

# A nehézségi erőtér és a mesterséges holdak

RENNER JÁNOS

Évszázados törekvése a tudománynak, hogy a Föld alakját minél pontosabban megismerje. Hosszú időn át geodéziai és csillagászati módszerekkel igyekeztek a feladatot megoldani. Azonban egyre inkább előtérbe kerül az a szemlélet, hogy mivel a geoid a nehézségi erőtér szintfelülete, a Föld alakjához a nehézségi erőtér pontos megismerésével jutunk el. Ez a szemlélet vetette meg a fizikai geodézia alapját. A fizikai geodézia alapítója *Stokes*tól származik, akinek alapvető munkája a múlt század közepén jelent meg. A feladatnak gravimetriai megoldásához az egész Föld felületére kiterjedő nehézségi mérések szükségesek, amiben még nagyon sok a hiány, különösen az óceánokon és általában a déli féltéken. Újabban nemzetközi összefogással igen komoly erőfeszítések történnek a még meglévő hiányok megszüntetésére tengeri és légi mérések útján.

1957. október 4-e új fordulatot adott a földalag kutatásának. Ezen a napon lőtték fel a Szovjetunióban az első mesterséges holdat, a Szputnyik I-et. Azóta már sok különböző típusú, részben szovjet, részben észak-amerikai mesterséges hold került földkörüli pályára. A mesterséges holdak a Föld nehézségi erőterében végzik mozgásukat az égi mechanika törvényei szerint s így kézenfekvő az a gondolat, hogy a mesterséges hold Földről megfigyelhető pályaelemeiből a nehézségi erőtérre, tehát egyúttal a Föld alakjára lehet következtetni. Ennek a kérdésnek az 1957 óta eltelt néhány év alatt gazdag irodalma van. Néhányat felsorolok az erre vonatkozó tanulmányokból:

*Buchar, E.*: The motion of the orbital node of Sputnik 2 and the oblateness of the Earth. *Studia Geophys. et Geod. Praha.* 1958.

*King-Hele, D. G.*: The Earth's Gravitational Potential, deduced from the orbits of Artificial Satellites. *Geophysical Journal.* 4. 1961.

*Kaula, W. M.*: Improved Geodetic Results from Camera Observations of Satellites. *Journal of Geophysical Research.* V. 68. Nr. 18. 1963.

*King-Hele, D. G., Cook, G. E., Rees, J. M.*: Determination of the even harmonics in the Earth's Gravitational Potential. *Geophysical Journal of The Royal Astronomical Society.* 8. 1963.

*Ledersteger, K.*: A mesterséges holdak és a Föld tömegfüggvényei. *Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Oszt. Közleményei* 32. k. 1–4. 1963.

Tudvalevő, hogy ha a pályájára tért mesterséges hold sebessége az első kozmikus sebességnél nagyobb, akkor a pálya ellipszis. A pálya jellemzői: a pálya és az egyenlítő síkja közti hajlásszög, az ellipszis nagytengelye, excentricitása, a perigeum, továbbá a pályaellipszis és az egyenlítő síkjának metszéspontja, ún. csomópont s ennek ívtávolsága a tavaszponttól. A Föld lapultságának következtében a csomópont a tavaszponthoz viszonyítva elmozdul, éspedig retrográd irányban; másik következménye pedig az, hogy a pályaellipszis saját síkjában elfordul, tehát megváltozik a perigeum ívtávolsága a csomóponttól.

A mesterséges hold pályaelemeinek változása a tömegvonzási potenciál gömbfüggvényes sorfejtésének együtt-

hatóival van kapcsolatban. A potenciál ugyanis:

$$U = \frac{fM}{R} \left[ \frac{R}{l} - \sum_{n=2}^{\infty} J_n \left( \frac{R}{l} \right)^{n+1} P_n(\sin \psi) \right]$$

Itt  $M$  a Föld tömege,  $R$  a sugara,  $l$  és  $\psi$  a mesterséges hold geocentrikus koordinátái.  $J_n$  együtthatók a tömegfüggvények,  $P_n$  a Legendre-féle gömbfüggvény  $n$ -edfokú tagja.

$J_2$  tömegfüggvény fizikai jelentése:

$$J_2 = \frac{C - A}{MR^2}$$

E kifejezésben  $C$  a Föld tehetetlenségi nyomatéka a forgástengelyre,  $A$  az egyenlítő átmérőjére vonatkozólag.

A csomópont elmozdulásának kifejezésében előfordulnak a  $J_n$  tömegfüggvények, s így ha megfelelő megfigyelési anyag áll rendelkezésre, akkor az egyes tömegfüggvények kiszámíthatók.

Több szerző által végzett számítás eredményeképpen

$$10^6 J_2 = 1082,9 \pm 0,1$$

A többi tömegfüggvény értéke ennél jóval kisebb, pl.

$$10^6 J_4 = -1,03 \pm 0,2$$

A Föld lapultsága a  $J_2$  tömegfüggvényből számítható ki. A mesterséges holdak eddigi adataiból nyert lapult-

ság az  $1/298,3$  értéket közelíti meg legjobban s ez megegyezik a Krasszovszkij-féle ellipszoid lapultságával. A nagyobb indexű tömegfüggvények értéke alig haladja meg a meghatározás középhibáját.

A mesterséges holdak adatainak geodéziai felhasználásában némi bizonytalanságot okoz a levegő ellenállításának a pályára kifejtett módosító hatása. A pontos kiértékeléseknél a luniszoláris hatást is tekintetbe kell venni.

Bár a mesterséges holdak megfigyeléséből értékes információkat kapunk a Föld alakjáról, ezek nem pótolják a gravimetriai geoidmeghatározást. A geoidundulációk és a függővonalelhajlások részletes megállapítása a mesterséges holdak pályaelemeiből ma még nem lehetséges, de a geoidundulációk nagyvonalú meghatározására már van lehetőség, miként az *Kaula* 1963. évi fent említett tanulmányában közölt ábrákból kitűnik. Az így megállapított geoidundulációk elég jól egyeznek a gravimetriai úton nyert undulációkkal.

A legutóbbi években az Amerikai Egyesült Államokban különleges geodéziai célú mesterséges holdat szerkesztettek. A geodéziai holdat nagy magasságba juttatták fel s olyan berendezéssel látták el, amely 5–6 másodpercenként igen rövid tartamú, erősen felvillanó fényjeleket ad le. Ezek a jelek több állomásról egyidejűleg figyelhetők meg.