

Pokorádi László

## PÁROS ÖSSZEHAJONLÍTÁS ALKALMAZÁSA MŰSZAKI SZAKEMBEREK VÉLEMÉNYÉNEK ELEMZÉSÉRE

*A technikai eszközök üzemeltetése során hozott vezetői döntések tükrözik az adott szakterület sajátosságain alapuló szakmai és erkölcsi értékrendet, azaz az adott műszaki szakemberek gondolkodásmódját. Ez meghatározó szerepet játszik például az adott technikai eszköz javításával, karbantartással kapcsolatos döntések esetén is. Jelen tanulmány egy nagyobb lélegzetű elemzés részeként elvégzett mikro kísérlet eredményeit és az azokból levonható következtetéseket mutatja be. A kapott eredmények igazolják a Szerző fentebb megfogalmazott hipotézisét, egyben a további kutatómunkájának alapjait is képezik.*

*Kulcsszavak: szubjektivitás; döntéshozatal; páros összehasonlítás; üzembenntartás*

### BEVEZETÉS

Bár sokan nem érzékelik, a mindennapi műszaki élet egyik legfontosabb területe a technikai eszközök javítása, karbantartása, azaz üzemeltetése. Egy adott üzemeltetési rendszer irányításának minőségét, működésének hatékonyságát az egységnyi üzemidőre eső karbantartási költség, kiszolgálási munkaigény vagy javítási idő alapján lehet számszerűen minősíteni.

Tágabban értelmezve az üzemeltetés a technikai eszközök használatának, különböző szintű kiszolgálásának és javításának összetett folyamata [4], Egy technikai eszköz üzemeltetése az eszközzel, vagy annak valamely rendszerével, berendezésével a gyártás és a kiselejtezés között történtek összessége [7].

Az üzemeltetési folyamatok rendszerszemléletű leírásának és matematikai modellezésének alapjai Pokorádi [4] könyvéből ismerhető meg részletesen. Pokorádi [5] publikációjában javasolt szimulációs érzékenység-elemzési eljárás alkalmas a karbantartási rendszer hatékonyságának növeléséhez szükséges döntések támogatására. Ekkor viszont fontos szempont a különböző üzemeltetési rendszer számszerűsített jellemzői szakma-specifikus súlyának korrekt ismerete.

Még a legegyszerűbb dolgokról is csak korlátozott tudásunk lehet, mert csak bizonyos ismeretek birtokában és eltérő nézőpontokból – az általunk konstruált leképezések alapján – ismerhetjük meg és írhatjuk le azokat. Szamosi véleménye szerint ennek a fogalomnak a használata, a műszaki élet egyes interdiszciplináris területein, mint a minőségügy, vagy a megbízhatóság, biztonágtudomány mindenképpen indokolt [8]. Különösen indokolt lehet ez például az üzemeltetési döntéshozatalok – amikor szakértők, vagyis a szubjektumok döntenek – szakmai hátterének vizsgálatakor.

Jelen kutatás hipotézise, hogy az eltérő műszaki területeken – az adott szakmai értékrendek következtében – a jellemző üzemeltetési, karbantartási paraméterek eltérő súllyal esnek latba.

A hipotézis igazolásához alkalmazott Guilford-féle eljárás páros összehasonlítás módszerét és a standardizált normál eloszlást alkalmazza. Guilford-féle páros összehasonlító módszer elmé-

leti leírásai és gyakorlati alkalmazási lehetőségeit Kavás [2]; valamint Kindler és Papp [3] munkái írják le.

Kavás megfogalmazásában a több-szemponútú döntési feladatok megoldásakor az egyik lényeges elem az értékelési szempontok fontossági sorrendjének minél pontosabb súlyozása. A szempontrendszer kialakítása folyamatában a szempontokhoz tartozó konzisztencia korrekt determinálása az egyik legfontosabb és legnehezebb feladat. A komplex adatértékelés elképzelhetetlen súlyozási lépések végrehajtása nélkül, mert a legjobb döntési alternatíva mellett a lehetséges választások rangsora is kialakítható [2].

Jelen dolgozat célkitűzése fentiekben megfogalmazott hipotézisünk igazolása, azaz – az ismertett irodalmakra támaszkodva – meghatározni, hogy a különböző területeken dolgozó karbantartó szakemberek véleménye szerint a vizsgált karbantartási, javítási szempontok milyen sorrendű és arányú fontossággal bírnak.

A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezet a páros összehasonlítás módszerét mutatja be, röviden. A 3. fejezetben az elvégzett felmérés általános ismertetése olvasható. A 4. fejezetben a Szerző összegzi munkáját.

## A PÁROS ÖSSZEHASONLÍTÁS MÓDSZERE

A páros összehasonlítás célja egy kompromisszumos döntéseken alapuló, a vizsgált értékelési szempontok fontossági sorrendjét tükröző értékrend leírása. Jelen fejezetben a páros összehasonlítás módszerét Kavás [2] publikációjára támaszkodva röviden ismertetjük.

Az első az értékelési tényezők meghatározása. Ezeket a kérdőív elkészítésekor szakmai és gyakorlati tapasztalatok alapján vesszük figyelembe. Az értékelési szempontokat figyelembe véve elkészíthető kérdések száma:

$$\binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2} \quad (1)$$

ahol:

→  $n$  – az értékelési tényezők száma.

A párokba rendezett értékelési tényezők alapján a vizsgálatban résztvevők az általuk fontosnak ítélt szempontokra egyértelmű szavazatot adnak. Az így elvégzett páros összehasonlítás alapján készítjük el a preferenciátáblázatot, mely egy  $n \times n$  méretű mátrix. A táblázat célja, hogy az egyes értékelési tényezőkhöz súlyszámokat rendeljük.

Több új oszlop felvezetése is indokolt a preferenciátáblázathoz, amelyek segítik a további elemzést. A preferenciák gyakoriságát az a oszlopban kell összesíteni.

Több döntéshozó, véleményező esetén a súlyozott  $p_i$  preferenciaarányt a

$$p_i = \frac{a_i + \frac{m}{2}}{mn} \quad (2)$$

módon határozhatjuk meg, ahol:

- $a_i$  – az  $i$ -edik sorban szereplő főszempont preferenciagyakorisága;  
→  $m$  – szakemberek száma.

A következő oszlopban a preferenciaarányokat a standard normál eloszlás úgynevezett  $u$  értékeire transzformáljuk az alábbi összefüggés alapján

$$p_i = \Phi(u_i) \quad (3)$$

Annak érdekében, hogy egy 0 kezdőpontú és 100 végpontú skálán értékelhessük a kapott eredményeket, a következő transzformációt kell elvégezni:

$$Z_i = 100 \frac{u_i - \min(u_i)}{\max(u_i) - \min(u_i)} \quad (4)$$

Az adatok kiértékeléséhez és a diagramok illusztratív ábrázolásához szükséges a súlyszám-meghatározás:

$$S_i = 0,1 + \frac{0,1 \cdot Z_i}{25} \quad (5)$$

Az  $S$  értékek oszlopa után egy  $S^*$  nevű oszlop felvételét tettük meg, melybe az

$$S_i^* = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (6)$$

egyenlettel meghatározható úgynevezett normált-súlyértékeket határoztuk meg az eredmények további felhasználása érdekében.

## A FELMÉRÉS

A felmérés elvégzéséhez egy kérdőívet készítettünk, melyet eljuttattunk különböző területein dolgozó karbantartó szakemberekhez egy web-címen keresztül [1].

Az ön szervezete melyik alábbi kategóriába sorolható? \*

termelő vállalat

villamos erőmű

vasúti közlekedés

légi közlekedés

közúti (városi) közlekedés

Az alábbi két szempont közül melyiket tartja fontosabbnak a karbantartás-javítás hatékonyságának megítélése szempontjából? \*

az eszköz (üzemképes) rendelkezésre állása

karbantartási, javítási költség

1. ábra A kérdőív részlete

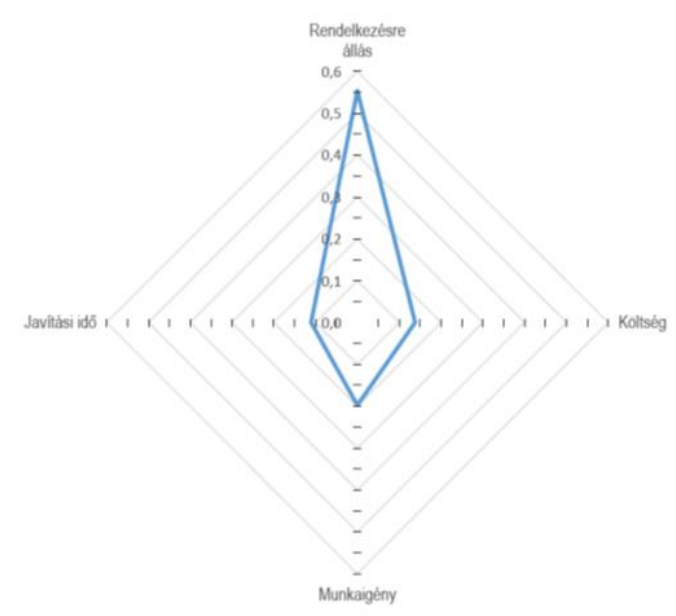
A kérdőív első kérdése a szakemberek szakterületenkénti csoportosításához szükséges. A többi kérdése tulajdonképpen ugyanazt az egy – a véleménynyilvánítás rangsorolását lehetővé tevő – kérdést tettük fel. A rangsorolandó szempontok az alábbiak voltak:

- az eszköz (üzemképes) rendelkezésre állása:  $F_1$ ;
- karbantartási, javítási költség:  $F_2$ ;
- karbantartási, javítási (munkaórában kifejezett munkaigény):  $F_3$ ;
- karbantartási, javítási (naptári) időigény:  $F_4$ .

Vizsgálatunk első szakaszában a kérdőív kitöltésben összesen 129 karbantartó szakember vett részt az ország ipari és szolgáltatói sektoraiból.

	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$a$	$a^2$	$p$	$u$	$Z$	$S$	$S^*$
$F_1$	0	122	107	114	343	117649	0,78973	0,8055	100	0,5	0,5537
$F_2$	7	0	64	67	138	19044	0,39244	-0,273	6,205	0,1248	0,1382
$F_3$	22	65	0	82	169	28561	0,45252	-0,1193	19,57	0,1783	0,1974
$F_4$	15	62	47	0	124	15376	0,36531	-0,3443	0	0,1	0,1107
$\Sigma$	44	249	218	263	774	180630	–	–	–	0,9031	1

1. táblázat Kitöltött preferencia táblázat



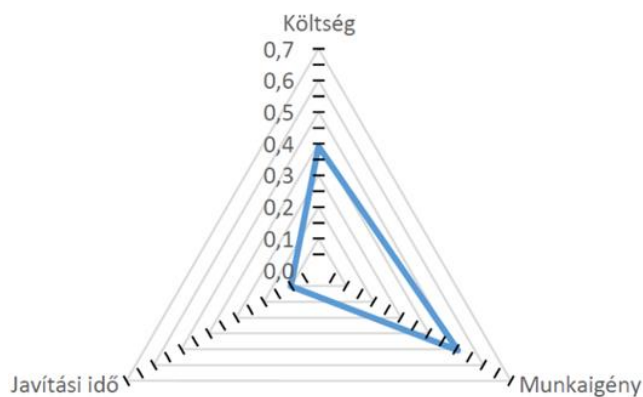
2. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei

A 2. ábra sugar diagramja alapján egyértelmű, hogy a karbantartó szakemberek véleményének kiemelkedően a rendelkezésre állás a legfontosabb szempont. A karbantartás-javítás hatékonyságának megítélése szempontjából elmondható, hogy az „átlagos” szakember ezt a szempontot tartja elsődlegesnek. Az összesített elemzés során kapott preferencia arányoktól egyes területekhez tartozó karbantartó szakemberek véleményei eltérhetnek. A következőkben erre fogunk példákat mutatni.

Tekintettel, hogy a legtöbb szavazatot az eszköz üzemképes rendelkezésre állása kapta, így a szakterületek összehasonlítása során ezt a szempontot nem vettük figyelembe. Ezért, a továbbiakban az  $F_1$  szempont kimarad a szempontpárok összehasonlításából [6].

### Termelő vállalatok karbantartói

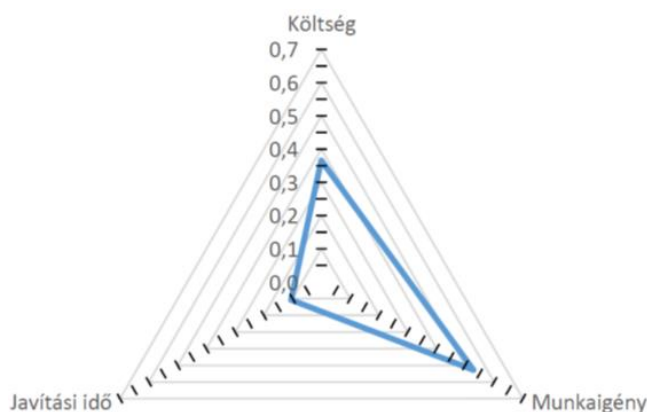
A termelő vállalatok esetén a karbantartásra, javításra fordított munkaórák számítanak a leglényegesebb szempontnak. Ezeknek a karbantartó szakembereknek a második legfontosabb célja az, hogy a javítási költségeket minél alacsonyabb szinten tarthassák. Jelentősen „leamaradva”, legutoljára a javítás naptári időben kifejezhető időigény fontosságát sorolták.



3. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei termelő vállalatok esetén

### Erőművek karbantartó szakemberei

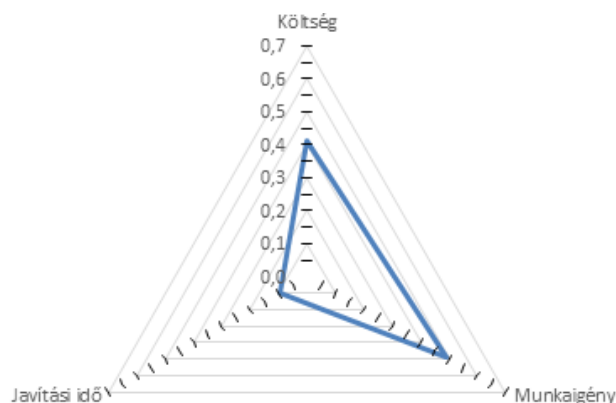
Az erőművekben dolgozó karbantartó szakember számára szintén a munkaórában kifejezett munkaigény a leginkább preferált karbantartási, javítási szempont. Számukra második helyen a javítások anyagi vonzata található. Az itt dolgozó döntéshozók a beérkezett szavazatok alapján szintén a javítás időkiesésére a legkevésbé érzékenyek.



4. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei erőművek esetén

### 3.3. Pályavasút karbantartása

A vasúti pálya karbantartása esetében a karbantartó szakemberek legfontosabb szempontnak a karbantartási munka munkaigényét tartják a legfontosabbnak. A beérkezett válaszok alapján látható, hogy számukra második legrelevánsabb szempont a karbantartásnál a költségek minél alacsonyabb szinten tartása. Ezen területen dolgozó szakemberek a legkevésbé lényegesnek a javítási időt tartották.

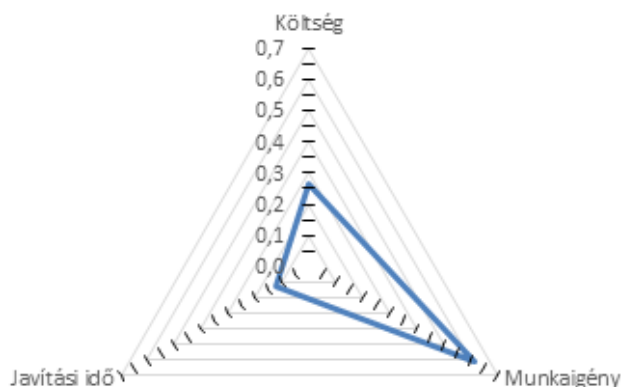


5. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei pályavasút esetén

### Vasúti járművek karbantartása

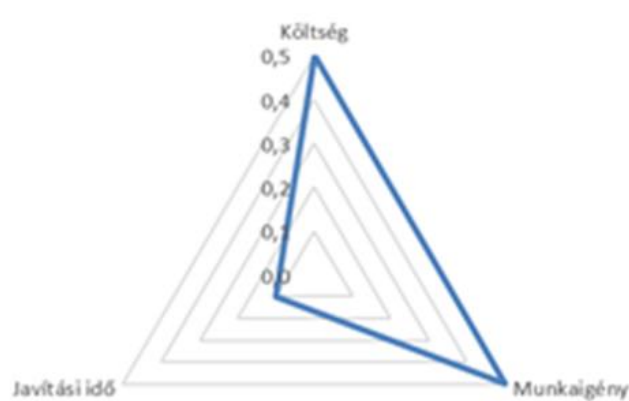
A vasúti járműveket karbantartó szakemberek véleményei némely szempontok szerint lefedi a vasúti pályák javítási, karbantartási munkáit irányítók véleményét. A járművek javítási-karbantartási hatékonyságához szintén fontos a munkaigény.

A költség szintén másodlagosan fontos értékelési szempont, a pályamunkák karbantartó szakembereinél ugyan alacsonyabb, de a javítási idő, amely szintén a harmadik helyen található fontossági szempont valamelyest nagyobb súlyozási értéket ért el.



6. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei vasúti járművek esetén

### Villamos elosztó hálózatok karbantartása

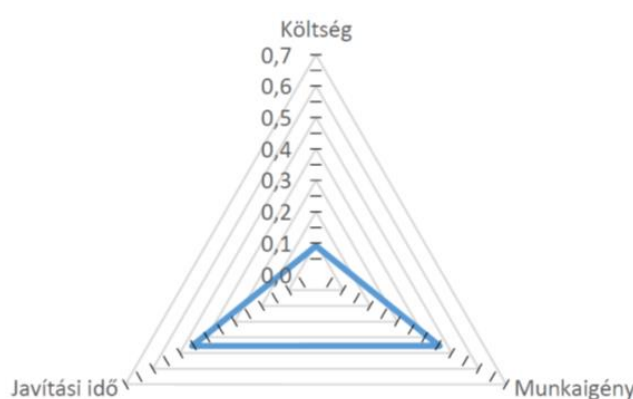


7. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei villamos elosztó hálózatok esetén

Válaszaik tükrében kijelenthető, hogy ők a legkevésbé lényegesnek a javítási időt tartották, mely a preferenciatáblázat súlyozott értékeinek oszlopából is jól látható. Az elektromos energia elosztó hálózatok karbantartása esetében a karbantartó szakemberek ugyanolyan fontosnak tartják a javítás, karbantartás munka-igényét és annak költségeit.

### Katonai légijárművek karbantartása

Az előző területekhez képest jelentősen eltérő mutatók születtek a katonai repülés területén. Elmondható, hogy számukra a munkaigény mellett ugyanolyan súllyal releváns a karbantartás, javítás minél rövidebb idő alatt történő elvégzése. Ez a két szempont a repülés bármely területén dolgozó szakembernek és döntéshozóiknak kiemelkedően fontos, míg a rájuk szánt költségeket kevésbé relevánsnak jelölték meg, ezt mutatja, hogy ez utóbbi súlyozott értéke ötödét teszi ki az előző két szempontnak.



8. ábra A szempontok fontosságának normált súlyértékei katonai légijárművek esetén

## ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálat során a karbantartó szakemberek véleményének összehasonlítását és elemzését végeztük el. A 3. – 8. ábrák összevetéséből egyértelműen jelentős különbség látszik a különböző karbantartási területek szakembereinek gondolkozásában. Mindegyik terület karbantartói számára fontos kérdés a javítás – munkaóraban meghatározott – munkaigénye. Míg a katonai repülőműszakiak legfontosabb feladatuknak az időben mielőbbi hibajavítást tartják, addig a termelő vállalatok és erőművek karbantartóit már sokkal jobban érdekli a felmerülő költség kérdése.

A bemutatott elemzés igazolta, hogy a különböző üzemeltetési szakterületek szakterület számára az optimális karbantartási rendszerek, javítási technológiák nem egyeznek meg.

A Szerző további kutatásai során egy, az adott műszaki terület szakembereinek szemléletét tükröző, karbantartási rendszert optimaló modellvizsgálati eljárás kidolgozását tervezi.

**FELHASZNÁLT IRODALOM**

- [1] Ágoston Gábor - Pokorádi László: Karbantartó szakemberek véleményeinek elemzése, A XXII. Fialat Műszakiak Tudományos Ülésszak előadásai, 2017. pp. 59-62.
- [2] Kavas, L.: A súlyszámok problematikája komplex rendszerek értékelése során, Repüléstudományi Közlemények 2007/2.
- [3] Kindler, J. - Papp, O.: Komplex rendszerek vizsgálata, összemérési módszerek, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [4] Pokorádi László: Karbantartás elmélet, Debrecen: Szerzői kiadás, 2002. 101 p.
- [5] Pokorádi László: Karbantartási folyamat szimulációs érzékenységelemzése. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2016/2, pp. 71–82.
- [6] Pokorádi László - Ágoston Gábor - Fenyvesi Csaba: Karbantartó szakemberek véleményének elemzése a páros összehasonlítás módszerével, Műszaki Tudomány az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2017 konferencia előadásai. 2017. pp. 379-386.
- [7] Rohács József - Dr. Simon István: Repülőgépek üzemeltetési zsebkönyve. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1989.
- [8] Szamosi Barna: Az emberi tényező szerepe a minőségfilozófiákban, A XVIII. Fialat Műszakiak Tudományos Ülésszak előadásai, 2013. pp. 375-378.

---

***APPLICATION OF PAIRWISE COMPARISON TO INVESTIGATE TECHNICAL EXPERTS' OPINION***

*Maintenance management decisions characterize the departmentalism and moral scale of values of experts, in other words the way of their thinking. This paper presents the results of a micro experiment that is a part of a larger-scale analysis and the conclusions that can be drawn from them. The demonstrated results justify the hypothesis of the Author, as well as the basis for his further research.*

**Keywords:** *subjectivity; decision-making; pairwise comparison; maintenance,*

---

---

Pokorádi László (CSc)  
egyetemi tanár  
Óbudai Egyetem,  
Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet  
pokoradi.laszlo@bkg.uni-obuda.hu  
orcid.org/0000-0003-2857-1887

---

László Pokorádi (CSc)  
Full professor  
Óbuda University,  
Institute of Mechatronics and Vehicle Engineering  
pokoradi.laszlo@bkg.uni-obuda.hu  
orcid.org/0000-0003-2857-1887

---

A kutatást a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával megvalósuló EFOP-3.6.2-16-2017- 00016: „Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában” projekt támogatta.



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018\\_2/2018-2-08-0448\\_Pokoradi\\_Laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-08-0448_Pokoradi_Laszlo.pdf)