HIBAFÁ-ELEMZÉS MONTE-CARLO-SZIMULÁCIÓJA

MONTE CARLO SIMULATION OF FAILURE TREE ANALYSIS

Farkas Levente¹, Pokorádi László²

¹Óbudai Egyetem, Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet, egyetemi hallgató,
Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8.; Tel. +36 70 6606194
leventefarkas@freemail.hu

²Óbudai Egyetem, Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet, egyetemi tanár,
Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8.; Tel. +36309194929
pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

One of the most important tasks of the technical safety science is the reliability investigation of used systems and technological processes. The Fault Tree Analysis is one of the most known reliability and risk assessment methods. For its correct application requires exact reliability data of investigated system. In this case the engineers call upon the Monte Carlo Simulation instead of dismay.

Keywords: *reliability, failure tree analysis, Monte Carlo Simulation*

Összefoglalás

Az egyik legfontosabb műszaki biztonság tudományi feladat az üzemeltetett rendszerek, technológiai folyamatok megbízhatósági vizsgálatai. Több megbízhatósági és kockázatelemző eljárás ismert, melyek közül az egyik legelterjedtebb a Hibafa-elemzés. A módszer feltétele azonban a kiindulási adatok pontos ismerete, ám ez persze nem mindig lehetséges. A mérnökök ilyen esetben kétségbeesés helyett a Monte-Carlo-szimulációhoz fordulnak.

Kulcsszavak: *megbízhatóság, hibafa elemzés, Monte Carlo szimuláció*

1. Bevezetés

A műszaki gyakorlatban jelentős szerepet játszik a rendszerek megbízhatósági vizsgálata [1]. Egy helyesen megalkotott modell segítségével gyakran előre kiszűrhetők az üzemeltetés során fellépő műszaki hibák. A megbízhatósági elemzés lényeges tulajdonsága, hogy ezeket a modelleket vizsgálva megállapítsuk egy rendszer vagy folyamat várható élettartamát, illetve meghibásodási valószínűségét.

A kanonikus rendszerek és az elemek vizsgálatakor „csak” két üzemállapotot különböztetünk meg [1]:

üzemképes, vagy üzemképtelen.

Ekkor nem vizsgáljuk külön a lehetséges meghibásodások módját. Nem elemezzük azt például, hogy egy hálózatba kapcsolt számítógép (amit így elemként kezelünk) a processzora vagy a tápegysége miatt hibásodott meg.

Munkánk célja a Hibafa-elemzés és a Monte-Carlo-szimuláció bemutatását szolgáló tanórai szemléltető szoftver elkészítése. A könnyebb szemléltetés érdekében egy példán keresztül mutatjuk be a vizsgált módszereket.

A tanulmány az alábbi fejezetekből áll: A rendszer hibafa ábráját a 2. fejezetben közöljük. A 3. fejezetben ismertetjük a Monte-Carlo-szimulációt. A 4. fejezetben

az elkészített szoftvert mutatjuk be. Végül az 5. fejezetben összegezzük munkánk eredményeit.

2. A Hibafa-elemzés

A Hibafa-elemzés egy olyan kockázatelemző módszer, amit a rendszer hibájának felderítésére alkalmazhatunk [4].

A módszer során egy főeseményből indulunk ki, melyet gyakran az angol elnevezésével, *Top Event*-tel jelölünk. Az elemzés során fokozatosan derítjük fel a főesemény bekövetkezési lehetőségeit, amelyek alrendszereket alkotnak és tovább bonthatók, egészen addig, amíg nem kapjuk meg az elemi eseményeket. Ezen elemek meghibásodási valószínűségének ismeretében következtetni tudunk a teljes rendszer meghibásodási valószínűségére, és annak módjára is.

A hibafa-elemzés során az elemek és alrendszerek közötti kapcsolat módja legalább olyan fontos, mint maguk az elemek. Ez az egymáshoz való viszony határozza meg az elemzés során használandó műveletek sorrendjét. Az elemeket és blokkokat úgynevezett *logikai kapukkal* kapcsoljuk egymáshoz, és eltérő jelöléssel különböztetjük meg őket vizuálisan. Két leggyakoribb logikai kapcsolat az *ÉS* kapu, illetve *VAGY* kapu. Az egyezményes jelölés szerint az *ÉS* kapcsolatot egyenes talpú jellel ábrázoljuk, míg *VAGY* kapcsolatnál íves talpat használunk.

ÉS kaput akkor alkalmazunk, ha a kimeneti esemény akkor és csak akkor következik be, hogyha az összes bemeneti esemény bekövetkezik. *VAGY* kapuval mutatjuk azt a kapcsolatot, ha a kimeneti esemény azonnal bekövetkezik, amint a bemeneti események közül bármelyik előáll.

Az elemzésre kerülő rendszer blokkdiagramját az 1. ábra, hibafa diagramját az 2. ábra szemlélteti. A két megbízhatóságelemzési módszer összehasonlítását a Szerzők a [3] publikációjukban tették közzé.

A főesemény egy *VAGY* kapuval három ágra oszlik. Ha bármelyik ágon bekövetkezik a meghibásodás, az a teljes rendszer összeomlásához vezet. Az ágak *ÉS* kapukkal csatlakozott elemekből állnak, a legelső ág azonban tovább bontható még két alágra.

1. ábra. A vizsgált rendszer blokkdiagramja [3]

2. ábra. A vizsgált rendszer hibafája [3]

3. A Monte-Carlo-szimuláció

A Monte-Carlo-szimuláció egy széles körben elterjedt numerikus kockázatelemző módszer, amely véletlen számok generálásán alapul.

A módszer ma ismert formáját STANISLAW ULEM és NEUMANN JÁNOS dolgozta ki a 40-es évek végén. Nevét a kaszinóiról híres *Monte-Carlo* városról kapta, ezzel utalva a véletlen eseményeken alapuló eljárás lényegére.

Szimulációról akkor beszélünk, amikor egy folyamat vagy rendszer vizsgálata helyettesítő modell segítségével történik [2]. A Monte-Carlo-szimuláció során a modellhez szükséges kiindulási adatokat egy meghatározott eloszlás szerint véletlenszerűen generáljuk.

A Monte-Carlo-módszer legnagyobb

előnye, hogy nincs szükség – a sokszor igen bonyolult – analitikus módszerekkel történő modell megoldására, hanem „csupán” véletlen számok gyors és hatékony generálásával válaszolhatók meg a feltett kérdések.

3. ábra. A Monte-Carlo-szimuláció elvi ábrája

Jelen cikkben arra keressük a választ, hogy milyen valószínűséggel áll be meghibásodás a rendszeren, ha ismerjük a rendszer elemeinek meghibásodási valószínűségeit, és az elemek közti pontos logikai kapcsolatot.

A szimulációban az elemek értékét véletlenszerűen generáltuk 0 és 1 között, majd a megadott p tényező alapján eldöntöttük, hogy az elem működik vagy sem. Az esemény számának emelésével a pontosság növelhető. Egy táblázat segítségével 2500 darab, egymástól független esetet generáltunk, és az így kapott eredményeket grafikonon ábráztuk.

4. A szimulációs szoftver bemutatása

A szimuláció – bár egyszerű műveletekből épül fel – rendkívül számításigényes, ezért papíron alig kivitelezhető. A véletlenszerű gerjesztés elméleti kísérletekben már a XIX. század végén is szóba került, mint lehetséges módszer, de a kivitelezés nehézsége miatt a módszer tényleges alkalmazása számítógépek megjelenéséhez köthető.

Munkánk során a Microsoft Excel alkalmazást használtuk a szimulációs környezet létrehozására. Ezzel elkerültük, hogy valamilyen speciális hardver igényű szoftvert kelljen alkalmaznunk a tanórai szemléltetés során. Az elkészített program 6

munkalapból áll, melyek a számítást és a szemléltetést egyaránt végzik.

A kezdőlapon maga a grafikon képe látható. Itt adható meg az elemek meghibásodási valószínűsége is. Erre hivatkozik az összes többi munkalap, ezáltal dinamikus adatfeldolgozást tesz lehetővé. A hibás elemek valószínűségét p_i -vel jelöltük, ahol $p_i =]0;1[$

A második munkalap végzi az elméleti számításokat. Az elemek meghibásodási valószínűségei az első munkalapon megadott értéket veszik fel, így új érték beírása esetén az egész táblázat azonnal frissül. A táblázat réteges felépítésben ábrázolja a struktúrát, legalul kezdve a különálló elemekkel, majd ezeket csoportosítja az ábra szerinti tömbökbe, ágakba, míg végül eljut a teljes rendszer megbízhatóságához.

A harmadik munkalap a szimuláció „lelke”. Itt történik az adatok generálása, és a számítások elvégzése. Az elemek megbízhatóságát egy 1 és 100 között véletlenszerűen generált érték adja. Ebből egy egyszerű függvénnyel megadható, hogy az előzetesen választott megbízhatósági érték alapján az adott elem *üzemképes* vagy *üzemképtelen*. Ezek alapján a szoftver a 2. fejezetben ismertetett összefüggésekkel kiszámítja az egyes tömbök üzemképességi változóját, melyet egy IGAZ/HAMIS típusú Boole változóval ad meg.

Végül az utolsó munkalapon egy segéd-táblázat található, amely kigyűjti a szimulációs adatokat, összeveti őket az elméleti értékkel, és kiszámolja az üzemképes rendszerek arányát.

A 4. ábra különböző szimulációs futtatások eredményeit szemlélteti, amikor az elem meghibásodási valószínűsége: $p = 0,3$. Az elméleti értéket egy szaggatott vonal jelöli, a szimulációs értékeket folytonos görbe mutatja. Jól látható, ahogy az események száma nő, mindegyik szimuláció értéke – eltérő módon – egyre inkább közelíti az elméleti értéket (lásd [3] irodalom). Végtelen számú eset során a két érték

egyenlő lenne.

4. ábra. Szimulációk eredménygrafikonjai
($p_i = 0,3$)

5. Összegzés

Jelen tanulmányunkban egy egyszerű példán keresztül bemutattuk a hibafa-elemzési eljárást, valamint azon keresztül a

Monte-Carlo-szimulációt. Ezen módszerek a mérnöki gyakorlatban kiemelt fontossággal bírnak, hiszen segítségükkel modellezhetők le a különböző rendszerek, gyártósorok, berendezések várható meghibásodása, élettartama, és így már azelőtt megtörténhet a beavatkozás, hogy a leállás bekövetkezne.

A cikkben felhasznált módszer egy adaptációja a [2] TDK dolgozatnak.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Farkas, L: *Kanonikus struktúrák megbízhatósági elemzése*, Tudományos Diákköri dolgozat, Budapest, 2015. (konzulens: Pokorádi László)
- [2] Farkas, L: *Kanonikus struktúrák megbízhatóságának Monte-Carlo-szimulációja*, Tudományos Diákköri dolgozat, 2015.
- [3] Farkas, L., Pokorádi, L: *A blokk-diagram és a hibafa-elemzés kapcsolata*, A XXI. Fialtal Műszaki Tudományos Ülésszak Előadásai, Kolozsvár, 2016., pp. 149-153.
- [4] Pokorádi, L: *Hibafa érzékenységelemzése*, A XX. Fialtal Műszaki Tudományos Ülésszak Előadásai, Kolozsvár, 2015., pp. 263-266.

Köszönetnyilvánítás

Tanulmányunk az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Műszaki Biztonságtudományi Szakműhely – $\mu\beta\sigma$ – keretében készült el.