

Öntözőrendszer vezérlés fuzzy logikával

Hegedűs Martin Tibor

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország
s8x0cu@stud.uni-obuda.hu

Összefoglalás — Jelen cikk megvizsgálja a fuzzy logika alkalmazási lehetőségeit az automata öntözőrendszerek esetében, ehhez röviden ismerteti a jelenlegi technológiákat, eljárásokat, ezek fontosabb előnyeit és hátrányait. Továbbá megvizsgálja az automatika alkalmazásának nehézségeit, ezekre megoldást kínál egy fuzzy logika alapú öntözésvezérlő modell tervezésével és megvalósításával, illetve továbbfejlesztési lehetőségeket is ajánl a cikk végén.

Kulcsszavak: fuzzy, fuzzy rendszer, öntözés, öntözőrendszer, locsolás, locsolórendszer

1 BEVEZETÉS

A kertben a gyep, valamint a virágok, bokrok és fák megfelelő öntözése elengedhetetlen ahhoz, hogy egészségesek és szépek legyenek a növények. Ehhez azonban körütekintően kell végezni az öntözésüket, nem elég csak úgy nagyjából meglocsolni őket. Erre a feladatra egy öntözőrendszer telepítése ideális választás, amennyiben a helyi igényekhez és körülményeknek megfelelően van megtervezve. A szakirodalomban több megoldás is található, ezek közül a következőkben a gyakrabban használtakat fogom kifejezni:

A kézi öntözés időigényes, azonban ha odafigyelünk, akkor a legnagyobb vízmegtakarítás érhető el, ugyanis az egyszerre locsolt terület meglehetősen kicsi, így a kilocsolt vízmennyiséget jól lehet szabályozni. Továbbá mivel az öntözés közben aktívan figyeljük azt, így azonnal tudunk reagálni, amikor egy területre már elegendő vizet juttattunk ki. A kézi locsolás történhet közönséges locsolócsővel („slaggal”), vagy a cső végére csatlakoztatható kézi locsolófejjel is. Utóbbi előnye, hogy a vizet jobban szétszórja, ezzel kevésbé terheli a fűvet, illetve kevésbé mossa el a földet.

Automata öntözővel (pl köreszétetével, impulzus szeletoesztetével vagy négyszögösztetével) a gyep locsolása jóval kevesebb időt igényel a felhasználótól, mivel az öntözés nagy részében az automatikus esztető végzi a locsolást. Azonban a kert gyakran nagyobb, mint amekkora területet lefednek ezek az esztetők, így 15-60 percnként át kell helyezni őket. Ezenkívül elindítani és leállítani is manuálisan kell őket.

A beavatkozás- és felügyeletmentes megoldás az automatikus öntözőrendszer telepítése, amely a föld szintjéből kiemelkedő szórófejekkel végzi az öntözést, közben ezeket egy automatikus vezérlő kapcsolja be és ki a beállított program alapján. Ez a megoldás jelentősen költségesebb (százazres nagyságrend, a pár ezer forintos kézi/félautomata locsolókészülékekhez képest), azonban nagy területekre vagy az emberi beavatkozás/felügyelet lehetőségének hiányában (pl. füvesített közterekenél, parkoknál) nincs más megoldás, mint a teljesen automata

öntözőrendszer telepítése. Azonban ez a megoldás nyújtja a legjobb és legegyszerűsebb gyepminőséget is.

Az ültetett gyep, valamint a többi növény a talajból szívja fel a nekik szükséges vizet, illetve a táp- és ásványi anyagokat, amelyeket vissza kell táplálni a talajba. A táp- és ásványi anyagokat elegendő az ültetés közben kiegészíteni, mivel a különböző földalatti állapotok és más növények az évek során folyamatosan visszapótolják a felhasznált tápanyagokat. Azonban a vizet legalább heti, de gyakran heti 2–5 alkalommal is pótolni kell, ugyanis a főleg egyrészt elszivárog a talaj mélyebb rétegeibe, másrészt elfolyhat az alacsonyabban fekvő területekre. Nem őshonos növények esetén csak az esőre támaszkodni nem lehet, mivel ezen növények vízigénye eltér az adott terület természetes csapadékmennyiségétől, nagyobb szárazságok esetén kiszáradhatnak. [1, 2]

A vezérlés megvalósítására a szakirodalomban több módszer is található. Megoldás lehet a cikkben is választott fuzzy logika alapú módszer, ahol a bemenetek kiértékelése – és ezzel az öntözőrendszer vezérlése – fuzzy logika segítségével történik. Másik megoldás lehet a mesterséges intelligencia használata, ahol a bejövő adatokat egy neurális háló dolgozza fel, és ebből állapítja meg a szükséges kimeneti értékeket. [3, 4]

Jelen cikkben a korábban említett ültetett növények vízigényét fogom megbecsülni, és ehhez kiszámolni a szükséges öntözési időt, hogy elérjük a talaj ideális nedvességtartamát, és ezzel a növényeknek a megfelelő mennyiségű vizet biztosítsuk.

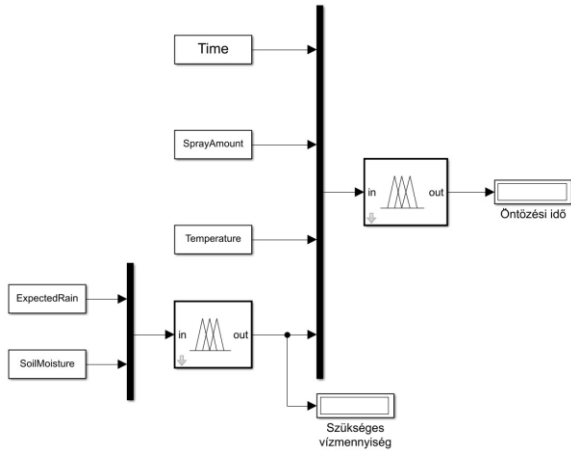
2 FUZZY MODELL

2.1 A rendszer felépítése

A modell célja meghatározni az alább sorolt bemeneti paraméterekből a szükséges vízmennyiség kijuttatásához szükséges időt. Ehhez hierarchikus modellt alkalmaztam, ugyanis ha az összes bemenetet egy rendszerre kapcsolom, a szabályok száma elérte volna az ezres nagyságrendet, amely rendszer komplexitását és ezáltal számításigényét is jelentősen megnöveli.

A rendszer felépítését az 1. ábra szemlélteti.

A modell 2 alegységből épül fel. Az első egység feladata kiszámolni a szükséges vízmennyiséget a talaj nedvességéből és a várható csapadékból. Az 1. táblázat összefoglalja, hogy a két bemenetből milyen módon keletkezik a „Szükséges vízmennyiség” kimenet.



1. ábra: A teljes modell simulinakban felépítése

1. táblázat: A talaj nedvessége és a várható csapadék logikai kapcsolata

		Várható csapadék			
		semmi	szitál	esik	zuhog
Talaj nedvessége	száraz	sok	valamennyi	kevés	semmi
	nyirkos	valamennyi	kevés	semmi	semmi
	nedves	kevés	semmi	semmi	semmi
	átázott	semmi	semmi	semmi	semmi

A második egység feladata meghatározni a locsolási időt a 2.3. bekezdésben sorolt bemenetből, illetve a fentebb említett egység kimenetéből. Mivel ez az egység 300 szabályt tartalmaz, jelen cikkbe nem tudom beilleszteni, azonban a működésének logikáját a következő pszeudokód írja le:

```
inputs: time, amount, temp, water
if time == 1 or time == 5:
    return max(round(
        ((water+5) - (amount+1)) / 2
    ), 0) + 1
elseif time == 3 and temp == 3:
    return max(round(
        (water-1) - (amount-1) / 4
    ), 1)
else:
    return 1
```

Fontos szempont, hogy az öntözésnek csak éjjel illetve délben van értelme, a többi időpontban nem lenne jó a hatásfoka. Ebből kifolyólag ha éjjel van, akkor alapos öntözést végzünk, hosszasan, jól átáztatva a talajt:

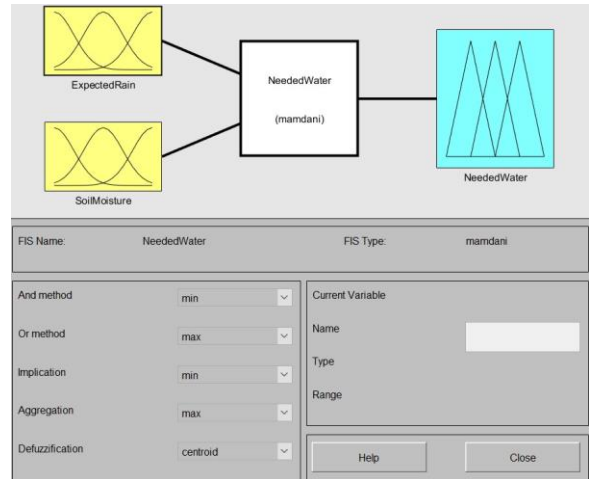
$$((water+5) - (amount+1)) / 2$$

Délben pedig csak akkor kell „lehűteni” a gyept, amikor nagyon meleg van, így itt csak pár percre kapcsoljuk be az öntözőrendszert:

$$(water-1) - (amount-1) / 4$$

2.2 Szükséges vízmennyiség meghatározása

A szükséges vízmennyiség meghatározására szolgáló alrendszer felépítését a 2. ábra szemlélteti.

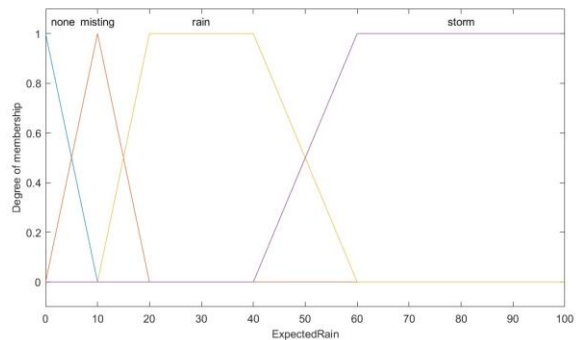


2. ábra: A szükséges vízmennyiséget meghatározó fuzzy logika

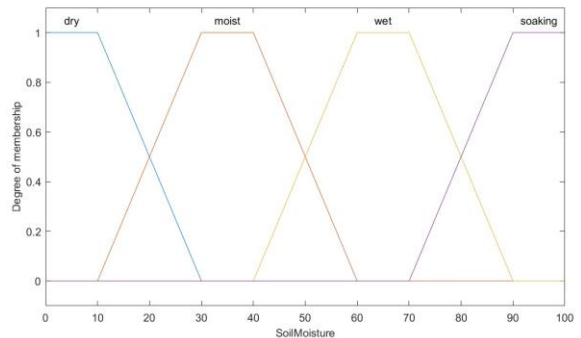
2.2.1 Bemenetek

Várható csapadék (ExpectedRain): A meteorológia szerint előrejelzett várható csapadék mennyisége milliméterben az adott napra. Értéke változhat napközben is. Célja a vízpazarlás csökkentése eső esetén.

Talajnedvesség (SoilMoisture): Egy vagy több nedvességmérő szenzor segítségével mért pillanatnyi talajnedvesség, százalékban kifejezve (ahol 0% a teljesen száraz talaj, 100% amikor már nem tud több vizet felvenni). A növények vízigényének meghatározására ezen bemenet a felelős, így a rendszer az épp aktuális igényekhez tud alkalmazkodni.



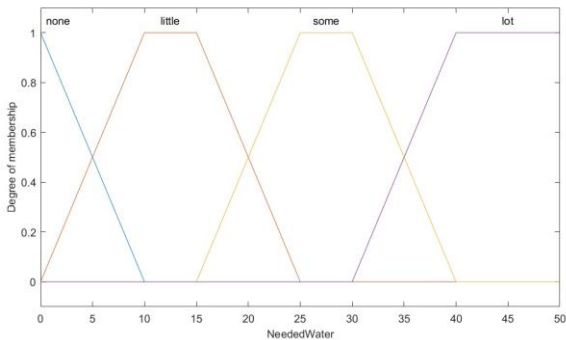
3. ábra: A várható csapadék tagsági függvényei



4. ábra: A szükséges vízmennyiség tagsági függvényei

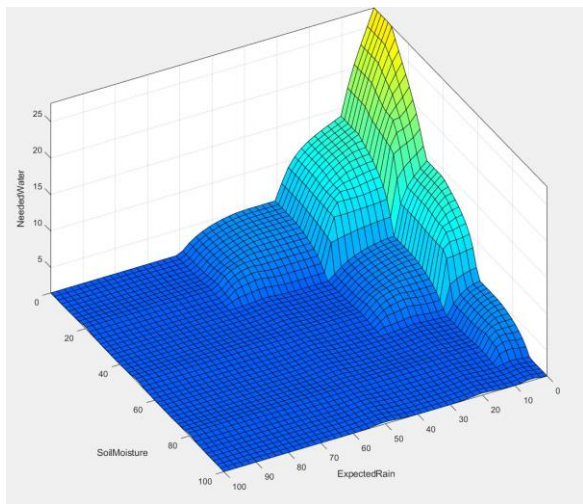
2.2.2 Kimenet

Szükséges vízmennyiség (NeededWater): A jelenleg szükséges vízmennyiség mm-ben kifejezve. Értékétől függ az éjszaka illetve délben kilocsolt víz mennyisége.



5. ábra: A szükséges vízmennyiség tagsági függvényei

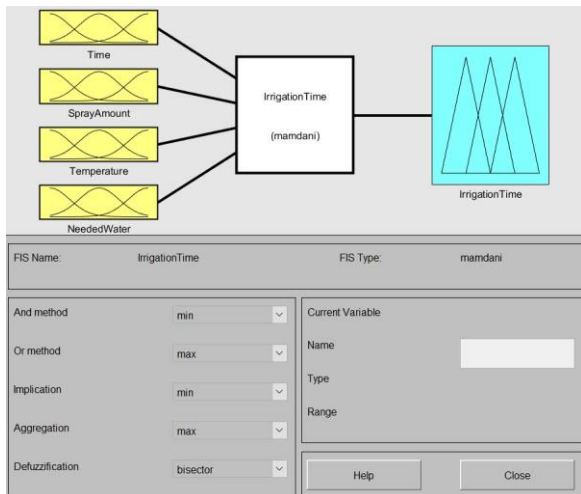
Az alrendszer által képezett kimeneti felület a 6. ábrán látható.



6. ábra: A szükséges vízmennyiség a két bemenet függvényében

2.3 Öntözési idő meghatározása

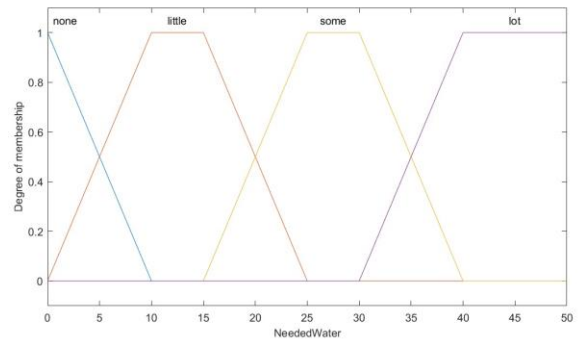
Az öntözési idő meghatározására szolgáló alrendszer felépítését a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra: Az öntözési időt meghatározó fuzzy logika

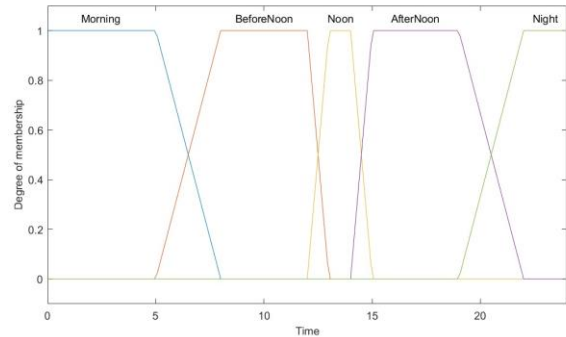
2.3.1 Bemenetek

Szükséges vízmennyiség (NeededWater): A jelenleg szükséges vízmennyiség mm-ben kifejezve. Értékétől függ az éjszaka illetve délben kilocsolt víz mennyisége.



8. ábra: A szükséges vízmennyiség tagsági függvényei

Pillanatnyi idő (Time): A paraméter értéke [0;24] közötti lehet, a pillanatnyi időt adja meg órában, tört számként. 5 trapéz alakú tagsági függvényt tartalmaz, melyek az éjszakai és a déli órák megkülönböztetésére szolgálnak a nap többi részétől. A déli órák körüli függvények meredekebbek, hogy ezen időszak élesebben határolódjon el az éjszakánál, mivel ekkor csak egy rövid időre kell bekapcsolni az öntözést.



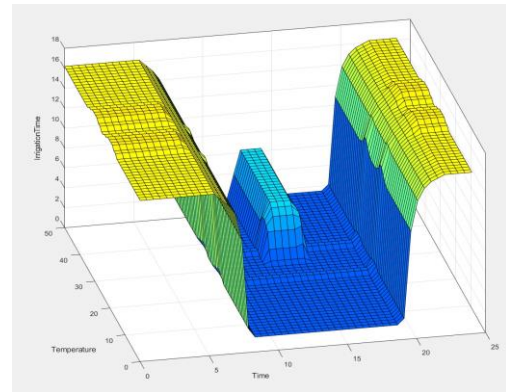
9. ábra: A pillanatnyi idő tagsági függvényei

Kilocsolt vízmennyiség (SprayAmount): A paraméter értéke az adott területre kilocsolt víz mennyisége, milliméterben értelmezve. A rendszer futása alatt értéke konstans marad, csak az öntözőrendszer változtatása esetén és a tavaszi beüzemeléskor kell frissíteni. A frissítése egy egyszerű méréssel történik: kihelyezünk 2-5 egyenes (függőleges) falú edényt vagy poharat az öntözési területre, majd egy ismert időtartamra (célszerű minél hosszabbra, pl 5 vagy 10 percre) bekapcsoljuk az öntözést. Az idő letelte után megmérjük az edényekben összegyűlt vízmennyiség magasságát, azaz hogy hány milliméter került bele. Ezen értékek átlagát vesszük, majd osztjuk a percben értelmezett öntözés időtartamával, így megkapjuk az öntözési teljesítményt mm/min-ben, ez lesz a paraméter értéke.

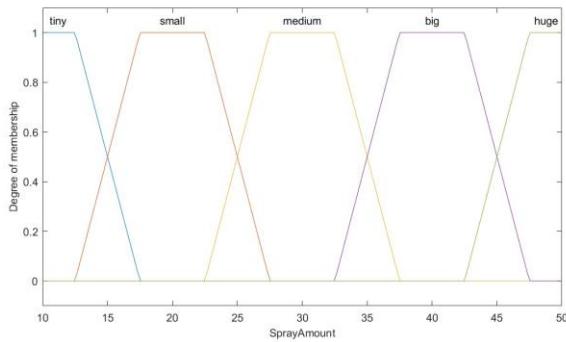
Hőmérséklet (Temperature): A levegő pillanatnyi hőmérséklete árnyékban, az öntözött terület közelében mérve, °C-ban értelmezve. Jelentősége a melegebb időszakban van, ugyanis nyáron a déli nagy kánikulák miatt a gyepek túlhevülhetnek vagy kiszáradhatnak, de ezt egy rövid öntözéssel megakadályozhatjuk. Erre megoldást nyújtva a bemenet feladata meghatározni, hogy kell-e délben „lehűtő” öntözést végezni.

3 AZ ELKÉSZÜLT RENDSZER

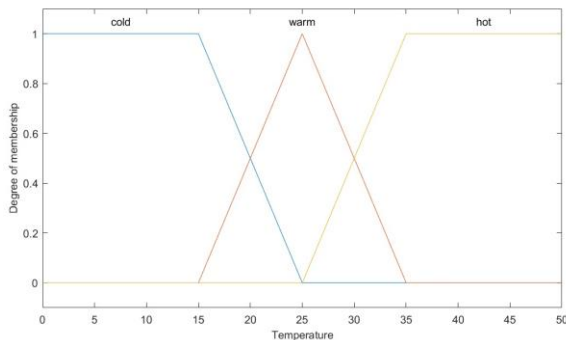
Az alábbi képeken látható az elkészült modell:



14. ábra: Az öntözési idő az Idő és a Hőmérséklet függvényében



10. ábra: A kilocsolt vízmennyiség tagsági függvényei



11. ábra: A hőmérséklet tagsági függvényei

4 ESETTANULMÁNY

A következőkben megvizsgálom néhány kritikusabb esetet, illetve hogy ezen esetekben hogyan viselkedik a modell. Kritikusnak kell tekintenünk azon eseteket, amikor a hőmérséklet nagyon magas ($>30^{\circ}\text{C}$), illetve amikor a talaj nedvessége szélsőséges ($<15\%$ / $>85\%$). A SprayAmount értéket minden esetben 5mm/percnek állítottam be, mivel az öntözőrendszer paraméterei nem változnak meg a normál üzem közben.

A különböző bemenetekre adott kimenetet a 2. táblázat tartalmazza. Az öntözési idők esetében a 4-6 percnél kisebb értékeket 0-nak kell tekinteni, az okáról később írok.

2. táblázat: Az esettanulmány be- és kimenetei

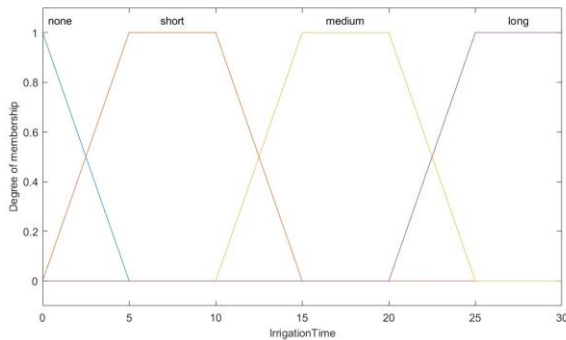
Ssz.	T [h]	SprAmnt [mm/min]	Tmp [°C]	ER [mm]	SM [%]	IT [min]
1	22.0	5.0	27.0	01.3	37.0	15.6
2	22.0	5.0	27.0	14.6	37.0	06.6
3	22.0	5.0	27.0	14.6	74.0	06.6
4	22.0	5.0	18.0	02.7	68.0	06.6
5	22.0	5.0	18.0	18.3	68.0	06.6
6	22.0	5.0	18.0	18.3	23.0	09.3
7	10.0	5.0	27.0	14.6	37.0	01.5
8	10.0	5.0	38.0	14.6	37.0	01.5
9	10.0	5.0	38.0	00.0	37.0	01.5
10	12.5	5.0	27.0	14.6	37.0	01.8
11	12.5	5.0	38.0	14.6	37.0	01.8
12	12.5	5.0	38.0	00.0	37.0	06.3

Az első 6 sorban az esti öntözésre adott viselkedést vizsgáltam. Megfigyelhető, hogy csak akkor locsol a rendszer, ha nincs várható eső és alacsony a talaj nedvességtartalma. Ez megegyezik az elvárt viselkedéssel, mely szerint akkor kell öntözni, ha már száraz a talaj és nem lesz eső se.

A 7-12. sorban a nappal-dél kapcsolatot térképezem fel. Itt a feladat, hogy csak 12 és 13 óra között öntözhet, és akkor is csak ha magas a hőmérséklet és nincs várható eső.

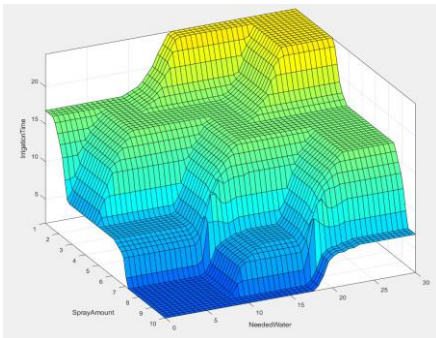
2.3.2 Kimenet

Locsolási idő (IrrigationTime): A rendszer kimenete, az éppen aktuálisan szükséges mennyiségű idő percben értelmezve ahhoz, hogy kielégítsük a növények vízigényét.



12. ábra: A locsolási idő tagsági függvényei

Az alrendszer által képezett kimeneti felület a 13. ábrán látható.



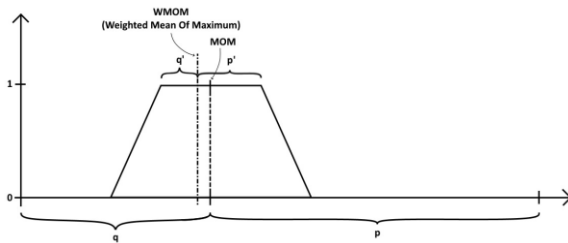
13. ábra: Az öntözési idő a Kilocsolt és a Szükséges vízmennyiség függvényében

Amint az látható, csak a 12. sor bemenetei esetén kezdeményez locsolást, de ekkor is csak egy 6 perceset.

climate region." 2nd international conference on Embedded Systems and Artificial Intelligence (ESAI'21). 2021.

5 TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

A modell az alapvető követelményeknek megfelel, de hatékonysága javítható. A korábban említett hiba (miszerint a 4-6 percnél rövidebb időket 0-nak kell tekinteni) abból származik, hogy a két egységben a defuzzifikációs módszer centroid, de valójában jelen körülmények között egy úgynevezett weighted mean of maximum lenne a célszerű. Ezen módszer lényege, hogy a kimeneti érték nem a maximumok átlaga, hanem a maximumok intervallumának arányos pontja a maximum átlagának a teljes tartománybeli elhelyezkedésével. Egy szemléltető példa látható erre a 15. ábrán.



15. ábra: A WMOM defuzzifikációs módszer

Számítása az (1) képlet segítségével lehetséges.

$$\text{value} = (\max(mf) - \min(mf)) \cdot$$

$$\frac{\max(mf) + \min(mf)}{2} - \min(x) \\ \cdot \frac{(x + \min(mf) \max(x)) + \min(x)}{}$$

Ahol:

- x : a defuzzifikálandó tagsági függvény x tengelye
- mf : a defuzzifikálandó függvény értékei x -nél
- value: a defuzzifikáció eredménye

6 ÖSSZEGZÉS

A modell az alapvető követelményeknek részben felel meg, a bemeneti paraméterek alapján a logika szerint elvárt kimenetet adja. A hatékonyság növelése és a kisebb hibák kiküszöbölése érdekében azonban további értelmezés szükséges, hogy a kimenet ténylegesen továbbítható legyen a vezérlésnek.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Tóthné Dr. Laufer Edit. *Fuzzy rendszerek mérnöki alkalmazása*. Óbudai Egyetem. 2019. (Elérés dátuma 2022. 05. 12.).
- [2] *Efficient irrigation for water conservation: guideline for water efficient urban gardens and landscapes*. Angol. CS10057_10/20 verzió. State of Queensland. 2020. url: https://www.resources.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0010/1463779/efficient-irrigation-guideline.pdf (elérés dátuma 2022. 05. 12.).
- [3] Aydin, Ömer, et al. "An artificial intelligence and Internet of things based automated irrigation system." arXiv preprint arXiv:2104.04076 (2021).
- [4] Mohammed, Benzaouia, et al. "An intelligent irrigation system based on fuzzy logic control: A case study for Moroccan oriental