

Primljeno / Received: 15.01.2017.
Prihvaćeno / Accepted: 09.11.2017.

UDK 528.48
Stručni rad / Professional article

ODREĐIVANJE PARAMETARA KRUŽNOG OBJEKTA PRIMJENOM REGRESIONE ANALIZE

PARAMETERS DETERMINATION OF THE CIRCULAR OBJECT WITH APPLICATION OF REGRESION ANALYSIS

Streten Lazoroski

SAŽETAK

U radu je prikazan način određivanja parametara kojima se definiše oblik i veličina inženjerskih objekata preko niza diskretnih tačaka, kao i kontrola geometrije objekta primjenom regresione analize.

Ključne riječi: inženjerski objekti, regresiona analiza, diskretne tačke, namjenske mreže, krug.

ABSTRACT

Paper presents the method of determining parameters defining the shape and size of the engineering objects through a series of discrete points, as well as controlling the geometry of the objects using regression analysis.

Keywords: engineering objects, regression analysis, discrete points, special networks, circle.

1 UVOD

U većem broju slučajeva geodeti, koji se bave inženjerskom geodezijom, suočeni su sa problemom obilježavanja projektovanih građevina, određivanjem oblika i dimenzija izvedenih građevina, kao i deformacijama istih nastalih tokom eksploatacije.

Postoje više rješenja za navedene probleme, a jedno od njih je primjena regresione analize. Kod primjene regresione analize, najprije treba odrediti (definisati) projektovani (izvedeni) oblik objekta, sa ciljem pravog izbora funkcije preko koje će se, na najbolji mogući način, upotrijebiti rezultati mjerenja. Kada je izvršen izbor funkcije, pažnja treba biti posvećena prognozi i sigurnosti prognoze. Sigurnost je najveća kada se primjenjuje strogo rješenje, a kada takvo rješenje ne postoji, onda se moramo zadovoljiti približnim rješenjem (Mihailović, 2002).

U ovom radu riječ je o određivanju parametara kojima se definišu oblik i dimenzije rezervoara za naftu, sa ciljem određivanja deformacije nastalih na njemu tokom eksploatacije.



Slika 1. Izgled rezervora za naftu

2 MATEMATIČKI MODEL - DEFINISANJE KRUŽNOG OBLIKA

Kao što je već pomenuto, riječ je o određivanju parametara rezervoara za naftu cilindričnog oblika (Slika 1), čiji presjeci sa horizontalnim ravnima na određenim visinama predstavljaju krugove, pa je zbog toga neophodno dati matematički model funkcije kruga.

Kada je riječ o krugu, određivanje parametara (p , q i r), koji ga definišu, zavisi od toga gdje se nalazi centar kruga:

- centar kruga nije u koordinatnom početku,
- centar kruga je u koordinatnom početku.

U ovom slučaju, a i u većini slučajeva u praksi, geodetska mjerenja za određivanje koordinata diskretnih tačaka na periferiji kruga rade se sa namjenskih mreža u lokalni koordinatni sistem čiji koordinatni početak nije u centru kružnog objekta, nego izvan njega. Zbog navedenog ćemo se u radu zadržati na prvom slučaju, kada se centar kruga ne nalazi u koordinatnom početku.

2.1 Određivanje parametara kruga kada centar kruga nije u koordinatnom početku

Veći broj autora (Mihajlović, Vračarić), za određivanje parametara kruga, koji je definisan koordinatama n -diskretnih tačaka na periferiji kruga, predlažu matematički model u linearnoj i kvadratnoj formi.

U oba slučaja, izravnjanje se mogu obaviti uz dva uslova:

- a) koordinate diskretnih tačaka u postupku izravnjanja trebaju ostati fiksne (nepromijenjene),
- b) koordinate diskretnih tačaka u postupku izravnjanja se mijenjaju (dobivaju popravke).

Jednačina kruga, čiji se centar ne nalazi u koordinatnom početku, u kvadratnoj formi je:

$$(x - p)^2 + (y - q)^2 = r^2 \quad (1)$$

a u linearnom obliku je:

$$\sqrt{(x - p)^2 + (y - q)^2} = r \quad (2)$$

gdje su:

x i y – koordinate diskretnih tačaka na periferiji kruga,

p i q – koordinate centra kruga i

r – poluprečnik kruga.

U radu će biti korištene sljedeće oznake:

S_{0i} – rastojanje tačke do centra kruga;

V_i – rastojanje tačke do kružnice;

p_0, q_0 i r_0 – približne vrijednosti nepoznatih;

d_p, d_q i d_r – priraštaji približnih vrijednosti nepoznatih.

Imajući u vidu da su pomenuti matematički modeli određeni od većine autora i publikovani u stručnoj i naučnoj literaturi, u produžetku će biti dati u matricnom obliku za kvadratnu formu jednačine kruga.

a) Koordinate diskretnih tačaka ostaju fiksne (nepromijenjene)

Jednačine popravka u matricnom obliku su:

$$V = AX + f, \quad (3)$$

gdje su:

$$A = - \begin{bmatrix} 2(x_1 - p_0) & 2(y_1 - q_0) & 2r_0 \\ 2(x_2 - p_0) & 2(y_2 - q_0) & 2r_0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 2(x_n - p_0) & 2(y_n - q_0) & 2r_0 \end{bmatrix}, \quad f = \begin{bmatrix} S_{01}^2 - r_0^2 \\ S_{02}^2 - r_0^2 \\ \dots \\ S_{0n}^2 - r_0^2 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$S_{0i} = \sqrt{(x_i - p_0)^2 + (y_i - q_0)^2}. \quad (5)$$

Na osnovu jednačina popravaka, formiraju se normalne jednačine:

$$NX + n = 0, \quad (6)$$

gdje su:

$$N = A^T A, \quad n = A^T f, \quad X = -N^{-1}n. \quad (7)$$

Rješavanjem normalnih jednačina određuju se priraštaji približnih vrijednosti nepoznatih

$$X^T = [d_p \quad d_q \quad d_r], \quad (8)$$

a zatim i definitivne vrijednosti nepoznatih:

$$p = p_0 + d_p, \quad q = q_0 + d_q, \quad r = r_0 + d_r. \quad (9)$$

Približne vrijednosti nepoznatih mogu se odrediti na osnovu bilo koje tri diskretne tačke na periferiji kruga. U radu su približne vrijednosti nepoznatih određene kao aritmetička sredina iz svih osam diskretnih tačaka.

b) Koordinate diskretnih tačaka se menjaju (dobijaju popravke)

Rješenje cjelokupnog problema identično je sa rješenjem dobivenim postupkom datim pod a), s time što se u postupku izravnjanja uzima u obzir matrica težina u sljedećem obliku:

$$P = \begin{bmatrix} \frac{1}{S_{01}^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{S_{02}^2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{S_{0n}^2} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Zatim se računaju popravke koordinata diskretnih tačaka na sljedeći način:

$$v_{xi} = \frac{(x_i - p_0)}{S_{0i}} V_i, \quad v_{yi} = \frac{(y_i - q_0)}{S_{0i}} V_i, \quad (11)$$

gdje je:

$$V_i = \frac{(x_i - p_0)}{S_{0i}} d_p + \frac{(y_i - q_0)}{S_{0i}} d_q + r - S_{0i}, \quad (12)$$

a zatim i definitivne vrijednosti mjerenih veličina (koordinata):

$$x'_i = x_i + v_{xi} \quad \text{i} \quad y'_i = y_i + v_{yi}. \quad (13)$$

3 GEODETSKA MJERENJA ZA ODREĐIVANJE PARAMETARA REZERVOARU ZA NAFTU U BATU (EKVATORIJALNA GVINEJA)

U cilju određivanja parametara rezervoara za naftu, a zatim i deformacija nastalih tokom eksploatacije, neopodno je poznavati ili odrediti približne vrijednosti poluprečnika i visinu rezervoara, jer od njih zavisi broj diskretnih tačaka na periferiji kruga, broj nivoa na kojima će biti uzete diskretne tačke, kao i tolerancije u pogledu odstupanja od vertikale i odstupanja poluprečnika.

U konkretnom slučaju radi se o rezervoaru visine 7,0 m sa prečnikom od 12,16 m (Slika 1). Imajući u vidu dimenzije rezervoara, prema uputstvu API 650 (engl. *American Petroleum Institute*), broj diskretnih tačaka na periferiji kruga treba da bude osam, pa je prema ovom kriterijumu i zahtjevu investitora broj diskretnih tačaka raspoređen u osam vertikalnih ravni ravnomjerno raspoređenih na periferiji kruga na sedam nivoa. Diskretne tačke na rezervoaru obilježene su markerima:

- prvi nivo je na 0,20 m iznad vara-omotača od dna rezervoara,
- drugi nivo je na 0,50 m iznad prvog nivoa,
- treći nivo je na 0,70 m iznad drugog nivoa,
- četvrti nivo je na 1,50 m iznad trećeg nivoa,
- peti nivo je na 1,50 m iznad četvrtog nivoa,
- šesti nivo je na 1,50 m iznad petog nivoa i
- sedmi nivo je na 0,30 m iznad šestog nivoa.

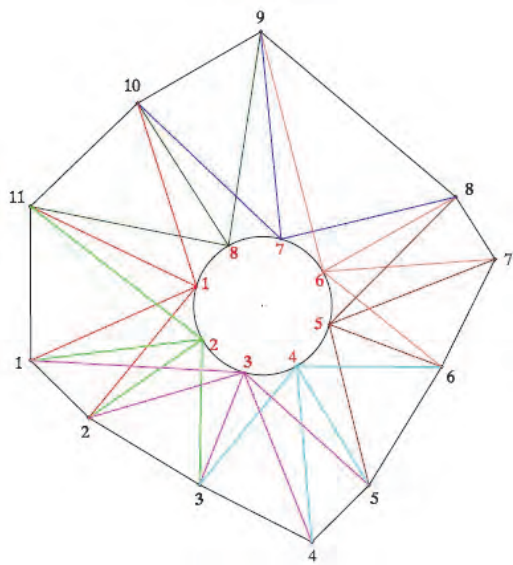
Prema uputstvu API 650 maksimalno odstupanje vrha omotača u odnosu na dno omotača ne treba preći 1/100 od visine rezervoara, što znači da dozvoljena tolerancija iznosi ± 70 mm za rezervoar visine 7 m.

Dozvoljena tolerancija poluprečnika diskretnih tačaka u odnosu na poluprečnika izravnavajućeg kruga, za prečnike manje od 12,19 m prema API 650, iznosi $\pm 12,7$ mm za prvi nivo na visini od 0,20 m iznad vara-omotača od dna rezervoara. Za poluprečnike mjerene više od 0,20 m iznad vrha omotača od dna rezervoara, odstupanje ne treba da pređe trostruku vrijednost, odnosno 38,1 mm.

U cilju određivanja parametara i deformacija rezervoara, projektovana je i realizovana namjenska mreža od jedanaest tačaka, međusobno povezanih uglovima i dužinama.

Tačke mreže su stabilizovane čeličnim ekserima u betonu, a njihov broj i raspored bio je uslovljen terenskim prilikama i zahtjevima da svaka diskretna tačka bude određena sa najmanje tri pravca (Slika 2). Mreža je dizajnirana kao slobodna, u lokalnom koordinatnom sistemu sa koordinatnim početkom izvan centra rezervoara. Sa ciljem obezbjeđenja zahtjevanoj tačnosti od 3 - 5 mm za koordinate tačaka namjenske mreže po obje osi, urađena je optimizacija, na osnovu čega je određen način stabilizacije i signalizacije tačaka, instrumenti i pribor, metode mjerenja

uglova i dužina, uslovi pri mjerenju i uslovi tačnosti. Uglovi su mjereni girusnom metodom u dva girusa, a dužine obostrano, totalnom stanicom sa uglovnom preciznošću od 2" i standardnom devijacijom za dužine od 2 mm; 3ppm, sa prisilnim centrisanjem instrumenta i markica. Mjerenja su izvedena u periodu od 27.04. - 31.04.2014 godine za potrebe kompanije Total Ekvatorijal Gvineja, a na zahtjev kompanije APAVE iz Skoplja.



Slika 2. Izgled namjenske mreže

3.1 Određivanje izravnavajućeg kruga na sedam nivoa rezervoara

U nastavku je dat pregled koordinata diskretnih tačaka, približne i definitivne vrijednosti parametara za svih sedam nivoa.

Tabela 1.

Približne koordinate diskretnih tačaka

Broj tačke	Nivo-1		Nivo-2		Nivo-3		Nivo-4	
	$x_i[m]$	$y_i[m]$	$x_i[m]$	$y_i[m]$	$x_i[m]$	$y_i[m]$	$x_i[m]$	$y_i[m]$
G1	91,263	86,640	91,265	86,640	91,261	86,640	91,257	86,639
G2	88,310	90,268	88,310	90,267	88,300	90,258	88,295	90,250
G3	83,653	90,717	83,651	90,719	83,650	90,718	83,647	90,719
G4	80,048	87,740	80,043	87,744	80,046	87,743	80,035	87,758
G5	79,624	83,095	79,620	83,096	79,622	83,094	79,629	83,093
G6	82,614	79,505	82,608	79,500	82,609	79,498	82,619	79,510
G7	87,262	79,090	87,263	79,092	87,261	79,094	87,264	79,099
G8	90,826	82,095	90,822	82,100	90,834	82,095	90,833	82,099

Broj tačke	Nivo-5		Nivo-6		Nivo-7	
	$x_i[m]$	$y_i[m]$	$x_i[m]$	$y_i[m]$	$x_i[m]$	$y_i[m]$
G1	91,252	86,640	91,262	86,597	91,257	86,592
G2	88,289	90,250	88,280	90,244	88,284	90,248
G3	83,647	90,714	83,643	90,714	83,643	90,702
G4	80,034	87,754	80,035	87,745	80,049	87,750
G5	79,616	83,087	79,616	83,073	79,622	83,077
G6	82,640	79,512	82,668	79,489	82,674	79,490
G7	87,262	79,108	87,263	79,108	87,265	79,108
G8	90,828	82,115	90,833	82,101	90,835	82,106

Tabela 2.

Približne vrijednosti nepoznatih

Nivo	$p_0[m]$	$q_0[m]$	$r_0[m]$
Nivo-1	85,450	84,894	6,086
Nivo-2	85,448	84,895	6,087
Nivo-3	85,448	84,893	6,086
Nivo-4	85,447	84,896	6,083
Nivo-5	85,446	84,898	6,079
Nivo-6	85,450	85,884	6,080
Nivo-7	85,454	84,884	6,076

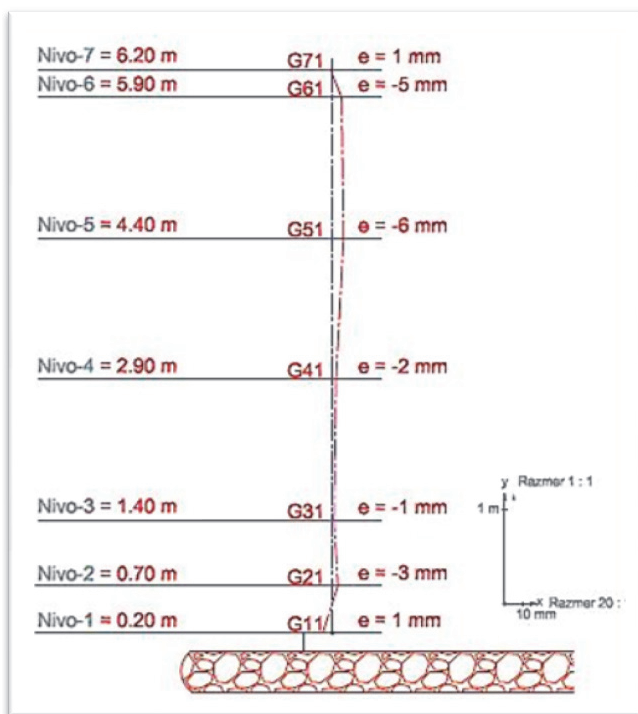
Tabela 3.

Definitivne vrijednosti nepoznatih određene postupkom 2.1. b.

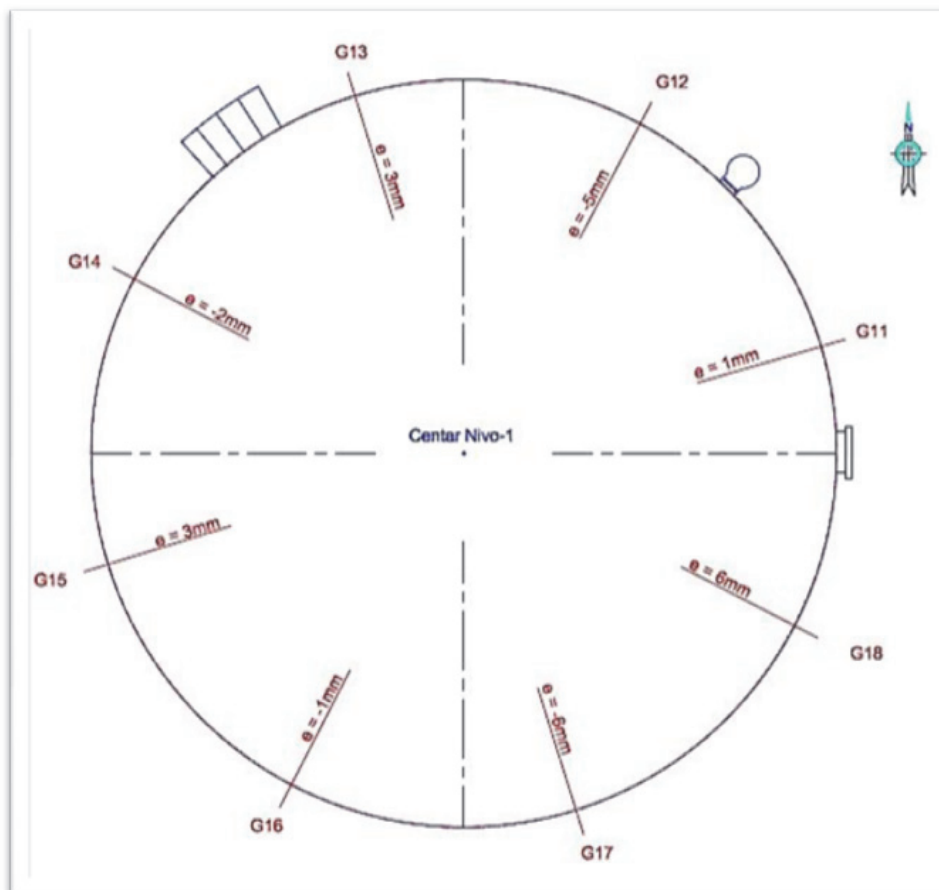
Nivo	$p_0[m]$	$q_0[m]$	$r_0[m]$
Nivo-1	85,432	84,900	6,086
Nivo-2	85,428	84,900	6,087
Nivo-3	85,429	84,896	6,086
Nivo-4	85,426	84,901	6,083
Nivo-5	85,419	84,904	6,079
Nivo-6	85,419	84,898	6,080
Nivo-7	85,423	84,896	6,076

G71	G72	G73	G74	G75	G76	G77	G78	G71
G61	G62	G63	G64	G65	G66	G67	G68	G61
G51	G52	G53	G54	G55	G56	G57	G58	G51
G41	G42	G43	G44	G45	G46	G47	G48	G41
G31	G32	G33	G34	G35	G36	G37	G38	G31
G21	G22	G23	G24	G25	G26	G27	G28	G21
G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G11

Slika 3. Raspored markera na rezervoaru u razvijenom obliku



Slika 4. Grafički prikaz odstupanja prve vertikale G1



Slika 5. Grafički prikaz izravnavajućeg kruga prvog nivoa

4 ZAKLJUČAK

Imajući u vidu da je objekat, koji je bio predmet opservacije u ovom radu, cilindričnog oblika, obavljeno je određivanje njegovih parametara primjenom kvadratne jednačine kruga kada se centar ne nalazi u koordinatnom početku u dva slučaja:

- kada koordinate diskretnih tačaka ostaju nepromijenjene,
- kada koordinate diskretnih tačaka dobivaju odgovarajuće popravke.

U oba postupka dobiveni su potpuno identični rezultati za parametre krugova, što ukazuje na pravilan izbor funkcije, jer su odstupanja od izravnavajućeg kruga ravnomjerna. U slučaju kada mjerene veličine na diskretnim tačkama značajno odstupaju od približnih vrijednosti parametara kruga, onda se ne dobiju identični rezultati, već se oni međusobno razlikuju. Takvo stanje ukazuje na to da izbor funkcije nije adekvatan, jer se ne radi o krugu već o nekoj drugoj figuri, što nam daje do znanja da pri izbor funkcije trebamo biti obazriviji. Do uslovno pravog izbora funkcije možemo doći pomoću grafičkog prikaza rezultata mjerenja.

LITERATURA I IZVORI

American Petroleum Institute (2014). API Standard 653 - Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction. Washington: American Petroleum Institute.

Mihailović, K. (2002). *Regresiona analiza*. Beograd: Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu.

Vračarić, K. (1996). Analitičko definisanje cilindričnih i kružnih objekta. *Geodetska služba*, 75.

Autor:

Mr.sc. Streten Lazoroski, dipl. geod. inž.

DPTU Alfa Geodet DOOEL Skopje

Partizanski Odredi br.46a/1-2, Skopje

FYOR Makedonija

E-mail: s_lazoroski@yahoo.com