

A stratégiában is nagy változások mentek végbe. Megváltozott a cél, a térnyerés helyébe az ellenség szétvérese került. Ehhez az erőket úgy kellett központosítani, hogy előnyt biztosítsanak a döntő ütközetben. Ezért vált a térkép Napóleon kezében fontos tervezési alappá. A katonai tereptan németországi felvirágzása azt mutatja, hogy ott még fokozottabb mértékben fordult a figyelem a terep-problematika felé. Ezt részben az magyarázta, hogy a német tisztek – főleg a poroszok – a hadszíntér kiterjedését szinte minden tereptípuson, így a hegységekben is, a régi dogma alapján szemlélték. Ez pedig a magaslati állásoknak rendkívül nagy jelentőséget tulajdonított. A régi és az új úgy fonódott össze egymással, hogy számos magas beosztású porosz tiszt a napóleoni háborúk idején szenvedélyes vonzalmat, szinte már rajongást táplált a magaslatok iránt. Ez azzal járt, hogy a domborzat helyes és katonai célú térképi visszaadására rendkívül nagy súlyt fektettek, ami kedvező körülményeket teremtett ahhoz, hogy a Lehmann elmélete egy paradigma alapja legyen. (2. ábra)

A 19. század elején ez a kibontakozó paradigma jelentette a

topográfiai térképészet fő fejlődési vonalát, ezért a továbbiakban a katonai térképészek ennek jobbítására összpontosítottak...

### Irodalom

Irmédi-Molnár, L.: Térképalkotás Tankönyvkiadó, Budapest, 1970.  
Klinghammer, I. – Pápay, Gy. – Török, Zs.: Kartográfia-történet ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 1995.

### Summary

#### The Development of Military Cartography The Institutionalization of Topographic Mapping and the Representation of Relief in the 17–18th Century Europe

The sophistication of the methods of topographic mapping led to contradictions in the representation of map content by the mid-17th century. The representation of planar elements of the terrain improved a lot, but the relief, which determines the image of the land, was only shown in side view. Although there were attempts to show the relief from above, the technical literature took up this problem only in the second part of the 18th century.

The development of the profession was driven by the new methods of topographic mapping, first of all in France. In the second half of the 17th and first part of the 18th century, France was the European model of establishing professional institutions and making topographic map series. Great Britain only followed the practice of France.

By the end of the 18th century, Germany and the Austro-Hungarian Monarchy (Austrian Empire) led the development. The turn of the 18th and 19th century brought changes in the military: the representation of relief became the major matter of military cartography.



**Dr. Klinghammer István**  
professzor emeritus

az MTA rendes tagja  
ELTE Térképtudományi és  
Geoinformatikai Tanszék  
klinghammer@caesar.elte.hu

## A vasúti pályaívek kiigazítására használt módosított földmérési robottechnológia

Erdélyi Marcell

### 1. Bevezetés

A vasúti pályák állandó használata miatt a pályaegyenések és legfőképp a pályaívek torzulásokat szenvednek. Ezek nem csak kényelmi szempontból, de közlekedés biztonsági okokból is veszélyesek lehetnek. A pályafenntartás egyik legfontosabb feladata tehát a vágányszakaszok irány szabályozása.

A vasúti íveket csoportosíthatjuk a következőképpen:

- az ív fajtája szerint: állandó sugarú körívek, változó sugarú átmeneti ívek

- az ív síkban való ábrázolása szerint: egyszerű egysugarú ívek (átmeneti ívvel vagy anélkül), összetett ívek (több egyszerű ív összessége)
- a haladási irány szerint: jobbos ívek (az ív középpontja jobboldalon van), balos ívek (az ív középpontja baloldalon van).

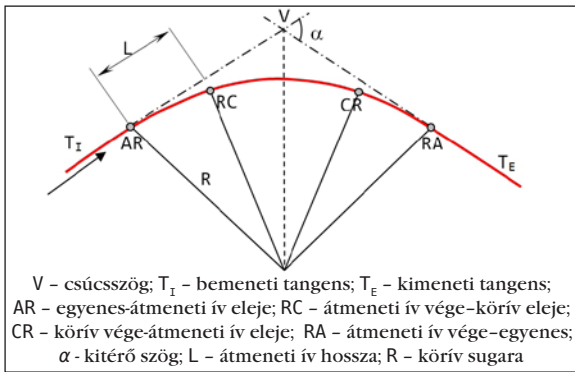
A gyakorlatban leggyakrabban használt ívszabályozási módszer a húrmérési szögmépeljárás grafikus módszere. Célja: az eltorzult helyzetű ívből egy kifogástalan fekvésű ívpálya létrehozása.

### 2. A gyakorlatban alkalmazott ívkiigazítási módszer alkalmazásának lépései

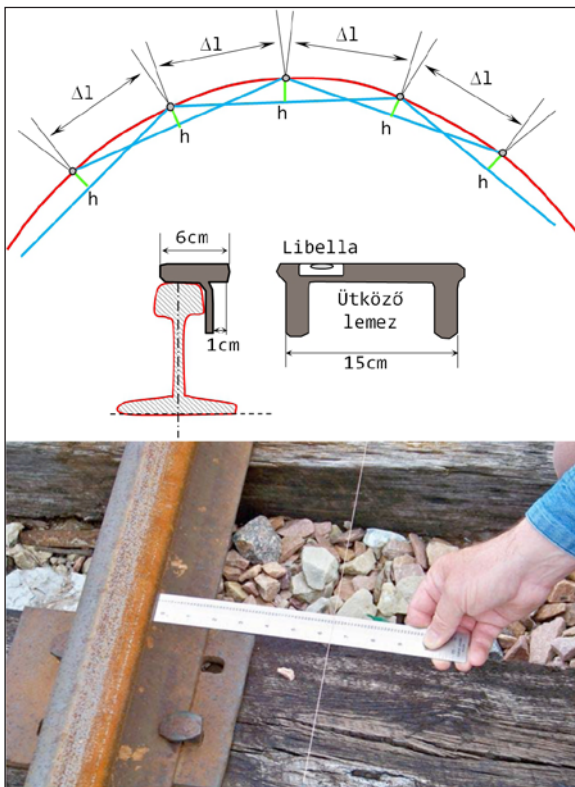
#### 2.1. Adatgyűjtés

A vágány fekvésének rögzítése húrméréssel történik. Az ívkiigazítás ezen fázisának elvégzéséhez legalább négy ember összehangolt munkája szükséges.

A húrmérés előkészítése során az ív külső sínzsalán zsíros krétával



1. ábra. A vasúti pályaív alkotórészei



2. ábra. A húrmérés folyamatának lépései és felhasznált eszközei

maradandó osztáspontokat jelölnek meg  $\Delta l$  távolságban. A húrmérést  $2\Delta l$  hosszú húrral végzik, zsinóros húrmagasságmérőt, valamint tolmércét használva (2. ábra). A húrmagasságmérést minden osztáspontnál elvégzik, majd a kapott értékeket jegyzőkönyvbe rögzítik.

A jegyzőkönyvbe ezenkívül be kell írni minden olyan körülményt, amely a vágány helyzetére hatással lehet (hidak, váltók stb). A méréseket ajánlatos szélcsendben végezni, oda-vissza a durva hibák kiküszöbölése érdekében.

## 2.2. Adatfeldolgozás

A jelenkori technológia által felkínált informatikai megoldásokat

felhasználva történik az adatfeldolgozás.

Előfeldolgozásként a húrmérési jegyzőkönyvbe beírt, mért adatokat, mint kiinduló adatokat, analóg-digitális adatkonverzió során, egy táblázatszerkesztő program segítségével (pl. Excel), egy adattárba viszik be. Ezek után a húrmérési szögmépljárás grafikus módszerének lépéseit követve a megcélzott eredményeket számolják ki a megfelelő matematikai modellt használva.

A kívánt eredmények ismét egy táblázatba kerülnek, melyek a szabályozandó ív szögmépvonalábrájának szerkesztéséhez elegendhetlenek. A szögmépvonal ábrájának szerkesztése során, pl. valamely CAD típusú program segítségével, az előzőleg kapott eredményeket a táblázatból felhasználva, a vágányeltolások értékei kaphatóak meg, melyek táblázat formájában beírhatóak, vagy grafikusan ábrázolhatóak.

A módszer alkalmazása biztosítja a megcélzott probléma megoldását, ugyanakkor nem alkalmazza a terepi adatgyűjtés digitális technológiái által felkínált lehetőségeket, és csak részben használja az adatfeldolgozás jelenkori informatikai lehetőségeit.

## 3. A javasolt ívkiigazítási technológia

A technológia egy meghatározott termék szakmai normáknak megfelelő előállítására érdekében, a szükséges adatok célirányos gyűjtése és feldolgozása során, kellő szakmai felkészültséggel rendelkező személyzet által alkalmazott eszközök, módszerek, műveletek, megoldások, eljárások és folyamatok összessége.

A kívánt eredmények elérése érdekében a jól meghatározott célkitűzések és a felhasznált technológia összetevőit kell szem előtt tartani.

A javasolt technológia célkitűzései:

- a terepi adatgyűjtési technológiák által felkínált lehetőségek kihasználása az ív pillanatnyi helyzetének meghatározásában
- az adatfeldolgozás minőségének a jelenleg elérhető legmagasabb színvonalra emelése
- az analóg-digitális adatkonverzió kiküszöbölése a digitális adatrögzítés útján
- különböző számítási lépések közti kézi vezérlésű adatkommunikáció helyettesítése kompatibilis adattárak alkalmazásával
- egységes adatfeldolgozási program kidolgozása, amely biztosítja a gyűjtött adatok feldolgozását és a céleredmények elérését az ismert matematikai modell alapján.

A javasolt technológia alkalmazása három munkafázisból áll: adatgyűjtés és -feldolgozás, termék-előállítás és adatok elemzése.

### 3.1. Adatgyűjtés

Ezen munkafázis célja a már említett terepi adatok begyűjtése a megfelelő mérési módszerek alkalmazásával.

A robot-mérőállomás a többszemélyes, hagyományos mérésen alapuló adatgyűjtés mellett az egyszemélyes terepi szkennelést és robottípusú mérési módot is kínálja számunkra. Az utóbbi említett két munkamód közvetlen előnyeiként említjük a következőket:

- megoldható a nehezen, vagy nem megközelíthető pontok mérése
- a mérőműszer működését közvetlenül vagy közvetve egy személy irányítja, aki a mérési folyamatban nem vesz részt
- a célpont megtalálása független annak megvilágításától: elvben sötétben is lehet mérni
- a mozgó célpont automatikus követése révén a választott idő és/vagy távolság függvényében beavatkozás nélkül lehet mérni

A vektoralapú adatgyűjtés robot-mérőállomással két üzemmódban történhet:

1. Hagyományos üzemmódban:

- legalább két személyt igényel: az egyik a mérőállomást kezeli és megirányozza a prizmat
- a másik a prizmat hordozza és a mérendő ív megfelelő pontjaira helyezi azt

2. Robotüzemmódban:

A teljesen automatizált adatgyűjtés egy olyan rendszer segítségével valósul meg, mely két összetevőből áll: robotmérőállomásból és az ahhoz tartozó aktív/passzív prizmából, valamint prizmahordozó robotból. Ebben a mérési módban a célfelület helyváltoztatása és a műszer működése automatikusan egy személy által célirányosan közvetített utasítások alapján történik:

- a mérési célfelületet (prizmát) egy prizmahordozó robot szállítja
- a mérőműszer követi a mozgó prizmat, és az előre beállított idő vagy távolság intervallum alapján végzi a méréseket
- a kezelő személy megfelelő utasításokkal vezérli a mérőműszer és a prizmaszállító működését.

Az adatgyűjtési módszer mindkét mérési módban a poláris mérésen alapszik, mely során a mért távolságokat, szögeket, excentricitásokat automatikusan egy fájlba rögzíti, melyek később a megfelelő célprogramokkal digitális formátumban letölthetők.

3.1.1. A prizmahordozó robot bemutatása

Figyelembe véve a megcélzott, megoldandó feladatok jellegét és technikai feltételeit, egy olyan prizmahordozó robotot terveztem és építettem meg, amely megfelel ezen követelményeknek, ugyanakkor a mai technológiával lépést tartva, az általa felkínált technikai és műszaki lehetőségek tárházát is igénybe veszi. Ez a robot a PRICARRO (*Prism Carrier Railway Robot*) nevet kapta.

A Pricarro képes, egy beépített motor és egy rádiótávvezérlő segítségével, önállóan elindulni, megállni, előre-hátra közlekedni. Ugyanakkor, a robotmérőállomáshoz tartozó aktív prizma, illetve annak működését biztosító áramforrás szállítása is a feladatkörébe tartozik. A prizma helye, a prizmahordozó roboton, a sínszál belső oldalának síkjával esik egybe, így oldva meg

- a mérés során - a sín pontos helyzetének meghatározását. A robot ugyanakkor egy sor olyan feltételnek is eleget tesz, melyek a működési időtartamra és hatótávolságra vonatkoznak.

A Pricarro célirányos működése a 3. ábra alapján az alábbi fizikai összetevők révén valósul meg: meghajtóegység (I), mechanikai egység (II), vezérlőegység (III), távirányító (IV), akkumulátor (V), akkumulátortöltő (VI), aktív prizma és az azt működtető akkumulátor (VII).

A szerkezet mozgása két görgőn történik, amelyek a sín felületén fekszenek. A stabilitást biztosító rugók szerepe az, hogy a robotnak három pontos illeszkedést biztosítson a sínszálon. A meghajtást egy elektromos motor biztosítja, mely egy görgő meghajtása

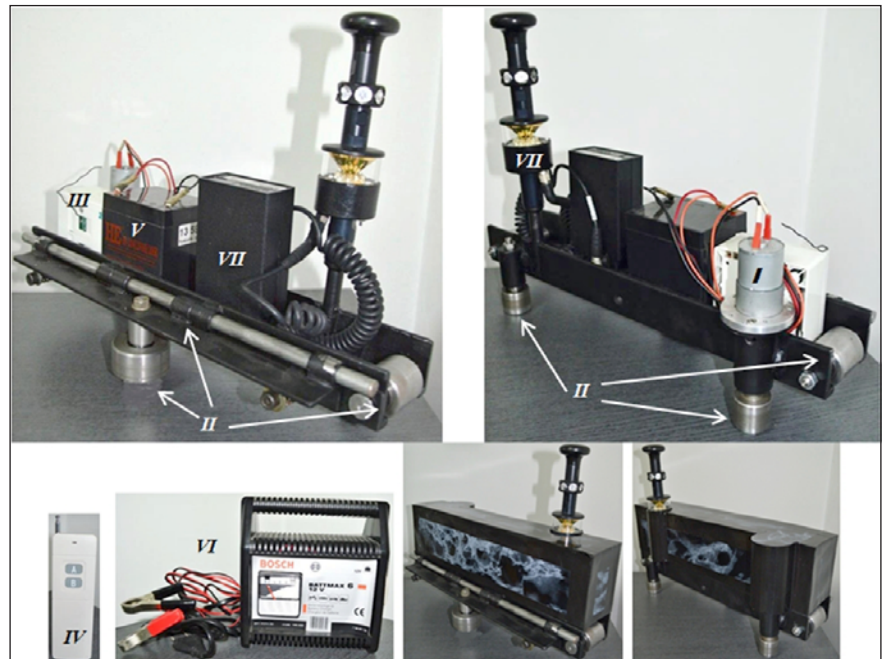
révén, forgó mozgásból lineáris mozgást biztosít. A motor működését a vezérlőegységen keresztül a távirányítóval lehet szabályozni, az előre-hátra haladási irány megválasztásával.

3.2. Adatfeldolgozás

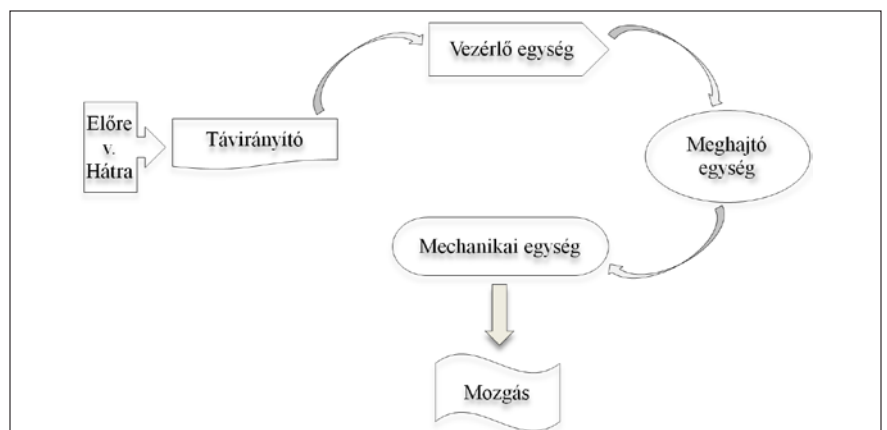
A vektoralapú adatgyűjtés során mért adatok adatfeldolgozásakor két probléma kerül megoldásra:

- a pozicionálást biztosító mért pontok koordinátáinak a számítása megfelelően választott vonatkoztatási rendszerben
- az ívkiigazítás adatainak számítása.

Az íven pozicionált pontok koordinátáinak kiszámítása a gyűjtött adatok révén valósul meg a célprogram segítségével. Az ebből kapott pozicionálási



3. ábra. A prizmahordozó robot fizikai összetevői



4. ábra. A prizmahordozó robot működésének folyamatábrája

pontok koordinátái egy jól meghatározott struktúrájú adattárba kerülnek, mely a továbbiakban az ívkiigazítás adatainak kiszámítására szolgál.

**3.2.1. Az ívkiigazítás adatainak számítása**

A már meghatározott pontok koordinátáinak felhasználásával a gyakorlatban alkalmazott ívkiigazítási módszer elvégezhető egy általam írt program segítségével. A szoftver a RACUCALC (Railway Curves Calculator) nevet kapta. A DELPHI7 programozási nyelven írt program képes kiszámolni és bemutatni az ívkiigazítás eredményeit anélkül, hogy a felhasználó előzetes számításokat végezne.

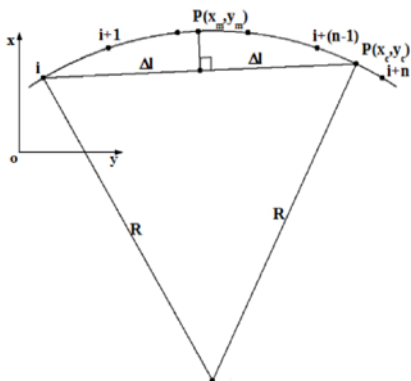
A kiinduló adatok lehetnek:

- klasszikusan mért húrmagasságjegyzék
  - pozicionált pontok koordinátái.
- A program két megoldási eljárást kínál a felhasználónak:

I. Az első eljárás a hagyományos matematikai modellekre és módszerekre épül, kiinduló adat a húrmagasság, ami lehet mért (hagyományosan) vagy számított (koordinátákból).

Mért koordináták esetén a program az ív helyzetét meghatározó pozicionálási pontokon keresztül a hűrok automatikus generálását végzi a következőképpen:

a) A húr hossza és a hűrok kiindulási pontjai ismertek.



5. ábra. A hűrgenerálás leíró ábrája

b) A program elemzi a húr kezdőpontja  $i$  és a következő mért pont  $i+1$  közti távolságot. Ha ez a távolság kisebb, mint a húr hossza, akkor veszi a következő pontot  $i+2$ , és így tovább  $i+n$ , mindaddig, amíg ez a távolság nagyobb, vagy egyenlő lesz a húrral.

c) Az így megtalált  $i+n$ ,  $i+(n-1)$  szakasz által meghatározott egyenes és a húrsugarú kör metszéspontja megadja a húr végpontját. A metszéspont koordinátáit az alábbi egyenletrendszer megoldva kapjuk meg, amely az egyenes illetve a kör egyenletéből áll:

$$\begin{cases} c^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 \\ y = m \cdot (x - x_{i+(n-1)}) - y_{i+(n-1)} \end{cases} \quad (1)$$

$$m = \frac{y_{i+n} - y_{i+(n-1)}}{x_{i+n} - x_{i+(n-1)}}$$

d) A  $b$ . pontban leírt elemzések alapján definiálható az illető szakasz és a húr felező merőlegese közti metszéspont  $(x_c, y_c)$ , azzal a különbséggel, hogy ebben az esetben a feltétel az, hogy a húr felező merőlegesének értéke a minimális érték legyen. Ekkor a megoldandó egyenletrendszer az illető egyenes, illetve a felező merőleges egyenletéből áll:

$$\begin{cases} y = \frac{-1}{m_c} \cdot \left[ x - \frac{x_c - x_i}{2} \right] - \frac{y_c - y_i}{2} \\ y = m \cdot (x - x_i + (n-1)) - y_i + (n-1) \end{cases} \quad (2)$$

$$m_c = \frac{y_c - y_i}{x_c - x_i}$$

e) Az így kapott távolság értéke maga a húrmagasság lesz.

II. A második eljárás a kiegyenlítő görbék matematikai modelljét alkalmazza, kizárólag a mért koordináták felhasználásával. Ez az eljárás a mérnökgeodéziai gyakorlatban már jól ismert kiegyenlítő kör módszerén alapszik. Ha ezt a módszert más görbékre is alkalmazzuk, pl. valamely  $k$ -ad fokú polinomfüggvényekre, akkor a kiegyenlítő görbék sikeresen felhasználhatóak a vágányeltolások meghatározásában, mivel az átmeneti íveket bizonyos fokú függvényekkel írhatjuk le.

A továbbiakban a kiegyenlítő kör bemutatása kerül sorra. Egy megfelelően megválasztott vonatkoztatási rendszerben értelmezett kiegyenlítő kör optimálisan illeszkedik a mért (ismert) pontokra. Meghatározásához három ismeretlen számítása szükséges:

- a középpont koordinátái:  $x_0, y_0$
- a sugár:  $r$

A feladat megoldásához az egyik módszer a legkisebb négyzetek módszere.

Jelen esetünkben, a vasúti pályáívek felmérésénél, földmérési technológiával meghatározott pontok koordinátáiból indulunk ki, melyeket a megfelelő sűrűséggel mérjük úgy, hogy azok minél jobban leírják az ívet. Az ezen pontokon keresztül szerkesztett kiegyenlítő kör paramétereinek kiszámításához két megoldási lehetőséget tárgyalok:

Az első számítási megoldás a paraméteres egyenleteket felhasználva a következő lépésekben történik:

- a kör középpontja koordinátáinak és sugarának előzetes közelítő értékeinek számítása a (3), (4), (5) kifejezésekkel:

$$x_{mp} = \frac{m_{ij}x_{ij} - m_{jk}x_{jk} - y_{ij} + y_{jk}}{m_{ij} - m_{jk}} \quad (3)$$

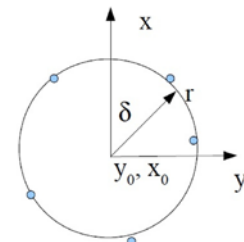
$$y_{mp} = m_{ij}(x_{mp} - x_{ij}) + y_{ij} \quad (4)$$

$$r_{mp} = \frac{\sum_{i=1}^3 \sqrt{(x_{mp} - x_i)^2 + (y_{mp} - y_i)^2}}{3} \quad (5)$$

- az  $n$  mért pontokra vonatkozó középponti szögek számítása:

$$\delta_i = \arctan \left( \frac{y_i - y_{mp}}{x_i - x_{mp}} \right) \quad i = 1..n \quad (6)$$

- kiegyenlítés  $x_0, y_0, r$  ismeretlenekre iterációs megoldással a kör paraméteres egyenlete alapján (6. ábra). A számítást a legkisebb négyzetek elve szerint végezzük.



6. ábra.

A kiegyenlítés menete:

Minden  $i$  ponton átmenő kör paraméteres egyenleteiből kiindulva:

$$\begin{cases} x_i = x_0 + r \cdot \cos \delta_i \\ y_i = y_0 + r \cdot \sin \delta_i \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} x_0 + y_0 + r \cdot \cos \delta_i - x_i = 0 \\ x_0 + y_0 + r \cdot \sin \delta_i - y_i = 0 \end{cases} \quad (8)$$

A közvetítő egyenletek nem lineárisak. A végleges értékek kiszámításához

egy iterációs folyamatot vezetünk be, amit az  $x_{\phi}, y_{\phi}, r$  előzetes értékei alapján végzünk a következőképpen:

A közvetítő egyenleteket az  $n$  pontokra felírva a következő egyenletrendszert kapjuk:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & \cos \delta_i \\ 0 & 1 & \sin \delta_i \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & \cos \delta_n \\ 0 & 1 & \sin \delta_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -x_1 \\ -y_1 \\ \vdots \\ -x_n \\ -y_n \end{bmatrix} = v \quad (9)$$

$$AX+l=v \quad (10)$$

Ebben a  $2n$  egyenletet tartalmazó egyenletrendszerben az ismeretlenek száma 3. Mivel  $2n > 3$ , az egyenletrendszer megoldásához a legkisebb négyzetek módszerét választottam:

$$[vw] = \min \quad (11)$$

E minimum feladat a normál egyenletrendszer generálásához és megoldásához vezet.

$$\begin{bmatrix} n & 0 & [\cos \delta_i] \\ 0 & n & [\sin \delta_i] \\ [\cos \delta_i] & [\sin \delta_i] & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -x_1 \\ -y_1 \\ -x_i \cos \delta_i - y_i \sin \delta_i \end{bmatrix} = 0 \quad (12)$$

$$NX+L=0 \quad (13)$$

Figyelembe véve a normál egyenletrendszer struktúráját, megoldásához a Cramer-módszert alkalmaztam. A megoldásokat az alábbi kifejezések adják:

$$\begin{aligned} x_0 &= \frac{\Delta x_0}{\Delta} \\ y_0 &= \frac{\Delta y_0}{\Delta} \\ r &= \frac{\Delta r}{\Delta} \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \Delta &= n^2 - n([\cos \delta_i]^2 + [\sin \delta_i]^2) \\ \Delta x_0 &= (n^2 - [\sin \delta_i]^2)[x_i] + [\sin \delta_i][y_i] - n[\cos \delta_i][x_i \cos \delta_i + y_i \sin \delta_i] \\ \Delta y_0 &= [\cos \delta_i][\sin \delta_i][x_i] + (n^2 - [\cos \delta_i]^2)[y_i] - n[\sin \delta_i][x_i \cos \delta_i + y_i \sin \delta_i] \\ \Delta r &= -n[\cos \delta_i][x_i] - n[\sin \delta_i][y_i] + n^2[x_i \cos \delta_i + y_i \sin \delta_i] \end{aligned}$$

Az így kapott  $x_{\phi}, y_{\phi}, r$  értékek akkor véglegesek, ha teljesülnek az alábbi feltételek:

$$\begin{aligned} x_0 - x_{mp} &\leq e \\ y_0 - y_{mp} &\leq e \\ r - r_{mp} &\leq e \end{aligned} \quad (16)$$

ahol  $e$  - általunk meghatározott határérték

Abban az esetben ha (16) nem teljesül, meg kell ismétlni a (6), (14), (15) számításokat oly módon, hogy az ismételt számításokor az előzetes közelítő  $x_{mp}, y_{mp}, r_{mp}$  értéket az előző iterációból nyert  $x_{\phi}, y_{\phi}, r$  értékekkel helyettesítjük.

Felhasználva a véglegesnek elfogadott értékeket, számíthatóak a  $v^x, v^y$  javítások, azaz a vágányeltolások:

$$\begin{aligned} v_i^x &= x_i^v - x_i \\ v_i^y &= y_i^v - y_i \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} x_i^v &= x_0 + r \cdot \cos \delta_i \\ y_i^v &= y_0 + r \cdot \sin \delta_i \end{aligned} \quad (18)$$

\*\*\*

A második számítási megoldás, a kiegyenlítő kör paramétereinek meghatározására, hasonlóan történik (az előző esetben leírtak alapján), azzal a különbséggel, hogy mivel lineáris közvetítő egyenleteket használunk, a kör paramétereit közvetlenül a kiegyenlítésből megkaphatjuk anélkül, hogy a középpont-koordinátáknak, illetve a sugárnak előzetes közelítő értékeket számítottunk volna.

Első lépésben tehát kiindulunk a kör lineáris egyenletéből:

$$(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 = r^2 \quad (19)$$

Figyelembe véve, hogy az egyes pontoknak a kiegyenlítő körtől mért távolsága sugárirányú, ezért a javítási egyenlet a következő alakban írható:

$$(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 = (r - v_i)^2 \quad (20)$$

Bevezetjük az alábbi jelöléseket:

$$z_0 = \frac{-1}{2}(x_0^2 + y_0^2 - r^2) \quad (21)$$

$$l = \frac{-1}{2}(x_i^2 + y_i^2) \quad (22)$$

$$v' = rv \quad (23)$$

Rendezve a (20) egyenletet, a javítási egyenlet a következő formában  $v' = x_i x_0 + y_i y_0 + z_0 + l$  (24)

A kiegyenlítés során alkalmazott legkisebb négyzetek módszerének alkalmazása után a kiegyenlített paramétereket az alábbi kifejezések adják:

$$x_0 = \frac{[y_i]^2 [x_i(x_i^2 + y_i^2)] + [x_i y_i] + [y_i(x_i^2 + y_i^2)]}{2([y_i]^2 [x_i^2] - [x_i y_i]^2)} \quad (25)$$

$$y_0 = \frac{[x_i]^2 [y_i(x_i^2 + y_i^2)] + [x_i y_i] + [x_i(x_i^2 + y_i^2)]}{2([y_i]^2 [x_i^2] - [x_i y_i]^2)} \quad (26)$$

$$z_0 = \frac{x_0^2 + y_0^2}{2n} \quad (27)$$

A kiegyenlítő kör sugara a következő összefüggéssel számítható:

$$r = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + 2z_0} \quad (28)$$

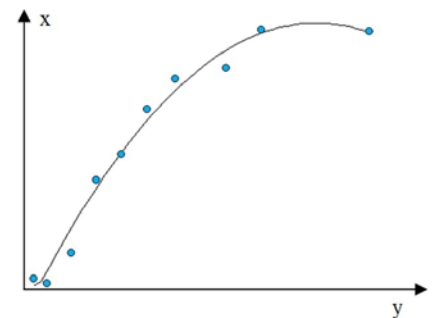
A végleges javítások (vágányeltolások) értékeit pedig az alábbi kifejezés segítségével kapjuk meg:

$$v_i = \frac{-x_i \left(x_0 - \frac{1}{2}x_i\right) + y_i \left(y_0 - \frac{1}{2}y_i\right) + z_0}{r} \quad (29)$$

Abban az esetben, ha a mért pontokon keresztül egy olyan kiegyenlítő görbét szeretnénk szerkeszteni (7. ábra), melyet egy  $k$ -ad fokú polinomfüggvény határoz meg, akkor ennek paramétereit az adott fokú polinom lineáris egyenletéből kiindulva számíthatjuk ki:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_k x^k \quad (30)$$

ahol  $k$  - a polinom foka



7. ábra.

A kiegyenlítő kör lineáris közvetítő egyenletekkel való kiszámításának lépéseit követve, megkaphatóak a keresett  $k$ -ad fokú polinom paramétereit.

A vasúti pályáívek szabályozására szolgáló kiegyenlítő görbék gyakorlati alkalmazása három lépésben történik:

- az adatgyűjtés során a vasúti pályaívek külső sínszálának belső felén megfelelő sűrűségben pontokat mérünk. Ez történhet klasszikusan, vagy teljesen automatizált módon, robot-mérőállomással és prizmahorodó robottal
- az adatfeldolgozás során kiszámításra kerülnek a mért pontok koordinátái. A kapott koordináták, a továbbiakban, a kiegyenlítő görbék meghatározásában, bemenő adatokként szerepelnek. A számítási módszerek alkalmazásának egyik legegyszerűbb módja, ha automatizáljuk őket. Ennek érdekében ezen számítási módszerek programozásra kerültek. Az általam írt program segítségével, a mért koordináták alapján a kívánt kiegyenlítő görbe kiválasztása után, megkapjuk az illető görbe paramétereit, valamint a végleges javítások értékeit. Ezek a javítások a szükséges vágányeltolásokat jelentik
- az eredmények kiértékelése során elemzésre kerülnek a kapott vágányeltolások, a görbe paramétereit, valamint az azokból származtatható görbületi elemek.

#### 4. Következtetések

A javasolt technológia a most létező technikai, informatikai lehetőségek figyelembevételével kidolgozott automatizált rendszer, mely minimális emberi beavatkozást igényel. A méréshez szükséges személyek száma négyről akár egyre is csökkenhet, ami a munka hatékonyságának növekedését jelenti

A javasolt technológia előnyei:

- kiküszöbölődhetnek a jelenleg alkalmazott és az ajánlott módszer közötti különbségek: mért adatok gyűjtése és rögzítése, adatáramlás illetve automatizálás

- különösebb, nagy értékű anyagi befektetést nem igényel
- meggyorsítja és megkönnyíti az adatgyűjtés és adatfeldolgozás elvégzését, de az eredmények szempontjából is megbízhatóan lehet ezáltal dolgozni

Elemelve a gyakorlatban alkalmazott, javasolt technológia révén kapott eredményeket, kijelenthetjük, hogy a vasúti pályaívek szabályozására javasolt megoldás, a kiegyenlítő görbék használata, matematikai szempontból elfogadható. A gyakorlatban való alkalmazása viszont, a vasúttechnikai szempontokat figyelembe véve, további utólagos elemzéseket kíván meg.

#### Irodalomjegyzék

- [1] Erdélyi M. 2016. A kiegyenlítő görbék alkalmazása a vasúti pályaívek szabályozása terén. Előadás: XVII. Földmérő találkozó. Déva, 2016. 05. 19-22.
- [2] Siki Z. 2010. Regresszió számítás mérnökgeodézia feladatokban. Geomatikai közlemények, 13. évf. 2. sz. pp. 49-54.
- [3] Csepregi Sz. - Kádár I. - Papp E. 1987. A kiegyenlítő kör meghatározása lineáris közvetítő egyenlettel. Geodézia és Kartográfia, 39. évf. 1. sz.
- [4] Köllő G. - Erdélyi M. 2015 Az ívszabályozás egy lehetséges megoldása, XIX. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, (ISSN 1843-2123) Csíksomlyó, 2015. 06. 04-07.
- [5] <http://mathworld.wolfram.com/LeastSquaresFittingPolynomial.html>
- [6] Köllő G. - Erdélyi M. 2014. Az ívszabályozás egy lehetséges megoldása. Műszaki szemle 64. sz., (ISSN 1454-0746), Kolozsvár
- [7] <http://www.agt.bme.hu/tantargyak/mernlet/mernlet5.pdf>
- [8] <http://www.cg.info.hiroshima-cu.ac.jp/~miyazaki/knowledge/teche23.html>
- [9] Ferencz J. - Erdélyi M. 2008. Az egyszemélyes mérési technológia a TRIMBLE 5605DRS ROBOT mérőállomással. IX. Földmérő találkozó, (ISSN 1843-1224), Székelyudvarhely, 2008. 05. 22-28.
- [10] Nemesdy E. 1964. Ívkiegyenlítés. Budapest
- [11] Ferencz J. - Erdélyi M. 2014. MASTER CAD kft. a technológia fejlődés útján. XV.

Földmérő találkozó, (ISSN 1843-1224), Arad, 2014. 05. 15-18.

- [12] <https://www.cn.ca/-/media/Files/Customer-Centre/Track-Specifications/industry-track-inspection-en.pdf>

#### Summary

##### Modified Survey Robot Technology Used to Adjust Railway Curves

The effects of technical IT development provides constant renewal and development opportunities for each specializing areas. For this reason it can be not left out from among this the developmental activities in the transport field of railway tracks. As a result, we present a proposed data collection and data processing technology to further serving easier and more efficient to solve occurring problems in the regulation process of railway tracks. After the presentation of the track maintenance tasks used in practice, a new system based on digital technology, its components, objectives, workflow steps, as well as the operating principle and last but not least, the presentation of the regression curves used to determine the track deviations are described below. Finally, the publication ends with the presentation of an individual user's programmed software and with the conclusions about the proposed technology.



**Erdélyi Marcell**  
doktorandusz

Kolozsvári Műszaki Egyetem  
Építészeti Tanszék  
e-mail: [climen84@gmail.com](mailto:climen84@gmail.com)

Tájékoztatjuk kedves olvasóinkat, hogy a Magyar Földmérési, Térképészeti és Távérzékelési Társaság programjairól, híreiről rendszeresen tájékozódhatnak honlapunkon is.

**www.mfttt.hu**

MFTTT vezetősége

