XX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2015. Kolozsvár, 263–266. *DOI: 10.33895/mtk-2015.03.58*
http://hdl.handle.net/10598/28632

HIBAFA ÉRZÉKENYSÉGELEMZÉSE

SENSITIVITY ANALYSIS OF FAULT TREE

Pokorádi László

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtudományi Kar,
Magyarország 1081 Budapest Népszínház u. 8.
+3630 9194929, pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

The paper shows an easy-useable, modular approach fault tree sensitivity investigation method uses matrix-algebraic method based upon the diagnostic modeling of airframe systems and gas turbine engines. The main aim of this study is to shows the adaptation of linear mathematical diagnostic modeling methodology for setting-up of LFTSM and its possibility of use to investigate Fault Tree sensitivity by a short demonstrative example.

Keywords: *fault tree analysis, sensitivity analysis, LFTSM.*

Összefoglalás

A cikk egy könnyen algoritmizálható, moduláris megközelítésű, hibafa érzékenység elemzési módszert mutat be, mely repülőgép rendszerek és gázturbinás hajtóművek diagnosztikai modellezési eljárásain alapszik. A tanulmány fő célja a lineáris matematikai diagnosztikai modellezési módszerek alkalmazásával a Lineáris Hibafa Érzékenységi Modell (LFTSM) módszertanának kidolgozása és egy rövid példán keresztül alkalmazási lehetőségének szemléltetése.

Kulcsszavak: *hibafa elemzés, érzékenység vizsgálat, LFTSM.*

1. Bevezetés

A hibafa-elemzés során egy valós vagy feltételezett rendszerhibából, az úgynevezett főeseményből indulunk ki, és fokozatosan derítjük fel azokat a részrendszer alkotóelem meghibásodási lehetőségeket, melyek az adott, nem kívánt esemény bekövetkezéséhez vezetnek vagy vezethetnek [4]. Az elemző munkát fastruktúrájú gráf megjelenítés segíti, amit különböző, például megbízhatósági számításokkal is ki lehet egészíteni.

A hibafa-elemzés érzékenyvizsgálatának célja annak meghatározása, hogy az adott hibafa elemi események bekövetkezési valószínűségeinek változásaira milyen mértékben reagálnak – mennyire érzékenyek – a hozzá kapcsolódó közbülső események és a főesemény bekövetkezési valószínűségei.

Csiba elemzései során a csúcseseménye bekövetkezési valószínűséget leíró függvény elemi események bekövetkezési valószínűségei szerinti parciális differenciál hányadosait képezte az érzékenységi együtthatók meghatározásához [1]. Ezen eljárás hátránya az, hogy egy nagyméretű, összetett hibafa esetén viszonylag nagy a hibázás lehetősége.

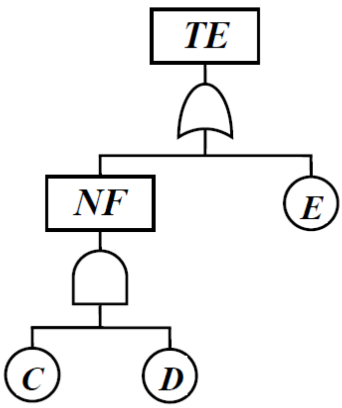
Pokorádi [2] könyvében vizsgálta a technikai rendszerek lineáris érzékenységi modelljeinek felállítási és alkalmazhatósági lehetőségeit. A Szerző a repülőgép sárkány rendszereinek lineáris diagnosztikai eljárásait alkalmazta a hibafa-elemzés relatív érzékenységvizsgálatára, valamint a Lineáris Hibafa Érzékenységi Modell (LFTSM – Linear Fault Tree Sensitivity Model) módszerét dolgozta ki [3].

Jelen tanulmány a hibafa-elemzés érzékenységvizsgálatának moduláris megközelítésű, mátrixalgebrai módszerét mutatja be, terjedelmi okok miatt egy nagyon egyszerű példán keresztül, a Szerző által kidolgozott LFTSM alkalmazásával.

A tanulmány az alábbi részekből áll: A 2. fejezet a Hibafa-elemzést mutatja be röviden. A 3. fejezet az érzékenységelemzés Lineáris Hibafa Érzékenységi Modell módszerét írja le. Végül a Szerző összegzi a kutatómunkája során szerzett tapasztalatokat és megfogalmazza jövőbeli célkitűzéseit.

2. A Hibafa elemzés

A hibafa-elemzés során egy feltételezett rendszerhibából, az úgynevezett főeseményből (Top Event) indulunk ki, és fokozatosan derítjük fel azokat a részrendszer és alkotóelem meghibásodási lehetőségeket, melyek az adott, nem kívánt esemény bekövetkezéséhez vezetnek vagy vezethetnek.



1. ábra. *Hibafa (mintapélda)*

Szemléltetésképpen egy rendkívül egyszerű, dolgozatíráshoz kapcsolódó, példát mutatunk be, melyet az **1. ábra**, illetve az **1. táblázat** szemléltet.

1. táblázat. *A hibafa eseményei és a kiinduló adatok*

	Leírás	P_i	Megjegyzés
TE	„A válasz nincs leírva a lapra”	–	főesemény
NF	„Nem fog a toll és a ceruza”	–	közbülső esemény
C	Nem fog a toll	0.2	alap esemény
D	Nem fog a ceruza	0.4	alap esemény
E	Nincs hely a papíron	0.05	alap esemény

Egy nem elemi (közbülső-, és fő-) esemény bekövetkezési valószínűsége meghatározható az azt kiváltó események – melyek lehetnek elemi vagy alacsonyabb szintű közbülső események – bekövetkezési valószínűségeinek, illetve a kapcsolatot leíró logikai kapu ismeretében, azaz:

ÉS kapu esetén:

$$P = \prod_{i=1}^{k} P_i \qquad (1)$$
$$P_{NF} = P_C P_D = 0{,}2 \cdot 0{,}4 = 0{,}08$$

VAGY kapu esetén:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^{k} (1 - P_i) \qquad (2)$$
$$P_{TE} = 1 - (1 - P_{NF})(1 - P_E) = 0.126$$

ahol: $P_i \in [0,1] \subset \Re \ \forall i \in \{1,2,\dots,k\}$ az *i*-edik kiváltó esemény bekövetkezési valószínűsége; $k \in \aleph$ a kiváltó események száma.

3. Érzékenységelemzés

Egy $y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ $f : \Re^k \to \Re$ általános függvény x_i független változó szerinti érzékenységi együtthatója a

$$K_{x_i} = \frac{\partial y}{\partial x_i}\frac{x_i}{y} \qquad (3)$$

parciális differenciálegyenlettel határozható meg. Az összes független változó szerinti érzékenységi együtthatók felhasználásával az alábbi lineáris egyenletet kapjuk:

$$\delta y = K_{y;x_1}\delta x_{y;x_2} + \ldots + K_{y;x_k}\delta x_k \quad , \qquad (4)$$

amely a vizsgált rendszer paramétereinek relatív változásai közti kapcsolatot – azaz a kimenő jellemző relatív érzékenységét – írja le [1].

A hibafa elemzéseknél alkalmazott logikai kapuk érzékenységi együtthatóit az alábbiak szerint határozhatjuk meg:

ÉS kapu esetén:

$$\begin{aligned} &K_i = 1 \quad \forall i \in \{1,2,...,k\} \\ &K_C = K_D = 1 \end{aligned} \quad ; \qquad (5)$$

VAGY kapu esetén:

$$\begin{aligned} K_j &= \frac{P_j}{P}\prod_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{k}\left(1-P_i\right) \\ K_{NF} &= \frac{P_{NF}}{P}\left(1-P_E\right) \quad . \\ K_E &= \frac{P_E}{P}\left(1-P_{NF}\right) \end{aligned} \qquad (6)$$

Következő lépésként különválasztjuk a vizsgált hibafa eseményeit az elemi és nem-elemi eseményekre, mivel az utóbbiak mindegyike valamelyik logikai kapu kimenő (függő) változója. Az elemi és nem-elemi események bekövetkezési valószínűségeit az $\mathbf{x} \in \Re^{m\times 1}$:

$$\mathbf{x}^T = \begin{bmatrix} P_C & P_D & P_E \end{bmatrix} \quad ; \qquad (7)$$

illetve $\mathbf{y} \in \Re^{n\times 1}$ vektorokba rendezzük:

$$\mathbf{y}^T = \begin{bmatrix} P_{TE} & P_{NF} \end{bmatrix} \quad . \qquad (8)$$

Ekkor a bekövetkezési valószínűségek relatív változásai közti kapcsolatokat az

$$\mathbf{A}\delta\mathbf{y} = \mathbf{B}\delta\mathbf{x} \quad , \qquad (9)$$

illetve

$$\delta\mathbf{y} = \mathbf{D}\delta\mathbf{x} \qquad (10)$$

mátrixegyenletekkel tudjuk leírni, ahol: $\mathbf{A} \in \Re^{n\times n}$ nem elemi események:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & -K_{NF} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.6032 \\ 0.0000 & 1.0000 \end{bmatrix} \qquad (11)$$

$\mathbf{B} \in \Re^{n\times m}$ elemi események:

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & K_E \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0000 & 0.3651 \\ 1.0000 & 1.0000 & 0.0000 \end{bmatrix} \qquad (12)$$

együttható mátrixa; **D** a hibafa-elemzés relatív érzékenységi mátrixa:

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 0.6032 & 0.6032 & 0.3651 \\ 1.0000 & 1.0000 & 0.0000 \end{bmatrix} \quad ; \qquad (13)$$

$n \in \aleph$ a nem elemi események; $m \in \aleph$ az elemi események száma.

Matematikailag megfogalmazva, az érzékenység vektor elemei megmutatják, hogy az elemi események bekövetkezési valószínűségeinek értékcsökkenése vagy növekedése a főesemény bekövetkezési valószínűségének milyen mértékű csökkenését, illetve növekedését okozzák. Másképpen fogalmazva: mely elemi esemény bekövetkezési valószínűségének változása bír a legnagyobb hatással a főesemény bekövetkezési valószínűségére.

Mérnöki szempontból ez azt mutatja meg, mely elemi eseményt létrehozó rendszerelem megbízhatóságának növelésével tudjuk a legnagyobb, illetve legkisebb mértékben javítani a teljes rendszer megbízhatóságát.

Jelen – lásd (13) egyenlet – mátrixból az alábbi következtetések vonhatók le:

- a toll, illetve a ceruza használhatósága a két legkritikusabb kérdés a vizsgált esetben – tehát célszerű megfelelő íróeszközökkel indulni, ha dolgozat fogunk írni aznap az iskolában;
- a toll és a ceruza használhatósága nincs hatással, arra, hogy van-e elegendő hely a dolgozatpapíron;
- a dolgozatpapír helyes beosztása nincs hatással az íróeszközök használhatóságára;
- kisebb hatással van a dolgozatpapír rossz beosztása arra, hogy fel tudjuk-e írni a számítási eredményt – de!, azért figyeljünk oda, hogy minden feladat megoldására jusson elegendő hely a dolgozatlapon!

4. Következtetések

A cikk egy egyszerű mintapéldán keresztül szemlélteti és igazolja egy új, könynyen algoritmizálható mátrixalgebrai eljárás használhatóságát a hibafák érzékenységi elemzéséhez.

A Szerző további tudományos kutatómunkája során olyan tanulmányok elkészítését tűzte ki célként, amelyek leírják a modell- és rendszerbizonytalanságokat, illetve rendszer érzékenységeket, értelmezik, vizsgálják és szemléltetik azok elemzési módszereit.

Szakirodalmi hivatkozások

[1] Csiba József: *Sensitivity Analysis of the Reliability Computed by Using the Failure Tree Method*, Proc. Of the 11th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, 2008. 749–760.

[2] Pokorádi László.: *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen, 2008., 242.

[3] Pokorádi László: *Mátrixalgebrai hibafa-érzékenységelemzés*, Miskolci Egyetem, Multidiszciplináris tudományok, 1. kötet (2011) 1. szám, 103-110.

[4] Tráj Krisztina: *Kockázati ok meghatározó módszerek – Miért bukunk a vizsgán?*, TDK dolgozat, ÓE-BGK, Budapest. 2014. 31. (Konzulens: Pokorádi László).