

# A magyarországi vasúthálózat sérülékenysége véletlen zavar és célzott támadás esetén - robusztus vagy sem?

Tóth Bence<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztviselői Kar  
toth.bence@uni-nke.hu

A magyarországi vasúthálózatot egy irányított élsúlyozott gráffal modelleztem. A súlyok vagy a vonalszakaszok hossza vagy a megengedett sebességekből számolt, az adott vonalszakasz bejárásához szükséges időtartam. Az egyes vonalszakaszok sérülését teljes kizárásként modelleztem: az adott vonalszakaszt jellemző élek törlésre kerültek a gráfból.

A hálózat egy állapotát az összes állomáspár közti reciproktávolságok, illetve -menetidők összegével (ez az ún. teljes *hatékonyság*, *efficiency*<sup>1</sup>), a legnagyobb egybefüggő komponens (az ún. óriáskomponens) átmérőjével, valamint az óriáskomponens és az óriáskomponenshez nem tartozó csúcsok klasztereinek méretével jellemeztem.

A hálózat véletlen zavarát  $n$  darab, véletlenszerűen kiválasztott él törlésével modelleztem, míg a célzott támadást az élek bizonyos stratégia szerinti, egymás utáni törlésével. Két ilyen stratégiát vizsgáltam: a támadás egyes lépéseiben a hálózat teljes hatékonyságát legnagyobb mértékben csökkentő élt, illetve a hálózat legnagyobb *kapcsolatköztiségű* (betweenness centrality)<sup>2</sup> élt töröltem. Az eredmények azt mutatják, hogy a magyarországi vasúthálózat a skálafüggetlen hálózatok jellemzőit mutatja: a véletlen zavarokkal szemben ellenálló, a célzott támadásokkal szemben viszont sérülékeny.

Egyre növekvő számú, véletlenszerűen kiválasztott élt törölve a hálózat teljes hatékonyságának átlagos csökkenése lineáris kb.  $n = 100$ -ig. A csökkenés minden lépésben a zavarmentes hálózatbeli érték kb. 0,7%-a. A hálózat átmérőjének változása alapján az látható, hogy a feldarabolódás az élek 23 százalékának az elvételénél kezdődik. Az óriáskomponens méretének, valamint az összes többi komponens átlagos méretének a változása alapján azt találtam, hogy a hálózat az élek 34 százalékának törlésekor esik szét.

Mindkét támadási stratégia esetén az Összekötő vasúti híd bizonyult kiemelkedően a legkritikusabbnak: kiesése 6, illetve 10%-kal csökkenti a teljes hatékonyságot a távolság- illetve a menetidő szerinti súlyozásnál. A teljes hatékonyság és az óriáskomponens mérete is mind a hatékonyságalapú, mind a kapcsolatköztiség-alapú támadás esetén exponenciálisan csökken az élek egymás utáni eltávolításának hatására.

<sup>1</sup> V. Latora, M. Marchiori, *Phys. Rev. Lett.* **87** (19), 198701/1-4 (2001)

<sup>2</sup> L. C. Freeman, *Social Netw.* **1**, 215 (1979)