



Prof. Dr. Zsigmond Gyula¹ — Dr. Békési Bertold² — Dr. Szegedi Péter³

JELFOLYAM GRÁFOK ALKALMAZÁSA MEGBÍZHATÓSÁGI VIZSGÁLATOKNÁL

BEVEZETÉS

Az automatizált rendszerek elektronikai alrendszeinek megbízhatósági vizsgálatainál széleskörű alkalmazási lehetőséget nyújt a véges állapotú, folytonos idejű Markov-folyamatok elméletére [1] támaszkodó modellezés. A modell nagy előnye, hogy lehetővé teszi mint a nem javítható, mint a javítható rendszerek vizsgálatát. Megkötést tulajdonképpen csak az exponenciális eloszlás feltétele jelent, ez azonban az elektronikai rendszerek jelentős részénél teljesül. A modell jellemzői:

- A rendszer egy sztochasztikus folyamat szerint különböző állapotokba kerülhet.
- A modellezés során az egyes állapotok közötti átmenetek lehetőségéből indulunk ki.
- A rendszer állapotait a $t=0$ időponttól vizsgáljuk.

A Markov folyamatokkal modellezett technikai rendszerek megbízhatósági vizsgálatainál két módszer terjedt el: a mátrixos és a gráfelméleti módszer. Ezek segítségével tulajdonképpen a sztochasztikus folyamatot leíró differenciálegyenlet-rendszert oldjuk meg. Cikkünkben jelfolyam gráfok [2] alkalmazását mutatjuk be az MTTF (átlagos működési idő az első meghibásodásig) kiszámításához. Az elméleti fejtegetésekkel csak annyit foglalkozunk, amennyi a gyakorlati alkalmazáshoz feltétlenül szükséges.

A JELFOLYAM GRÁF FELRAJZOLÁSA

A modell jelfolyam gráffal történő vizsgálatához először – a vizsgált rendszer állapotait és a működés feltételeit figyelembe véve – az alábbiak szerint felrajzoljuk a gráfot [3,4]:

1. A a meghibásodások (javítások) következtében a rendszer különböző állapotokba kerül. Az N különböző állapotnak N különböző csúcs felel meg.

¹ ZMNE BJKMK Villamosmérnöki és Természettudományi Intézet Elektronika Tanszék, egyetemi tanár, 1581 Budapest, Pf. 15., Email: zsigmond.gyula@zmne.hu

² ZMNE BJKMK Repülő és Légvédelmi Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék, egyetemi docens, tanszékvezető, 5008 Szolnok, Pf.: 1., Email: bekesi.bertold@zmne.hu

³ ZMNE BJKMK Repülő és Légvédelmi Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék, egyetemi docens, dékánhelyettes, 5008 Szolnok, Pf.: 1., Email: szegedi.peter@zmne.hu

2. A csúcsokat összekötő éleket az állapotokból történő átlépéseknek megfelelően a szükséges *intenzitások* Laplace transzformáltjával súlyozzuk. Előremutató élek esetén az intenzitás λ (meghibásodási ráta). Hátrafelé mutató élek esetén az intenzitás μ (javítási ráta).
3. A csúcsoknál hurkot képezünk, melyeket az elmenő élek intenzitás összegének Laplace transzformáltjával súlyozunk és azt (-1)-el szorozzuk.
4. A kezdeti feltételeket a kiindulási állapothoz tartozó $\frac{1}{s}$ súlyozású éllel kell figyelembe venni.

A felrajzolt jelfolyam gráfot ezután, átalakítjuk úgy, hogy a hurkokat és a csúcsokat eltüntetjük, a hibás állapothoz tartozó k csúcs kivételével, az így kapott $Z_k(s)$ függvény a hibás állapotban való tartózkodás valószínűségének Laplace-transzformáltja. A $Z_k(s)$ ismeretében kiszámíthatjuk a megbízhatósági függvény $R(s)$ Laplace-transzformáltját:

$$R(s) = \frac{1}{s} - Z_k(s) \quad (1)$$

Kihasználva az improprius integrálok és a Laplace-transzformáció aszimptotikus tulajdonságait felírható, hogy

$$MTTFF = \lim_{s \rightarrow 0} R(s) \quad (2)$$

A folyamatot leíró gráf a gyakorlatban legtöbbször maximum négy-öt csúcsot tartalmaz. Ekkor célszerű a csúcsok és hurkok eltüntetéséhez a jelfolyam gráfokra érvényes egyszerűsítési szabályokat alkalmazni (lásd az 1. ábrát)

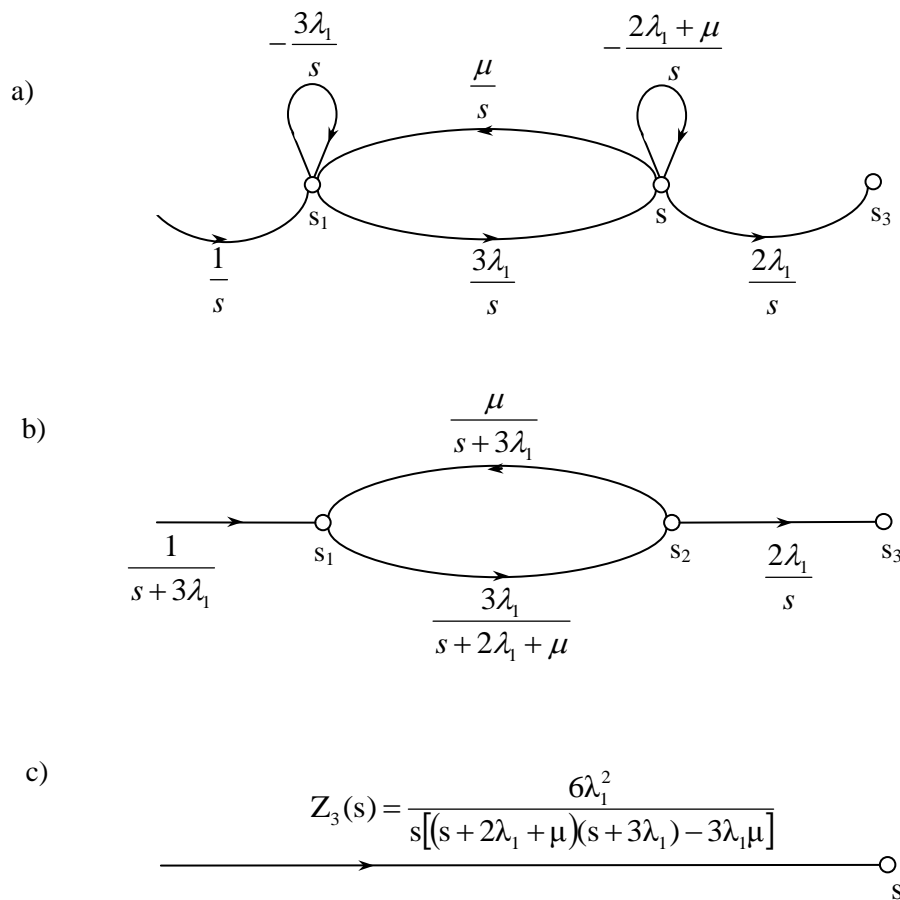
Megnevezés	Eredeti alakzat	Átalakított alakzat
Közbső csúcs kiküszöbölése		
Párhuzamos élek összevonása		
Saját hurok kiküszöbölése		
Csúcs kiküszöbölése		

1. ábra. Jelfolyam gráfok egyszerűsítési szabályai

Példa

Egy javítható automatizált rendszer, amely megfelel a Markov modellezés követelményeinek három melegtartalékos alrendszerből áll, az egyes alrendszerekre vonatkozó meghibásodási ráta λ , javítási ráta μ . A rendszert akkor tekintjük üzemképesnek, ha legalább két alrendszer üzemel. Ha egy alrendszer meghibásodik azonnal elkezdődik a javítása. Számítsuk ki az MTTF értékét.

Először a feltételeknek megfelelően felrajzoljuk a rendszer gráfját, majd végrehajtjuk az egyszerűsítéseket (lásd a 2. ábrát).



2. ábra. A jelfolyam gráf egyszerűsítése

A $Z_3(s)$ ismeretében (1) alapján:

$$R(s) = \frac{1}{s} - Z_3(s) = \frac{s + 5\lambda_1 + \mu}{s^2 + s(5\lambda_1 + \mu) + 6\lambda_1^2}.$$

Így (2) alapján:

$$MTTF = \lim_{s \rightarrow 0} R(s)$$

azaz

$$MTTF = \frac{5\lambda_1 + \mu}{6\lambda_1^2}.$$

Felhasznált irodalom

- [1] Karlin, S.-Taylor, H.M.: Sztochasztikus folyamatok. Gondolat, Bp. 1985.
- [2] Vágó I.: Graph Theory. Elsevier. N.Y. 1985.
- [3] Zsigmond Gy.: Folytonos idejű rendszerek megbízhatósági vizsgálata. Automatizálás, 1985/5. (43–46).
- [4] Szász G.-Kun I.-Zsigmond Gy.: Minőség és megbízhatóság II. LSI Kiadó, 2004.