

# Grafikus kártyák összehasonlítása fuzzy rendszer alkalmazásával

Kecskés Péter

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország  
kepeter97@windowslive.com

**Összefoglalás** — Komplex eszközök beszerzését megnehezítheti, ha intenzív verseny alakult ki az egyes gyártók között, és emiatt közel száz lehetőséget kell mérlegelnünk, mindegyiket a saját előnyeivel és hátrányaival. Tovább nehezítheti a döntést, ha nagy értékű vásárlásról van szó, ami több éven át kíséri munkánkat. Egy fuzzy rendszer felépítésével megkönnyíthető az esetenként számtalan opció összehasonlítása. Jelen tanulmányban grafikus kártyák választási szempontjait mérlegelve szemléltetem egy ilyen típusú rendszer működését.

**Kulcsszavak:** Grafikus kártyák, Fuzzy, Matlab

## 1 A GRAFIKUS KÁRTYÁK PROBLÉMÁJA

Rengeteg adattal jellemezhető az egyes modellek, ezek alapján össze is hasonlíthatóak, azonban ezek nem adnak egyértelmű információt arról, hogy mennyire felelhetnek meg a használati célunknak. Különböző szoftverek más és más erősségeket képesek előnyükre fordítani, nincs olyan példány, ami minden alkalmazási területhez tökéletes választás lehetne. A GPU chipek architektúrája nagymértékben meghatározó a bizonyos terhelések alatt mutatott teljesítményben, viszont nem számszerűsíthető, a tesztelésen és bizonyos programokban, specifikus környezetekben nyújtott teljesítmények összehasonlítása szükséges ahhoz, hogy felismerhetők legyenek egy-egy architektúra erősségei és gyengeségei. Ezen túl az egyes gyártók egymástól függetlenül osztályozzák termékeiket saját szisztemiák szerint, mely osztályozás jellemzően meglehetősen felszínes tájékoztatást nyújt az egyes modellek elhelyezkedéséről a piacon. A verseny nem csupán a számítási teljesítmény növeléséről szól, hanem a hatékonyság fejlesztéséről mind architektúrák, mind pedig energiaszükséglet és így hőtermelés szempontjából. A versenyképességhez hozzátartozik, hogy mindezt olyan technológiával éri el, ami a célközönség által megfizethető áron állítja elő a termékeket. Vannak bizonyos gyártó-specifikus funkciók, melyek felhasználási céltól függően leszűkíthetők a releváns kínálatot, de ezek előfordulása egyre ritkább.

### 1.1 Kézenfekvő megoldások az összehasonlításra

A legalapvetőbb megoldása a problémának, hogy a teljesítmény függvényét vizsgáljuk a grafikus kártyák valamilyen más tulajdonságának függvényében. Leggyakrabban a gyártó által ajánlott értékesítési ár és a villamos teljesítmény függvényeként írják fel és végzik az összehasonlítást.

### 1.2 Fuzzy rendszer az összehasonlításra

A rengeteg tulajdonság közül az alkalmasságra indikatív kiválogatásával, illetve a használati cél

szempontjából kevésbé jelentősek kiszűrésével nyerhetünk olyan egymással összefüggő változókat melyek hatása az egyes modellek alkalmasságára nem szembetűnő. A fuzzy kiértékelés előnyösen alkalmazható az ilyen típusú rendszerekben, ahol a tényezők nagy száma és azok bonyolult kölcsönhatása miatt a folyamat nehezen számszerűsíthető. A grafikus kártyák összehasonlításakor olyan tényezőket is vizsgálunk, amelyek értékeire nem adhatók meg éles határok, mint például a kártya ára. Nem tudunk egyértelmű határt szabni, hogy milyen ár az, ami még alacsonynak, normálisnak, vagy már magasnak tekinthető. A fuzzy modellek ezeket a jellemzőket is képesek hatékonyan kezelni, így a rendszer sokkal realisabb eredményt szolgáltat.

## 2 A HASZNÁLATI CÉL

A grafikus kártyák széles választéka is jelzi, hogy rengeteg alkalmazási körülmény képzelhető el, nincs olyan modell, amit a „legjobbnek” nevezhetnénk. Egy számvetéssel alkalmazott számítógépben egy több millió forintos kártya tökéletesen helyettesíthetne egy húsz ezer forintosat, és az olcsóbb is átvehetné a drágább helyét fehérjemozlik formálódásának szimulációjában. A rossz választásért egyik esetben pénzzel, másikban idővel fizetünk.

### 2.1 Alkalmazási területek

Grafikus kártyák alkalmazási területei széles spektrumot határoznak meg. Szükség lehet rájuk egy média-szerver számítógépben, amit a hálószobánkban a TV alatt tartunk, egy professzionális videó szerkesztő, egy tervezőmérnök számítógépében, vagy akár egy gyógyszerkutató laboratórium szimulációs szerverében. Az alkatrészek egyre népszerűbben használtak szórakozási céllal valószínű videojátékok, virtuális-valóság szimulációk megvalósítására. Erre a célra jellemzően azt a modellt keresik a felhasználók, ami a leghosszabb ideig biztosítja a lehető legminőségibb kikapcsolódási élményt. Ez az elvárás „jövő-biztonságként” („future proof”) emlegetett a piac-szakértők és a felhasználók köreiben.

### 2.2 Releváns tulajdonságok, változók a „future proof” szemlélethez

#### Elektromos teljesítmény (TDP) [2]

Valamilyen mértékben tükrözi az egyes GPU-k számítási teljesítményét, azonban a technológia fejlődésével egyre javul a „wattontkénti teljesítménye” a kártyáknak, és a különböző architektúrák energiatakarékossága is eltérő. Jó mutató a hűtési igényre, valamint a szükséges tápellátás minimális teljesítményére. „Future proof” szempontból nem kifejezetten jelentős tulajdonság, csupán az élmény kényelmét fokozhatja ha

kevés hő termel a kártya, hiszen ehhez általában kisebb intenzitású, halkabb hűtés társul.

#### *Tranzisztorok száma a GPU-ban (Transistor) [3]*

Az egyes architektúrák hatékonyságára és korára utaló adat. A „fiatalabb” modellek jellemzően tovább maradnak relevánsak a jövőben. A csúcsmodelleket vizsgálva megállapítható, hogy a régebbi modelleken a technológia fejletlenségéből adódóan kevesebb tranzisztor kapott helyet. Az architektúrák javulása azonban azt eredményezte, hogy a régi csúcskategória számítási teljesítményét kevesebb tranzisztorral érik el a mai közép-, esetleg alsó kategória modelljei.

#### *Dupla pontosságú lebegőpontos számítási teljesítmény (FP32) [4]*

A videokártyák számítási teljesítményét legáltalánosabban jelző adat, mivel az alkalmazói szoftverek és illesztőprogramok nincsenek rá hatással.

#### *DirectX11 teljesítmény (FSX)*

Szórakozási céllal leggyakrabban Windows operációs rendszer használatos, amihez a legközelebb álló programozói interfész a DirectX család, melyből manapság a 11-es és a 12-es a releváns. Puszta a DirectX teljesítmény számszerűsítésére kifejlesztett, stabil, konzisztens és elismert program - többek közt - a Fire Strike Extreme. Egy meghatározott valós időben renderelt jelenetsorozatban nyújtott teljesítmény alapján értékeli a felhasználó rendszerét. Az adatbázist a felhasználók építik, lehetőség van specifikus környezetek kiszűrésére (processzor, memória, OS), ami lehetővé teszi a lehető legpontosabb összehasonlítást nem csak modellek, hanem specifikus példányok szintjén.

#### *Video memória mérete (RAM)*

A részletgazdagság, valamint a magas felbontású kijelző technológiák elterjedésével egyre nő az alkalmazások memória igénye. Emiatt a manapság elegendő memóriával rendelkező kártyák 2-3 éven belül erősen korlátozhatják új virtuális élmények elérhetőségét. A futó programokat tároló memóriával ellentétben a grafikus memória nem bővíthető, minden esetben a kártyára van forrasztva, azonban előfordulnak egyes modellek megnövelt kapacitású változatai.

#### *Ár (Price)*

Előfordul, hogy valamely gyártó kimagasló terméket kínál. Ilyenkor olyan árat is kiszabhatnak, ami nincs összhangban a termék előnyeivel, azonban a fogyasztók túlnyomó többségének alapvető célja a legtöbb értéket kapni a pénzéért.

### 3 A TULAJDONSÁGOK ÖSSZEFÜGGÉSEI EGYMÁSSAL ÉS A KIMENETTEL

Vannak tulajdonságok, melyek egyértelműen leszűkíthetők a lehetőségeket, kizárhatnak bizonyos modelleket. Ilyenek lehetnek az alkalmazási környezet méretbeli korlátozásai, a tápellátás hiányosságai, bizonyos kimeneti csatlakozók hiánya, vagy kompatibilitási korlátok. Ezek nem implementálhatóak a fuzzy rendszerben, mivel nem általánosítható, hogy kinek milyen csatlakozókra van szüksége, vagy milyen formájú

számítógépbe szánja a kártyát. Az általános tulajdonságok relevanciája pedig a felhasználási cél szerint változhat. Szándékunknak megfelelően ugyanúgy előtérbe helyezhetjük az árat, az elektromos teljesítményt, vagy a számítási teljesítményt. Ezt a változók súlyozásával tükrözhetjük.

#### *3.1 Ár és FSX*

A legkézenfekvőbb összehasonlítási alap, hogy milyen számítási teljesítményt kapunk a pénzünkért. A lehető legolcsóbb, ugyanakkor lehető legerősebb megoldást keressük.

#### *3.2 RAM és FSX*

A grafikus kártya relevanciáját legjobban meghatározó tulajdonságok a memóriájának mérete és a felhasználói alkalmazásokban nyújtott teljesítménye, mivel ezek közvetlen szükségesek, illetve indikatívak a kártya segítségével elérhető élményről. Úgy optimális párosítani, hogy a kapacitás ne korlátozza a teljesítményt, ugyanakkor ne is növelje értelmetlenül az árat.

#### *3.3 Tranzisztor és FSX*

Az architektúra hatékonyságára vet fényt e két tulajdonság összesítése. Utal a modell korára. Egy modern kártya mellé tovább tartó és figyelmesebb támogatást várhatunk. Továbbá összefügg az elektromos fogyasztással és a költséggel is. Optimális esetben alacsony tranzisztorokhoz magas teljesítmény társul.

#### *3.4 FP32 és TDP*

Az elektronikai hatékonyságra utaló páros. Hardver közeli terhelés mellett jobban összevethető a különböző modellek fogyasztása. A felhasználói élményen javíthat az alacsony teljesítmény, mivel gyakran kisebb hűtési igénnyel társul, ami csökkent zajszintet jelent. Magas számítási, ugyanakkor alacsony elektromos teljesítmény az optimális.

## 4 AZ ALKALMAZOTT FUZZY RENDSZER

A rendszerben a kiértékelés Mamdani elven történik, mivel a kimeneti érték egy analóg jellegű skáláról kerül ki.

A bemenetek egymással való összefüggései okoznak problémát az egyes input kombinációk, vagyis videokártyák értékelésénél.

A bemenő adatokat a grafikus kártyák főbb tulajdonságai képezik. Ezen tulajdonságokban meghatározhatóak bizonyos fokozatok, azonban ezek határai nem egyértelműek.

Valamennyi tulajdonság figyelembevételével meghatározunk egy 0 és 5 közötti számot két tizedesjegy pontossággal, ami az egyes bemeneti kombinációk rangsorolására használható.

A rendszer eredményeivel objektív módon hasonlíthatunk össze jelen esetben grafikus vezérlő kártyákat.

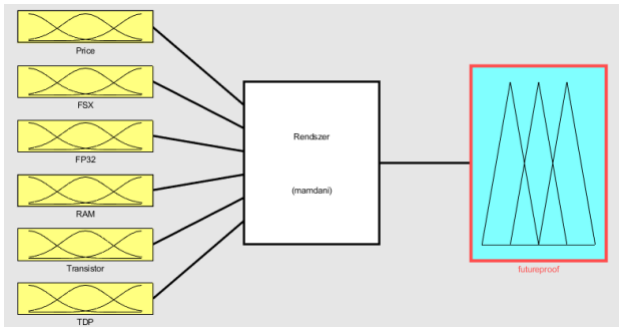
#### *4.1 A bemeneti tagsági függvények*

A változók felosztása statisztikai alapú, bizonyos kategória-meghatározó modellek tulajdonságai alapján.

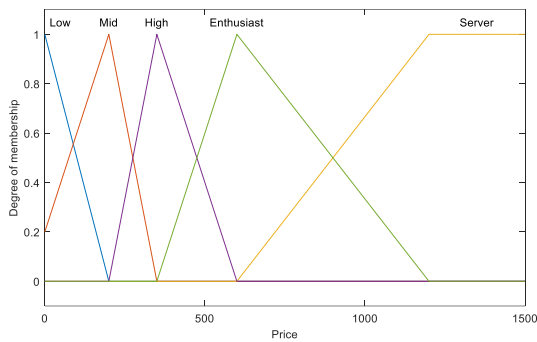
#### *Ár*

Vásárlói szempontból tekintve, a minimális funkcionalitású és a legfejlettebb modellek is besorolhatóak.

A függvények erősen az alacsonyabb értékek felé tolnak, mert ha alapvetően keveset szándékozik költeni a vevő, jelentősebbek számára a különbségek. Egyértelmű hatással van a döntésre, nem szükséges más tulajdonsággal párosítani. Negatív hatással van a kimenetre.



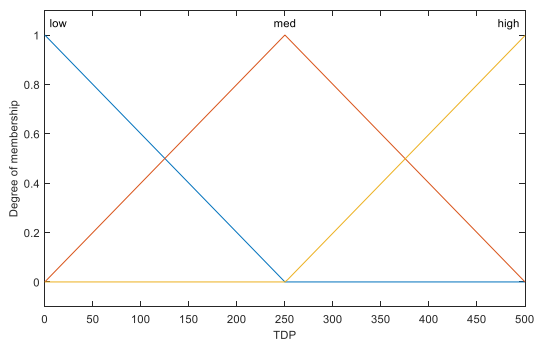
2. ábra A rendszer felépítése



3. ábra Az „ár” tulajdonság tagsági függvényei

#### TDP

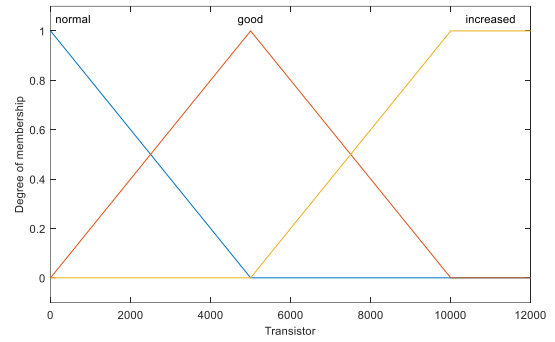
Egyenletesen felosztható változó, mivel van egy maximális határérték, amellyől a technológia fejlődése és a felhasználói környezetek miatt mindegyik gyártó igyekszik távol tartani termékeit. Negatív hatással van a kimenetre.



4. ábra A „TDP” tulajdonság tagsági függvényei

#### Tranzisztorszám

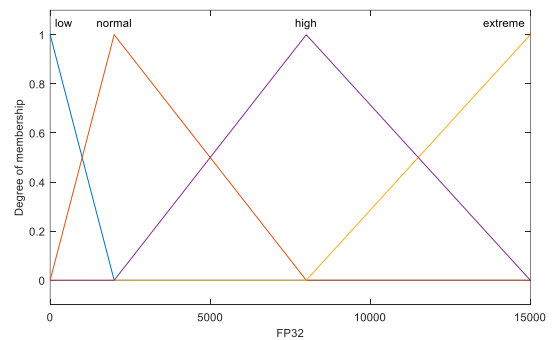
A technológia jelenlegi állása ad határokat a skálának. Egyenletesen intuitív módon felosztható, mert nincs közvetlen hatása a végeredményre, segéd funkciója van. Pozitív hatással van a kimenetre.



1. ábra A „Tranzisztorszám” tulajdonság tagsági függvényei

#### FP32

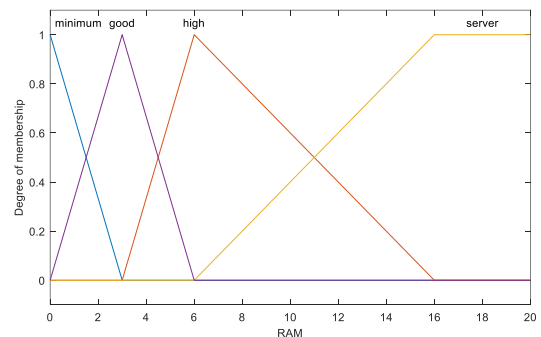
Statisztikai alapon, bizonyos kategória-meghatározó modellek alapján, felhasználói célok alapján osztható fel. Pozitív hatással van a kimenetre.



5. ábra Az „FP32” tulajdonság tagsági függvényei

#### FSX

Statisztikai alapon, felhasználói célok alapján osztható fel. Pozitív hatással van a kimenetre.

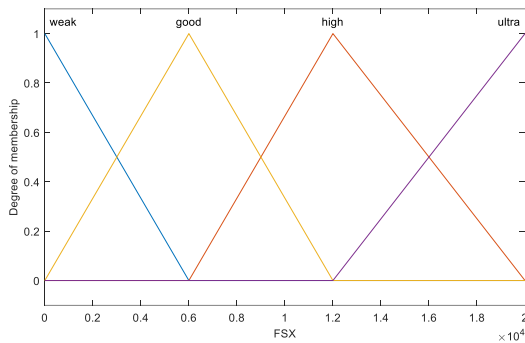


6. ábra Az „FSX” tulajdonság tagsági függvényei

#### RAM

Főként a piacon kialakult kategóriák alapján felosztva. Fontos, hogy a memória kapacitása ne korlátozza a kártya teljesítményét, ugyanakkor ne növelje értelmetlenül a modell árát. Hasonlóságot mutat az „ár” tagsági függvényekkel, a különbség, hogy ez többnyire pozitív hatással van a kimenetre (kivéve azt az esetet, amikor

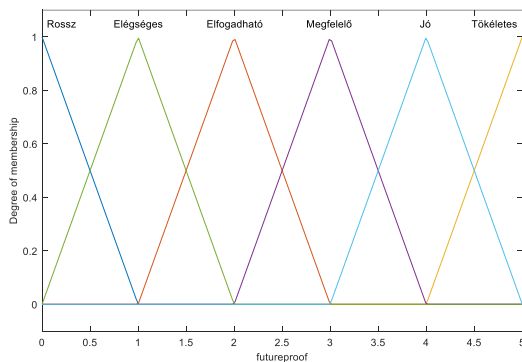
alacsony számítási teljesítményhez irracionálisan nagy memória kapacitás tartozik).



7. ábra A „RAM” tulajdonság tagsági függvényei

#### 4.2 A kimeneti tagsági függvények

Nullától ötig tartó skálára soroljuk be a modelleket az egyszerűség kedvéért. Ez a felosztás a kitűzött célnak megfelelő eredményt ad, de szükség esetén szélesebb skálával, több szabállyal az eredmény tovább finomítható.



8. ábra A kimenet tagsági függvényei

### 5 A KIÉRTÉKELÉS FOLYAMATA

A szorosan összefüggő tulajdonságokból alkotott párok kombinációi alapján határozhatunk meg szabályokat melyek objektíven besorolják a modelleket.

#### 5.1 Alkalmazott operátorok

A Mamdani típusú következtetés első lépése a bementi értékek fuzzifikálása, amikor az értékek halmazhoz tartozásának mértékét adjuk meg egy [0,1] intervallumbeli tagsági értéket rendelve ahhoz, a karakterisztikus függvény általánosításával. Ez a művelet a 2-8. ábrákon látható tagsági függvények segítségével történik a rendszerben. Ezt követi a tüzelési szint meghatározása, amikor a szabályok feltétel részében szereplő bementek fuzzifikált értékeit összesítjük a minimum operátor segítségével.

$$w_i = \min(\mu_{A_{kj}}(x)) \quad (1)$$

ahol  $\mu_{A_{kj}}(x)$ : a j-edik bemenet k-adik tagsági függvénye.

Az implikáció művelet során szintén a minimum operátort alkalmaztam az előző lépésből kapott tüzelési szintekre.

$$y_{B_i} = w_i \mu_{B_i} \quad (2)$$

Az egyenletben „ $w_i$ ” az „i”-edik szabály tüzelési szintje, „ $\mu_{B_i}$ ” az „i”-edik szabály kimeneti fuzzy halmaza.

Az egyes szabálykimenetek összesítése pedig súlyozott összegként a következő összefüggéssel számítható:

$$y = \sum_{i=1}^n w_i y_{B_i} \quad (3)$$

Az egyenletben „ $w_i$ ” az „i”-edik szabály tüzelési szintje „ $y_{B_i}$ ” az „i”-edik szabályra az implikáció eredménye, „n” a szabályok száma.

A kiértékelés utolsó lépéseként a bisector defuzzifikációs módszert alkalmaztam.

$$\int_{\alpha}^{y_{BOA}} B^*(y) dy = \int_{y_{BOA}}^{\beta} B^*(y) dy \quad (4)$$

ahol  $\alpha = \min y; y \in \text{supp} B^*$  és  $\beta = \max y; y \in \text{supp} B^*$ ,  $y_{BOA}$ : függőleges vonal az  $y = \alpha$ ,  $y = \beta$ ,  $z = 0$  és  $z = B^*(y)$  által határolt területet osztja fel.

#### 5.2 Az alkalmazott szabályrendszer

A fuzzy következtetési rendszerekbe a szakértői tudás beépítése a szabályrendszer segítségével történik. A megfelelő működést, ennek felépítése garantálja. A grafikus kártyák összehasonlítására az 1-4. táblázatban látható szabályrendszert alkalmaztam.

1. táblázat Ár & FSX

Price	FSX	Future proof
Low	Weak	2
	Good	3
	High	4
	Ultra	5
Midrange	Weak	1
	Good	2
	High	4
	Ultra	5
High	Weak	0
	Good	1
	High	4
	Ultra	5
Enthusiast	Weak	0
	Good	1
	High	3
	Ultra	4
Server	Weak	0
	Good	0
	High	2
	Ultra	4

1. táblázat RAM & FSX

RAM	FSX	Future proof
Minimum	Weak	1
	Good	2
	High	0
	Ultra	0
Good	Weak	1
	Good	2
	High	2
	Ultra	1
High	Weak	1
	Good	2
	High	3
	Ultra	4
Server	Weak	0
	Good	1
	High	4
	Ultra	5

3. táblázat FP32 & TDP

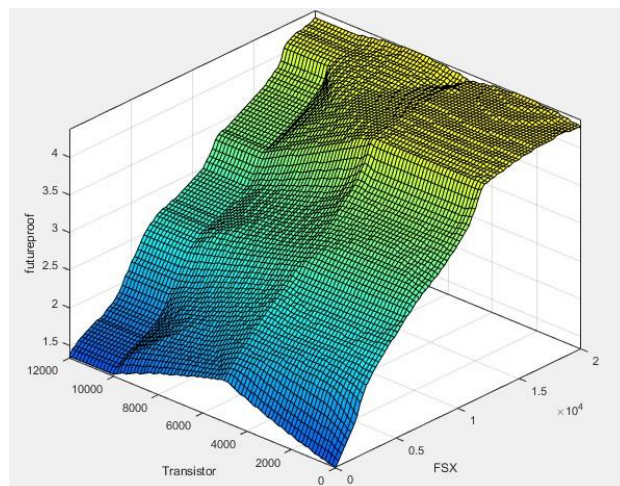
FP32	TDP	Future proof
Low	Low	2
	Medium	1
	High	0
Normal	Low	3
	Medium	2
	High	1
High	Low	4
	Medium	3
	High	2
Extreme	Low	5
	Medium	4
	High	3

2. táblázat Tranzisztor & FSX

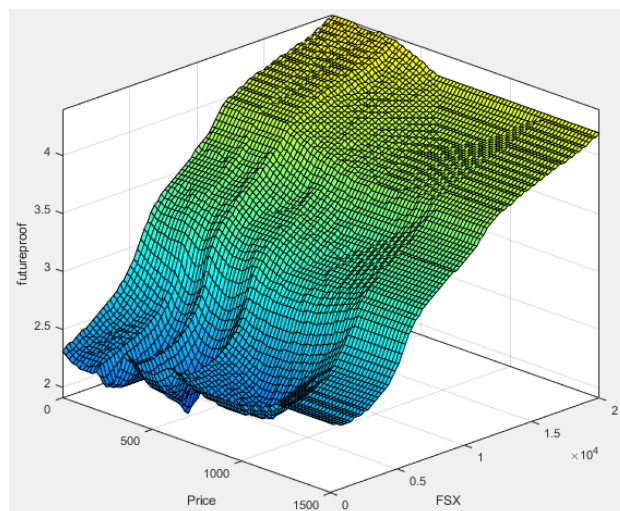
Tranzisztor	FSX	Future proof
Normal	Weak	1
	Good	3
	High	5
	Ultra	5
Good	Weak	2
	Good	3
	High	4
	Ultra	5
Increased	Weak	0
	Good	2
	High	4
	Ultra	5

### 5.3 Tendenciák

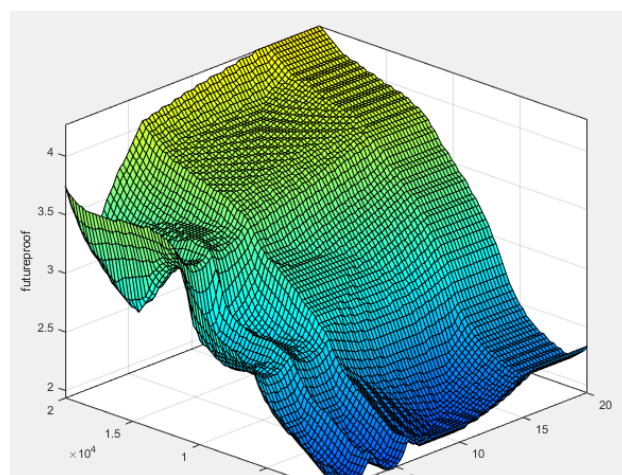
A szabályrendszer alkotta felületek tendenciája tapasztalatainknak megfelelő értéket ad, de a kevés szabály nem fedi le teljesen a dimenziókat. A pontatlansághoz hozzájárul, hogy az egyes tulajdonságok csupán 3-5 szintre vannak osztva.



9. ábra TDP és FP32 kapcsolata



10. ábra Ár és FSX kapcsolata



11. ábra FSX és RAM kapcsolata



## 6 ESETTANULMÁNY

A fenti modell alkalmazhatóságának szemléltetésére néhány videokártya jellemzőit foglaltam össze az alábbi táblázatban.

A leggyengébb modell (R7 240) értékelése is viszonylag távol marad a 0-tól, mivel alacsony ára és fogyasztása erős pozitívumnak számítanak a rendszerben.

A GTX 1050 egy modernebb alsó kategóriás videokártya, teljesítménye jóval meghaladja az R7 240-ét, ára és fogyasztása továbbra is kedvező, azonban messze elmarad a csúcskategóriás vezérlők képességeitől.

Az R9 295x2 egy elavult, megjelenésekor csúcskategóriás modell, amit az ára is tükrözött. Az architektúra hiányosságai miatt azonban számítási teljesítményét a modern videokártyák az R9 295x2 500 Wattos villamos teljesítményének töredékével képesek elérni. Ára és fogyasztása jelentősen ellensúlyozza a számítási teljesítményét.

Az RTX 2080 ti az egyik legmodernebb grafikus vezérlő, közepes fogyasztás mellett kimagasló számítási teljesítményt nyújt. Az értékelésén ront a magas ára, az első két modellhez viszonyítva magas fogyasztása, továbbá nagyobb memória-kapacitású modellek is elérhetőek a piacon.

Az RX 5700 xt egy modern középkategóriás videokártya. Számítási teljesítményének hiányosságait ellensúlyozza a viszonylag alacsony ára, jó memória-kapacitása és moderált fogyasztása.

A rendszer megfelelően rangsorolja a modelleket. Maximális értékelést valóságos inputra nem kapunk, hiszen a számítási teljesítmény növekedése magával vonja az ár emelkedését is, gyakran az elektromos fogyasztással együtt, mérsékelve a rendszer által kiszámított értékelést.

## 7 FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Teljes szabályrendszer felépítésével jelentősen javítható a rendszer precizitása. Jelenleg a legfontosabb, legalapvetőbb összefüggések alapján működik. Több tulajdonság felvételével, illetve a tulajdonságok között több összefüggés felírásával kifinomultabb eredményt adna.

Alkalmazási célnak megfelelően bővíthető a tulajdonságok listája.

A szabályok súlyozásával hangolható az egyes szabályok és tulajdonságok hatása a végeredményre.

Átalakítható a rendszer tetszőleges tárgyak osztályozására. Releváns tulajdonságok kigyűjtése után valamennyiben fokozatokat kell megállapítani, majd összefüggéseket keresni két vagy több tulajdonság között, melyeknek együttesen is van valamilyen hatása a tárgyak alkalmasságára. Majd ezek kombinációval igény szerint súlyozott szabályok hozhatók létre.

## 8 ÖSSZEFOGLALÁS

Egy olyan összehasonlítási probléma precíz megoldása volt a célunk, mely nehezen számszerűsíthető értékekkel, illetve eredményekkel dolgozik. Ilyen típusú rendszerekben, ahogy a fentiekben is láthattuk, a fuzzy modellek nyújthatnak megoldást. A bemutatott rendszerrel teljes mértékben kiküszöbölhető vele a döntési folyamatot esetenként megnehezítő elfogultság valamilyen tulajdonság irányába, legyen az a termék gyártója, ára, vagy egy bizonyos alkalmazásban nyújtott teljesítmény. A rendszer finomhangolható az aktuális elvárásoknak

megfelelően, bővíthető egyéb tulajdonságokkal, valamint átalakítható más tárgyak összehasonlításához. Az eredmények jól használhatók nem csak videokártyák, hanem megegyező kategóriába tartozó tárgyak rangsorolására is.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és a Magyar Fuzzy Társaság támogatásával készült.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Tóthné Dr. Laufer Edit, Fuzzy Rendszerek Mérnöki Alkalmazása, Óbudai Egyetem, 2019
- [2] Reiji Suda, Da Qu Ren, Accurate Measurements and Precise Modeling of Power Dissipation of CUDA Kernels toward Power Optimized High Performance CPU-GPU Computing, Institute of Electrical and Electronics Engineers 2009
- [3] John Y. Chen, GPU technology trends and future requirements, Institute of Electrical and Electronics Engineers 2009
- [4] Paulius Micikevicius, GPU Performance Analysis and Optimization, NVIDIA GPU Technology Conference 2012/hu/tartalom/tkt/fuzzy-rendszerek-fuzzy/adatok.html [Febr 04, 2014]