

BEVEZETÉS A LÁGY SZÁMÍTÁS MÓDSZEREIBE

VILLANYMOTOR SZABÁLYOZÓ RENDSZER

Stumpf Márton

FEMN2V

A probléma

A probléma forrása nem kitalált, a probléma leírása és a lehetséges megoldás azonban saját ötlet.

A Forma-1 az autóversenyzés királykategóriája, csúcstechnikák köröznek a pályákon minden második hétvégén. A versenyek azonban többnyire unalmasak, kiszámíthatók. A leggyorsabb autó nyeri a futamokat, nem pedig a legjobb pilóta. A versenyzői képességek háttérbe szorulnak. Legutóbb 1995-ben volt arra precedens, hogy nem a leggyorsabb autó pilótája, hanem a legtehetségesebb pilóta nyerte év végén a bajnokságot, ő Michael Schumacher volt, aki lényegében egy vezethetetlen Benettonnal nyerte meg második világbajnoki címét. Természetesen az a csapat megérdemli a konstruktóri címet, ahol a mérnöki brigád előáll egy olyan megoldással, ami körönként 4-5 tized másodperccel előnyt jelent a többi csapattal szemben, azonban ez minden izgalmat nélkülöző futamot eredményez.

A tulajdonosok folyamatosan próbálkoznak egy költségvetési sapka bevezetésével, remélve a költségvetési különbségek amennyiben minimalizálódnak a csapatok közt, az kiegyenlítettebb mezőnyt eredményez. Ez azonban nehezen keresztülvihető ötlet, hiszen a nagy csapatok (Mercedes, Ferrari, Red Bull, McLaren) elvetik a tervet, lényegében kifogyhatatlan anyagi forrásokkal rendelkeznek, amit igyekeznek ki is aknázni, így nem érdekük, hogy olcsóbb és szorosabb legyen a sport.

Annak érdekében, hogy a néző látványosabb show-t kapjon 2010-ben bevezették az állítható hátsószárnyat, amit aktiválva, az egyenesekben kisebb leszorítóerőt, ezáltal nagyobb sebességet eredményez a hátul haladó számára. Ettől várták, hogy a hátul haladó nyitva a szárnyat előzési pozícióba kerül, a futamok izgalmasabbak lesznek.

2014-ben nagy szabálymódosításon esett át a sportág. Kisebb, ugyanakkor turbófeltöltős benzinmotorok kerültek bevezetésre a korábbi befecskendezős motorok helyett. Mellettük villanymotorok üzemelnek, amik az energiát olyan akkumulátorokból kapják, ami kinetikus- és hőenergia visszanyeréséből szereznek. Becslések szerint az energiavisszanyerő rendszerek teljesítménye 160-200 LE. A turbó-hibridkorszak nem hozott izgalmasabb futamokat.

A megoldásom

Úgy vélem, hogy egy szorosabb mezőnyt úgy lehetne kialakítani, ha korlátoznánk a villanymotorban rejlő erő felhasználását a pozíció függvényében. Azaz az elől haladó nem

használhatja vagy csak alig, a mezőny végén kullogó versenyző pedig a padlógáz szakaszok nagy részében. Egy hosszabb versenypályán ez az első az utolsó között, akár 50-60 másodpercig tartó 200 lóerőbeli különbség is lehet. Így elkerülhető a mezőny szétszakadása, ami előzéseket és váratlan forgatókönyveket is eredményezhetne.

Ahhoz, hogy a villanymotorok üzemidejét körönként meg tudjuk határozni, minden kör legelején tisztában kell lenni az adott versenyző helyezésével, meg kell azt határozni. A szombati időmérő edzés a köridőt adja meg, emellett még figyelembe kell venni, hogy a köridő hány százalékát töltik padlógázon a versenyzők. Ezek függvényében meghatározható a versenyző rendelkezésére álló villanymotor üzemidő.

A modell jól leírható fuzzy halmazokkal, emellett vezérlő/irányítórendszerek könnyen megvalósíthatók fuzzy-logikával. A bemeneti adatok numerikusak, amit az érzékelő, mérőberendezés részéről. A vezérlés szintén numerikus adatokkal történik. Fontos a folyamatos érzékelés. Ezen okok miatt választottam a fuzzy logikát.

A modell

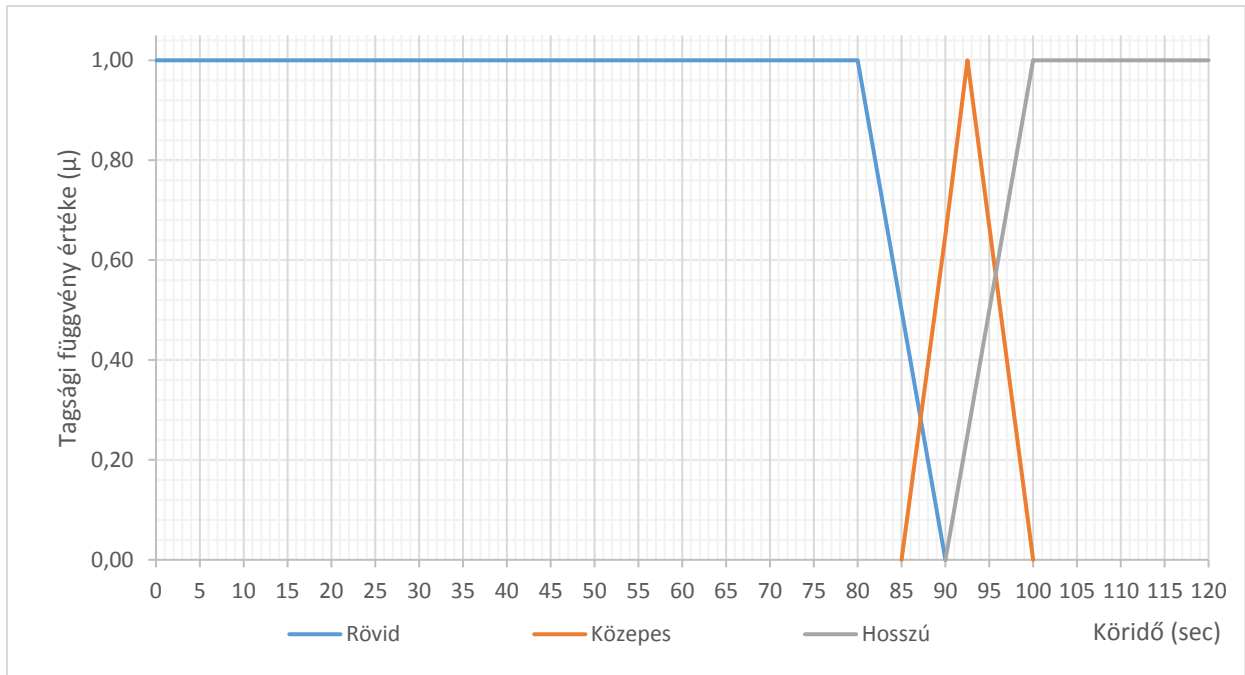
Három bemenet szükséges. Azonban nem mindhárom érzékelő működik egyidőben. Működési időt tekintve két csoportba sorolhatók:

- Időmérős érzékelők
 - Köridő: Folyamatosan mérésre kerül a köridő és a leggyorsabb kör ideje a nap végén a memóriába íródik. Három nyelvi változó alkotja a fuzzy alaphalmazt:
 - rövid: 0-90 másodperc, trapéz alakú, 80-ig a tagsági függvény értéke 1.
 - közepes: 85-105 másodperc, háromszög alakú
 - hosszú: 90-120, trapéz alakú 100-tól a tagsági fgv. értéke 1.
 - Padlógázon töltött idő: az érzékelő folyamatosan monitorozza, hogy a pilóta mikor áll padlógázon, a kör végén pedig összesíti, hogy ez a kör hány százalékát teszi ki. Négy nyelvi változó írja le:
 - rövid: 0-30%, háromszög alakú a fuzzy halmaz
 - közepes: 25-55%, háromszög alakú halmaz
 - hosszú: 50-80%, háromszög alakú halmaz
 - nagyon hosszú: 75%-tól, háromszög alakú fuzzy halmaz
- Futamon történő érzékelés

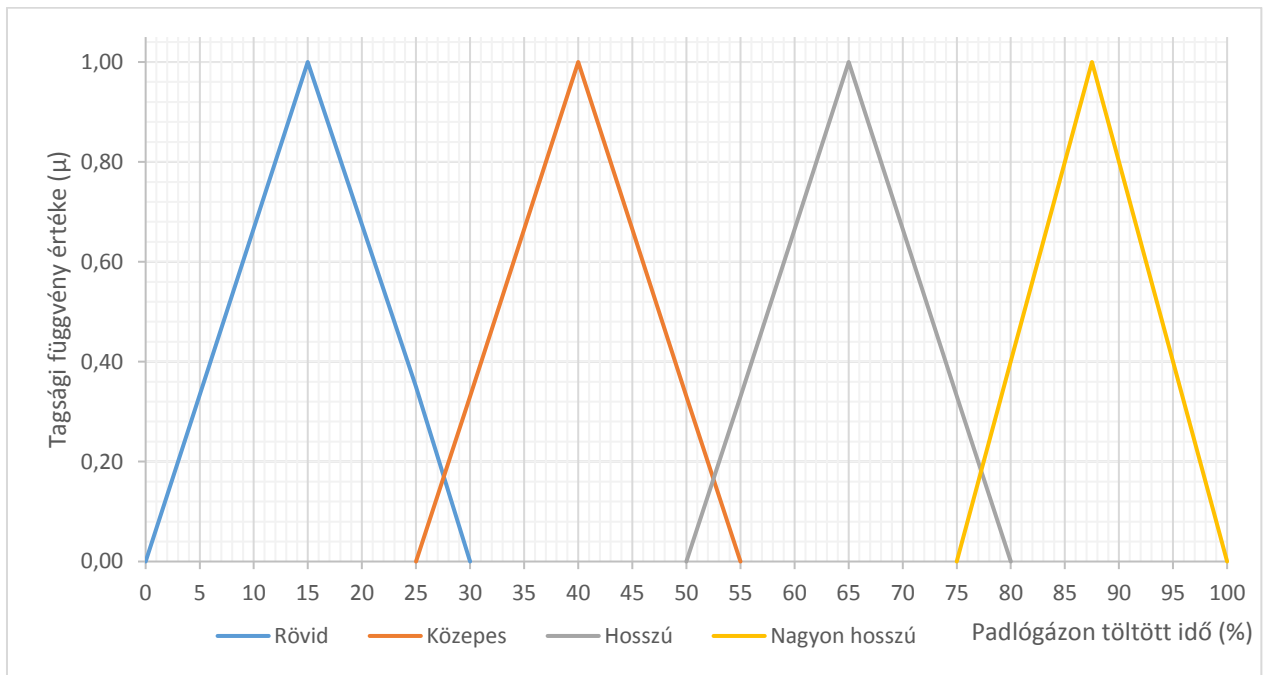
- A pilóta pozíciója: az érzékelés a célvonalon történik, így meg lehet állapítani a pillanatnyi helyezést, ami hatással lesz az adott körre vonatkozó energiafelhasználási időre. Négy nyelvi változóval dolgozunk, az érték az első helytől való eltérést jelöli.
 - dobogós: 0-2 hely. 0-ban 1 a tagsági függvény értéke, 2-ben 0.
 - pontszerző 1-10 hely. háromszög alakú.
 - nem pontszerző 9-17 hely háromszög alakú
 - sereghajtó: 16-19 hely, trapéz alakú, 18-tól a tagsági függvény értéke 1.

Kimenet egy numerikus érték, mely megadja, hogy a pilóta hány másodpercig használhatja szabadon a villanymotort. Ehhez természetesen az akkumulátorokat megfelelően tölteni kell kinetikus- és hőenergiával és az akkumulátornak megfelelő kapacitásúnak kell lennie, ez a problémakör azonban nem az algoritmushoz tartozik. A kimenet három nyelvi változóval írható le

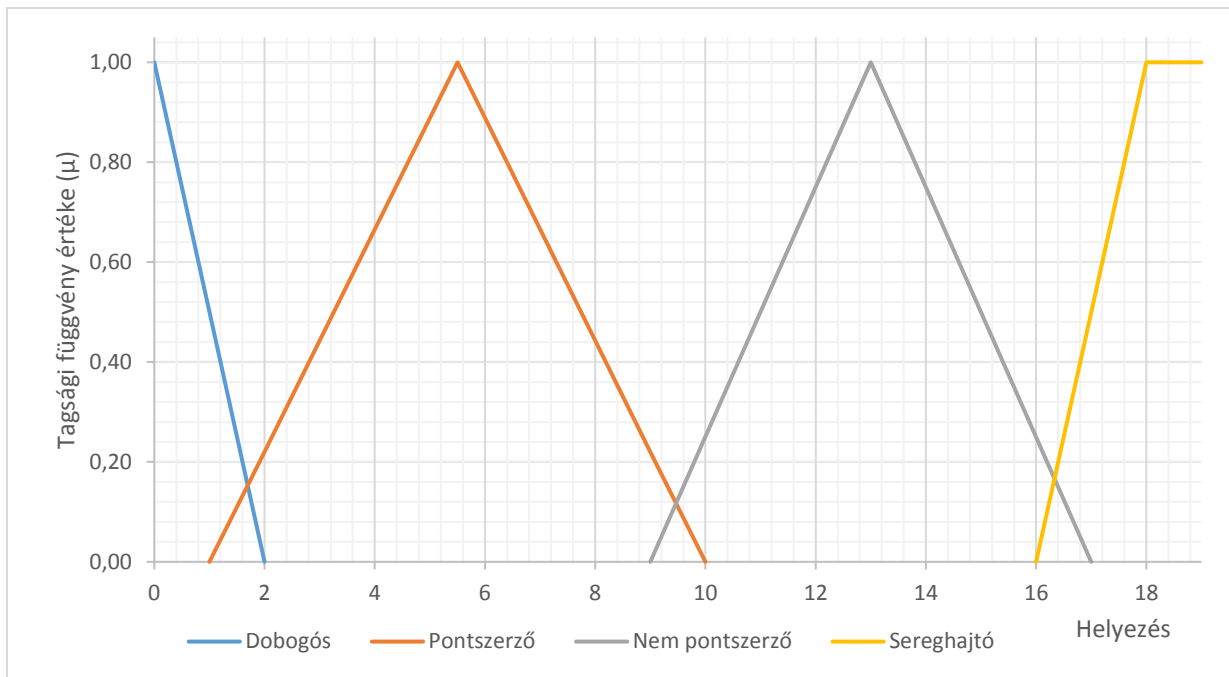
- rövid ideig: 0-8 másodperc, 4-ig a tagsági függvény értéke 1.
- közepes ideig: 4-24 másodperc, háromszög alakú
- hosszú ideig: 20-50 másodperc, háromszög alakú
- nagyon hosszú ideig: 46-60 másodperc, trapéz alakú, 50-től 1 a tagsági függvény értéke.



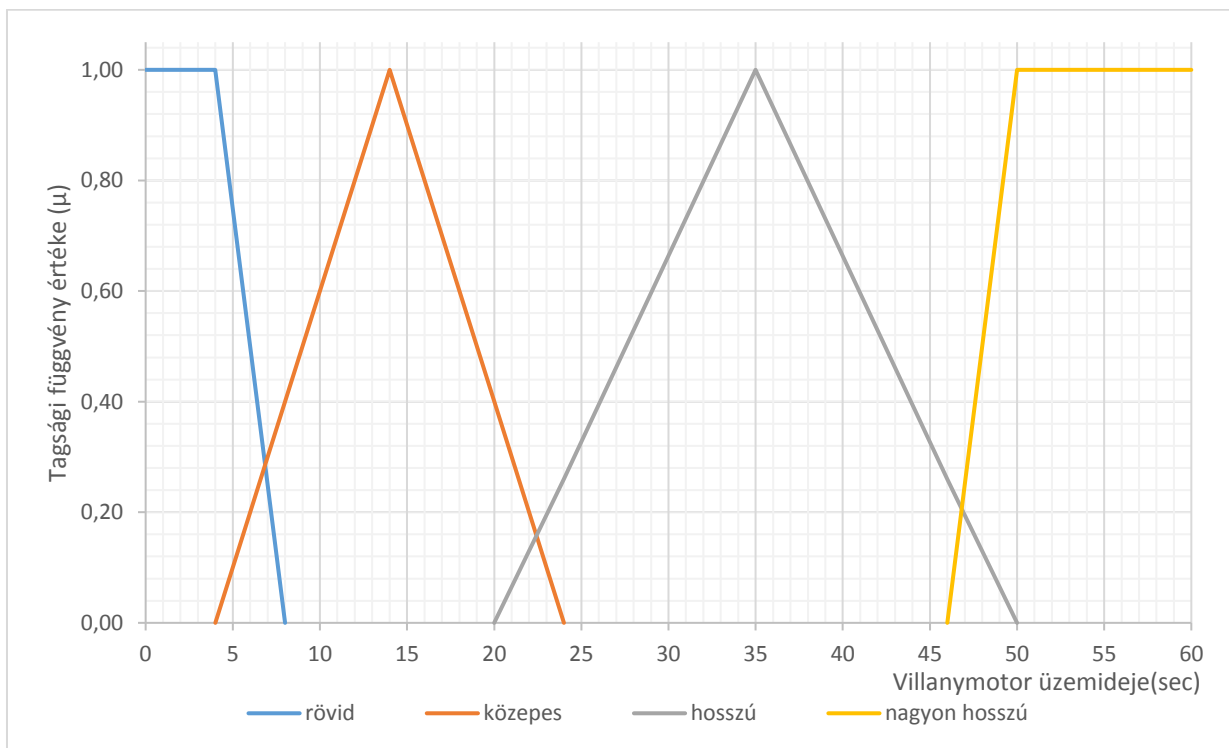
1. ábra - a köridőt ábrázoló alaphalmaz



2. ábra - padlógázon eltöltött idő alaphalmaza



3. ábra - a helyezések alaphalmaza



4. ábra - villanymotor üzemidejének alaphalmaza

Szabálybázis

1. HA (a körítő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort rövid ideig használhatja.

2. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort rövid ideig használhatja.
3. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
4. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
5. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort rövid ideig használhatja.
6. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
7. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
8. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
9. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort rövid ideig használhatja.
10. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
11. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
12. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort nagyon hosszú ideig használhatja.
13. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort rövid ideig használhatja.
14. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
15. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
16. HA (a köridő rövid ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort nagyon hosszú ideig használhatja.
17. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort rövid ideig használhatja.
18. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.

19. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
20. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
21. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort rövid ideig használhatja.
22. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
23. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
24. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
25. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort rövid ideig használhatja.
26. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
27. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
28. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort nagyon hosszú ideig használhatja.
29. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
30. HA (a köridő közepes ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
31. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
32. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort nagyon hosszú ideig használhatja.
33. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
34. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
35. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.

36. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő rövid ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort nagyon hosszú ideig használhatja.
37. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
38. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
39. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
40. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő közepes ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort nagyon hosszú ideig használhatja.
41. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort közepes ideig használhatja.
42. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
43. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort nagyon hosszú ideig használhatja.
44. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort nagyon hosszú ideig használhatja.
45. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta dobogós helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
46. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.
47. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta nem pontszerző helyen áll), AKKOR a villanymotort nagyon hosszú ideig használhatja.
48. HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő nagyon hosszú ÉS a pilóta sereghajtó helyen áll), AKKOR a villanymotort nagyon hosszú ideig használhatja.

Az algoritmusról

Az alaphalmazok előre definiálásra kerültek. Az illeszkedési mértéket kell először meghatározni az időmérő edzésen: a köridőt és a padlógázon töltött időt illetően. Majd a versenyen körönként az aktuális helyezés kapcsán a szabálybázis az aktuális helyezésre vonatkozó értéket a megfigyelés függvényével. Az egyes szabályok illeszkedési mértéke:

$$w_i = \min_{j=1}^n w_{j,i}$$

Az imént meghatározott w_i illeszkedési mértéket konzekvens halmazra alkalmazva megkapjuk a defuzzifikálási súlypontot. Ezek alapján megállapítható a következtetés.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^r w_i f_i(x_1, x_n)}{\sum_{i=1}^r w_i}$$

Ahol y a következtetés, r a szabályok darabszáma. w_i i -edik szabály illeszkedési mértéke. $f_i(x)$ az illeszkedési súlypont.

Példa

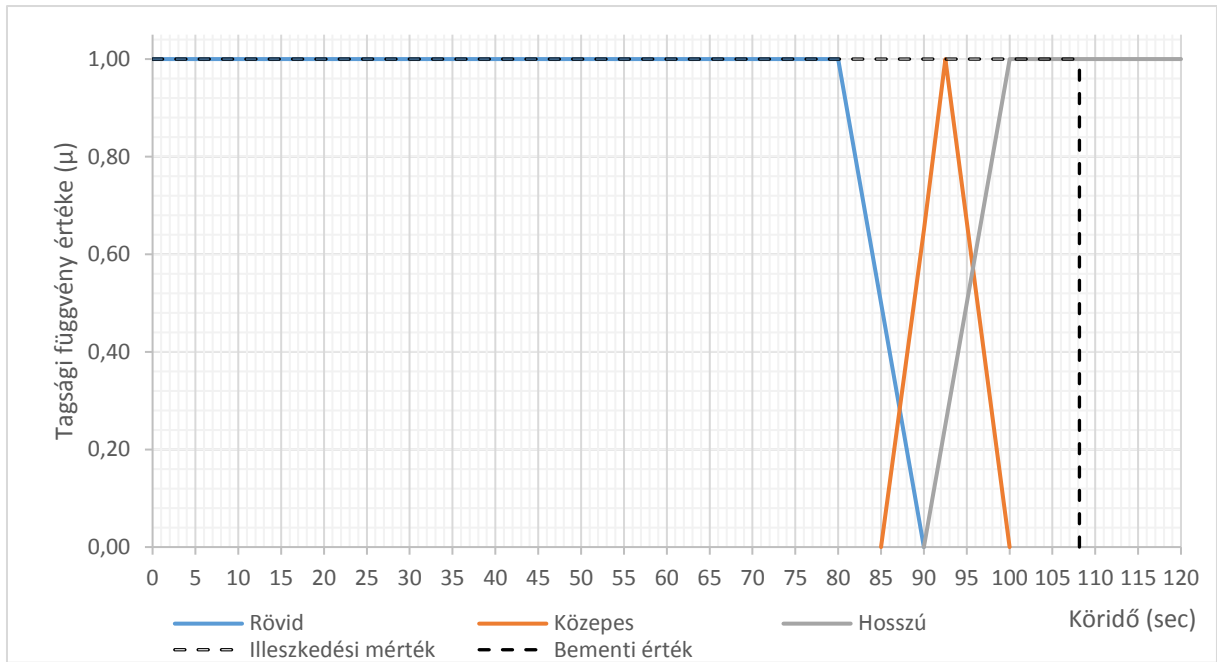
Nézzük, hogy a modell hogyan működik a gyakorlatban. A belga futamon Kimi Räikkönen az ötödik helyen halad, a szombati időmérőm a leggyorsabb kör 1:48:150 idejű volt. Kimi a kör 70%-át teljesítette padlógázon. A következő körben mennyi ideig veheti igénybe az energiavisszanyerő rendszerek hajtotta villanymotor többleteljesítményét?

x_1 bemenet: leggyorsabb kör 1:48:150

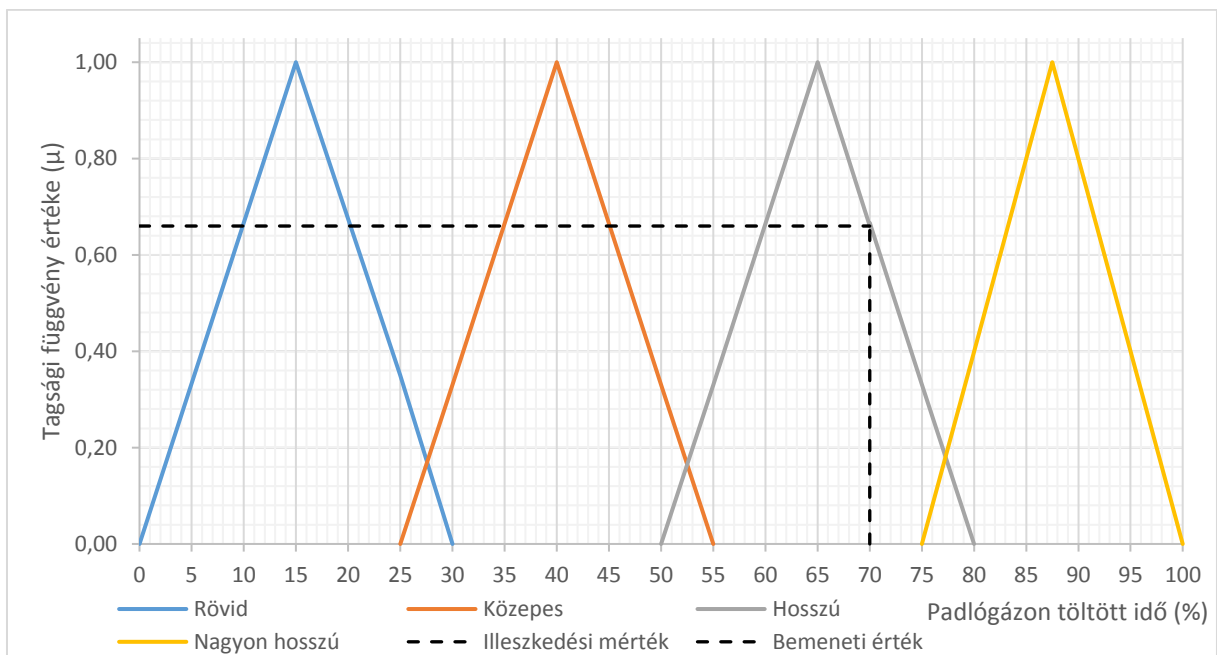
x_2 bemenet: 70% padlógázon

x_3 bemenet: Kimi 5. helyen halad

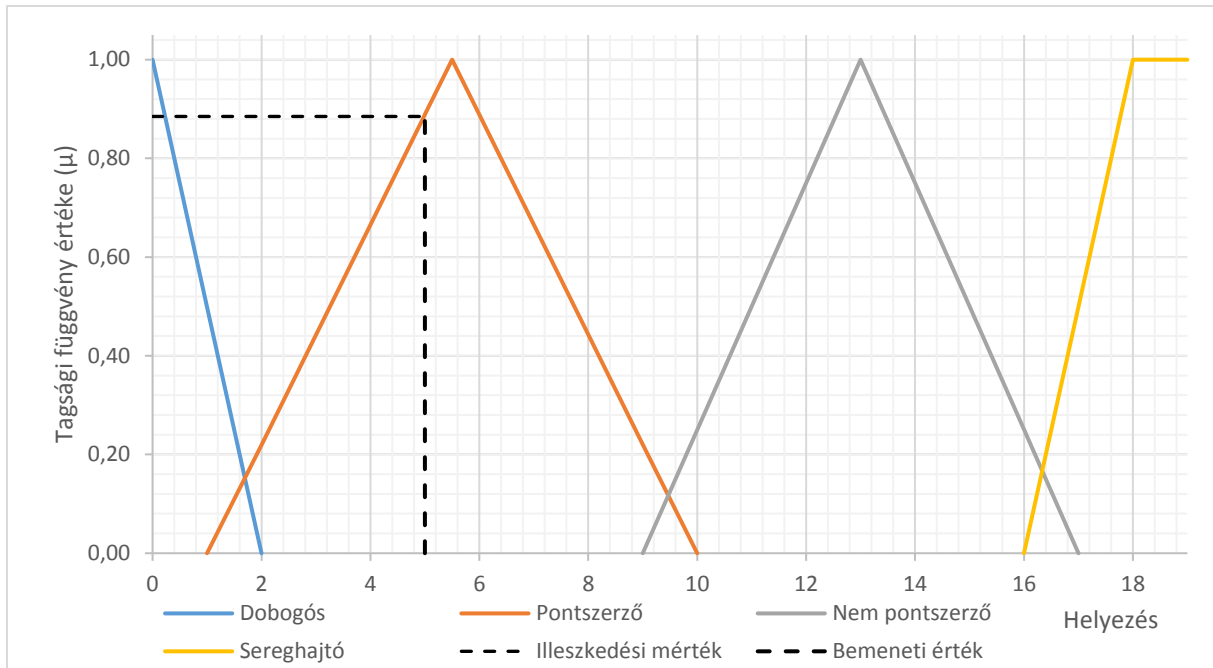
y kimenet: mennyi ideig használhatja a villanymotort



5. ábra - a leggyorsabb kör illeszkedési mértéke



6. ábra - a padlógázon eltöltött idő illeszkedési mértéke



7. ábra - a helyezés illeszkedési mértékének meghatározása

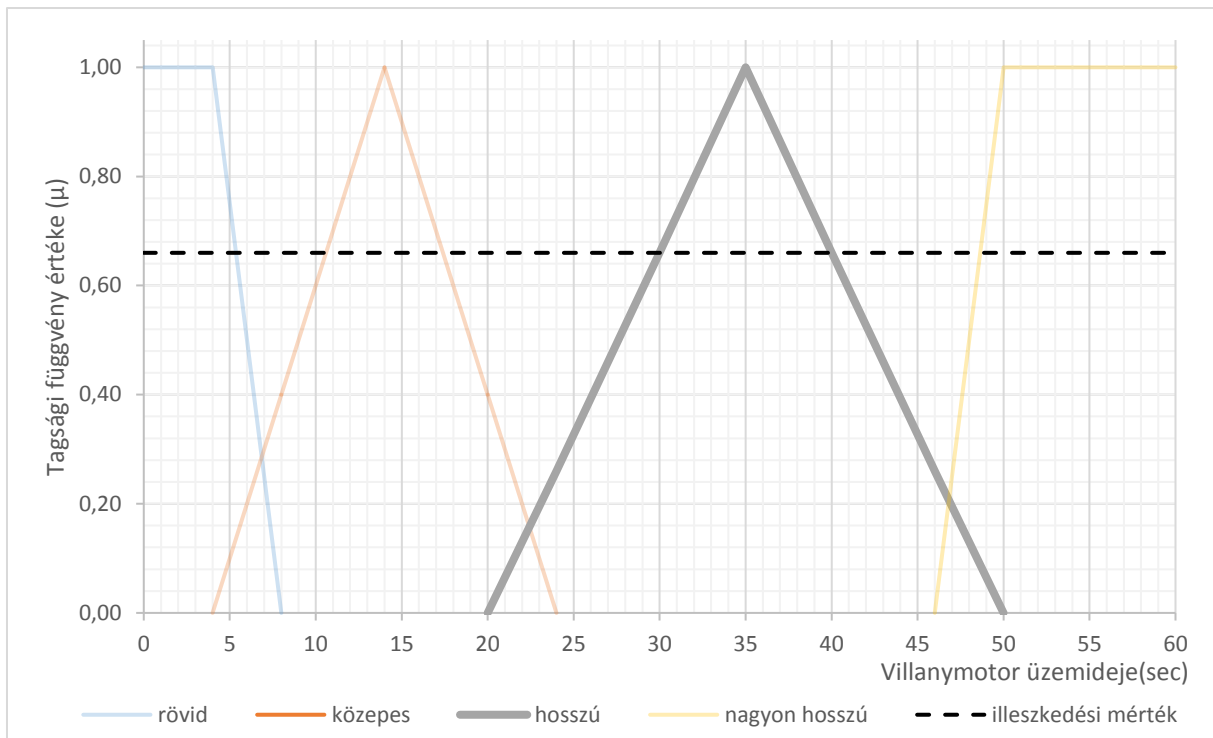
Szabálybázis felhasználása

HA (a köridő hosszú ÉS a padlógázon eltöltött idő hosszú ÉS a pilóta pontszerző helyen áll),
AKKOR a villanymotort hosszú ideig használhatja.

vagyis

HA $\mu_{hosszú}(1)$ ÉS $\mu_{hosszú}(0,66)$ ÉS $\mu_{pontszerző}(0,88) \rightarrow \mu_{hosszú}(\text{villanymotor})$

min = 0,66



8. ábra - konzekvenciához is függvényt használtam

Az ábráról egyértelműen leolvasható, hogy a súly 35 lesz.

Már csak ki kell számolni a villanymotor üzemidejét

$$t_{villanymotor} = \frac{0,66 * 35}{0,66} = 35 \text{ sec}$$

A modell tehát működőképesnek bizonyult.