

AUTONÓM FELSZÍNI JÁRMŰVEK AKKUMULÁTORAI ÜZEMÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA SZIGMOID FÜGGVÉNNYEL

ANALYSIS OF THE BATTERIES OF THE AUTONOMOUS GROUND VEHICLES USING SIGMOID FUNCTION

MENYHÁRT József; SZABOLCSI Róbert

(ORCID: 0000-0001-5541-7565); (ORCID: 0000-0002-2494-3746)

jozsef.menyhart@eng.unideb.hu; szabolcsi.robort@bgk.uni-obuda.hu

Absztrakt

Az autonóm felszíni járművek fedélzetén a leggyakrabban villamos energiát használnak a hajtástechnika, a szenzorrendszerek, a fedélzeti informatikai-, és telekommunikációs rendszerek működtetésére. Az autonóm felszíni járművek fedélzetén a villamosenergia tárolás egyik széles körben alkalmazott eszköze az akkumulátor. Az akkumulátorok helyes üzemeltetésének, töltésének és kisütésének, az akkumulátor műszaki állapotának egyik régről ismert, klasszikus módszere a feszültségmérés. Ez a módszer a feszültségmérés elvét, és azt a módszert használja, hogy a mért feszültségértékeket előre megadott minimum, vagy maximum értékekkel hasonlítjuk össze. A szerzők által javasolt lágyszámítási módszer segítségével az akkumulátorok megfelelő szintű biztonság mellett mélyebben kisüthetők, és nagyobb feszültségre tölthetők, tehát számottevően növekszik az akkumulátorok hatásfoka. A javasolt műszaki állapotbecslés Fuzzy-elvű megközelítésre épül, hiszen egy akkumulátor kicsit mélyebb kisütése, és egy esetleges kicsit nagyobb feszültségre történő feltöltése rendszerint nem eredményezi annak tönkremenetelét.

Kulcsszavak: Autonóm felszíni jármű, MATLAB, Fuzzy logika, szigmoid függvény.

Abstract

Autonomous ground vehicles use mostly electrical energy to activate drive systems, and to supply vehicle sensor systems, onboard electronics and telemetry systems. The electrical energy used is stored into batteries. The batteries technical status, discharging and charging processes are monitored via voltage measurement and control. This maintenance strategy is based on voltage measurement and comparing measured voltages with those voltage levels preliminary defined both for discharging and charging processes. Basic idea of the authors based upon using soft computing methods outlined in the paper allowing to extend possible domain of the lower and upper voltage levels of the batteries simultaneously guaranteeing safety level at the same or at the better level. The proposed method will allow to improve efficiency of the battery maintenance. The method introduced is based on Fuzzy logic, namely sigmoid functions are applied to estimate technical status of the batteries allowing to take into consideration both deep discharging, or, overcharging a bit the batteries with no serious consequences.

Keywords: Autonomous ground vehicle, MATLAB, Fuzzy logic, Sigmoid function

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2017.08.30.
A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2017.11.23.

BEVEZETÉS

A modern járműgyártók egyre inkább az alternatív járműhajtásokat kezdik előnyben részesíteni. A gyárak energiaforrásként a villamos áramot jelölték meg, amelynek felhasználása, és a hozzá kapcsolódós energiatárolók és hajtásrendszerek robbanásszerű fejlődésen mennek keresztül, elég itt csak a Tesla cég járműveire gondolni. A technikai fejlődés mellett fontos megjegyezni, hogy a járművek karbantartásához és üzemeltetéséhez elengedhetetlen a megfelelő infrastruktúra és karbantartási folyamatok fejlesztése is.

Az új hajtásláncok használata szigorú előírásokhoz kötöttek, amelyek megszegése komoly műszaki károkat képes okozni. Fontos megjegyezni, hogy a karbantartást végző személyeknek megfelelő tapasztalattal is rendelkezniük kell. Bizonyos üzemeltetési körülmények között a felhalmozott emberi tapasztalat felülírhatja a gépkönyvekben lévő utasításokat, szabályokat.

A jelenleg nagy népszerűségnek örvendő „Lean” elvek érvényesülése miatt a fentebb írt tapasztalati adatokra való támaszkodás kiemelkedően fontos egy gyár mindennapjaiban. A gyakorlatban léteznek olyan esetek, amikor a vevők igényeinek kiszolgálása felülbírálja a karbantartási és üzemeltetési szabályokat és folyamatokat, tehát a robotok és járművek karbantartása később történik meg, mint az az előírások szerint elvárható lenne. Gondoljunk csak a saját autónkra, amikor a járművet az előírt szerviz intervallumon túl használjuk.

Fontos elvárás, és alapvető követelmény, hogy a járművek fedélzetén alkalmazott villamos energiatároló (akkumulátor) a lehető legnagyobb kapacitással rendelkezzen, hogy a jármű mozgását a lehető leghosszabb ideig biztosítani tudja. Az akkumulátorok optimális kihasználásához egyre összetettebb üzem menedzsment rendszereket fejlesztenek és használnak. Ezek a rendszerek az akkumulátorok paramétereit figyelik, töltés vezérlést végeznek, valamint naplózzák a jármű üzemeltetési adatait. A modern előremutató fejlesztések alapján ezek a rendszerek már különböző, a mesterséges intelligenciához kapcsolódó algoritmust használnak.

A karbantartási stratégiák tervezése során a tapasztalati adatokat fontos figyelembe venni. Ezen tapasztalatok minden esetben az emberi hozzáértésen és szakértelmen alapulnak. A cikk a következő fejezetekből áll: az első fejezetben bemutatjuk az AGV és UGV rendszerek, majd a második fejezetben a Fuzzy logika kerül ismertetésre. A harmadik fejezet a szigmoid függvényeket mutatja be, míg a negyedik fejezet a szigmoid függvények lehetséges alkalmazását vázolja a gyakorlatban, végül következtetéssel és irodalomjegyzékkel zárul a cikk.

AGV ÉS UGV RENDSZEREK

A legtöbb gyárban egyre népszerűbbek a különböző automata anyagmozgató berendezések, amelyek főleg robotokra és önvezető járművekre épülnek. Iyen robotok például az AGV-k (Automated Guided Vehicle). Hasonló robotok nem csak zárt környezetben fordulhatnak elő, hanem a gyárak kapuin kívül is, ahol úgynevezett UGV-ket (Unmanned Ground Vehicle) alkalmaznak. Az AGV és UGV rendszereket külön kell kezelni a gyakorlatban. Felépítésük hasonló, mégsem ugyanazokról az eszközökről van szó [1, 2].

Az 'Unmanned' szó személyzet nélkülit jelent magyarrá fordítva, tehát az Unmanned Ground Vehicle-t személyzetnélküli szárazföldi járműnek lehet fordítani. Ezek a járművek olyan elektro-mechanikus berendezések, amelyek képesek különféle összetett mozgásokra. Mozgásuk előzetes tervezését fejlett szenzorrendszerek segítik, valamint speciális számítógépes hardware-rel és szoftveres formában megjelenő logikai feltételekkel képesek végrehajtani navigációs feladataikat, és elviselni a környezeti behatásokat és változásokat.

A személyzet nélküli rendszerek képesek az előírt feladatot teljesen, vagy annak egy részét önállóan, autonóm módon elvégezni.

Az ilyen jellegű járműveknek több változatát ismerjük, ezeket széles körben alkalmazzák katonai és polgári vonatkozásban egyaránt. (UxV):

- levegő (air): UAV
- vízi: UUV (Unmanned Underwater Vehicles), USV (Unmanned Surface Vehicles)

A fent említett járművek mindegyike tartalmazza a következő részeket:

- mechanikai elemek (hajtás, energiaellátás, alváz, felépítmény stb.)
- elektronika
- rakomány/hasznos teher
- kommunikációs rendszer
- vezérlő
- felhasználói interfész

A felsorolás alapján látható, hogy a járművek vagy robotok közel ugyanazokból az elemekből épülnek fel, érdemi különbséget a feladatuk és azok ellátásának módja között lehet felfedezni.

Az Automatic/Automated Guided Vehicle (AGV) felépítésében és működésében hasonló jeleket mutat, mint UGV-k. Számítógép vezéreltek, kezelő nélküliek, elektromos meghajtásúak és többnyire anyagmozgatásra és logisztikai feladatokra használják őket termelő üzemekben, mint például Milk Run körjáratok. Ezek a robotok valamilyen jelölést vagy felfestést követnek a padlón, vagy optikai navigációt alkalmaznak, esetleg valamilyen mágneses anyagot használnak, hogy a megfelelő pályán végig tudjanak haladni. A viszonylag kötött pálya miatt többnyire ipari környezetben használják őket. Az első AGV-t 1953-ban készítette a Barrett Electronics of Northbrook Illinois-ban az Amerikai Egyesült Államokban. 1973-ban a Volvo a svédországi Kalmar üzemében több mint 280 AGV-t kezdett el használni különböző anyagmozgatási és logisztikai célokra. 1976-ban megjelent az első egységtrakomány szállítására alkalmas AGV.

Használatuk elterjedésének számos okát ismerjük. Monoton, ismétlődő munkákat végeznek, valamint nehéz anyagokat mozgatnak sokkal nagyobb pontossággal, mintha azt gépkezelők vagy logisztikusok végeznék. Fontos megjegyezni, hogy több műszakban is üzemeltethetők, pihenőidő nélkül.

A rendszer felépítését tekintve az könnyen bővíthető, illetve a robotok útvonala könnyen módosítható. Az UGV-vel ellentétben nem távirányítással működnek, hanem előre meghatározott úgynevezett körjáratokon végeznek feladatokat. Ezáltal működésük kiszámíthatóbb, karbantartásuk könnyebben tervezhető. Termelő vállalatoknak ez nagyon fontos, és a napjainkban népszerű Lean termelési filozófia keretein belül kiemelten fontos a kiszámíthatóság, amíg egy ember adott esetben eléggé bizonytalan tud lenni.

AGV-nek több típusát különböztetjük meg:

- Villás
- Vontató
- Egységtrakományos
- Egyéb

Az előre meghatározott útvonaluk számítógép segítségével készül el. Négy különböző módon közlekedhetnek üzemben belül:

- Optikai: színes jelölők
- Huzal: beágyazva a padlóba
- Inercia: giroszkóp, mágnesek segítségével
- Lézer

A termelőüzemek nagy része zárt vagy részben nyitott, ebből kifolyólag az AGV-k meghajtására nem lehet belső égésű motort vagy hibrid rendszereket használni. Az AGV működtetéséhez villamos energiára van szükség, amelyet akkumulátoraiban tárol. AGV-ket manapság már nemcsak az autópálya használ, hanem egyéb más területeken is megfigyelhetők, mint kutatásfejlesztés, egészségügy vagy a repülőtér.

Az 1. ábrán látható AGV egy egységgrakományt szállít. Megfigyelhetők a padlón lévő jelölések, amelyeket mozgása során követ.



1. ábra Automated Guided Vehicle

A FUZZY LOGIKA

A Fuzzy egy angol eredetű szó, amelyet *életlennek*, vagy *homályosnak* lehet fordítani. A Fuzzy logikát a pontatlanság egy fajtájaként is meg lehet közelíteni, amelynek a célja, hogy a túlságosan összetett problémákat, feladatokat egyszerűen lehessen kezelni. Mérnöki vagy műszaki szempontból a Fuzzy logika hatalmas jelentőséggel bír [3, 4].

Sok szakirodalomban a Fuzzy logikát úgynevezett elmosódott halmazok logikájaként lehet megtalálni, ami valójában számos elméletet takar. Számos szakirodalom hivatkozik különböző példára, hogy egyszerűen érthetővé váljon a Fuzzy logika lényege. A leggyakrabban használt példa az úgynevezett Szóritész paradoxon.

A paradoxon egy homok vagy kavics kupacról szól. Ha egy kavicskupacból elveszünk egy kavicsot, attól még az a kupac, kavicskupac marad. Tehát akárhány kavicsot veszünk el, a kavicskupacnak, kavicskupacnak kell lennie. A valóságban viszont ez nem lehetséges, egy bizonyos mennyiség elvétele után már nem beszélhetünk kavicskupacról. Hasonló példa még az úgynevezett kopasz ember paradoxonja is. Egy dús hajú ember nyilvánvalóan nem kopasz. Ha egyenként kihúzzuk a hajszárait, hol lenne az a pont, ahol már kopasz emberről beszélünk? Mindkét paradoxon esetében a lényeg az, hogy a jellegzetességek fokozatosan, apránként változnak vagy tűnnek el. Ebből kifolyólag lesz olyan állítás, amely nem nevezhető igaznak, de ugyanakkor hamisnak sem, mert csak részben igazak. A Fuzzy logika az az eszköz, amely megengedi a részben igaz állításokat.

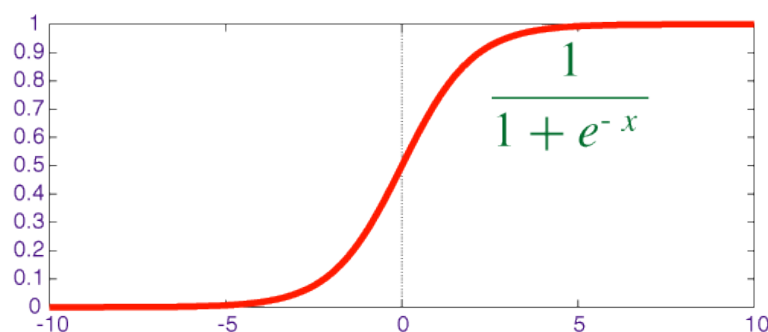
SZIGMOID FÜGGVÉNYEK

A Fuzzy tagsági függvények egy leképezést, vagy leképezéseket valósítanak meg. Ez a leképezés a vizsgált terület alaphalmazbeli (vagy univerzum béli) értékei és a $[0, 1]$ intervallum között történik. A tagsági függvény (μ) feladata, hogy kifejezze, hogy az univerzum béli elem milyen mértékben tartozik egy úgynevezett nyelvi értékkel leírt csoportba. Ilyen vizsgálatra és leírásra alkalmazzák az úgynevezett szigmoid függvényeket.

A szigmoid függvény nem más, mint egy gyűjtőnév, amely az 'S' alakú függvényképpel rendelkező valósértékű, folytonos függvényeket foglalja össze. Az ilyen függvények

jellegzetessége, hogy szimmetriát mutatnak az induló és a megállapodó tartományban, rendelkeznek egy monoton felfutási szakasszal, egy középső lassan változó szakasszal, valamint egy a növekedést megközelítő konstans szakasszal [5, 6].

A felsorolt 3 szakasz egy 'S' betűre hasonlít, mint ahogyan azt 2. ábra szemlélteti.



2. ábra Szigmoid függvény

Bizonyos folyamatokról hiányozhat részletes leírás és információ, ezeket a szigmoid függvény pótolhatja és ábrázolhatja az adott függvényt vagy folyamatot. Nagyon gyakran a szigmoid függvény az úgynevezett logisztikai függvényre utal.

A logisztikus függvények a XX. század folyamán kezdtek el egyre nagyobb népszerűségnek örvendeni, amikor a statisztikai számítások fontos fejlődésen mentek keresztül. Manapság a logisztikus függvényeket inkább neveznénk determinisztikus trendmodell alapfüggvényének. A folyamatokra jellemző, hogy egy bizonyos pontig vagy ideig növekedést mutatnak, majd elérnek egy olyan szakaszt, amikor a növekedés korlátjai érzékeltetik hatásukat, ennek hatására a növekedés csökkenni kezd, és végezetül, egy idő után pedig megközelíti a nullát.

A logisztikus függvény általános alakja [3, 4, 5, 6]:

$$y_t = \frac{k}{1+ae^{-bt}}, \quad (1)$$

$k, a, b > 0$ paraméter eloszlásokkal. Később ettől eltérő paraméterezést is használtak. A különböző paraméterek az (1) függvény más és más tulajdonságait befolyásolják.

A szigmoid függvény általános alakja, amely könnyen alkalmazható Fuzzy függvényekhez [3, 4, 5, 6]:

$$\mu_i(x) = \frac{1}{1+e^{a_i(b_i-x)}} \quad (2)$$

EREDMÉNYEK ÁBRÁZOLÁSA SZIGMOID FÜGGVÉNNYEL

Korábban ismeretes, hogy az akkumulátorok műszaki paramétereinek gyakorlati értékei más mutathatnak, mint a katalógusokban és a gyártói weboldalakon megadottak. A 1. táblázatban egy tetszőleges lítium polymer akkumulátor adatai láthatók.

Kapacitás	90 Ah
OV	2,8-4V
Tömeg	3 kg
Méret	143X61X218

1. táblázat A felső szinthez tartozó igazságértékek értékei (saját szerkesztés)

A feszültség szintek szabályozását minden esetben az úgynevezett BMS (Battery Management System) egység látja el. Gyártói előírások alapján ismert az akkumulátorok működési feszültségtartománya, annak alsó, és felső értéke, amelyek megfelelően hosszú élettartamot és kiváló üzembiztonságot adnak az akkumulátoroknak.

Az akkumulátorok gyakorlati üzemeltetési tapasztalatai azt mutatják, hogy az akkumulátor-üzemeltetés az előirtaktól eltérhet, tehát az akkumulátor akár többlettöltést is felvehet, vagy adott esetben, előfordulhat bizonyos határok között az akkumulátorok mély kisütése is.

A fent vázolt lágyszámítási módszer alkalmazásának szemléltetésére méréseket végeztünk, melynek adatait a 2. táblázat foglalja össze [3, 4, 5, 6]. A táblázat értelemszerűen tartalmazza a mért alsó-, és felső feszültségértékeket, valamint a gyártó által megadott maximális és minimális feszültségértékeket is.

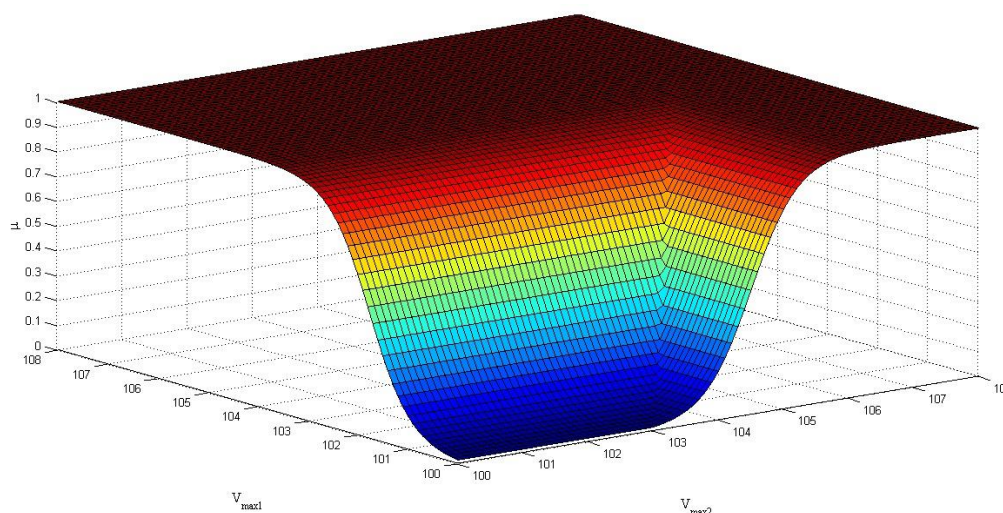
Mérések száma [db]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Felső feszültség értékek [V]	3,6	3,68	3,69	3,7	3,74	3,75	3,781	3,82	3,83	3,833
Gyártó által előirt maximális feszültség [V]	3,55									
Alsó feszültségérték [V]	2,2	2,25	2,283	2,293	2,456	2,534	2,574	2,697	2,713	2,965
Gyártó által előirt minimum feszültségérték [V]	3									

2. táblázat Az előirt és a mért feszültségparaméterek (saját szerkesztés)

Az előző fejezetben ismertetett szigmoid függvény segítségével az akkumulátorok feszültség paraméterei ábrázolhatók MATLAB program segítségével. A 3D-s felületen egyértelműen látszanak a töltési stratégiák közötti különbségek, amelyeket eltérő színek jelölnek. Az ábrázoláshoz alkalmazott képlet a következők:

$$\mu(V_{\max 1}; V_{\max 2}) = \text{MAX} \left(\frac{1}{1 + e^{aV_{\max 1}(bV_{\max 1} - x)}}; \frac{1}{1 + e^{aV_{\max 2}(bV_{\max 2} - x)}} \right) \quad (2)$$

A 3. ábrán 3 tengely látható, x, y és z. A μ értéke a függőleges tengelyen, míg a két vízszintes tengelyen a feszültségértékek olvashatók százalékos értékben. A jobb oldalán az SVM-mel is megvizsgált, míg a baloldalon a csak Fuzzy logikával vizsgált. Az ábrázolt 3D-s grafikonon, ahol a függvények felülete látszik színek is segítik a könnyebb megértést. Üzemeltetési szempontból a piros színnel jelölt területek jelentenek nagy kockázatot, míg a kék színnel jelölt részek nagyfokú megbízhatóságot mutatnak.



3. ábra V_{max1} és V_{max2} igazságértékeinek felülete

A 3D-s grafikonok segítségével az akkumulátorok feszültségértékei ábrázolhatók és a színekkel ellátott grafikon a lehető legjobban tükrözi két töltési stratégia közötti különbséget. Ennek segítségével a szemléltetés egyszerűbb és átláthatóbb, a tapasztalati adatok és becslések könnyebben elhelyezhetők a színes 3D-s felületeken és könnyebb őket értelmezni, mint pusztán számokat.

KÖVETKEZTETÉSEK

A cikk összefoglalja az AGV és UGV rendszerek közötti fontosabb hasonlóságokat és ismerteti az UGV-k felhasználási lehetőségeit különböző helyszíneken, legyen az levegő vagy víz. A harmadik fejezet a Fuzzy logikát ismerteti és annak felhasználását, majd a következő fejezet a szigmoid függvényekkel foglalkozik. A Következtetések fejezet előtt pedig a szigmoid függvények segítségével megvizsgáltunk két elméleti akkumulátortöltési stratégiát.

A kapott 3D függvényképen jól látható a két töltés között az eltérés, melynek ábrázolására a szigmoid függvények kiválóan alkalmasak. Gyakorlati szempontból láthatóvá válnak azok a pontok és tartományok, ahol az akkumulátorok még megfelelő szintű biztonsággal üzemeltethetők.

Összességében kijelenthető, hogy a szigmoid függvények segítségével az akkumulátorüzemeltetési paraméterek jól modellezhetők és kiválóan megjeleníthetők. Az így végzett vizsgálatokból több információ nyerhető hosszú távon úgynevezett Big Data elemzésekkel, amelyek akár több ezer mérési eredményt foglalnak magukba. A nagyszámú mérési eredményeinek köszönhetően a kitölti üzemeltetési határok pontosabbak lesznek, így maximalizálva az akkumulátorok teljesítményét és élettartamát.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] SZABOLCSI R., MENYHÁRT J.: *Loads Affecting UGVs*. Review of the Air Force Academy, No. 3. (30) 2015, pp(15-20).
- [2] Szabolcsi, R., Menyhárt, J.: *The Importance of Maintenance During UGV Use*. Land Forces Academy Review, No4:(80/2015), pp(486-492).
- [3] POKORÁDI, L., MENYHÁRT, J.: *Electric Vehicles' Battery Parameter Tolerances Analysis by Fuzzy Logic*, Proceedings of the 11th IEEE International Symposium on

- Applied Computational Intelligence and Informatics, May 12-14, 2016. Timisoara, Romania. ISBN 978-1-5090-2380-6, pp(361-364). DOI: 10.1109/SACI.2016.7507402.
- [4] POKORÁDI L., MENYHÁRT J.: *Elektromos jármű akkumulátorok paramétereltéréseinek Fuzzy elemzése*. IFFK 2016, Budapest, 2016. augusztus 29-31., ISBN: 978-88875-3-5, pp(1-6).
- [5] MENYHÁRT J., SZABOLCSI R.: *Support Vector Machine and Fuzzy Logic*. Acta Polytechnica Hungarica, ISSN 1785-8860, Vol 13: (No5), pp. 205-220. (2016). DOI: 10.12700/APH.13.5.2016.5.12.
- [6] SZABOLCSI, R., MENYHÁRT, J.: *Battery Voltage Limit Analysis with Support Vector Machine and Fuzzy Logic*. Advances in Military Technology, ISSN 1802-2308, Vol12: (No1), pp(21-32), 2017.