból és a valószínűségből tevődik össze [10], fuzzy logikával fogjuk kiszámítani, emellett pedig a humán tényezőket is figyelembe vesszük, a monitoroztatás során szerzett adatok alapján.

A kockázat kiszámítását egy számítógépes program végzi, mely a kutatás során írtunk meg. A kockázat kiszámításánál az első lépés a súlyosság és a valószínűség meghatározása.

2.4.1. Súlyosság kiszámítása

A modellben a súlyosság egy tevékenység késedelmes befejezésének a projekt időbeli lefutására való befolyását jelenti. Ha a tevékenység súlyossága alacsony, akkor az esetleges csúszás nincs nagy hatással a projekt időbeni befejezésére, magas súlyosság esetén a tevékenység csúszása nagy hatással van a projekt befejezésére.

A tevékenységek súlyosságának kiszámításához egy fuzzy tagsági függvényt adtunk meg, mely az adott projektre jellemző. A függvény függőleges tengelye a súlyosságot jelöli, vízszintes tengelyén pedig a relatív tartalék idő (T_{RS}) található. A modell kidolgozásánál a súlyosság függvényt lineárisnak választottuk (2. ábra).



2. ábra Súlyosság tagsági függvénye

2.4.2. Valószínűség kiszámítása

A valószínűség két részből tevődik össze, az objektív és a szubjektív valószínűségből. A két valószínűség értékből fuzzy logikával, CFM-módszerrel számítjuk majd ki a teljes valószínűséget. A CFM-módszer egyszerűbb számítási eljárást alkalmaz, mint a hagyományos defuzzifikációs módszerek. [11]

2.4.3. Objektív valószínűség

A modellben az objektív valószínűséghez ($U(P_{obj})$) is egy fuzzy tagsági függvényt rendeltünk (3. ábra), amelynek függőleges tengelye az objektív valószínűség, amely 0-tól 1-ig van skálázva, a másik tengelyen levő értékeket pedig az általános kockázatmenedzsment során alkalmazott módszer alapján a menedzsmentnek kell meghatároznia a projekt elején becsléssel. A modellben ezeket az értékeket úgy határoztuk meg, hogy a tevékenységeket, amelyek a projektet alkotják kategóriákba rendeztük a tevékenység jellege alapján. A kategóriához hozzárendeltünk egy értéket a függvény vízszintes tengelyéről, attól függően, hogy mekkora az esetleges késés valószínűsége a tevékenység jellegéből adódóan. Az vízszintes tengely skálázása itt -4-től -0,7-ig történik, ahol az értékek a valószínűség 10-es alapú hatványkitevői (10^x).

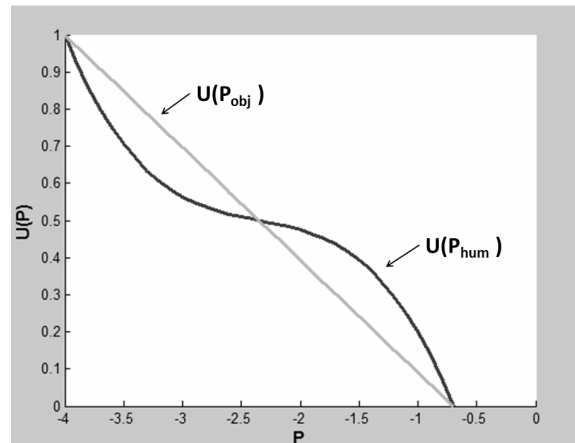
2.4.4. Szubjektív valószínűség

A szubjektív valószínűségben ($U(P_{hum})$) kerülnek a humán tényezők figyelembevételre, a szakirodalomban található becslési tendenciák és a monitorozott mérési adatok alapján.

A becslés nagyban függ attól, hogy optimista vagy pesszimista beállítottságú-e az ember, és attól is, hogy mit kell becsülni, milyen kimenetele van az eseménynek, pozitív vagy negatív [12]. Ezért a monitorozásnál külön rákérdeztünk a késés és a korábbi befejezés valószínűségére. Általánosságban elmondható, hogy emberek mindig alul becsülik a késés valószínűségét. Ezen kívül az is jellemző, hogy a kisebb valószínűségű események valószínűségét túlbecsülik, míg a nagyobb valószínűségű dolgoknak pedig kisebb valószínűséget tulajdonítanak. [12]

A szubjektív valószínűséghez is egy fuzzy tagsági függvényt rendeltünk (3. ábra). Minden tevékenységhez külön szubjektív valószínűség érték tartozik. A függvény vízszintes tengelyén lesz a hallgatók által a monitorozás során becsült valószínűség (biztos,

valószínű, lehetséges, valószínűtlen, lehetetlen), a függőleges tengelyen pedig a szubjektív valószínűség. Itt nem lineáris függvényt használtunk, mivel szeretnénk volna a modellben megjeleníteni a humán tényezőket, így a függvény alakja módosult az alapján, hogy az emberek hogyan szokták a valószínűséget becsülni.



3. ábra Objektív és a szubjektív valószínűség tagsági függvény

A skálázás azonos a másik tagsági függvénnél felvett értékekkel. A későbbiekben a szubjektív valószínűség függvénynek szigmoid függvény alkalmazását is tervezzük. [13]

2.4.5. Összevont valószínűség és a kockázat számítása

Miután rendelkezésre áll a tevékenység szubjektív ($U(P_{hum})$) és objektív ($U(P_{obj})$) valószínűsége kiszámítható az összevont valószínűség ($U(P)$). A súlyosságból ($U(S)$) és az összevont valószínűségből pedig meghatározható a kockázat ($U(R)$). Ez a része a fuzzy logika alapú kockázatelemzésnek a defuzzifikáció. A számításhoz a CFM-módszert használtuk.

2.5. Az adatok kiértékelésének módja

A kiértékelésnél annak a meghatározása a cél, hogy az emberek a projekt során jól becsülték-e az egyes tevékenységek késésének valószínűségét monitorozási alkalmanként. Mivel a valós lefutás eredményei is a rendelkezésünkre állnak, így meg lehet ítélni a becslés helyességét egy adott monitorozási alkalomból számítva a következő projekt szakaszra. Azokban az esetekben lesz a becslés jónak minősítve, ha a kockázat (a becslés

alapján) összhangban van a valós előrehaladással.

A becslés minősítéséhez a kockázatot és a relatív késést vettük figyelembe. A relatív késést az adott tevékenység késéséből számítjuk.

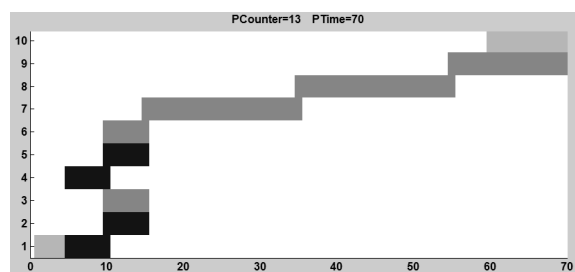
A modellben a minősítéshez egy mátrixot alkalmaztunk (1. táblázat), amelynek egyik oldalán a kockázat, másik oldalán pedig a relatív késés látható. Mindkét tényező százalékos formában szerepel kategóriákra bontva.

1. táblázat Minősítő mátrix

Minősítő mátrix		Relatív késés		
		0%		-100%
Kockázat	0%	J	K	R
		K	J	K
	100%	R	K	J

A mátrix értelmezése szerint, ha az adott tevékenység kockázata alacsony és a relatív késése is alacsony, akkor a becslés jó (J) volt. A K közepes becslést jelöli. Az R pedig rossz becslést. Rossz becslés esetén vagy kicsi kockázatot becsült, de nagy volt a késés, vagy nagy kockázatot becsült, de nem volt késés a következő monitorozási alkalomnál.

A tervezett hálótér alapján Gantt-diagramot rajzol a program (4. ábra), melyben az egyes hasábok jelölik a tevékenységeket. A függőleges tengelyen a tevékenységek, míg a vízszintes tengelyen a projekt idő látható. Ezután a program beszínezi az adott monitorozási alkalmak között futó tevékenységeket a minősítő mátrix alapján, így könnyen ki lehet értékelni a becslés helyességét. Az adatok kiértékelése a Gantt-diagramok elemzésével történik.



4. ábra A tevékenységeket szemléltető Gantt-diagram

Egy lehetséges továbblépési irány a Gantt-diagrammok segítségével a becslés minősítése után profilokat kialakítani az egyes

emberekről, melyet a jövőben minden projekt becslése során alkalmazni lehet.

3. FRÖCCSÖNTÖTT TERMÉKEK SZÍNÉBEN FELLÉPŐ INHOMOGENITÁSOK MINŐSÍTÉSE FUZZY-KIÉRTÉKELÉS SEGÍTSÉGÉVEL

A fröccsöntött termékek színében megjelenő inhomogenitások minősítését manapság dolgozók végzik, akik szubjektív módon képesek az adott egyenetlenségeket értékelni. A hibára adott értékelés számos emberi tényezőtől függ. A mérési módszer bizonytalansága indokolja egy olyan rendszer kifejlesztését, ami objektív módon képes az egyenetlenségeket osztályozni. Erre lett kifejlesztve a BME Polimertechnika Tanszéken egy képelemző szoftver [14]. Munkánk során egy fuzzy logikán alapuló kiértékelő rendszert dolgoztunk ki a fröccsöntött termékek színhibáinak minősítésére, amely a képelemző szoftverrel egy összetett kiértékelő rendszert alkot. A rendszerben a képelemző szoftver objektív módon, egy referenciát szolgáltatva értékeli a mintákat, míg a fuzzy logikán alapuló kiértékelés a szubjektív, emberi tényezőket is kezeli.

A vizsgálat elkészítése során ABS kopolimer fröccsöntött próbatesteket használtunk, amelyhez különböző mesterkeverékeket adalékolunk (9 szín), és 7 különböző sorozatot hoztunk létre eltérő gépbeállításokkal. A kísérletben hét ember vett részt, akik minden egyes mintát megnézték és 1-től 10-ig terjedő skálán osztályozták a minták színegyenetlensége szerint. A növekvő hibapontszámok jelentik a minták minőségének a romlását.

3.1. Adatok kiértékelésére kidolgozott Fuzzy-kiértékelő rendszer

A kidolgozás során az adatokat fuzzy kiértékeléssel elemezzük. A kiértékelésnek ebben a részében az emberek által becsült adatok alapján profilokat alakítunk ki, vagyis a kutatás végső eredményként létrehozunk a fuzzy tagsági függvényeket. A fuzzy logikát indirekt módon alkalmazzuk.

Az adatok kiértékeléséhez 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 létrehozunk olyan függvényeket, melyek segítségével a

program jó közelítéssel le tudja generálni 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 vesszük az adott egyén preferenciáit, vagyis a színérzékelését és a gép beállítását, vagyis a különböző sorozatok közti különbséget és az emberek hibaérzékelés görbéjét. Ezekből az értékekből képezzük végül a fuzzy tagsági függvényeket, amelyek segítségével hasonló eredményeket kapunk, mint az emberi becslések.

A módszer részben hasonlít a neurális hálózatokhoz [2], 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 kapjunk.

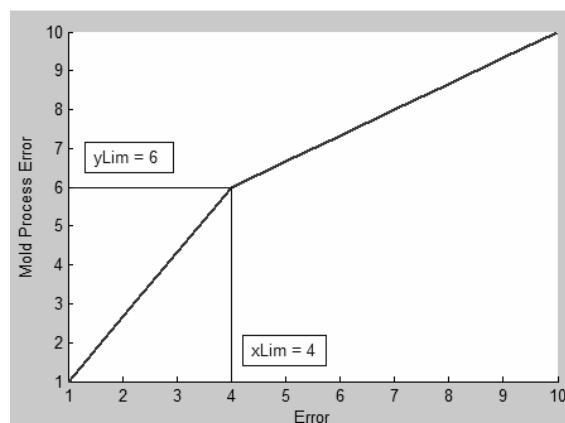
3.2. ColourSensitivity, hibaérzékelő függvény és Error értékek felvétele

A programnak meg kell adni az adott értékelőre jellemző értékeket. Először az értékelő színérzékelését, vagyis a ColourSensitivity (ColourSens) értékét kell meghatározni, amely a 9 színhez tartozik (egy-egy szám minden színhez). Ezzel az értékkel vesszük figyelembe, hogy a különböző emberek eltérő módon érzékelik a színeket. Ha a színhez rendelt érték kicsi szám (pl. 1 vagy 2) akkor az ember nem érzékeny jobban 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.

Az Error érték az adott sorozatra jellemző, de ezt is színenként kell venni, vagyis itt a 9 színhez kell hozzárendelni egy-egy értéket. Az Error értékkel azt modelleztük, hogy adott gépbeállítás hogyan módosította a színben levő hibákat.

Ezekén 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. A hibaérzékelő függvény alakjánál is figyelembe vettük, hogy az emberek a kisebb hibákat felül értékelik, vagyis ezen a részen meredekebb a függvény, míg a nagyobb hibákat általánosságban alul értékelik, vagyis itt kevésbé meredek a függvény. Ugyan ezt a tendenciát vettük figyelembe a kockázatok

valószínűségének elemzésénél is. A függvény két részének meredekségét a xLim, yLim változókkal lehet beállítani (5. ábra). 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).

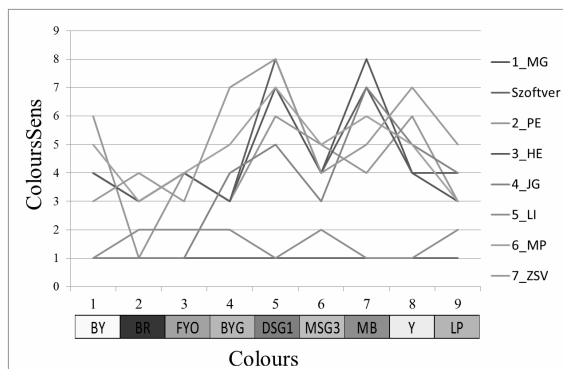


5. ábra Hibaérzékelő függvény egy lehetséges alakja

3.3. Generált adatok létrehozása

Ezekből a függvényekből (ColourSens, Error, hibaérzékelő függvény) képezzük majd a kidolgozás után a fuzzy tagsági függvényeket, vagyis a megfelelő szabályokat, amely alapján egy fuzzy kiértékelő rendszer működhet. A program beolvassa a ColourSens, Error értékeket, és a hibaérzékelő függvényt, majd ezek segítségével a megadott feltételek szerint működő véletlen szám generátorral létrehozza a generált értékeket.

A generált értékek a humán adatok alá kerülnek majd be, így könnyen össze lehet hasonlítani a becslés során mondott értékekkel. A kidolgozott programmal kiértékeltek az összes adatot, vagyis mind a hét személy becslését és létrehoztuk az összes ColourSens, Error értékeket és a hibaérzékelő függvényt, mivel szerettük volna látni, hogy a kitalált módszer működik és viszonylag pontosan le tudjuk generálni az értékelő személyek által mondott értékeket. A 6. ábrán a hét értékelő személyhez meghatározott ColourSens értékek láthatók.



6. ábra ColorSens függvények

3.4. A képelemző szoftver eredményeinek kiértékelése

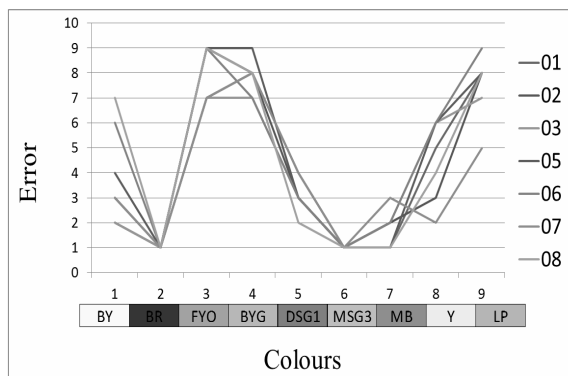
Ezt követően a képelemző szoftver eredményeinek kiértékelése következett. A szoftver esetén a ColourSens értéke minden szín esetén 1, mivel a szoftvert nem befolyásolja, hogy milyen színről van szó. A hibaérzékelő függvényt lineárisnak választottunk, mivel a szoftver szubjektív módon nem módosítja a hibaértékeket.

A futtatások után megállapítottuk, hogy viszonylag jól sikerült modellezni a képelemző szoftver eredményeit is. Az eredményekből látható volt, hogy nem a szoftveres eredményekhez lett optimalizálva az Error érték, emiatt volt több eltérés.

3.5. Error értékek beállítása a Szoftver eredményeihez

A következőkben arra voltunk kíváncsiak, hogy ha az Error értékeket a képelemző szoftver eredményeihez állítjuk be, és a személyek ColourSens és hibaérzékelő függvényét meghagyjuk az eddig meghatározottnak, hogyan változik a generált adatok és a valós becslés közti eltérés.

A képelemző szoftverhez kalibrált Error értékek (7. ábra) esetén a piros és a halványszürke színek kapták a legalacsonyabb értéket, így ezek a színek nem függenek a gépbeállítástól. Legmagasabb értékeket a narancssárga, a zöld és a lila színek kapták, ezek függenek legjobban a technológiai paraméterektől. Az általunk beállított Error értékekkel így azokat az eredményeket kaptuk, amelyeket a BME Polimerteknika Tanszéken meghatároztak a technológia beállítások hatásának.

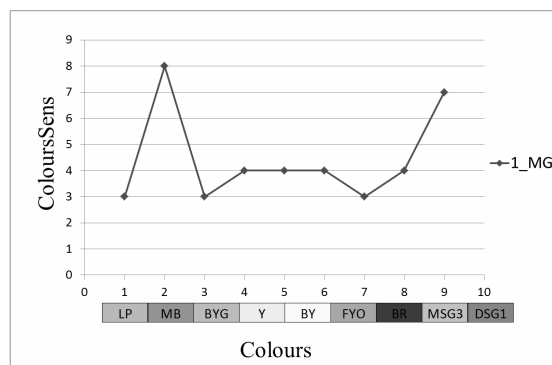


7. ábra Error függvények

A meghatározott Error értékekkel minden kiértékelő személy eredményét újra létrehoztuk. Az eredményekből látható volt, hogy ezek az Error értékek jól illeszkednek minden személyhez. Az eredmények így kiegyensúlyozottabbak lettek, kevesebb a nagy eltérés a generált és a valódi értékek között.

Ezzel a kiértékeléssel validáltuk a módszerünk eredményeit, mivel látható, hogy a képelemző 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.

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 8. 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.



8. ábra 1_MG értékelő személy humán profilja

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A humán tényezők kezelése a műszaki feladok esetén mindig problematikus. A bemutatott példákban viszont látható, hogy ezen tényezők kezelésére jól használható a fuzzy logika, amely segítségével két területen hoztunk létre hasznos és jól használható modelleket.

A tervezési projektek kockázat elemzésére kidolgozott modell legnagyobb eredménye, hogy létrehoztunk egy olyan matematikai modellt, mely segíti a projektek időbeli lefutással kapcsolatos kockázatának modellezését és csökkenti a humán tényezők, a szubjektív becslés szerepét a kockázatértékelésben fuzzy logika segítségével. Bár a modell egyszerűsítéseket tartalmaz, további céljaink között szerepel ezen egyszerűsítések kiküszöbölése, vagyis több kockázati tényező kezelése. Emellett kockázatbecslő profilok kidolgozása is célunk még több humán tényező figyelembevételével.

A fröccsöntött minták színében fellépő inhomogenitások minősítésre kidolgozott fuzzy kiértékelés összegzéseként megállapítható, hogy ennél a kutatásnál is létrehoztunk egy olyan modellt, mely különböző függvények (ColourSens, Error, hibaérzékelő függvény) segítségével jól modellezi az emberi becslést. Munkánk során referenciának használtuk a képelemző szoftver eredményeit. A szoftver eredményeihez állított Error értékek és az értékelő személyekre jellemző ColourSens és hibaérzékelő függvények segítségével generált adatok eltérése a valós humán értékeléstől kicsi. További célunk egy teljes fuzzy kiértékelő rendszer létrehozása és humán profilok kialakítása az értékelő személyekhez, amelyek nagyban segítenék a későbbiekben a kiértékelést.

IRODALOM

- [1] Zadeh, L. A.: Fuzzy Sets Information and Control, 8 ELSEVIER, 1965 pp.: 338-353, ISSN: 0890-5401
- [2] Retter Gy.: *Kombinált fuzzy, neurális, genetikus rendszerek (kombinált lágy számítások)*, INVEST-MARKETING Bt., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetikai Tanszék, 2007, ISBN: 978 963 87401 0 6
- [3] Koczy, T. L.; Tikk, D.: Fuzzy rendszerek Typotex Kiado, Budapest, 2000, ISBN: 963-9132-55-1

- [4] Varga E., Piros A., Vidovics B.: Simulation challenges in the development process of a complex product: design of virtual electric sports car, The 28th European Conference on Modelling & Simulation (ECMS 2014), 2014, ISBN: 978-0-9564944-8-1
- [5] PMI *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) Third Edition* Akadémiai Kiadó Zrt., Budapest, 2006, pp. 450., ISBN: 963 05 8401 8
- [6] Haugan, G.T.: *Effective Work Breakdown Structures*. Management Concepts, Vienna, 2001
- [7] Fazar, W.: *Program evaluation and review technique*, The American Statistician 13. No.2., 1959, pp.: 646-669. ISSN: 0003-1305
- [8] Kelley, J. and Walker, M. 1959. *Critical-path planning and scheduling*, In Proceedings of the EJCC 1959, 160-173.
- [9] Piros A.: *Fuzzy based method for project planning of the infrastructure design for the diagnostic in ITER*, Fusion Engineering and Design 88, 2013, ELSEVIER, pp.: 1183-1186, ISSN: 0920-3796
- [10] Pokorádi L.: *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen, 2008, ISBN: 978-963-9822-06-1
- [11] Piros A.: *Fuzzy alapú kiértékelő módszer alkalmazása a konstrukciós tervezésben* PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép-és Terméktervezés Tanszék, 2012
- [12] Mérő L.: *Az érzelmek logikája*, Tercium Kiadó Budapest, 2010, ISBN: 978-963-963-3742
- [13] Jónás T.: Sigmoid functions in reliability based management, Periodica Polytechnica - Social and management sciences 15, (2), 2009, pp.: 67-72. ISSN: 1587-3803
- [14] Zsíros L., Suplicz A., Romhány G., Tábi T., Kovács J. G.: Development of a novel color inhomogeneity test method for injection molded parts, Polymer testing, 37, 2014, pp.: 112-116 ISSN: 0142-9418