

HÁLÓZATI HIBA ESETÉN A VÉGFELHASZNÁLÓI KIESÉSEK SZÁMÁNAK GRÁFELMÉLETI MEGHATÁROZÁSA

DETERMINATION OF CUSTOMER NUMBER BY MATRIX OPERATIONS IN CASE OF NETWORK FAILURE

HOLCSIK Péter; POKORÁDI László; PÁLFI Judith

(ORCID: 0000-0002-8877-8620); (ORCID: 0000-0003-2857-1887);
(ORCID: 0000-0001-5313-6794)

peter.holcsik@elmu.hu; pokoradi.laszlo@bkg.uni-obuda.hu; palfi.judith@kvk.uni-obuda.hu

Absztrakt

Cikkünkben a fa struktúrával modellezhető rendszerek gráfelméleti elemzését mutatjuk be. A vizsgált modellekben a gráf csomópontjai a lehetséges meghibásodott eszközök, a fa gráf legalacsonyabb szintjein elhelyezkedő csomópontok, azaz a levelek pedig az ügyfelek vagy más fogyasztók, végfelhasználók. Az ismertetett új módszerrel elérhetőségi mátrix és gráfelméleti módszerek alkalmazásával alacsony lépésszámú matematikai művelet végrehajtásával meghatározható e modellekben az egyes csomópontok meghibásodása következtében szolgáltatás kieséssel érintett végfelhasználói darabszám. Azaz, hogy egy meghibásodott eszköz, hány végfelhasználó üzemszünetével jár.

A kidolgozott új módszer a villamos energia szolgáltatás megbízhatóságának – a nemzetközi szakirodalomban SAIFI és SAIDI-ként ismert – mutatói és az AD&TE kutatócsoport által létrehozott villamosenergia-rendszer modell alkalmazásával mutatjuk be.

Kulcsszavak: gráfelmélet, elérhetőségi mátrix, kiefeszültségű elosztóhálózat

Abstract

Systems that can be modelled with a tree-structured graph described in the current Article. In these models the nodes of the graph are the possible defective devices. The nodes at the lowest levels of the tree graph (also known as letters nodes) are the customers or consumers or end users.

The number of the end users affected by the service outage due to the failure of certain nodes can be determined by a new low step new mathematical operation using matrices and graph theories as described in the paper. The developed new method is described by applying the indicators of reliability of electricity service – known as SAIFI and SAIDI indicator in the international literature – and also the electricity system model created by AD&TE research group.

Keywords: graph theory, attainability matrix, low-voltage distribution network

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2018.07.02.
A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2018.09.27.

BEVEZETÉS

Villamos energiaellátási hálózatok biztonsága értékelésének egyik fontos mérőszáma az, hogy az egy berendezés meghibásodása hatására hány fogyasztónál keletkezik áramszünet.

Az Óbudai Egyetem AD&TE (az angol nyelvű Research Group of Applied Disciplines and Technologies in Energetics rövidítése, magyarul: Alkalmazott Tudományok és Technológiák az Energetikában) kutatócsoportja lehetőséget kapott az ELMŰ és ÉMÁSZ áramszolgáltató GIS alapú térképe (Elmű Émász Geographic Information System, EÉGIS, magyarul: Elmű Émász Geográfiai Információs Rendszer) mögött álló adatbázis kutatási célú felhasználására.

A kutatócsoport 2016-ban minden idők talán legnagyobb villamoshálózati modelljét hozta létre. Az egyik magyarországi áramszolgáltató vállalat két ellátási területének (ELMŰ és ÉMÁSZ) teljes hálózati adatait gyűjtötte ki és építette újra egy egységes átviteli és elosztóhálózati modell (Transmission and Distribution Network Model – TDNm) formájában. Az így létrejövő modell 2,4 millió fogyasztási hely kis-, közép-, és részben nagyfeszültségű hálózati kapcsolatait írja le.

A kapott kutatási engedély lehetőséget adott arra, hogy az AD&TE kutatócsoport részére az ELMŰ és ÉMÁSZ Hálózat dokumentációs osztály (HDO) munkatársai berendezés típusonként kiexportálták az EÉGIS rendszerből a kutatáshoz nélkülözhetetlen adatokat. A modell felépítése során a kutatócsoport számos problémába ütközött, amelyeket külön cikkben részletez [1].

A hálózati rendszerek matematikai modellezésének és vizsgálatának kiterjedt szakirodalma van. Barabási részletesen leírja a hálózatok tudományának alapjait [2]. Fazekas [3] jegyzetéből a gráfelméleti alapok ismerhetőek meg.

Jocic és szerzőtársai egy új algoritmust javasoltak a kiterjedt irányított gráfok hasonló csomópontjainak bejárására. Az általuk publikált algoritmus a fuzzy halmazelméleten alapul és gyakorlati alkalmazása többek között a befolyásos vagy kritikus pontok megtalálása egy adott hálózatban [4].

A villamos energia rendszerek gráfelméleti elemzése Novothny [5] könyvében megfogalmazott módszer alapján lehetséges. Az általa alkalmazott módszer egyes hálózati elemek egy-egy csomópontként, az őket összekötő vezetékek élekként való értelmezése megvalósítható.

Pokorádi [6] és [7] publikációiban részletesen ismerteti a jelen cikkben is alkalmazott, a gráfokat leíró mátrixokkal végzett műveleteket és az elérhetőségi mátrix fogalmát. Az általa alkalmazott matematikai módszerek azonban nem terjednek ki a fentiekben említett energiaellátási probléma megoldására.

Jelen tanulmány az áramszolgáltatók egy gyakorlati problémájának megoldásával foglalkozik. A Szerzők arra adnak választ, hogy ha a hálózaton meghibásodik egy berendezés annak hatására hány fogyasztónál keletkezik áramszünet. E vizsgálati módszer kidolgozása nagy jelentőséggel bír a villamos hálózat minőségét jellemző minőségi mutatók értékeinek meghatározásakor. A végfelhasználói kiesések determinálásának új módszerét a Szerzők az angol CONsumer Numbers with Attainability Matrices – Fogyasztói szám meghatározás elérhetőségi mátrixszal – kifejezés kezdőbetűiből alkotott betűszóval, CONAM módszer néven vezetik be.

Tanulmányunk az alábbi módon épül fel: A következő fejezet bemutatja a villamos energetikai hálózatok minőségi mutatóinak rendszerét. A harmadik fejezet ismerteti az átviteli és elosztó hálózat a kutatócsoport által készített modelljét. A negyedik és ötödik fejezet leírja az alkalmazott és bevezetett matematikai módszereket. Az ezeket követő fejezet a bevezetett új módszerekkel esettanulmányt mutat be. Végül a Szerzők összefoglalják munkájukat.

MINŐSÉGI MUTATÓK RENDSZERE

A villamos energetikai hálózatok minőségi mutató egy nemzetközileg elfogadott mutató rendszert alkotnak, amellyel azok biztonsága mérhetővé, összehasonlíthatóvá válik. Segítségükkel nem csak az egyes hálózatok ellátás-biztonsági összehasonlíthatósága valósul meg, de – a megfelelő adattisztítás után – az egyes hálózati beavatkozások (például: karbantartások, rekonstrukciók, innovatív távjelző, távbeavatkozó eszközök telepítése) hatása is mérhető. A nemzetközi szakirodalom több mint tíz különböző minőségi mutatót különböztet meg.

Azonban a magyarországi áramszolgáltatók kiemelten csak két mutatót követnek nyomon. Ezek a MEH 1 (nemzetközi környezetben: System Average Interruption Frequency Index, rövidítve SAIFI, magyarul: átlagos zavartatási gyakoriság) és a MEH 2 (nemzetközi környezetben: System Average Interruption Duration Index, rövidítve SAIDI, magyarul: átlagos zavartatási idő) mutatót. Ennek oka, hogy a Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal e két mutató alapján ítéli meg az áramszolgáltatók tevékenységét. A hivatal minden évben az elmúlt három év átlagához képest adja meg, hogy mekkora az általa elvárt szint a következő évre. Az ettől való negatív irányú eltérés szankcionálható.

Az összehasonlíthatóság és az egyes beavatkozások hatásosságának vizsgálata mellett a minőségi mutatók – ugyan csak közvetve –, de a hálózatfejlesztési ösztönzők rendszerében is fontos szerepet töltenek be.

SAIFI mutató

SAIFI – egy mértékegység nélküli (pontosabban 1 dimenziójú) mérőszám, amely azt mutatja meg, hogy egy fogyasztási helyre hány darab nem tervezett áramszünet jut átlagosan az adott időintervallumban (jellemzően adott évben). Másképpen fogalmazva: „az ellátás nem tervezett megszakadásának gyakorisága egy fogyasztóra vetítve” [8]:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{N_T} \quad , \quad (1)$$

ahol:

N_i – az i -edik üzemzavarban érintett fogyasztók száma;

N_T – a T ellátási területen a fogyasztók összesített darabszáma.

SAIDI mutató

SAIDI – egy fogyasztóra hány perc üzemzavari kiesés jut átlagosan. Más megfogalmazásban: „az ellátás nem tervezett megszakadásának átlagos időtartama” [8]:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n (U_i N_i)}{N_T} \quad [\text{perc}] \quad (2)$$

ahol:

U_i – az i -edik meghibásodás okozta szolgáltatás kimaradás összegzett ideje [perc];

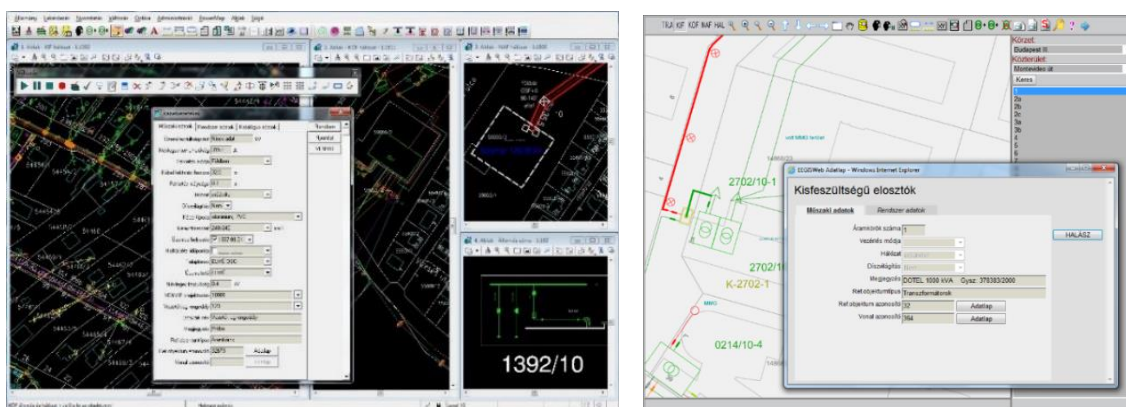
A SAIDI és SAIFI hálózatminőségi mutatók egyik meghatározó tényezője tehát az i -dik üzemzavarban érintett fogyasztók N_i darabszáma. Arról, hogy egy adott berendezés meghibásodása hány fogyasztót érint a villamos energiaszolgáltató vállalatok nyilvántartást vezetnek. Azonban e nyilvántartás folyamatos karbantartása, frissítése nagy informatikai

erőforrásokkal jár. Éppen ez az egyik oka az AD&TE kutatócsoport által kidolgozott, mátrix műveletekkel megvalósítható, érintett fogyasztói szám meghatározás.

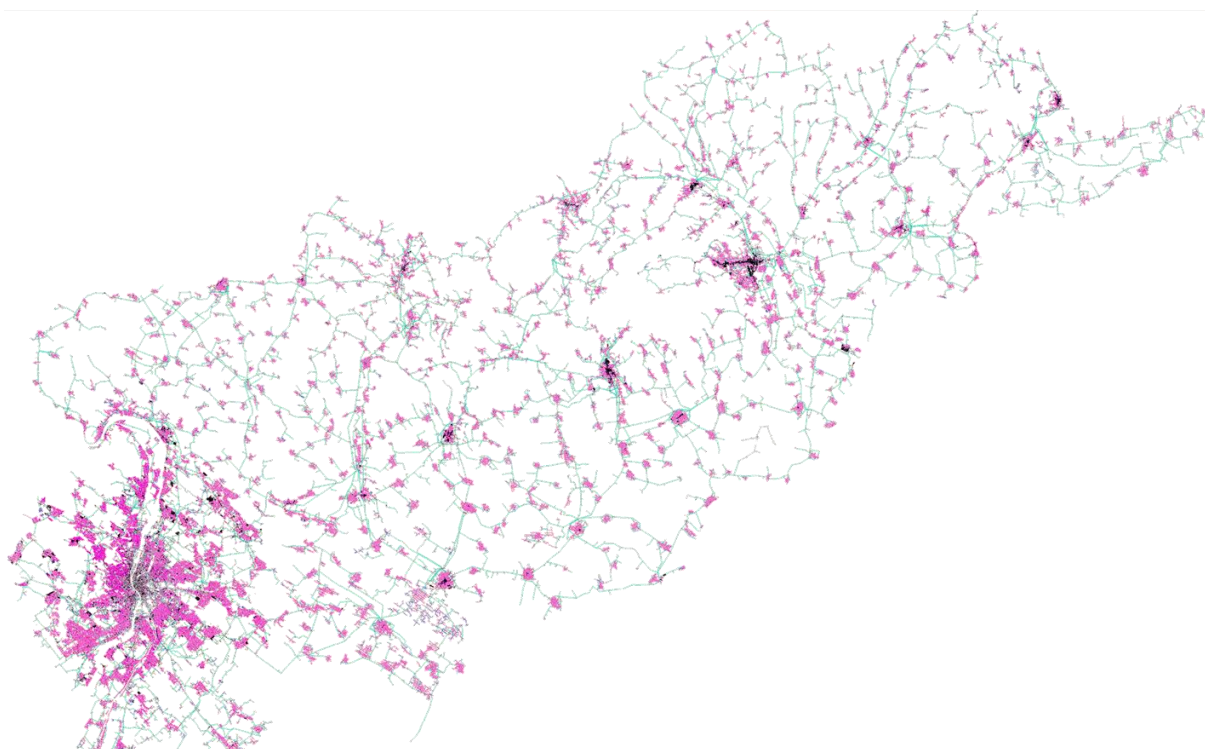
A másik ok, – ahogy az a Bevezetésben említésre került – a kutatócsoport által létrehozott TDNm tulajdonságainak feltárása.

AZ ÁTVITELI- ÉS ELOSZTÓHÁLÓZATI MODELL

Az ELMŰ és ÉMÁSZ áramszolgáltató GIS alapú térképe (ELMŰ-ÉMÁSZ Geographic Information System, rövidítve: EÉGIS, magyarul ELMŰ-ÉMÁSZ földrajzi információs rendszer) az áramszolgáltató vállalatok villamos hálózatainak teljes műszaki hálózat-nyilvántartását valósítja meg (1. ábra).



1. ábra Az EÉGIS rendszer megjelenítési felületei [9]



2. ábra A TDNm vizuális megjelenítése, ELMŰ-ÉMÁSZ [10]

Az EÉGIS magában foglalja az ELMŰ és az ÉMÁSZ kezelésében lévő nagy-, közép- és kisfeszültségű villamos hálózat nyilvántartását az áramszolgáltatók teljes szolgáltatási területén. Az EÉGIS rendszer Oracle 10/11g Spatial technológiára épülő hálózat-

nyilvántartást megvalósító műszaki információs rendszer, amely együttműködik a vállalat további informatikai rendszereivel (SAP, munkairányítási, SCADA/DMS stb.) [9].

A kapott kutatási engedély lehetőséget adott arra, hogy az AD&TE kutatócsoport részére az ELMŰ és ÉMÁSZ Hálózat dokumentációs osztály (HDO) munkatársai berendezés típusonként kiexportálták az EÉGIS rendszerből a kutatáshoz nélkülözhetetlen adatokat. A modell felépítése során a kutatócsoport számos problémába ütközött, amelyeket korábban már külön cikkben részletezte [1].

Az elkészült diszkrét TDNm gráf vizuálisan is megjelenítésre került (2. és 3. ábra).



3. ábra A TDNm vizuális megjelenítése, Budapest [10]

A TDNm gráf (2. és 3. ábra) tulajdonságai szoftveres úton igen könnyen kinyerhetőek, melyekhez a kutatócsoport a nyílt forráskódú R szoftvert alkalmazta.

Fogyasztók száma	2 572 147
Maximum fokszám	1 254
Átmérő	36
Átlagos legrövidebb távolság	5,01
Klaszterezettség együttható	0,00001
Átlag fokszám	2,017

1. táblázat A TDNm tulajdonságai

Az I. táblázatban a hálózat mérete 2 572 147, amely a hálózatba bekapcsolt fogyasztó számát jelenti. A fogyasztószám meghatározása az 1 fokszámú, azaz az úgynevezett levél csomópontok száma alapján történt. A modell maximum fokszámát mutatja. Ez azt jelenti, hogy egy adott leágazó csomóponthoz (ami egy transzformátor vagy elosztószekrény a modellben) maximálisan 1254 hálózati elem csatlakozik. A modell átmérője 36-os értéket mutat, ami a két legtávolabbi csomópont közötti legrövidebb úthossz maximuma. A modell átlagos legrövidebb távolsága 5,01, a csomópontok közötti legrövidebb távolságok átlagát mutatja. Klaszterezettség együttható vagy más szóval csoportosulási együttható 0,00001, azt mutatja meg, hogy mekkora valószínűséggel van egy adott csomópont összekötve a

szomszédos csomóponttal. Az átlag fokszám 2,017, ami azt jelenti, hogy egy csomópontnak átlagosan valamivel több, mint 2 másik csomóponttal van kapcsolata [4].

Az 1. táblázat adatai teljes áttekintést adnak a TDNm tulajdonságairól, azonban az egyes csomópontok meghibásodásáról csak igen kevés információnk van. Ezért vezette be a kutatócsoport az elérhetőségi mátrixok adatain alapuló CONAM módszert.

AZ ELÉRHETŐSÉGI MÁTRIX

Az elérhetőségi mátrix azt mutatja meg, hogy két, csomópont között van-e elérhetőség: azaz az egyik csomópont állapotváltozása hatással van-e a másik csomópont állapotára. A villamosenergia-rendszer modellek esetében ez az állapot az adott csomópont ellátottsága.

A példaként leírt kisméretű, fa struktúrájú villamosenergia-rendszerek irányított gráfként modellezhetőek, mivel – értelemszerűen – a kapcsolat nem irány-független. Hiszen egy fogyasztó kiesése (alsóbb rendű csomópont) jellemzően nem fogja befolyásolni egy egész transzformátor körzet (magasabb szintű csomópont) ellátottságát.

Egy rendszer egyes elemei közötti összetett kapcsolatot, egymásra hatásokat a rendszer vizsgálati gráfjának úgynevezett elérhetőségi mátrixa jellemzi. Egy m csúcsból álló gráf elérhetőségi mátrixán azt az m sorból és oszlopból álló

$$\mathbf{Z}_{m \times m} = [z_{ij}] \quad (3)$$

kvadratikus mátrixot értjük, ahol:

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ha a } p_i \text{ csúcsból a } p_j \text{ szögpont elérhető} \\ 0, & \text{ha nem} \end{cases} \quad (4)$$

Ez a mátrix például egy rendszer esetén azt mutatja meg, hogy az egyik (az i -edik) elem anomáliája, meghibásodása hatással van-e a másik (j -edik) elem működésére. Valamely folyamat vizsgálata esetén pedig megadja azt, hogy mely állapotokból lehet mely állapotokba eljutni. [6]

Egy m csomópontból álló gráf $\mathbf{A}_{m \times m}$ szomszédossági mátrixának ismeretében a $\mathbf{Z}_{m \times m}$ elérhetőségi mátrixa az

$$\mathbf{Z} = \text{sign} \sum_{n=1}^m \mathbf{A}^n \quad (5)$$

egyenlettel meghatározható [7].

A szomszédossági, vagy más néven csúcs, idegen szóval adjacencia-mátrix a gráf csúcsai (szögpontjai) közti kapcsolatokat leíró mátrix. Irányított gráf esetén az \mathbf{A} szomszédossági mátrix a_{ij} eleme [1]:

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ha a } p_i \text{-ből kiinduló és a } p_j \text{-be vezető él} \\ 0, & \text{ha nem} \end{cases} \quad (6)$$

A CONAM MÁTRIX

Az elérhetőségi mátrix a fogyasztószám meghatározásra átalakítás nélkül nem alkalmas. Az elérhetőségi mátrixszal ugyanis csak azt tudjuk meghatározni, hogy hány hálózati elemet "érünk el", hány hálózati elemet befolyásol az adott csomópont kiesése. Ezen csomópontok azonban nem feltétlenül fogyasztók, lehetnek bármilyen hálózati elemek.

A villamosenergia-rendszer célja, hogy a végfelhasználóknak villamos energiát juttasson el. Ebből következik, hogy a rendszert leíró gráf minden egyes rész gráfjának legalsó szintjén a fogyasztók lesznek. Ebből következik, hogy a fogyasztók és csakis a fogyasztók fokszáma lehetséges, hogy egy legyen.

Ha Z elérhetőségi mátrixot felhasználva létrehozásra kerül a C (CONAM) mátrix úgy, hogy

$$z_{ij} = \begin{cases} [1, \infty], & \text{ha a } p_i \text{ csúcsból a } p_j \text{ szögpont elérhető,} \\ 0, & \text{ha nem} \end{cases} \quad (7)$$

ahol:

$[1, \infty] Z_{ij}$ – fokszáma,

akkor tetszőleges F csomópont (modellezett berendezés) alatt lévő fogyasztók száma az alábbi módon határozható meg:

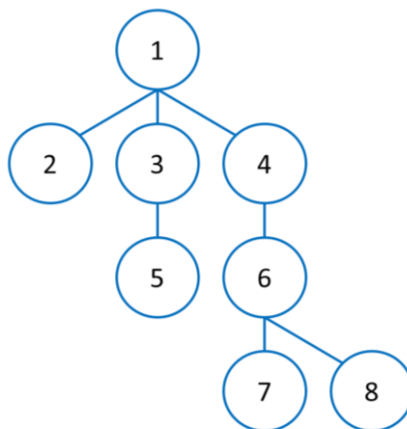
$$F = \sum_{i=1}^n C_{ij}^{(C_{ij}=1)} \Big|_{i=F} \quad (8)$$

Azaz, a mátrix oszlopai értékeinek összegzéséből csak azok az értékek kerülnek összegzésre melynek értéke fokszáma alapján 1.

Az elvégzésre kerülő műveletek száma, a számítás informatikai igénye könnyen belátható, hogy az 1. táblázatban ismertetett tulajdonságoktól függ.

ESETTANULMÁNY

A CONAM módszer bemutatható az alábbi, igen leegyszerűsített kifeszültségű hálózatot leíró gráfon keresztül:



4. ábra A CONAM módszer bemutatását szolgáló példa gráf (Szerzők szerkesztése)

A példa gráfban (4. ábra) az 1. csomópont reprezentálhatja például a transzformátor állomást, a 2. csomópont egy nagyobb fogyasztót, amelyik közvetlenül a transzformátorról vételez, a 3. és 4. csomópontok az elosztószekrény két kivezetését. A 6. csomópont egy elosztó szekrényt jelenthet, míg az 5., 7., 8. csomópontok pedig a fogyasztókat.

A példa gráfot leíró A szomszédossági mátrix:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Az \mathbf{A} mátrix fő átlójába 0 értékek kerültek. A gráf, melyet az \mathbf{A} mátrix leír irányított, és a számkiosztása fentről lefelé növekvő volt, így a fő átló feletti értékek nem lehetnek nullától különbözőek.

Az \mathbf{A} mátrixból a \mathbf{Z} szomszédossági mátrix, az (5) egyenlet alapján:

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

A mátrix értékei az (5) egyenlet alapján akkor lesznek egyenlők 1-el, ha adott csomópontból egy másik csomópont elérhető. Például a $z_{1;6}$ értéke 1, mivel az 1. csomóponttól elindulva irányítottan fentről lefelé haladva van olyan út, mellyel a 6. csomópont elérhető. Ezen irányítottság miatt lett a $z_{6;1}$ értéke 0, ahogyan a $z_{2;4}$ is.

A (7) egyenletnek megfelelően a \mathbf{Z} mátrixból a \mathbf{C} mátrix az alábbi módon származtatható, a jobb átláthatóság érdekében pirossal kiemelve az 1 fokszámú fogyasztókat:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

A \mathbf{Z} és \mathbf{C} mátrix felépítése alapvetően megegyezik. Azon helyeken, ahol nincs – az ismertetett módon – elérhetőség, ott az érték 0, ahol van elérhetőség, ott nem nulla. A \mathbf{Z} mátrix esetében 1, míg a \mathbf{C} mátrix esetében a elért csomópont fokszáma.

E definícióból következik, hogy a \mathbf{C} mátrix minden sorában csak egy adott természetes szám vagy nulla szerepelhet. Például a (11) egyenletben a 4. ábra példa gráfot leíró \mathbf{C} mátrix 6. sora csak 3 vagy 0 értéket tartalmaz. Hiszen ha az adott csomópontból elérik a 6. sort, akkor az ő fokszáma, azaz a 3 lesz az érték, vagy ha nem érik el, ekkor pedig 0.

A (8) egyenletei alapján a \mathbf{C} mátrixból tetszőleges csomópontra megadható az, hogy annak meghibásodása esetén mekkora a végfelhasználói kiesés:

$$F_i = \begin{cases} F_1 = 4 \\ F_2 = 0 \\ F_3 = 1 \\ F_4 = 2 \\ F_5 = 0 \\ F_6 = 2 \\ F_7 = 0 \\ F_8 = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Tehát F_i megmutatja, hogy ha az i -edik elem meghibásodik akkor az hány darab fogyasztó szolgáltatásból való kiesésével fog járni.

A (12) egyenlet eredményiben F_i értéke minden fogyasztó esetében 0. Ez megegyezik a várt eredménnyel, hiszen ha egy fogyasztónál meghibásodás történik az nincs hatással további fogyasztókra. A kisfeszültségű villamosenergia-rendszert leíró fa struktúrájú gráfból következik, hogy 0 érték csak és kizárólag fogyasztók esetében lesz.

Azonban például ha

$$F_i = 4, \quad (13)$$

azaz a 4. csomópont által érintett fogyasztókat keressük, már más a helyzet. A 4. ábra alapján megállapítható, hogy 2 végfelhasználó: a 7. és 8. csomóponttal modellezett fogyasztók fognak kiesni, azaz végeredményben 2 várható.

A (10) egyenletben megjelenített Z mátrixból leolvasható, hogy a 4. csomópontot leíró 4. oszlop értékei közül a [4;6], a [4;7] és [4;8] értékek egyesek, míg a többi érték a 4. oszlopban 0. Ez azt jelenti, hogy – ahogy az a 4. ábra ábráról is leolvasható – a 4. csomópontból kiindulva, fentről lefelé haladva a három csomópont érhető el, a 6., a 7. és a 8. számmal jelöltek.

A (11) egyenletben megjelenített C mátrixból leolvasható, hogy a 6. a 7. és a 8. csomópont közül csak kettő, a 7. és a 8. csomópont fokszáma 1, ami a 4. ábra leolvasásából várt érték.

KÖVETKEZTETÉSEK

Tanulmányunkban bemutattuk a CONAM módszert, mely az irányított fa struktúrájú gráfokként modellezhető rendszerek elemzéséhez, megbízhatóságuk minősítéséhez alkalmazható. A javasolt gráfelméleti eljárás elméleti és gyakorlati problémákra egyaránt megoldást nyújt. Ilyen probléma lehet például az áramszolgáltatói SAIDI és SAIFI mutatók értékeinek számításához a kiesett fogyasztók számának meghatározása vagy a nagy adatbázisok kutatói részére kapcsolati problémák megoldása. A Szerzők jövőbeni kutatásainak célja a kidolgozott módszer továbbfejlesztése más hálózati struktúrájú rendszerek, mint például a járművek közti kommunikációs rendszerek, hálózatok, járműipari szenzorhálózatok megbízhatóságának, ellenálló-képességének vizsgálatára.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Jelen cikk az Óbudai Egyetem Alkalmazott Tudományágak és Technológiák kutatócsoport által jött létre. A kutatócsoport kiemelt támogatója az ELMŰ Hálózati kft. és ÉMASZ Hálózati kft.

A kutatást a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával megvalósuló EFOP-3.6.2-16-2017- 00016: „Autonóm járművek dinamikája és irányítása az automatizált közlekedési rendszerek követelményeinek szinergiájában” projekt támogatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] PÁLFI J., TOMPA M., HOLCSIK P., Analysis of the Efficiency of the Recloser Function of LV Smart Switchboards, Acta Polytechnica Hungarica Vol. 14, No. 2 (2017), ISSN: 1785-8860
- [2] BARABÁSI A.-L., A hálózatok tudománya, Libri Kiadó 2016, ISBN: 9789633107874
- [3] FAZEKAS F., Alkalmazott matematika II., Jegyzet, Óbudai Egyetem (1979), 347 o.
- [4] JOCIC, M., PAP E., SZAKÁL A., OBRADOVIC D., KONJOVIC Z., Managing Big Data Using Fuzzy Sets by Directed Graph Node Similarity, Acta Polytechnica Hungarica Vol. 14, No. 2 (2017) 183-200 o., ISSN: 1785-8860
- [5] NOVOTHNY F., Villamosenergia-ellátás I., Jegyzet, 2022, Óbudai Egyetem 2010
- [6] POKORÁDI L., Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó (2008)
- [7] POKORÁDI L., SOMOSI V., A Koszovói magaslégtéri irányítási rendszer gráfmodellezése HADMÉRNÖK XII. 4 (2017) 239-251. o.
- [8] AVORNICULUI M-C., Considerations On Objective Methods For Developing Applied Event Extraction Systems, SEA-Practical Application of Science, Volume II, Issue 2 (2014), 447-456 o.
- [9] Elmű és Émász GIS rendszere, <http://www.geometria.hu/?p=1357> (letöltve: 2018.05.05.)
- [10] PÁLFI J., HOLCSIK P., TOMPA M., New Database and Theoretical Model for Power Distribution Networks, 9th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, Stará Lesná, Szlovákia (2017), 539-544 o.