Pokorádi László mk.főhadnagy, főiskolai adjunktus:

A MATEMATIKAI MODELL FELHASZNÁLÁSA A REPÜLŐGÉP ENERGIARENDSZEREK ÁLLAPOTBECSLÉSÉRE

A korábbi (1.) cikkemben leírt matematikai modell felhasználható a vizsgált rendszer műszaki állapotának meghatározására is. Ekkor a rendelkezésre álló mért adatok alapján határozzuk meg a rendszer műszaki állapotát. Ehhez a vizsgálathoz úgy kell szétválasztani a jellemzőket, hogy a $\delta\underline{y}$ vektorba rendezzük a mérhető - külső - és a $\delta\underline{x}$ vektorba a nem mérhető - belső jellemzőket. Majd a vektorok alapján az egyenletrendszer együttható mátrixait is meghatározzuk.

A $$\delta\underline{y} = \underline{\underline{D}}\,\delta\underline{x} \qquad (1)$$

egyenlet felhasználásával a $\delta\underline{y}$ vektor és a $\underline{\underline{D}}$ mátrix ismeretében valamely don meg kell határozni azt a $\delta\underline{x}$ vektort, amely a lehető legkisebb eltéréssel teljesíti az egyenlet által leírt egyenlőséget.

Munkám során kidolgoztam egy, a MI-8 helikopter féklevegő rendszer állapotának becslését végző eljárást.

A $\underline{y}$, illetve a $\underline{x}$ vektorok meghatározását úgy végeztem el, hogy a külső jellemzők vektorába a jelenleg is mérhető paramétereket soroltam. Ezt azért választottam így, mert a kidolgozott rendszert egy olyan technikán kell (vagy lehet) alkalmazni, amelyiket nem állapot szerinti üzemeltetésre terveztek. E miatt a feladat megoldása során problémát okozott az, hogy a külső jellemzők $\underline{\underline{A}}$ együttható mátrixa nem négyzetes és ezért nem lehetett invertálni. Ezért módosítva az irodalmakban szereplő módszert, az

$$\underline{\underline{A}}\,\delta\underline{y} = \underline{\underline{B}}\,\delta\underline{x} \qquad (2)$$

mátrixegyenlet alapján az

$$\underline{u} = \underline{\underline{A}}\,\delta\underline{y} \qquad (3)$$

egyenlőséget bevezetve kell megbecsülni azt a $\underline{x}$ vektort, amely teljesíti az

$$\underline{u} - \underline{\underline{B}}\,\delta\underline{x} = \underline{0} \qquad (4)$$

egyenlőséget. Ez egyenértékű azzal, mintha a (2) egyenletet közvetlen használnánk fel a becslési eljáráshoz. A $\delta\underline{x}$ vektor - a belső jellemzők változásának - ismeretében pedig megtudjuk határozni a vizsgált rendszer műszaki állapotát. Ezt az eljárást állapotbecslésnek hívjuk (2; 4).

A (4) egyenlőséget biztosító $\delta\underline{x}$ vektort optimum kereső eljárással határoztam meg, azaz kerestem az

$$f(\underline{x}) = (\underline{u} - \underline{\underline{B}}\,\delta\underline{x})^2 \tag{5}$$

skalár-vektor függvény minimumát. Az extrémum keresésére a gradiens módszert választottam. A gradiens módszer lényege (3), hogy az n dimenziós térben az adott funkcionál értékeinek változását mindig a szintfelületekre merőleges irányba haladva vizsgáljuk. Esetünkben n=12 és a funkcionált az (5) egyenlet írja le. Kiindulva a nulladik megközelítést jelentő x pontból, az $f(\underline{x})=f(\underline{x}_0)$ szintfelülethez tartozó normális mentén addig haladunk, amíg el nem jutunk az $f(\underline{x})=f(\underline{x}_1)$ szintfelületre - az első megközelítést jelentő x_1 pontba. Majd az előbbi módon meghatározzuk az x_2 pontot, ahol $f(\underline{x})=f(\underline{x}_2)$ és így tovább.
Mivel

$$f(\underline{x}_0) > f(\underline{x}_1) > f(\underline{x}_2) \ldots$$

Ha folytatjuk az eljárást, akkor gyorsan fogunk közeledni ahhoz a ponthoz, amelyben a megadott $f(\underline{x})$ függvény értéke minimális - ami "a gödör legmélyebb pontja" -, és ez felel meg a $\delta\underline{x}$ vektor megoldásának. Az $f(\underline{x})$ skalár-vektor függvény gradiense egy vektor, amely a (6) egyenlettel határozható meg, iránya megegyezik az adott szintfelület x pontbeli normálisával, értelme megfelel az $f(\underline{x})$ függvény növekedésének, nagysága a függvény változásának intenzitásával arányos.

$$\text{grad}\, f(\underline{x}) = \nabla f(\underline{x}) \tag{6}$$

ahol:

∇ - a Hamilton (nabla) operátor.

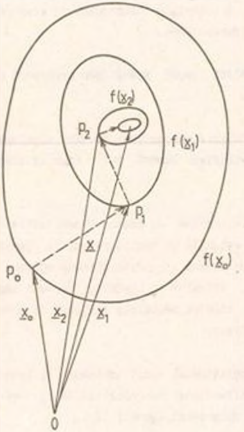
A módszert az 1.sz. ábra szemlélteti, az iterációs képlet pedig:

$$\underline{x}_{i+1} = \underline{x}_i - \lambda_i \nabla f(\underline{x}_i) \tag{7}$$

ahol:

$i = 0;\ 1;\ 2 \ldots$

A (3) irodalom szerint célszerű lehet még a Gauss-Seidel vagy a sztochasztikus optimum kereső módszerek alkalmazása is. Az első eljárás lényege, hogy mindegyik paraméter tengely mentén egymás után haladva keresi az optimális megoldást. A RANDOM módszer használatakor a kijelölt térrészben véletlenül generált pontok közül a legkisebb eltérést adó pontkörül kisebb teret kijelölve közelítjük az optimumot.



1.sz. ábra

A gradiens módszert olyan műszaki problémák megoldásánál célszerű alkalmazni, ahol az $f(\underline{x})$ függvénynek van gradiense.

A GAUSS-SEIDEL és a RANDOM eljárások szélesebb körben alkalmazhatóak, ha a szélső érték behatárolására van mód ez utóbbiakat célszerű használni. A gradiens módszer hátránya, hogy a helyi (lokális) minimumokra is "kifut-hat". A futási eredmények bizonyították, hogy esetünkben a hibakritérium felület viszonylag sima, lokális minimumoktól mentes. Ellenkező esetben a gradiens módszer alkalmazása előtt az abszolut minimum hely környezetének behatárolása céljából például a RANDOM módszert ajánlatos használni.

Az elkészített állapotbecslő eljáráshoz nem kell az ellenőrzött rendszer megbontása, a szükséges információk az érvényes technológia által megengedett módon beszerezhetőek.

Az állapotbecslést végző számítógép programot GW-BASIC nyelven IBM PC-re készítettem el.

A fentiekben leírt diagnosztikai módszer alkalmazásával kapcsolatban több probléma lép, illetve léphet fel. Ezek az alábbiakban foglalhatók össze:

- A diagnosztika alkalmazása az összes üzemeltetőre vonatkozóan egységes adatgyűjtő, elemző-értékelő és tároló rendszert igényel. Ez azért szüksé-ges, hogy biztosítva legyen a repülőtechnikák műszaki állapotának korrekt összehasonlítására, valamint a gyártó, tervező cég, illetve a vezető-irányító állomány számára megfelelő minőségű és mennyiségű statisztikus információt biztosítson.

- A diagnosztika segítségével nyert adatokat fel lehet használni az adott rendszer műszaki állapotának prognosztizálására. Ami megfelelő prognosz-tizáló módszerek kidolgozását igényli (2).

- Az esetek többségében szükség van a diagnosztikai modell és az adott rendszer illesztésére. Ezt a pontosítást többféleképpen végre lehet haj-tani. Járható út például a rendszer mérési eredményeinek alapján történő illesztés. Ezt nevezi az irodalom a matematikai modell identifikációjá-nak. Ekkor a matematikai modell paramétereit változtatjuk meg úgy, hogy annak szerkezete, felépítése változatlan marad. De elvileg lehetséges az együttható mátrixok feltöltése úgy, hogy a benne szereplő paramétereket méréssel meghatározzuk.

- A diagnosztikai vizsgálatokat az adott rendszeren gyártástól célszerű végezni, figyelembe véve a gyártáskor keletkező eltéréseket. Például nem megfelelő tűrés-meghatározások esetén lehetséges, hogy megengedett tűrésen belüli részegységekből tűrésen kívüli rendszert állítsanak össze.

- A diagnosztizálás pontosságát befolyásolja, hogy a diagnosztikai modell mátrixai az üzemeltetés - különösen javításkor vagy berendezéscsere esetén - változik.

- A belső jellemzők változása csak kis mértékű, a becslési hibával azonos nagyságrendű lehet. Ez pontosabb numerikus módszer választásával vagy a kiválasztott módszer pontosságának növelésével javítható.

- A hibabecslési eljárás bevezetésekor meg kell határozni a belső paraméterek meghibásodási értékeit.

- Az állapotbecslés pontosságát befolyásolja az alkalmazott mérőberendezések pontossága is, ezért pontosabb, érzékenyebb műszereket célszerű alkalmazni az identifikációs eljárásnál. Esetünkben a diagnosztizálás pontosságát a MI-8 helikopterbe beépített műszerek határozzák meg.

- A mérési adatokkal kapcsolatban még problémát jelent a mérési zaj is. A méréskor fellépő sztochasztikus mérési hibákon kívül ide tartozik még az egyes mérőműszerek lineáris hibája is, amelyek kiszűrése nehéz, de fontos feladat.

Felhasznált irodalom:

1. Pokorádi László: Repülőgép energiarendszerek matematikai modellekre épülő diagnosztikája. Tudományos Kiképzési Közlemények, MN KGYRMF Szolnok, 1989/1. 3-16.
2. Dr.Rohács József: Repülőgép üzemi jellemzők változásainak vizsgálata (feladatok, módszerek). IX. Magyar Repüléstudományi Napok, Bp. 1988. 130-144.
3. Bahvalov N. Sz.: Csiszlennie metodi Nauka, Moszkva 1975.
4. Szingyejev I. M.: Diagnosztyirovanyie i prognozirovanyie tehnyicseszkava szosztajanyie aviocionava oborudovanyija Transzport, Moszkva 1984.