Dr.POKORÁDI László
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem
Haditechnikai Tanszék

MATEMATIKAI-DIAGNOSZTIKA ALKALMAZÁSA REPÜLŐGÉP FÉKRENDSZEREK ÜZEMELTETÉSÉNEK IRÁNYITÁSÁRA

a szerző

5th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies

konferencián előadásra kerülő

USING MATHEMATICAL DIAGNOSTICS FOR MANAGEMENT OF AIRCRAFT BRAKE SYTEM OPERATION

előadása anyagának magyarnyelvű változata

A repülőgép rendszerei, berendezései üzemeltetésük során folyamatos és halmozott változásokon mennek keresztül. Adott rendszer vagy berendezés üzemállapotát az úgynevezett belső paraméterek ismeretében tudjuk azonosítani. Ezen jellemzők közvetlen meghatározása technikai okokból nem lehetséges. A vizsgált rendszer matematikai modellje felhasználható a belső paraméterek - azaz a rendszer pillanatnyi műszaki állapota - identifikációjára és üzemeltetésének optimális irányítására. A cikk egy, a matematikai modellre épülő, állapotbecslési eljárást és - a Mi-8 helikopter fékrendszerének példáján keresztül - annak alkalmazási lehetőségét mutatja be, az üzemeltetés irányításának optimalizálására.

1.Bevezetés

A repülőgép rendszereket, üzemeltetésük során, különféle sztochasztikus hatások érik [8]. Ezen hatások következtében műszaki állapotuk halmozottan és véletlenszerűen változik. Általában, használat során üzemállapotuk romlik, míg javítás, kárbantartás során javul [4]. A vizsgált rendszer pillanatnyi üzemállapotát az úgynevezett belső paraméterek (például rugómerevség, elektromos ellenállás) határozzák meg. Ezért - matematikailag - a műszaki állapotot mint egy, a belső paraméterek által meghatározott, többdimenziós tér egy pontja jellemezhetjük.

A diagnosztika feladata a rendszer állapottérben elfoglalt pillanatnyi helyének meghatározása, mozgási sebességének és irányának prognosztizálása.

A belső paraméterek közvetlen mérése, azaz a műszaki állapot meghatározása, technikai és anyagi okok miatt, nem oldható meg. Valamely állapotbecslési eljárás felhasználásával ezen belső paraméterek és változási sebességük meghatározható. A pillanatnyi üzemállapot és annak változási sebessége ismeretében pedig dönthetünk az optimális üzemeltetési stratégiáról, a szükséges javítási, karbantartási munkákról [1].

2. Matematikai modellre épülő állapotbecslés

Egy jelenség legáltalánosabb, legtömörebb jellemzését a matematikai modell adja meg [10]. Matematikai modellen a rendszerben lejátszódó folyamat belső törvényszerűségeit tükröző matematikai egyenlet, vagy egyenletrendszert, illetve azok megoldását értjük.

A matematikai modell felállítását a rendszer részegységekre való bontásával kell kezdeni. A funkcionális egységeknél meg kell vizsgálni a be- és kimenő jellemzőket és matematikai formában fel kell írni a köztük lévő kapcsolatokat.

A műszaki gyakorlatban - SZABÓ [8] szerint - a matematikai modell felállításához alapvetően két út kínálkozik:

- WHITE BOX eljárás;

Az általános természettudományi ismeretanyagra támaszkodva, fizikai megfontolások alapján analitikus formában közvetlenül állítjuk fel a modellt.

– BLACK BOX módszer.

A berendezésben lejátszódó folyamat pontos ismerete nélkül, az ismert bemenő jellemzőkre adott válaszok ismeretében írjuk fel a modellt.

Az így felállított – legtöbbször nemlineáris – matematikai egyenletek alkotják a teljes, k részegységből álló, rendszer modelljét, amely általános esetben:

$$
\begin{aligned}
f_1(y_1;y_2; \dots ;y_n) &= g_1(x_1;x_2; \dots ;x_n) \\
f_1(y_1;y_2; \dots ;y_n) &= g_2(x_1;x_2; \dots ;x_n) \\
&| \\
f_k(y_1;y_2; \dots ;y_n) &= g_k(x_1;x_2; \dots ;x_n)
\end{aligned}
$$

vagy, egyszerübb alakban: (1)

$$\underline{f}(y) = \underline{g}(x)$$

A rendszer matematikai modelljét – a diagnosztikai modell felállítása érdekében – linearizálni kell. Ekkor egy olyan lineáris egyenletrendszert kapunk, mely a be- és kimenő jellemzők, például

$$\delta x_i = \frac{dx}{x_{i_o}} \quad . \tag{2}$$

relatív eltérései közti kapcsolatot írja le. Ez a modell az alábbi mátrixalakban adható meg:

$$\underline{A}\,\underline{\delta y} = \underline{B}\,\underline{\delta x} \quad . \tag{3}$$

A (3) egyenlet alapján, a mérhető külső jellemzők értékei, illetve az együtthatómátrixok ismerete alapján meghatározható a belső jellemzők pillanatnyi értéke, azaz a rendszer műszaki állapota. Ez a feladat két módon oldható meg:

– Ha a belső jellemzők együttható mátrixa négyzetes, a

$$\underline{D} = \underline{A}^{-1}\,\underline{B} \tag{4}$$

diagnosztikai mátrix felhasználásával azaz a

$$\underline{\delta y} = \underline{D}\,\underline{\delta x} \tag{5}$$

egyenlet alapján kell megbecsülni a belső jellemzők relatív eltéréseinek értékét [9].

– Ha az $\underline{A}$ mátrix nem invertálható, az

$$\underline{u} = \underline{A}\,\underline{\delta y} \tag{6}$$

segédvektor bevezetésével módosítható a (3) egyenlet. Ekkor azt a $\underline{\delta x}$ vektort kell megbecsülni, amely a legkisebb eltéréssel teljesíti az

$$\underline{u} - \underline{B}\,\underline{\delta x} = \underline{0} \tag{7}$$

egyenlőséget [5].

A különböző pillanatnyi műszaki állapotok könnyű, de egzakt összehasonlítása érdekében úgynevezett vezető paramétereket célszerű meghatározni. Vezető paraméter a rendszer felhasználásával, légi üzemeltetésével kapcsolatos legfontosabb jellemző lehet. Ez vagy az egyik belső jellemző vagy egy, azokból közvetlenül meghatározható paraméter. Például ilyen jellemző hajtóművek esetén a tolóerő vagy a hasznos teljesítmény.

A vezető paraméter pillanatnyi értéke és változási sebességének ismeretében dönthetünk, hogy a következő ellenőrzésig szükséges-e karbantartást vagy javítást végezni a rendszeren. Ehhez a jellemző, meghibásodáshoz tartozó értékének ismeretében meg kell határozni annak az üzemképes működéshez megengedhető értékét és változási sebességét.

3. Üzemeltetési határértékek

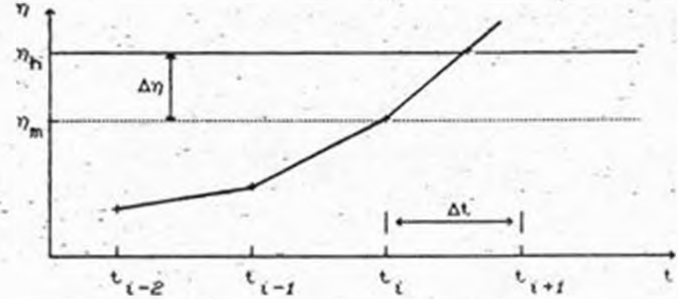
Egy η-jelű paraméter meghibásodáshoz tartozó η_h értékének és az ellenőrzései közti Δt idő ismeretében az üzemképes működéshez megengedhető η_m értéke és $\dot{\eta}_m$ sebessége meghatározásához feltételezük, hogy

- az η paraméter változása $\Delta\eta$ tartományban (1. ábra) lineáris;

- a paraméter változásának

$$\dot{\eta} = \frac{d\eta}{dt}$$

sebessége egy $f(\dot{\eta})$ sűrűséggel jellemezhető, mely független a vizsgált rendszer üzemidejétől.



1. ábra
Megengedhető határértékek meghatározása

Ha az *i-edik* ellenőrzésnél η eléri az η_m megelőző küszöböt és a paraméter ezt követően

$$\dot{\eta} > \frac{\Delta\eta}{\Delta t}$$

sebességgel változik, a jellemző a következő (*i+1-edik*) ellenőrzés előtt eléri az η_h meghibásodási értéket.

Ezért az üzemképes működéshez megengedhető paraméterváltozási sebesség értéke:

$$\dot{\eta}_m = \frac{\Delta\eta}{\Delta t} \quad . \tag{8}$$

a meghibásodási valószínűség:

$$P_h\,(\Delta t, \Delta\eta) = P\left[\dot{\eta} > \dot{\eta}_h\right] = 1 - P\left[\dot{\eta} \le \dot{\eta}_h\right] = 1 - \int_{-\infty}^{\dot{\eta}_m} f(\dot{\eta})\,d\dot{\eta} \quad . \tag{9}$$

A Q kockázati - megengedhető meghibásodási - valószínűség ismeretében, azt a (9) egyenletbe behelyettesítve kapjuk

$$Q = P_h\,(\Delta t, \Delta\eta) = 1 - \int_{-\infty}^{\dot{\eta}_m} f(\dot{\eta})\,d\dot{\eta} \quad . \tag{10}$$

Ha statisztikai illeszkedésvizsgálattal nem tudjuk meghatározni az $\dot{\eta}$ paraméterváltozási sebesség sűrűségét, akkor valamely nevezetes eloszlástípust célszerű feltételeznünk. Ezek, a teljesség igénye nélkül:

— EGYENLETES eloszlás [3]:

$$f(\dot{\eta}) = \frac{1}{\dot{\eta}_{max} - \dot{\eta}_{min}} = \frac{1}{\Delta\dot{\eta}} \quad (\text{ha } \dot{\eta}_{max} \ge \dot{\eta} \ge \dot{\eta}_{min}) \quad . \tag{11}$$

Ekkor:

$$Q = 1 - \frac{\dot{\eta}_m}{\Delta\dot{\eta}} = 1 - \frac{\Delta\eta}{\Delta t\ \Delta\dot{\eta}} \quad . \tag{12}$$

azaz:

$$\Delta\eta = (1 - Q)\ \Delta t\ \Delta\dot{\eta} \quad . \tag{13}$$

– EXPONENCIÁLIS eloszlás [7]:

$$f(\dot{\eta}) = \lambda\ e^{-\lambda\eta} \quad (\text{ha } \dot{\eta} > 0) \quad . \tag{14}$$

Ekkor:

$$Q = 1 - e^{-\lambda\dot{\eta}_m} \quad . \tag{15}$$

illetve:

$$\Delta\eta = - \frac{\ln (1 - Q)}{\lambda}\ \Delta t \quad . \tag{16}$$

– NORMÁLIS (GAUSS) eloszlás [7]:

$$f(\dot{\eta}) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}}\ e^{-\frac{(\dot{\eta} - m)^2}{2\sigma^2}} \quad . \tag{17}$$

Ebben az esetben, a fentiekhez hasonló, algebrailag könnyen levezethető megoldást nem találunk. Ezért a statisztikailag meghatározott, vagy felvett eloszlási adatok alapján, azokat standard normál eloszlásban kifejezve, határozhatjuk meg a megengedhető paraméterváltozási sebesség és a $\Delta\eta$ tartomány nagyságát.

Az üzemképes működéshez megengedhető paraméter érték:

$$\eta_m = \eta_h - \Delta\eta \quad . \qquad (18)$$

Ha az η és az $\mathring{\eta}$ értékek kisebbek a (18), illetve a (8) egyenletekkel meghatározott értékeknél, akkor a rendszer a következő ellenőrzésig, karbantartásig legkevesebb 1-Q valószínűséggel nem hibásodik meg.

4. Az eljárás alkalmazása

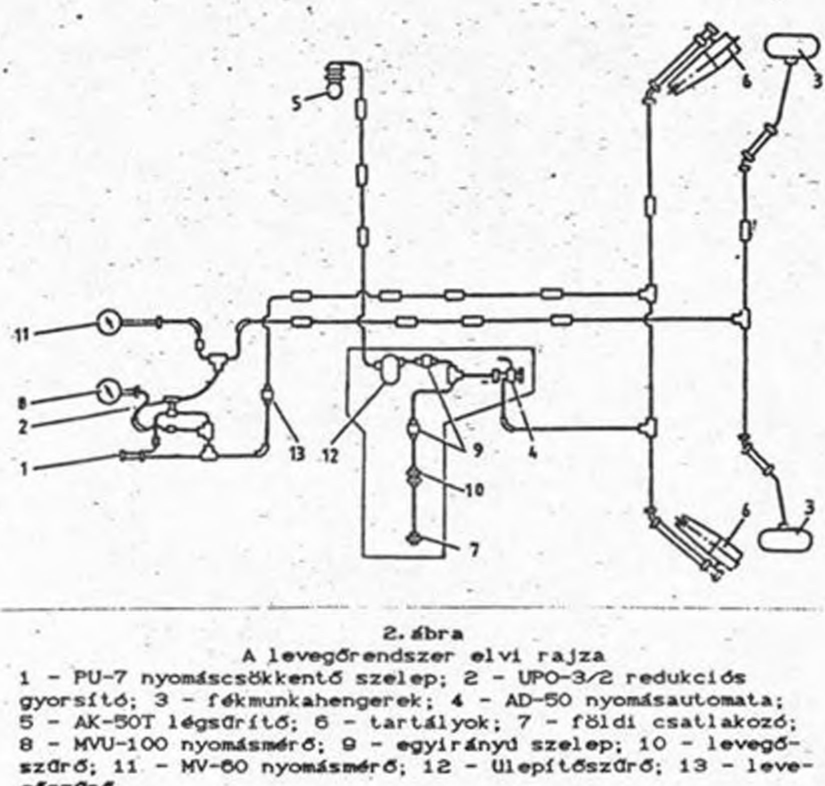
A diagnosztikára épülő üzemeltetés-irányítási módszer kidolgozását és alkalmazásának lehetőségét a Mi-8 helikopter féklevegő-rendszer állandósult matematikai modelljének felállításával és felhasználásával mutatjuk be [5].

A Mi-8 közepes szállító helikopter levegőrendszerének feladata a főfutómű kerekeinek fékezése, valamint tábori üzemeltetési körülmények között a futóballonok feltöltéséhez, illetve a futómű rugóstagok egyszeri utántöltéséhez szükséges sűrített levegő biztosítása [2]. A rendszer - a repülőműszaki gyakorlatban alkalmazott - elvi rajzát a 2. ábra szemlélteti.

Üzemi nyomástartomány:	(p_t)	$40 - 50^{+4}$ atm
a tartályok térfogata:	(V_t)	10000 cm^3
a munkahengerek üzemi nyomása:	(p_f)	$0 - 31^{+3}$ atm
megengedett fékrés:	(z_j)	0,3 - 0,4 mm

1. Táblázat[1]
A rendszer főbb adatai

[1] A nyomásértékek megadásánál azért használunk nem SI mértékegységet, mert a [2] irodalom is így adja meg, illetve a rendszerbe beépített műszerek is ilyen beosztásúak. Ez a modell alkalmazásakor fontos.



2.ábra
A levegőrendszer elvi rajza
1 - PU-7 nyomáscsökkentő szelep; 2 - UPO-3/2 redukciós gyorsító; 3 - fékmunkahengerek; 4 - AD-50 nyomásautomata; 5 - AK-50T légsűrítő; 6 - tartályok; 7 - földi csatlakozó; 8 - MVU-100 nyomásmérő; 9 - egyirányú szelep; 10 - levegőszűrő; 11 - MV-60 nyomásmérő; 12 - ülepítőszűrő; 13 - levegőszűrő.

A rendszer funkcionális egységekre való bontása után a bennük lejátszódó fizikai folyamatokat - a fent említett WHITE BOX eljárással - leírjuk matematikai formában. Ekkor az alábbi egyenleteket kapjuk:

- Nyomáscsökkentő szelep:

$$p_v = \frac{F_{r1} - F_{r2} + A_d\, p_H - A_k\, p_u}{A_d - A_k} \tag{19}$$

– Redukciós gyorsító:

$$p_f = \frac{p_v A_1 - p_H A_2 - F_{r3}}{A_3} \quad . \qquad (20)$$

– Fékpofa (j-edik):

$$F_j = (p_f - p_H) A_{fj} i_{fj} - \frac{i_{rj}}{i_{fj}} \left[\frac{i_{rj}}{i_{fj}} z_j + x_o \right] s_j \quad . \qquad (21)$$

– Tartály (adiabatikus expanziót feltételezve):

$$p_u = \left[p_t - \frac{V_v(p_v - p_H) + \left[V_{cső} + \sum_{j=1}^{4} i_{fj} z_j A_{fj} \right] (p_f - p_H)}{V_t} \right] \cdot$$

$$\cdot \left[1 - \frac{V_v(p_v - p_H) + \left[V_{cső} + \sum_{j=1}^{4} i_{fj} z_j A_{fj} \right] (p_f - p_H)}{V_t p_t} \right]^{\varkappa - 1} \qquad (22)$$

A felállított egyenletek logaritmikus linearizálása után

– a (19) egyenletből a:

$$\delta p_v = K_1 \delta F_{r1} - K_2 \delta F_{r2} - K_3 \delta p_u + K_4 \delta p_H \qquad (23)$$

– a (20) egyenletből a:

$$\delta p_f = K_5 \delta p_v - K_6 \delta F_{r3} - K_7 \delta p_H \qquad (24)$$

– a (21) egyenletből a:

$$\delta F_j = K_8 \delta p_f - K_9 \delta p_H - K_{10} \delta z_j - K_{11} \delta s_j \qquad (25)$$

– a (22) egyenletből a:

$$\delta p_u = K_{12}\,\delta p_t - K_{13}\,\delta p_v - K_{14}\,\delta p_f + K_{15}\,\delta p_H + \sum_{j=1}^{4} K_{16}\,\delta z_j \qquad (26)$$

egyenletet kapjuk.

A szétválasztott mérhető, külső ($\underline{\delta y}$), illetve a nem mérhető, belső ($\underline{\delta x}$) paramétereket az alábbi két vektorba rendezzük:

$$\underline{\delta y} = \begin{bmatrix} \delta p_H \\ \delta p_f \\ \delta p_u \\ \delta z_1 \\ \delta z_2 \\ \delta z_3 \\ \delta z_4 \\ \delta p_t \end{bmatrix} \quad (27) \qquad ; \qquad \underline{\delta x} = \begin{bmatrix} \delta p_v \\ \delta F_{r1} \\ \delta F_{r2} \\ \delta F_{r3} \\ \delta s_1 \\ \delta F_1 \\ \delta s_2 \\ \delta F_2 \\ \delta s_3 \\ \delta F_3 \\ \delta s_4 \\ \delta F_4 \end{bmatrix} \quad (28)$$

A fentiekben meghatározott vektorok együtthatómátrixait a (29) és a (30) egyenletekkel adjuk meg.

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} -K_4 & 0 & K_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_7 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -K_9 & -K_8 & 0 & K_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -K_9 & -K_8 & 0 & 0 & K_{10} & 0 & 0 & 0 \\ -K_9 & -K_8 & 0 & 0 & 0 & K_{10} & 0 & 0 \\ -K_9 & -K_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{10} & 0 \\ -K_{15} & -K_{14} & 1 & -K_{16} & -K_{16} & -K_{16} & -K_{16} & -K_{12} \end{bmatrix} \qquad (29)$$

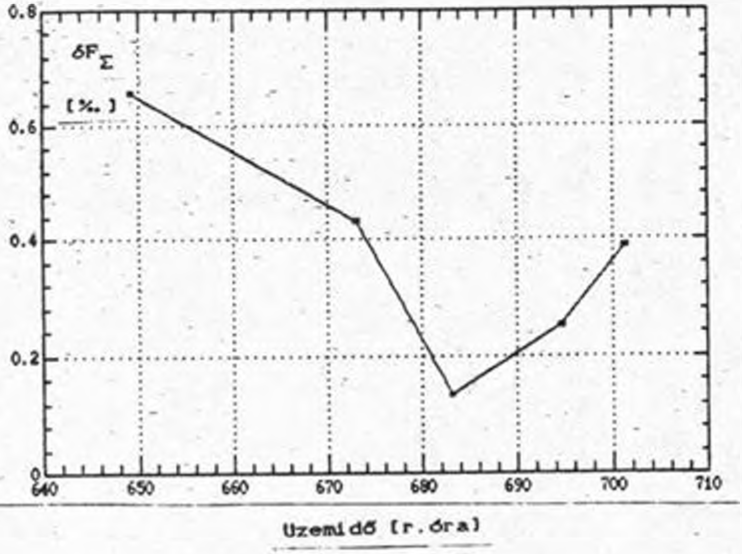
$$\underline{B} = \begin{bmatrix} -1 & K_1 & -K_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_5 & 0 & 0 & -K_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -K_{11} & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -K_{11} & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -K_{11} & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -K_{11} & -1 \\ -K_{13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad (30)$$

Feltöltjük az együtthatómátrixokat, illetve - a mérési eredmények alapján - meghatározzuk a $\underline{\delta y}$ vektort. Mivel az $\underline{A}$ mátrix nem négyzetes, a belső jellemzők relatív eltéréseinek vektorát a (6) és a (7) egyenletek felhasználásával becsülhetjük meg.

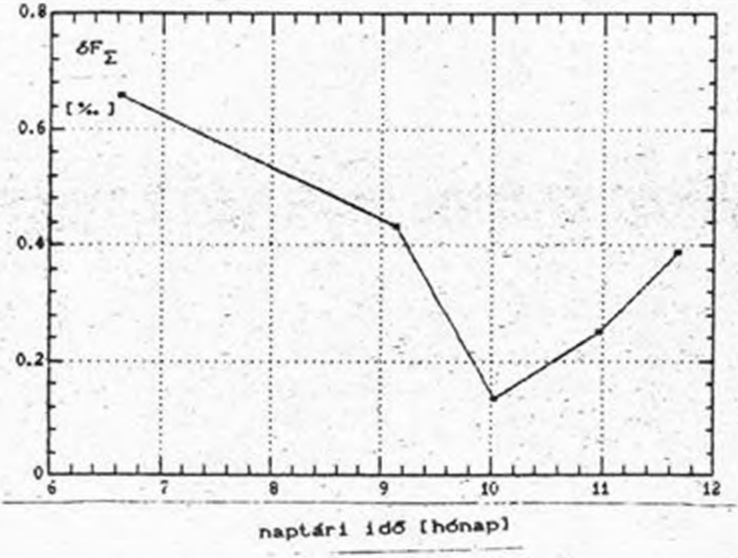
Vezető paraméternek az összfékhatás csökkenését célszerű választani.

Mivel statisztikai illeszkedésvizsgálathoz nem rendelkezünk elegendő számú mérési eredménnyel, az üzemeltetési határértékek meghatározásához a paraméter változási sebesség sűrűségét egyenletes eloszlásuként kezeljük - lásd a (11); (12) és (13) egyenleteket.

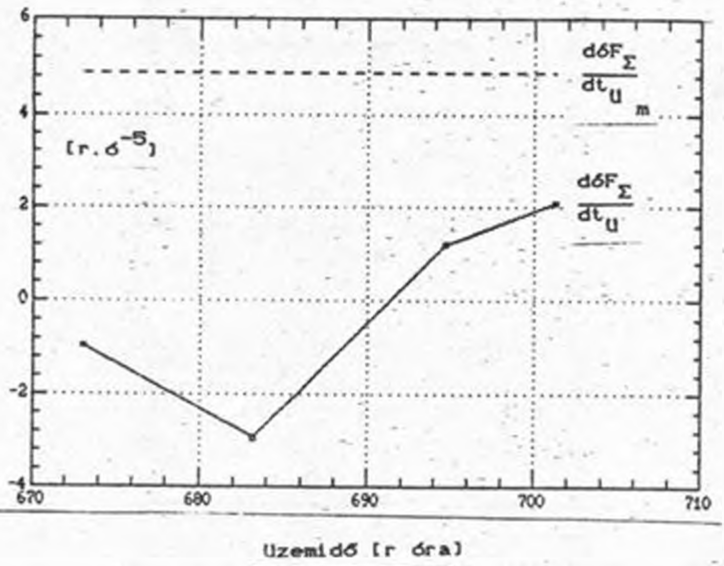
A mérések elvégzésére kiválasztott helikopter üzemideje az 1995.június 19. és november 20. közötti időszakban 52 óra 06 perc (649.10 - 701.16) volt. Az összfékhatás csökkenés meghatározott értékeit szemlélteti a 3. és a 4. ábra, az üzemidő, illetve a naptári idő függvényében. Az 5. és a 6. ábra az utóbbi négy méréshez tartozó változási sebességeket mutatja be az üzemidő és a naptári idő függvényében.


δF_Σ
[%.]
0.8
0.6
0.4
0.2
0
640
650
660
670
680
690
700
710
Uzemidő [r.óra]

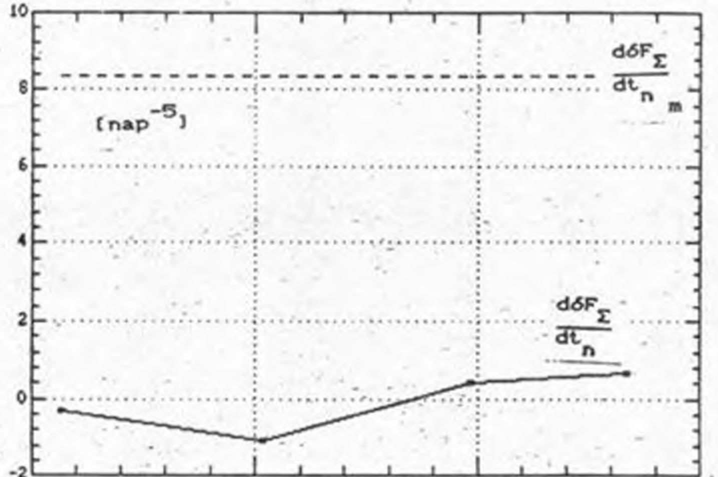
3. ábra


δF_Σ
[%.]
0.8
0.6
0.4
0.2
0
6
7
8
9
10
11
12
naptári idő [hónap]

4. ábra


6
4
2
0
-2
-4
670
680
690
700
710
[r.ó$^{-5}$]
dóF$_\Sigma$/dt$_U$ m
dóF$_\Sigma$/dt$_U$
Uzemidő [r óra]

5. ábra


10
8
6
4
2
0
-2
9
10
11
12
[nap^{-5}]
dóF$_\Sigma$/dt$_n$ m
dóF$_\Sigma$/dt$_n$
naptári idő [hónap]

6. ábra

5. Összefoglalás

Jelen tanulmányban egy repülőgép pneumatikusrendszer üzemeltetési folyamatának - mint egy Markov-folyamatnak - állapotbecslési eljárásra épülő, irányítási módszerét dolgoztuk ki.

A kidolgozott módszer bevezetéséhez, alkalmazásához szükséges adatok a jelenlegi kiszolgálási technológia által megengedett módon a helikopter fedélzeti műszereinek, valamint a műszaki kiszolgáló századok eszközeinek felhasználásával is beszerezhetők.

A matematikai-diagnosztika alkalmazására épülő üzemeltetési folyamatirányítási módszer alkalmas a földi üzemeltetési (üzembentartási) munka minimalizálására, a rendszer megfelelő üzemképességi szintjének biztosítása mellett.

A bemutatott eljárás gyakorlati alkalmazási lehetőségét egy harcrendben lévő helikopteren végzett mérések végzésével, illetve azok kiértékelésével igazoltuk.

6. Alkalmazott jelölések

A_d – nyomáscsökkentő dugattyú felülete;
A_j – redukciós gyorsító j-edik dugattyú felülete;
A_k – nyomáscsökkentő kis beeresztő szelepének felülete;
F_{r1} – nyomáscsökkentő redukciós rugójának ereje;
F_{r2} – nyomáscsökkentő "2" rugójának ereje;
F_{rgy} – redukciós gyorsító rugójának ereje;
F_{Σ} – összfékerő;
i_{fj} – a j-edik fékpofa "dugattyú-fékpofa" áttétele;
i_{rj} – a j-edik fékpofa "dugattyú-rugó" áttétele;
K_j – együttható mátrixok j-edik konstansa;
m – várható érték;

P – valószínűség;
P_h – meghibásodási valószínűség;
p_f – féklevegő nyomás;
p_H – környezeti nyomás;
p_t – tartálynyomás a fékezés előtt;
p_u – tartálynyomás a fékezés után;
p_v – vezérlő nyomás;
Q – kockázati valószínűség;
s_j – a j-edik fékpofa visszatérítő rugójának merevsége;
t – idő;
t_n – naptári idő;
t_u – üzemidő;
$V_{cső}$ – csővezeték térfogata;
V_v – vezérlőnyomású rendszerrész térfogata;
V_t – a tartály térfogata;
x – általános belső jellemző;
y – általános külső jellemző;
z_j – a j-edik fékpofa rése;
η – általános jellemző;
η_h – η jellemző meghibásodáshoz tartozó értéke;
η_m – η jellemző üzemképes működéshez megengedhető értéke;
$\dot{\eta}$ – η jellemző változási sebessége;
$\dot{\eta}_m$ – η jellemző üzemképes működéshez megengedhető változási sebessége;
$\varkappa$ – levegő adiabatikus kitevője;
σ – szórás;
$\underline{\underline{A}}$ – külső jellemzők együttható mátrixa;
$\underline{\underline{B}}$ – belső jellemzők együttható mátrixa;
$\underline{\underline{D}}$ – diagnosztikai mátrix;
$\underline{u}$ – segédvektor;
$\underline{0}$ – nullvektor.

7. Felhasznált irodalom

[1] – Abdel-Fattah, A. Engine Maintenance Cost Management, TU of Budapest, Budapest, 1995.

[2] – Данилов, В. А., Вертолет Ми-8, устройство и техническое обслуживание, Транспорт, Москва, 1988.

[3] – Detrekői, Á., Kiegyenlítő számítások, Tankönyvkiadó, Budapest, 1991.

[4] – Gyurkovics, I., Mezőgazdasági repülőgépek diagnosztikai vizsgálatokra épülő üzemeltetési és javítási rendszere, BME, Közlekedésmérnöki Kar, Budapest, 1978.

[5] – Pokorádi, L., On-Condition Operation of Aircraft Pneumatic System Based on Mathematical Diagnostic, Proc. of the 11. Hungarian Days of Aeronautical Sciences, Budapest, 1996, 259-269.

[6] – Pokorádi, L., Üzemeltetési rendszerek vizsgálata a Markov-folyamatok elméletének alkalmazásával, X. Magyar Repüléstudományi Napok, Szolnok, 1993, I. kötet 154-165.

[7] – Prékopa, A., Valószínűségelmélet műszaki alkalmazásokkal, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.

[8] – Szabó, I., Gépészeti rendszertechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.

[9] – Синдеев, И. М., Диагностирование и прогнозирование тахнического состояния авиационного оборудования, Транспорт, Москва, 1984.

[10] – Szűcs, E., Hasonlóság és modell, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.