

## **Alapok az Operációkutatás, mint tudományág felhasználásához légi jármű karbantartásban**

### **Operációkutatás alapjai**

Az operációkutatást mint tudományt a második világháború során kezdték alkalmazni a szövetséges hadseregek, egyes vélemények szerint a brit hadsereg. Az operációkutatást a katonai műveletek optimalizálásának érdekében használták a műveletek eredményességének növelése érdekében. Erre utal az operáció szó is mint katonai művelet.

Később természetesen az eredményeket elkezdték használni a gazdasági élet szereplői is, hiszen az erőforrások és a rendelkezésre álló idő optimális felhasználása mind a gazdasági mind a termelő szférában fontos, illetve a piaci szereplők szempontjából elengedhetetlen a versenyképesség fenntartása és/vagy növelése érdekében[1][2].

Az operációkutatásnak, mint tudományagnak a feladatát a következőképpen határozhatjuk meg: Az operációkutatás feladata a gyakorlati élet különböző problémacsoportjaihoz az illető problémacsoportokat leíró optimumszámítási modellek konstruálása, továbbá a meglévő modellekhez az optimális megoldást meghatározó eljárások kidolgozása. Igen fontos, és gazdasági okokból egyre inkább előtérbe kerül az operációkutatás [3].

Maga az operációkutatás feladata is determinálja, hogy hatalmas területet ölel fel ez a tudományág, illetve figyelembe kell vennünk azt is, hogy egy-egy gazdasági egység vagy gazdasági tevékenység esetében is többféle kritériumnak vagy kritérium csoportnak kell megfelelni az optimalizálás során. Légi jármű karbantartás vonatkozásában is megállapítható, hogy a karbantartási tevékenység az adott üzleti helyzethez viszonyítva többféleképpen optimalizálható. Egyes esetekben az átfutási idő minimalizálása, máskor az emberi erőforrás igény minimalizálása, megint más esetben a költségek minimalizálása kerülhet előtérbe. Egy-egy karbantartási cikluson belül is lehetséges többkritériumú optimalizálás, hiszen egy nagyjavítás átfutási ideje több, mint három hét. Ezalatt rengeteg külső tényező változhat egy gazdasági társaság életében, amely az erőforrások gyors és ugyanakkor ésszerű és gazdaságos átcsoportosítását igénylik.

A fenti megállapításból következik, hogy be kell határolni, hogy mely módszer a legalkalmasabb a légi jármű karbantartás modellezésére. A következő módszerek alkalmazhatók:

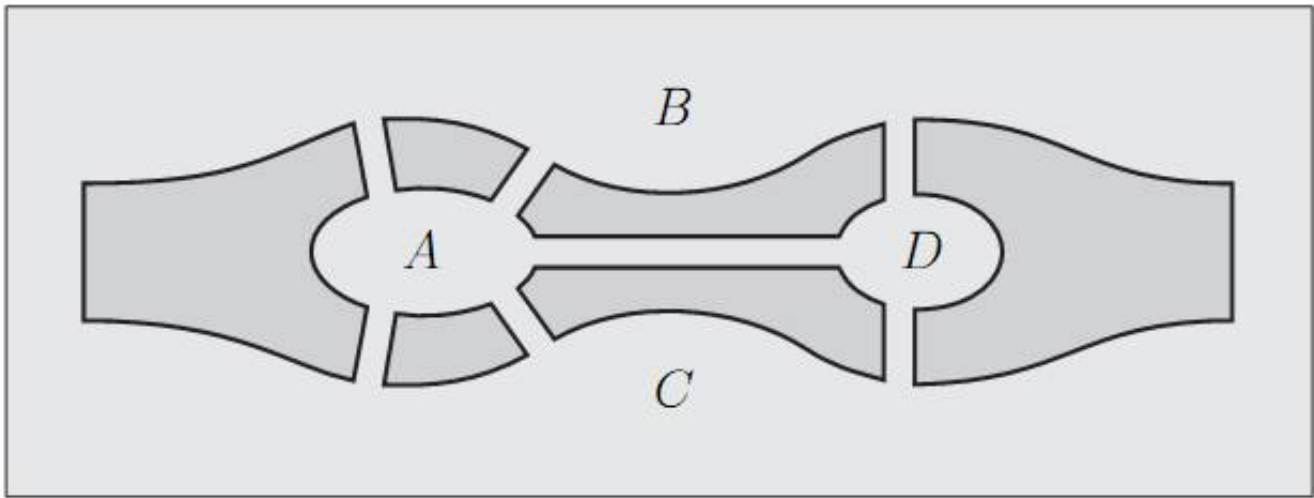
- Hálózati folyam(at)ok
- Markov folyamatok
- Dinamikus programozás
- Nemlineáris programozás
- Sorbanállási rendszerek

Jelen cikkben a hálózati folyamatok módszerei közül vizsgálunk meg kettőt.

### **GRÁFELMÉLET alapjai**

A gráfelmélet alapja az 1700-as évekhez vezethető vissza, amikor is Euler megoldotta a „königsbergi hidak” problémáját. Königsberg két szigeten és a folyója két partján terült el. A városban hét híd volt, a probléma pedig abban állt, hogy lehetséges-e körbemenni egy városrészből indulva, ugyanoda érkezve, meglátogatni minden városrészt egyszer-egyszer használva a hidakat.

A feladat grafikus ábrázolása az 1. sz. ábrán látható.



1.sz. Ábra „königsbergi hidak” problémájának grafikus ábrázolása

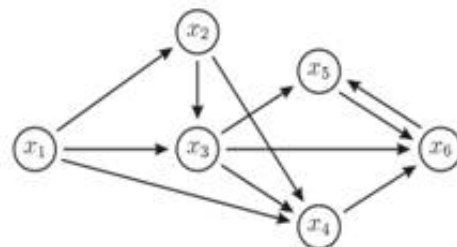
Euler 1736-ban a feladatot gráfként írta fel, mert a városrészeket csúcsokként, a hidakat élekként kezelte. Levezette, hogy a feladat megoldásához minden csúcsban páros számú élnek kell lennie, ilyen módon bizonyította, hogy a feladat nem megoldható. Ami érdekes, hogy a feladat gráfelméleti megfogalmazása 200 évet váratott magára, amikor is König Dénes (1936-ban) fogalmazta meg a feladatmegoldást, mint gráfelméleti feladatot.

A légi jármű karbantartási tevékenységet egy-egy ápolás tekintetében egy rendszernek kell tekinteni, e rendszernek az elemei és az elemek egymáshoz való viszonyai is determináltak. Ha a rendszer elemeit pontokkal, a köztük levő kapcsolatot szakaszokkal ábrázoljuk, akkor azt az ábrát gráfnak nevezzük[1].

Egy másik megközelítés szerint gazdasági társaságok esetében a gráfelmélet mint elméleti tudomány a diszkrét matematika része, amely – a mi esetünkben véges elemből álló – halmazokat kutat, amelyeknek az elemei között meghatározott kapcsolat van. Ilyen módon a gráfelmélet, mint alkalmazott tudomány széles körben felhasználható műszaki, gazdasági, biológiai és szociális rendszerek modellezésére[4].

Műszaki területen is sok felhasználási módja van a gráfelméletnek. Ilyen lehet például a városi közlekedés megszervezése a meglévő infrastruktúrán, technológiai folyamatok modellezése, szakember állomány munkahelyekhez és/vagy tevékenységekhez rendelése.

A mi szempontunkból a légi jármű karbantartást egy olyan digrával lehet leírni, amelynek élei a tevékenységeket jelölik, a csúcsok pedig eseményeket jelölnek, amely események egy-egy tevékenység kezdő és egy másik végpontját fejezik ki. A digráf megjelölés az angol directed graph (irányított gráf) kifejezésből származik. Azt a digráft, amely a karbantartást leírja networknek (tervütemhálónak vagy hálótervnek) nevezzük, és a 2.sz. ábrán láthatjuk.



2.sz. ábra Digráf

A network egy olyan digráf, amelynek létezik  $s \in N$  kezdőpontja és  $s' \in N$  végpontja úgy, hogy bármelyik  $x \in N$ ,  $x \neq s$ ,  $x \neq s'$  esetén vezet út  $s$ -ből  $x$ -be és  $x$ -ből  $s'$ -be; továbbá körútmentes (hurokmentes), azaz nincs önmagába visszatérő út. Ahol  $N$  a gráf csúcsainak halmaza.

A networkben az egymást követő eseményeket növekvő számokkal látjuk el, a záró esemény száma mindig nagyobb az azt megelőzőnél. A kezdő eseményt  $x$ -szel, a zárót  $y$ -nal jelöljük. A két esemény közti tevékenységet – ami a gráfban az él –  $(x,y)$ -nal jelöljük, és hozzárendelünk egy műveleti időt is, amelyet  $\tau(x,y)$ -nal jelölünk. Egy-egy esemény bekövetkezési időpontját pedig  $\mu(x)$ -szel jelöljük.

## NETWORK (TERVÜTEMHÁLÓ) OPTIMALIZÁLÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

A légi jármű karbantartás egy komplex munkafolyamat, amelynek több KPI-je van (Key Performance Indicator, azaz Kulcsfontosságú Teljesítménymutató). Ilyenek lehetnek a következő paraméterek a teljesség igénye nélkül:

- Az átfutási idő (TAT – Turn Around Time). Ez alatt a karbantartási tevékenység teljes hosszát értjük, amely a légi jármű átvétele és visszaadása közt telik el;
- Karbantartás költsége, amely bontható munkaerő költségre, felhasznált anyag költségre, állandó költségekre. Network optimalizálás szempontjából ezek közül csak a munkaerő költség releváns, az egyéb költségekre nincs hatással;
- Ráfordított/eladott munkaórák aránya;

A fenti felsorolás vonatkozásában elmondható, hogy a légi jármű karbantartást végző társaságok ezen paraméterekhez - általában mindegyikhez - célértékeket rendelnek, amelyeket folyamatosan figyelnek. A piaci igények figyelembevételével előfordul azonban, hogy egy-egy karbantartáshoz ki kell választani egy, vagy néhány paramétert, amivel természetesen a vevő igényeit a legnagyobb mértékben igyekeznek kielégíteni. Ezzel viszont a végrehajtásban komoly probléma keletkezhet, hiszen nem megszokott, rutinszerű módon kell a karbantartást elvégezni, hanem a tevékenységet igazítani kell az igényekhez illetve a vezetési elvekhez. Azonban ebben a munkában csak az átfutási időt analizáló módszereket vizsgáljuk meg.

A TAT meghatározásához a network leghosszabb útvonalának hosszát kell meghatároznunk. Ezt gráfelméletben CPM-nek (Critical Path Method-nak, azaz kritikus út módszernek) nevezzük.

Ezt az utat a következő módon határozhatjuk meg az  $[N,A,\tau]$  network esetében:

$$P = \{s = x_0, x_1, x_2, \dots, x_m = s'\} \quad (1)$$

amelynél

$$\tau(p) = \sum_{i=1}^m \tau(x_{i-1}, x_i) \quad (2)$$

műveleti idő a maximális. Ez lesz a kritikus út. Ezt az utat megfogalmazhatjuk másként is, hiszen a network tekintetében a következő egyenlőtlenség írható fel:

$$\tau(P) \leq \mu(s') - \mu(s) \quad (3)$$

Minden networkben lesz egy útvonal, amelyet a következő egyenlet jellemez:

$$\tau(P) = \mu(s') - \mu(s) \quad (4)$$

Amely útra jellemző ez az egyenlet, az lesz a kritikus útvonal. A kritikus útvonal vonatkozásában az igaz, hogy annak rövidítése az egész komplex rendszer befejezési határidejére hatással lesz, de csak addig, amíg nem jelenik meg egy újabb kritikus út a rendszerben. Meg kell említeni azt is, hogy ez a módszer előre meghatározott technológiai időket vesz figyelembe, és nem tudja kezelni a valós termelési folyamatok azon sajátosságát, hogy egy-egy művelet végrehajtása jelentős eltérést mutathat. Gyakorlati példaként említhető meg, hogy például egy zonális ellenőrzési munka (amikor a légi jármű adott területét – például a bal oldali külső szekcióját – kell szemrevételezéssel ellenőrizni) végrehajtása technológizálható, hiszen az ellenőrzés lefolytatása ismétlésekkor, hangárban, munkavégzéshez megfelelő körülmények között minimális eltérést mutat. Azonban ha ezt a tevékenységet összekapcsoljuk vagy kiegészítjük az ellenőrzés során feltárt hibák javításával, akkor nyilvánvalóan nagyobb szórást fogunk tapasztalni.

Ezt igyekszik figyelembe venni a PERT módszer, amely a tevékenységek végrehajtási idejét valószínűségi változónak tekinti. A PERT módszerben az eloszlást  $\beta$ -eloszlásnak tekintjük. Ennél a módszernél meg kell adni a az optimista becslést a tevékenység végrehajtására, amit a  $(x,y)$ -nal jelölünk. Meg kell adni a tevékenység legvalószínűbb idejét  $b(x,y)$ , és a pesszimista becslést, ami  $c(x,y)$ . Ezekből megkapjuk a tevékenység várható idejét:

$$m(x,y) = \frac{a(x,y) + 4b(x,y) + c(x,y)}{6} \quad (5)$$

A tevékenység várható idejének szórás négyzete pedig:

$$(s(x,y))^2 = \left( \frac{c(x,y) - a(x,y)}{6} \right)^2 \quad (6)$$

A network gráfjának egyes éleihez tartozó várható idők alapján a feljebb taglalt CPM módszerrel behatárolható a kritikus út. A kritikus úthoz tartozó tevékenységek várható ideje alapján

meghatározható a kritikus út várható ideje. Az átfutási idő szórásának négyzete pedig a kritikus úthoz tartozó élek szórásainak négyzete lesz [1].

A kritikus út meghatározása a fenti két módszer valamelyikével már jelentős segítséget nyújthat egy-egy karbantartás elvégzésében, azonban belátható az is, hogy a költségek változásának vizsgálata nélkül önmagában a kritikus út meghatározása csak műszaki segítséget adhat.

Mint ahogy azt már korábban is leírtam a légi jármű karbantartás egy komplex tevékenység. A tevékenységet sok esetben több kritérium együttes vizsgálata mellett kell irányítani, így könnyen belátható, hogy a fent vázolt két módszer alkalmazása szükséges a zökkenőmentes tevékenység biztosításához, hiszen az átfutási idő az egyik legfontosabb jellemzője egy karbantartásnak. De az is látható, hogy önmagában az átfutási idő optimalizálása nem elégséges. Reményeim szerint mind az optimalizálás gyakorlati megvalósításának bemutatására, mind más optimalizálási módszerek bemutatására lesz lehetőségem a jövőben.

## **IRODALOMJEGYZÉK**

[1] Glevitzky Béla: *Operációkutatás II.* mobiDIÁK könyvtár, 2003

[2] Хемди А. Таха: *ВВЕДЕНИЕ В ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ* (СЕДЬМОЕ ИЗДАНИЕ). Издательский дом "Вильямс", 2005

[3] Imreh Balázs: *Operációkutatás (Jegyzet)*, JATE, 1993

[4] Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А.: *Теория графов в управлении организацион-ными системами.* Синтег, 2001.

[Vissza a tartalomhoz >>>](#)