

Fenyvesi Csaba¹ – Pokorádi László²

ÜZEMELTETÉSI FOLYAMATOK MEGBÍZHATÓSÁGÁNAK KÉRDÉSEI³

Műszaki rendszerek üzemeltetése során annak irányítása a mindennapi élethez hasonló döntési folyamatok sorozataként fogható fel. Az üzemeltetési folyamat bonyolultsága szükségessé teszi a mérhetőség kialakítását és az üzemeltetést minőségileg és mennyiségileg minősítő mutatók elemzését. Az elemzések célja az üzemeltetési folyamat optimalizálása valamely kiválasztott szempont szerint. Az optimalizálás modellje egyértelmű választ kell, hogy adjon az optimum eléréshez szükséges beavatkozásokra, azok irányára és mértékére. Jelen tanulmány az üzemeltetési folyamat megbízhatósági kérdéseit vizsgálja, a teljesség igénye nélkül.

SOME WORDS ABOUT RELIABILITY OF MAINTENANCE PROCESSES

Management of the technical system's operation can be comprehended as a series of everyday life-like decision-makings. The complexity of operational process requires qualitative and quantitative analysis for the assessment of the operation reliability. The purpose of the analysis is to optimize operational process from chosen points of view. The model of optimization should give clear answers to questions of direction and measurement of required action. This paper examines the reliability issues of the operational processes, without completeness.

1. BEVEZETÉS

Technikai rendszerek üzemeltetése során az üzemeltetés irányítása a mindennapi élethez hasonló döntési folyamatok sorozataként fogható fel.

Összetett rendszer alatt olyan, a hétköznapi élettől eltérő rendszert vagy folyamatot értünk, ami a mindennapi élethez szükséges ismereteken túli tudást, gyakorlatot és lehetőséget kíván. Ilyen integrált rendszer lehet egy teljes (például informatikai, közlekedési, energia) hálózat. Esetleg annak akár egy részleme is, mint például egy légi jármű, vagy egy villamos erőmű. A technikai rendszerek üzemeltetése során a döntési helyzeteket célszerű olyan formán feldolgozni, hogy a múltbeli tapasztalatok és az azokból levont következtetések a lehető legjobb, azaz az optimális megoldást adják megoldásul.

Ez csak úgy lehetséges, ha rendelkezésre áll egy olyan módszer, amely az esemény feldolgozást és hasznosítást szisztematikusan biztosítja.

¹ okleveles gépészmérnök, energiagazdálkodási-, reaktortechnikai szakmérnök, Paksi Atomerőmű Zrt., fenyvesic@npp.hu

² egyetemi tanár, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

³ Lektorálta: Prof. Dr. Szabolcsi Róbert, egyetemi tanár, HVK SzCsF/Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Mechatronikai és Autótechnikai Intézet, szabolcsi.robort@bgk.uni-obuda.hu

Megállapítható, hogy egy integrált technikai rendszer megbízhatósága alapvetően az üzemeltetés minőségétől függ, amit döntően befolyásol a különböző kialakult helyzetekre adott üzemeltetői válasz.

Rapcsák egyetemi jegyzetében a többszemponútú döntési módszereket írja le [8].

A döntési szituációk megoldása némely esetben könnyen, némely esetben nehezen, vagy egyáltalán nem megy. Az optimális megoldás megkeresése, és végrehajtása több tényezőtől függ, amelyet befolyásol az ember személyisége, tapasztalata, gyakorlottsága, tudása. Az emberi agy nem dolgoz fel minden információt, hanem válogat és próbálkozik megkeresni a legfontosabbakat, és azok alapján hozzuk meg a döntésünket, állapítja meg Eliot [2].

Az üzemeltetés fogalomrendszere, elméleti háttere ismerhető meg Pokorádi [7], Rohács és Simon [9], valamint Zvikli [10] munkáiból.

A műszaki megbízhatóság alapfogalmai az MSZ IEC 50(191): 1992 szabványból [4], Gaál és Kovács [3] könyvéből sajtátítható el. A haditechnikai eszközök, illetve épületgépészeti rendszerek üzemeltetési megbízhatóságát Pokorádi elemezte [5], valamint [6] munkájában.

A technikai rendszerek megbízhatósági elemzéseikhez alkalmazott főbb mérőszámokat Békési írja le az [1] publikációjában.

Jelen tanulmányunkban, a fenti irodalmakra támaszkodva, azt vizsgáljuk meg, hogy mit is jelent pontosan az üzemeltetői tevékenység, mi alapján mérhető le egy üzemeltetési rendszer minősége, milyen mutatószámai vannak az üzemeltetési folyamat értékelésének.

A cikk az alábbi fejezetekből áll: A 2. fejezetben a műszaki megbízhatóság főbb kérdéseit mutatjuk be. A 3. fejezet az üzemeltetést, illetve az üzemeltetési megbízhatóságot befolyásoló tényezőket írja le. A 4. fejezetben ismerhetők meg az üzemeltetési folyamat mérő-, és mutatószámai. Az 5. fejezetben következtetéseket és ajánlásokat fogalmaznak meg a Szerzők.

2. A MEGBÍZHATÓSÁG ÁLTALÁNOSSÁGBAN

Ha a megbízhatóságot, mint kifejezést a hétköznapi értelemben vesszük, akkor ennek megfogalmazása általában kimerül abban, hogy amennyiben egy szerkezetre, berendezésre értjük, akkor az legyen jó, ne romoljon el, ne kelljen nagyon karbantartani, egyszerűen megfogalmazva tegye a dolgát, hiszen azért vásároltuk meg, és használjuk. Személyekre értve a megbízhatóságot hasonló eredményre jutunk: arra az emberre mondjuk, hogy megbízható, akire szinte minden körülmények között lehet számítani éppen úgy, mint a berendezéseknél, gépeknél, rendszereknél is.

Ebből látszik, hogy a megbízhatóság alapvetően egy rendkívül szubjektív tartalommal felruházott fogalom, amit látszólag ismerünk, mint fogalmat. Viszont amikor pontosan definiálnunk kell, hogy mi is a megbízhatóság, mitől függ a megbízhatóság, hogyan lehet azt mérni, szabad-e a megbízhatóság alapján megítélni bizonyos személyeket vagy eszközöket, akkor gyakran nem tudunk ezekre a kérdésekre egzakt válaszokat adni. A megbízhatóság megítélése a hétköznapi ember számára nagyon objektív folyamatnak tűnő, de a valóságban szubjektív érzésekkel terhelt megítélési folyamat.

A megbízhatóság, mint műszaki fogalom a XX. században alakult ki. Első megközelítése a

hibamentességet, a hibamentes működés valószínűségét jelentette. A technológiai rendszerek fejlődése és a berendezések, rendszerek bonyolultságának növekedése, majd ennek következtében a minőségbiztosítás kialakulása a megbízhatóság fogalmának kiterjesztését eredményezte. Jelenleg a megbízhatóság nemcsak a hibamentességet jelenti, hanem kiterjed a tartóságra, a javíthatóságra, tárolhatóságra. Az MSZ IEC 50(191):1992 szabvány szerint a megbízhatóság a használhatóságnak és az azt befolyásoló tényezők (hiba menetességnek, karbantarthatóságnak, karbantartás ellátásnak) gyűjtőfogalma [4].

A megbízhatóság objektív megítélése, akkor lehetséges, ha az mérőszámokkal kifejezhetővé válik. A [4] szabvány és a [1] irodalom alapján a megbízhatóság mérőszámai összetett és egyedi mutatókra oszthatók fel. Az összetett mutatók a megbízhatóságot befolyásoló több tulajdonság, az egyedi mutatók a megbízhatóságot befolyásoló, a tulajdonságok egyedi tényezők hatását számszerűsítik.

A megbízhatóságot befolyásoló tulajdonságok a

- használhatóság;
- hibamentesség;
- karbantarthatóság;
- karbantartás-ellátás.

A megbízhatóság mérőszámai MSZ IEC 50(191):1992 alapján - a teljesség igénye nélkül - következők lehetnek [4]:

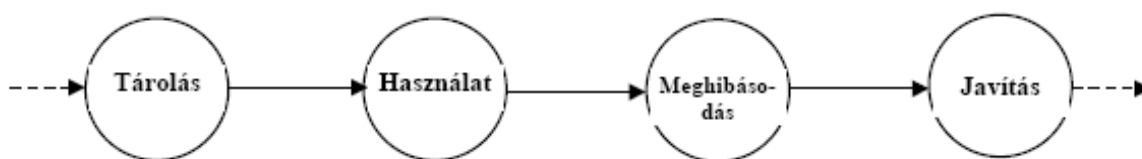
- használhatósági függvény;
- használhatatlansági függvény;
- átlagos használhatóság;
- átlagos használhatatlanság;
- hibamentesség valószínűsége;
- pillanatnyi meghibásodási ráta;
- átlagos meghibásodási ráta;
- átlagos működési idő az első meghibásodásig;
- meghibásodások közötti átlagos működési idő;
- karbantarthatósági függvény;
- pillanatnyi javítási ráta;
- átlagos javítási ráta;
- stb.

Fenti jellemzők, mutatószámok főleg a nagy tömegben előállított, és „flottában üzemeltetett” berendezésekre, alkatrészekre ad egyfajta objektív összehasonlítási szempontrendszert. A mérőszámok alapja a statisztikai összehasonlíthatóság, aminek feltétele a vizsgálati módszerhez tartozó statisztikai sokaság. A nem kellő számossággal bíró technikai rendszerek megbízhatósági mutatószámaira Rohács és Simon [9], valamint Pokorádi [7] munkáiban láthatunk példákat. A megbízhatóság mérőszámainak segítségével a tágabb értelemben vett üzemeltetési folyamat objektív mérése, összehasonlítása válik lehetővé.

3. AZ ÜZEMELTETÉS MEGBÍZHATÓSÁGÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

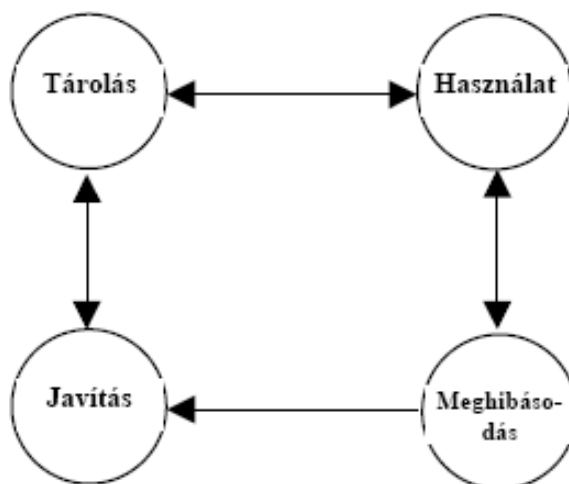
Pokorádi megfogalmazásában az üzemeltetési folyamat üzemvitelből, üzemállapotokból és a közöttük fennálló kapcsolatokról épül fel, ahol az üzemeltetési állapotok véletlenszerűen váltják egymást időben és gyakoriságban [7].

Az üzemeltetési állapotok e sorozatát üzemeltetési láncsal lehet szemléltetni. Az üzemeltetési lánc egy olyan irányított gráf, ahol a szögponthoz mindegyikébe egy és csak egy él fut be, továbbá egy és csak egy él indul ki belőle. A szögponthoz a különböző üzemeltetési állapotokat, míg az élek az állapotok közötti váltásokat mutatja be. Amennyiben a vizsgált rendszer bonyolultsága az egyes berendezésekre vonatkozó üzemeltetési láncok használatával kezelhetetlen lenne, abban az esetben üzemeltetési láncok helyett üzemeltetési gráfokat (2. ábra) célszerű használni.



1. ábra Üzemeltetési lánc [7]

Matematikai szempontból az üzemeltetési lánc diszkrét állapotterű Markov-folyamatnak tekinthető, aminek tulajdonsága, hogy a folyamat utóhatásmentes, azaz olyan sztochasztikus folyamat, amelynek jövőbeli alakulását a múltbeli alakulása csak a jelen állapoton keresztül befolyásolja.



2. ábra Üzemeltetési gráf [7]

Az üzemeltetési folyamat markovi modellezése sztochasztikus modellezést eredményez. A [11] irodalom egy járműpark üzemeltetési rendszerének Markov típusú folyamatmodelljére mutat be egy példát. A bemutatott példa szerint az üzemeltetés megbízhatóságát a meghibásodási ráta, az üzemképes időtartam, a hibaelhárítások időtartama, a szükségjavításokra való várakozási időtartamok, a szükségjavítások időtartama, a tervszerű javítások időtartama és a tervszerű javításra várakozások időtartama és e folyamatok eseményűrűségei befolyásolják.

A fenti példa alapján is általánosságban kimondható, hogy az üzemeltetés megbízhatóságára egy

termék, berendezés vagy rendszer születésétől egészen a megsemmisítésig vagy újratervezésig szinte minden egyes részfolyamat befolyással bír. Nem lehet különválasztani az egyes elemek vagy folyamatok részjellemzőit például a hibamentességet, hanem komplex módon kell vizsgálni, és értékelni a megbízhatóságot. A teljes megbízhatóság helyes értelmezéséhez az egyes elemek megbízhatóságát, az elemek javíthatóságát, az elemeket ért terhelések nagyságát, intenzitását és tartósságát, a kiépített rendszer felépítését (soros, párhuzamos vagy vegyes kapcsolásokat), a nem független rendszerek egymásra hatását kell figyelembe venni.

A megbízhatóság növelésére, a gyenge pontok feltárására több módszer is létezik, mint például:

- folyamatleíró módszerek: folyamatábra, folyamatleírás, kompetencia mátrixok, mérföldkő diagramok, folyamat modellek (PDCA, DMAIC, 6 lépés);
- ötletgyűjtő, problémafeltáró módszerek: brainstorming, NCM, Delphi módszer, affinitás diagram;
- hibaelemző módszerek: ABC-Pareto analízis, halszálka módszer, FMEA módszer;
- minőség szabályozás módszerei: ellenőrző kártyák, hisztogramok stb.

Más megközelítésben a megbízhatóság nem más, mint a kockázat csökkentése. A kockázatok csökkentése Pokorádi szerint [7] a veszélyek megelőzését és a veszteségek csökkentését jelenti. A kockázatkezelés hozzájárul a veszély megelőzéséhez, ami maga után vonja a működőképesség megőrzését, a veszélyekből származó minimális kockázatok mellett. A kockázatok minimumának meghatározása költség-haszon elemzés alapján történik. Csak azt a kockázatot kell csökkenteni vagy megszüntetni, amit a fogyasztók hajlandóak még megfizetni, hiszen a kockázatsökkentés maga után vonja a különböző költségek emelkedését.

4. ÜZEMELTETÉSI FOLYAMAT MÉRŐ- ÉS MUTATÓSZÁMAI

A szűkebben vett üzemeltetési folyamat (az üzemeltetési lánc a használat állapotát jelenti - lásd 1. ábra) ellenőrzéséhez olyan mérő- és mutatószámokat célszerű megfogalmazni, amelyek segítségével lehetőleg egyszerűen lehet összehasonlítani üzemeltetési állapotokat, módszereket, időtartamokat, és ezáltal meg lehet fogalmazni betartható és elérendő üzemeltetési célokat, a mérő- és mutatószámokon keresztül.

A mérő- és mutatószámok különböző rendszerek esetében jellemzően mások és mások ezért a következőkben egy kiválasztott technológiai rendszert egy vízkivételi művet veszünk alapul természetesen a teljesség igénye nélkül.

A vízkivételi mű feladata egy technológia folyamat részére a hűtő- és ipari nyersvíz kivétele egy felszíni vízbázisból, a kivett víz fogyasztókhoz (hűtő kondenzátorokhoz, egyéb hűtendő berendezésekhez, tisztított vizet előállító technológiákhoz stb.) való eljuttatása és a hűtésre felhasznált víz visszajuttatása a környezetbe.

Az üzemeltető feladata egy adott üzemeltetői létszámmal a megfogalmazott feladat minél magasabb minőségű ellátása a lehető legalacsonyabb költségek létrehozása mellett.

Esetünkben az üzemeltetés alatt jelenleg csak azt a folyamatot értjük, ami az adott technológia és az ahhoz kapcsolódó berendezések indításához, leállításához, karbantartásra való előkészí-

téséhez, karbantartás utáni próbák elvégzéséhez, üzem közben próbáihoz, a rendszer üzemálapot változásaihoz tartozik.

Ezen technológiai rendszer üzemeltetési mérő- és mutatószámait két fő csoportra lehet bontani. Az egyik csoport mutatószámai az üzemeltető személyzet munkáját, hatékonyságát mérik, míg a másik csoport mutatószámai a technológia rendszer műszaki üzemeltetési hatékonyságát mutatják. A két csoport egymástól élesen és egyértelműen nem választható szét, de ennek ellenére mégis célszerű úgy létrehozni a mutatószámokat, hogy ez a csoportosítás megvalósítható legyen, mert az üzemviteli optimalizálása, és a gyenge pontok feltárása ezáltal válik lehetségessé.

A következőkben, nem teljes körűen, néhány üzemeltetési mutatót mutatunk be.

A bemutatásra kerülő mutatókat rendszeresen (például negyedévente, majd évente – ezt értve az egyenletekben szereplő *vizsgált idő*-n) kell meghatározni és értékelni, majd a mutatók elemzése alapján meg kell határozni a szükséges beavatkozásokat, amennyiben szükségesek. A mutatók elemzését statisztikai módszerekkel (trendelemzéssel stb.), alapvető logikai megfontolásokkal és a múlt tapasztalataival együttvéve kell összességében értékelni. Óvakodni kell viszont a statisztikai módszerek használatával és csak a statisztikai módszerek korlátainak és módszereinek alapos ismerete mellett célszerű azokat használni.

4.1. Egy technológiai rendszer üzemeltetési mutatói

- Egy időszakra vonatkozó szivattyúkiesések száma.

Kiesésnek számít az a szivattyú leállítás, amelyik nem a „Szivattyú KI” gomb hatására következett be, hanem a szivattyú valamely védelmének (például villamos motor túlterhelés védelem, szivattyú főcsapágy hőmérsékletemelkedés védelem stb.) hatására.

$$Ksz(\text{összes szivattyú}) = \frac{\text{kiesések száma}}{\text{vizsgált időszak}} \quad (1)$$

- Egy időszakra vonatkozó nem tervezett szivattyúleállások ideje.

Üzemzavar, meghibásodás miatt nem tervezett leállási időtartam egy adott időszakra nézve.

$$NTLsz = \frac{\text{nem tervezett üzemképtelenségi órák száma}}{\text{vizsgált időszak}} \quad (2)$$

- Egy időszakra számolt, egységnyi kiemelt vízmennyiségre jutó villamos energia mennyisége.

Az adott időszak alatt összesen kiemelt vízmennyiség osztva az ezen felhasznált villamos energia mennyiséggel. Az időszak megválasztásának jelentős szerepe van, mert ha nagyon tág időszak kerül kiválasztásra, akkor a szivattyú és a villamos motor hatásfokváltozása eltorzítja a mutatószámot. Ennek a mutatónak a képzése és értelmezése már komolyabb mérnöki felkészültséget kíván.

$$VE = \frac{\text{kiemelt vízmennyiség}}{\text{felhasznált villamos energia} \cdot \text{vizsgált időszak}} \quad (3)$$

- Adott vízigényt kielégítő szivattyúk száma osztva az optimális vízigényt kielégítő szivattyúk számával.

Pillanatnyi állapotot tükröző mutató. Optimális esetben e mutató értéke egységnyi.

$$O_{sz} = \frac{\text{aktuálisanüzemelő szivattyúk száma}}{\text{optimálisan szükséges szivattyúk száma}} \quad (4)$$

- Egy időszakra vonatkozó szivattyú indítások száma.

$$I_{sz} = \frac{\text{indítások száma}}{\text{vizsgált időszak}} \quad (5)$$

- Egy időszakra vonatkozó szivattyú üzemórák száma.

$$Ü_{sz} = \frac{\text{üzemórák száma}}{\text{vizsgált időszak}} \quad (6)$$

4.2. Üzemeltető személyzet üzemeltetési mutatói

- Egy adott időszakra vonatkozó személyi hibás üzemzavarok száma.

Azon üzemzavarok száma, amelyek egyértelműen az üzemeltető személyzet hibás tevékenységéből vagy annak elmaradásából származnak egy adott időszakra nézve.

$$H_{sze} = \frac{\text{személyi hibás üzemzavarok száma}}{\text{vizsgált időszak}} \quad (7)$$

- Egy adott személyi hibás üzemzavar, meghibásodás elhárításának költsége.

Azon üzemzavarok elhárításának költsége, amelyek egyértelműen az üzemeltető személyzet hibás tevékenységéből vagy annak elmaradásából származik egy adott időszakra nézve.

$$KTS_{sze} = \frac{\text{személyi hibás üzemzavarok költsége}}{\text{vizsgált időszak}} \quad (8)$$

- Egy adott időszakra vonatkozó majdnem személyi hibás üzemzavarok száma.

Azon majdnem üzemzavarok száma, amelyek egyértelműen az üzemeltető személyzet hibás tevékenységéből vagy annak elmaradásából származnak egy adott időszakra nézve. A majdnem személyi hibás események legalább olyan fontossággal bírnak, mint a tényleges üzemzavarok. Számosságuk és eloszlásuk fontos minőségi paramétere az üzemeltetési színvonalnak.

$$ME_{sze} = \frac{\text{személyi hibás majdnem üzemzavarok száma}}{\text{vizsgált időszak}} \quad (9)$$

- Egy adott időszakra vonatkozó sikertelen és sikeres időszakos szakmai vizsgák száma.

$$SIK_{sze} = \frac{\text{sikeres szakmai vizsgák száma}}{\text{vizsgált időszak}} \quad (10)$$

$$SIKT_{sze} = \frac{\text{sikertelenszakmai vizsgák száma}}{\text{vizsgált időszak}} \quad (11)$$

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen tanulmányban az üzemeltetési folyamat megbízhatósági kérdéseit vizsgáltuk meg, a teljesség igénye nélkül. Az üzemeltetési folyamat bonyolultsága szükségessé teszi a mérhetőség kialakítását és az üzemeltetést minőségileg és mennyiségileg minősítő mutatók elemzését. Az elemzések célja az üzemeltetési folyamat optimalizálása valamely kiválasztott szempont szerint. Az optimalizálás modellje egyértelmű választ kell, hogy adjon az optimum eléréshez szükséges beavatkozásokra, azok irányára és mértékére. E mellett jó, ha a modell megadja az optimum érzékenységét az egyes tényezők változásától.

A későbbiek folyamán e fenti gondolatok továbbfejlesztése révén egy korszerű, széles körben alkalmazható üzemeltetési és azon belül az üzemellenőrzési modell felépítése a Szerzők célja.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BÉKÉSI B.: A megbízhatóság leggyakrabban használt mérőszámai, Repüléstudományi Közlemények, 2007. április 20.
- [2] ELIOT R. S., MACKIE D. M.: Szociálpszichológia, Budapest (2001)
- [3] GAÁL Z., KOVÁCS Z.: Megbízhatóság, karbantartás, Veszprém (1999)
- [4] MSZ IEC 50(191): 1992, Megbízhatóság és szolgáltatás minősége.
- [5] POKORÁDI L.: Haditechnikai eszközök üzemeltetési megbízhatósága, Új Honvédségi Szemle, Budapest, 2002/5. p. 146–153.
- [6] POKORÁDI L.: Az üzemeltetési megbízhatóság aktuális kérdései, Magyar Épületgépészet, Budapest, LI. évfolyam, 2002/11. p 19–21.
- [7] POKORÁDI L.: Karbantartás elmélet, Debrecen (2002)
- [8] RAPCSÁK T.: Többszemponútú döntési módszerek, Budapest (2007)
- [9] ROHÁCS J., SIMON I.: Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve, Budapest (1989)
- [10] ZVIKLI S.: Üzemeltetés, fenntartás I., Győr (2008)
- [11] ZVIKLI S.: Járműpark üzemeltetési rendszere vizsgálatának Markov típusú folyamatmodellje, Győr (2011)