

## Földmérő 4.0

Milyen technikai ismeretekre van szükség ma?

Rudolf Steiger

*A szerző a Földmérők Nemzetközi Szövetségének (FIG) elnöke volt 2019 és 2022 között.*

Az évszázadok során mind a négy ipari forradalom hatással volt a földmérő műszerekre és a szakma egészére. Ez a cikk azt vizsgálja, hogy a legfrissebb ipari forradalom (Ipar 4.0) eredményeként milyen különböző készségeket és képességeket kell fejleszteniük a földmérőknek.

A földmérés nagy hagyományokkal rendelkező szakma, amely alapvető feladatait illetően mintegy 500 éves, de gyökerei 3000 évre nyúlnak vissza. A földmérő műszerek fejlődése az elmúlt 400 évben nagyon jól dokumentált, és számos klasszikus műszerünk – szintező és teodolit – a középkorig vezethető vissza. A földmérési technológiai fejlődés az ipari forradalmak fejlődésével párhuzamosan futott – és fut jelenleg is. Ahogy a műszerek és képességeik változnak, a földmérőknek különböző készségeket kell kifejleszteniük ahhoz, hogy terepen tudjanak működni.

A földmérésnek a fő mozgatórugói a katonai célok, valamint a telekkönyvezés (kataszter) és az objektív adózás vágya volt. A mai földmérők sokféle mérőrendszert használnak, amelyek a digitális szintező műszerből, az elektronikus tachiméterből (mérőállomás) és a GNSS vevőből származtathatók. Ezek a rendszerek megkönnyítik a geodéziai adatok (szögek, távolságok, magasságkülönbségek és koordináták) korábbinál gyorsabb és pontosabb meghatározását, feltéve, hogy a földmérő megfelelő szaktudással rendelkezik.

### A geodéziai műszerek fejlődése

Az archaikus szakasz: Kevés részletet ismerünk a korai földmérő műszerekről, de azt feltételezik, hogy egyszerűek voltak (pl. a római groma). Ez a fázis 1590-ben az optikai távcső feltalálásával ért véget.

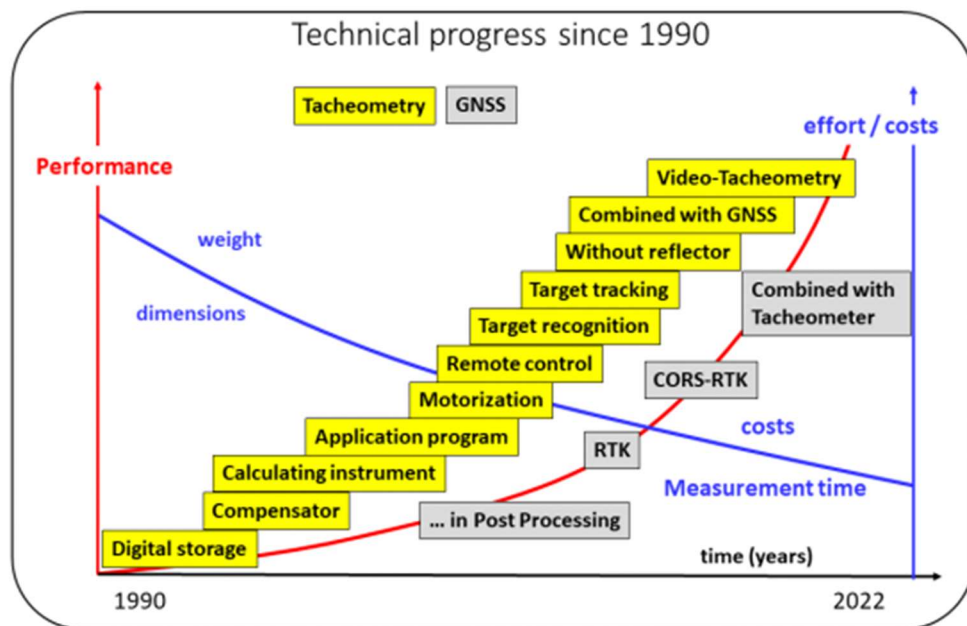
Az optikai fázis: A több mint 300 éves periódus (1590-1924) során a műszaki fejlődés során olyan opto-mechanikai alkatrészeket tartalmazó műszereket állítottak elő, mint a távcsövek, mikroszkópok, vízszintes és magassági körök, amelyek lehetővé tették a vízszintes és magassági szögek mérését. Összességében a fejlődés üteme lassú volt. A műszerek a 20. század elejéig nem váltak igazán könnyen használhatóvá a jelenlegi technológiához képest. A teodolit felállítása körülbelül egy óra összeszerelést és beállítást jelentett minden helyszínen, mielőtt a mérési tevékenységek megkezdődhettek volna. Aztán Heinrich Wild (a WILD társalapítója a svájci Heerbrugban) kifejlesztette a T2-t, egy olyan műszert, amely lehetővé tette, hogy a földmérő szinte azonnal megkezdhesse a mérést a teodolit felállítása után. Ez nemcsak a kiindulópontja volt minden modern földmérő műszernek, hanem az optikai fázis csúcspontja is. Ezután további híres optikai teodolitok következtek, köztük a WILD T3 és T4, valamint a KERN DKM3.

Elektrooptikai fázis: Ezt az időszakot az elektronikus távolságmérés, az elektronikus vagy digitális számológépek megjelenése, a geodéziai mérések és adatok digitális tárolása jellemezte. Ez a fázis 1989-ig tartott.

### A többszenzoros fázis

A többszenzoros fázis 1990-ben kezdődött az első digitális szintező, az első használható GPS-vevők és az első egyszemélyes mérőállomások megjelenésével. A kezdeti években technológiai verseny zajlott le a tachimetria és a műholdas alapú felmérés (GPS) között. Mára ez a verseny véget ért; a

GNSS-vevőket általában kombinálják a mérőállomásokkal. Az elmúlt 30 évben ez az iparág hatalmas technológiai fejlődést mutatott, és ez a korszak még mindig tart (Ennek hatásait lásd a következő ábrán).



A műszaki fejlődés hatásai

(A **teljesítmény** exponenciálisan növekszik, a **munkaráfordítás / költség** erősen csökken)

Általánosságban elmondható, hogy minden műszer típus jelentősen termelékenyebbé, pontosabbá és sokoldalúbbá vált. A termelékenység számos különböző szemponton és kritériumon alapul, mint például az egyetlen mérés időtartama, a mérhető távolságok tartománya, az akkumulátor-töltésenként mért távolságok száma, valamint a magas színvonalú mérésekhez szükséges kezelő személyzet képességei. Ugyanakkor a kisebb méretű, kisebb súlyú műszereknek és a kényelmes kiegészítőknek köszönhetően jelentősen csökkent a felhasználók munkamennyisége. Ráadásul a költségek csökkentek nemcsak a pénzügyi ráfordítások, hanem a rendszert kezelők képzéséhez szükséges idő tekintetében is.

### A mérési folyamat, múlt és jelen

Korábban a földmérő műszerek kezelőit a szó szoros értelmében „mérnök” nevezték, mert közvetlen hatással voltak a mérésekre és azok minőségére. Az optikai szintezők vagy teodolitok kezelőinek szeme („észlelőknek”) éles kellett legyen; a mérnökök télen, nyáron „időjárásállóak” voltak, és jártasak a manuális számításokban. Az észlelő olvasta le a nyers mérési eredményeket, és ő küszöbölte ki a műszerhibák hatását is, a jól meghatározott mérési rutinok ismétlésével (pl. két távcsőállásban való mérés). Az ilyen rutinok nemcsak az észlelő személyes hibáinak számát csökkentették, hanem hatékony védekezést is biztosítottak a durva mérési hibák és a számítási hibák ellen is.

A mai földmérők ahelyett, hogy „észlelők” lennének, a szenzorokkal ellátott mobil műszerek „felhasználói”. A műszer helyszíni beállításán kívül nincs közvetlen befolyásuk a mérésekre. Maga a mérési folyamat teljesen automatikus, a felhasználó által elért értékek pedig egy vagy több érzékelő többszöri automatikus leolvasásának eredményei, amelyeket összetett geometriai és fizikai korrekciós modellek alapján numerikusan kompenzálnak. Napjainkban a terepen végzett mérések

80%-a redundancia nélkül történik, mert a rendszer egyetlen mérésének pontossága is elegendő ahhoz, hogy a mérőeszközök megfelelően működjenek a specifikációikon belül.

Sajnos a felhasználók gyakran azt hiszik, hogy eredményeik valódi értékek, hibamentesek; gyakran nem végeznek ellenőrző méréseket.

## Mérési technológiák

A felhasználók manapság a különféle mérési / adatgyűjtési technológiák gazdag eszköztárából válogathatnak. Ezek a következő négy kategóriába sorolhatók.

1. Egyedi pontok mérése: A mérőállomás és a GNSS vevő az egyes pontok rögzítésének fő eszközei, ami azt jelenti, hogy minden pont egy egyedi geometriai objektumot képvisel. Az integrált inerciális mérőegységgel (IMU) ellátott prizmatot szükségtelemmé teszik a bot pontos függőleges beállítását. Ez a funkció nem csak a hozzáférhetetlen pontok mérését teszi lehetővé, hanem nagyobb pontosságot és sebességet is kínál.

2. Pontfelhők mérése: A lézerszkennerek 25 éve jelentek meg először a piacon. Ezek pontfelhőket állítanak elő nagyon rövid idő alatt. Míg az egyes pontoknak nincs konkrét jelentése, a pontfelhő részhalmozai olyan geometriai elemeket képviselnek, mint pl. a síkok, gömbök és hengerek. Manapság a gyakran digitális fényképezőgépekkel kombinált lézerszkennerek páratlan termelékenységet és sokoldalúságot kínálnak a helyhez kötött, mobil, pilóta nélküli és autonóm lézerszkennelés alkategóriáiban. A nagy mérési sebesség (másodpercenként egymillió pont) teljesen új alkalmazási területeket nyitott meg, ahol a hagyományos technikák technológiai és gazdasági korlátok miatt kudarcot vallanának.

3. Új technológiák alkalmazása: A közelmúltban új mérési technológiák jelentek meg, köztük a földfelszínen áthatoló radar (GPR: ground-penetrating radar), a radar interferometria (RI) és a száloptika deformációméréshez (FODM: fibre optics for deformation measurements). Az utóbbi két technológia ismétlődő (monitorozó) mérésekkel az objektumok változásainak detektálására (deformációanalízis) koncentrálnak.

4. Szabadon elérhető távérzékelési adatok felhasználása: Az Európai Unió nyílt forráskódú stratégiáját követve ma már mindenki számára ingyenesen elérhetőek a kiváló minőségű, naprakész távérzékelési adatkészletek, például a Copernicus szolgáltatásokból. Ezek az adatkészletek azonban megfelelően adaptált elemzőszoftver alkalmazásokat igényelnek (big data és AI: artificial intelligence).

## Földmérő 4.0

Milyen készségekre van szüksége a mai földmérőnek, a „Földmérő 4.0”-nak? A pontos és megbízható adatok elérése érdekében a földmérők korábbi generációi sok időt és erőfeszítést fordítottak az adatgyűjtő műszerek használatának és a feldolgozó módszerek elsajátítására. A mai földmérők számára ezek a feladatok könnyebbé váltak, de már el kell sajátítaniuk teljes folyamatot kezelő, irányító készségeket is, az adatok beszerzésétől, kezelésétől és elemzésétől a végeredmény vizualizálásáig és validálásáig.

Milyen hatással van munkánkra az internet, a mindenütt jelen lévő kapcsolat és a megnövekedett számítási teljesítmény, amelyek a negyedik ipari forradalom mozgatórugói? Nyugodtan kijelenthetjük, hogy a mai földmérő már olyan technológiákat használ, mint a mesterséges intelligencia (AI), a „big data”, a „dolgok internete” (IoT: Internet of Things), a szakértői rendszerek vagy a felhőalapú számítások (cloud computing).

A múltban a földméréssel kapcsolatos döntések viszonylag egyszerűek voltak. Csak néhány mérési módszer volt, és a jelenlegi helyzettel ellentétben nem kellett választani a különböző típusú műszerek között, mert minden feladathoz külön műszer volt. Általánosságban elmondható, hogy az adatgyűjtés végrehajtását előírások irányították és ellenőrizték, a mérési eljárást illetően nem volt lehetőség egyedi döntésekre. A mérések során csak pontokat határoztak meg – vízszintes koordinátaikkal vagy magassággal –, a végeredmény pedig vagy előre meghatározott méretarányú térkép, vagy numerikus elemzés volt.

Ma már a lehetőségek és a tényleges igények is szélesebbek és változatosabbak. Egy földmérési projekt nagyjából három fázisra osztható: tervezés, adatgyűjtés és adatkezelés. Régebben ezeket elkülönülve, egymást követően végezték. Napjainkban a végrehajtási szakaszt jóval hosszabb tervezési szakasz előzi meg, és az adatkezelés első része párhuzamosan zajlik az adatgyűjtési fázissal. Az adatgyűjtéshez és -kezeléshez használt, jóval hatékonyabb eszközöknek köszönhetően egy projekt sokkal gyorsabban befejezhető, mint korábban. Az eredmények ugyanakkor többféle célra is felhasználhatók, mint például tervezés, különböző léptékű és eltérő részletettségű térképezés, térfogat-meghatározás stb.

Ezek a változások a mai földmérőt olyan projektmenedzserre változtatták, aki geoadatokat hoz létre és prezentál. A földmérőnek minden projekt elején a meg kell határoznia a feladatot, beleértve a végeredmény típusát és formáját. Ezután minden további lépést meg kell tervezni, az adatgyűjtéstől a végeredmény előállításáig. A legjobb adatgyűjtési stratégia érdekében a földmérőnek mindent kell tudnia a műszaki korlátokról (pl. ha csak éjszaka lehetséges a mérés, stb.) és a vonatkozó biztonsági előírásokról, nem beszélve a projekt gazdasági szempontjairól. Az adatgyűjtési koncepció kialakítása után a mai földmérőnek ellenőriznie kell, hogy a mérési célok (pl. pontosság, pontsűrűség, adatgyűjtési sebesség, stb.) elérhetőek-e. Ezenkívül ajánlott a megszerzett adatok validálása is.

Forrás: [https://www.gim-international.com/content/article/the-surveyor-4-0?sid=48598&utm\\_campaign=Newsletter%20%7C%20GIM%20%7C%2013-07-2023%20&utm\\_medium=email&utm\\_source=newsletter?output=pdf](https://www.gim-international.com/content/article/the-surveyor-4-0?sid=48598&utm_campaign=Newsletter%20%7C%20GIM%20%7C%2013-07-2023%20&utm_medium=email&utm_source=newsletter?output=pdf)