Τοπογραφικά Δίκτυα και Υπολογισμοί

Σύντομος οδηγός του προγράμματος DEROS

Χριστόφορος Κωτσάκης
Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών
Πολυτεχνική Σχολή
ΑΠΘ

Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη λειτουργία του προγράμματος DEROS, βλέπε:

Α. Δερμάνης, Δ. Ρωσσικόπουλος, Α. Φωτίου (1995): Τοπογραφικοί Υπολογισμοί και Συνορθώσεις Δικτύων (ανάλυση προγραμμάτων και παραδείγματα), Εκδόσεις Ζήτη, Θεσ/νίκη.

Συνόρθωση οριζόντιου δικτύου

Συνόρθωση Δικτύου

Παράδειγμα αρχείου εισόδου **συντεταγμένων** για συνόρθωση οριζόντιου δικτύου με το DEROS

Κωδικός αναγνώρισης σημείου, συντεταγμένη x (σε m), συντεταγμένη y (σε m)

```
30, 133266.94, 757533.68
31, 136012.92, 758091.56
36, 129551.59, 759928.71
41, 133614.96, 761362.18
5,  132922.91, 759633.44
```

Συνόρθωση Δικτύου

Παράδειγμα αρχείου εισόδου **παρατηρήσεων** για συνόρθωση οριζόντιου δικτύου με το DEROS

```
1, 5, 1,   0.0000, 2.87, 1
1, 4, 1,  83.7102, 2.87, 1
1, 3, 1,  94.6340, 2.87, 1
3, 4, 2, 174.3570, 2.37, 1
3, 5, 2,  68.9570, 2.37, 1
3, 2, 2, 372.8213, 2.37, 1
5, 4, 3,  24.1573, 3.40, 2
5, 3, 2,  26.6437, 2.80, 2
5, 2, 1,  11.2502, 2.00, 2
4, 2, 0, 5693.377, 1.80, 3
5, 1, 0, 4579.531, 1.40, 3
```

Κωδικοί αναγνώρισης σημείων (και *σειράς διεθύνσεων* σε περίπτωση παρατήρησης οριζόντιας διεύθυνσης)

Τιμή παρατήρησης (grad ή m)

Ακρίβεια παρατήρησης (cc ή cm)

Κωδικός παρατήρησης

1: οριζόντια διεύθυνση

2: οριζόντια γωνία

3: οριζόντια απόσταση

Συνόρθωση Δικτύου

Παράδειγμα αρχείου λύσης για συνόρθωση οριζόντιου δικτύου με το DEROS

ΛΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΚΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

	ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ		ΣΥΝΟΡΘΩΜΕΝΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	
	x (m)	y (m)	dx (cm)	dy (cm)	x (m)	y (m)
1	26608.425	-14450.071	1.06	-0.45	26608.436	-14450.075
2	29745.486	-12847.711	1.40	-0.84	29745.500	-12847.719
3	26170.819	-11539.056	-0.45	1.88	26170.814	-11539.037
4	25020.547	-9671.341	-0.64	-0.32	25020.541	-9671.344
5	22038.572	-14747.210	-1.37	-0.27	22038.558	-14747.213

ΣΥΝΟΡΘΩΜΕΝΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΑΡΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΑΠΟ i	ΠΡΟΣ j	k	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ (grad,m)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (cc,cm)	ΣΦΑΛΜΑ (cc,cm)	ΣΥΝΟΡΘΩΜΕΝΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ (grad,m)	ΣΦΑΛΜΑ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΟΜΑΛΟΠΟΙΗΣΗ
1	5	1	0.00000	2.87	1.58	-0.00016	0.86
1	4	1	83.71020	2.87	-0.55	83.71026	-0.20
1	3	1	94.63400	2.87	-1.03	94.63410	-0.43
3	1	3	0.00000	2.71	-1.10	0.00011	-0.58
3	5	3	67.47200	2.71	2.02	67.47180	1.09
3	4	3	174.35700	2.71	-0.92	174.35709	-0.50
4	3	4	0.00000	2.37	-0.30	0.00003	-0.16
4	1	4	14.71960	2.37	4.00	14.71920	3.70
4	5	4	68.95700	2.37	-2.97	68.95730	-4.82
4	2	4	372.82130	2.37	-0.73	372.82137	-0.88

```
a-posteriori μεταβλητότητα =   1.3103
a-posteriori τυπική απόκλιση =   1.14
βαθμοί ελευθερίας =    5
κριτήριο βελτιστοποίησης =     6.5516
```

ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ← Συντελεστής εμπιστοσύνης ~39%

i	συντεταγμένες x (m)	y (m)	ημιάξονες a (cm)	b (cm)	αζιμούθιο του μεγάλου ημιάξονα A (grad)
1	26608.436	-14450.075	1.4	0.9	195.04
2	29745.500	-12847.719	1.9	0.9	88.49
3	26170.814	-11539.037	1.5	0.9	181.33
4	25020.541	-9671.344	1.6	0.9	199.77
5	22038.558	-14747.213	1.6	0.8	55.60

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ← Συντελεστής εμπιστοσύνης ~39%

ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΗΜΙΑΞΟΝΕΣ (cm)	(cm)	ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ ΜΕΓΑΛΟΥ ΗΜΙΑΞΟΝΑ (grad)	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ (cm/ppm)	ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ (grad)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟΥ (cc)
2	1	2.6	1.8	80.36	3522.601	2.6/7.4	269.9365	3.3
3	1	2.5	1.2	191.89	2943.749	2.5/8.4	190.5007	2.5
3	2	2.5	2.0	106.68	3806.708	2.5/6.4	122.3417	3.4
4	1	2.6	1.3	197.01	5035.641	2.6/5.1	179.5769	1.9
4	2	2.3	1.8	78.90	5693.382	2.0/3.5	137.6790	2.4
4	3	2.3	0.8	173.78	2193.492	2.2/10.2	164.8577	2.6
5	1	1.6	1.4	58.00	4579.527	1.5/3.4	95.8665	2.0
5	2	2.9	1.3	79.61	7937.570	2.9/3.7	84.6161	1.1
5	3	2.4	1.6	31.86	5231.437	2.3/4.4	57.9724	2.1
5	4	2.8	1.5	30.28	5886.991	2.8/4.7	33.8150	1.6

↑ α ↑ b ↑ ψ

Σχετική γραμμική ακρίβεια για κάθε πλευρά του δικτύου

Συνόρθωση υψομετρικού δικτύου

Συνόρθωση Δικτύου

Η λογική του προγράμματος DEROS για τη συνόρθωση κατακόρυφων δικτύων

- ‘Όλες οι παρατηρήσεις των υψομετρικών διαφορών για τις πλευρές του δικτύου θεωρούνται **ασυσχέτιστες** μεταξύ τους
- Η ακρίβεια των παρατηρήσεων των υψομετρικών διαφορών για τις πλευρές του δικτύου λαμβάνεται ως εξής:

$$\sigma^2(\Delta H_{ik}) = \sigma_o^2 \, L_{ik}$$

σ_o^2 ακρίβεια μέτρησης του χωροβάτη σε διπλή χωροσταθμική όδευση (μετάβαση-επιστροφή) μήκους 1km

L_{ik} μήκος χωροσταθμικής όδευσης σε km

Συνόρθωση Δικτύου

Ακρίβεια κάθε παρατήρησης

$$\sigma^2(\Delta H_{ik}) = \sigma_o^2 \, L_{ik}$$

$\sigma_o^2 \longrightarrow$ θεωρείται άγνωστο (‘ισοδύναμα’ λαμβάνεται αρχικά ίσο με 1 cm^2/km)

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \ddots & 0 & 0 \\ 0 & 1/L_{ik} & 0 \\ 0 & 0 & \ddots \end{bmatrix} \longrightarrow$$ πίνακας βάρους της συνόρθωσης

Συνόρθωση Δικτύου

Η a-posteriori εκτίμηση της μεταβλητότητας αναφοράς δίνει μία ανεπηρέαστη εκτίμηση της ακρίβειας του χωροβάτη που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις του δικτύου

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{\hat{\mathbf{v}}^T \mathbf{P} \hat{\mathbf{v}}}{f}$$

ακρίβεια μέτρησης του χωροβάτη σε διπλή χωροσταθμική όδευση (μετάβαση-επιστροφή) μήκους 1km

$$\sigma^2(\Delta H_{ik}) = \sigma_o^2 \, L_{ik}$$

Συνόρθωση Δικτύου

Παράδειγμα αρχείου εισόδου προσεγγιστικών υψομέτρων για συνόρθωση υψομετρικών δικτύων με το DEROS

Κωδικός αναγνώρισης σημείου, υψόμετρο σημείου (σε μέτρα)

```
2, 59.057
3, 66.315
4, 69.335
5, 82.900
6, 73.229
7, 79.380
8, 89.320
9, 70.917
```

Συνόρθωση Δικτύου

Παράδειγμα αρχείου εισόδου παρατηρήσεων για συνόρθωση υψομετρικών δικτύων με το DEROS

```
 2,  3,   7.258, 1.00
 2,  4,  10.278, 0.45
 3,  4,   3.020, 1.00
 4,  5,  13.565, 0.46
 4,  6,   3.894, 0.45
 4,  7,  10.048, 1.05
 5,  7,  -3.519, 0.85
 6,  7,   6.155, 0.31
 6,  8,  16.098, 0.70
 6,  9,  -2.312, 0.70
 7,  8,   9.941, 0.42
 8,  9, -18.409, 0.40
 8, 11,   4.661, 0.95
```

Κωδικοί αναγνώρισης των σημείων αφετηρίας και τερματισμού της χωροσταθμικής όδευσης

Τιμή παρατήρησης υψομετρικής διαφοράς (σε m)

Μήκος πλευράς χωροσταθμικής όδευσης (σε km)

$$i,\ k,\ \Delta H_{ik}(= H_k - H_i),\ L_{ik}$$

Συνόρθωση Δικτύου

Παράδειγμα αρχείου λύσης για συνόρθωση υψομετρικού δικτύου με το DEROS

ΣΥΝΟΡΘΩΜΕΝΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΑΡΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

από	προς	χωροσταθμική απόσταση (km)	παρατήρηση (m)	σφάλμα (cm)	συνορθωμένη παρατήρηση (m)	τυπική απόκλιση (cm)	σφάλμα με εξωτερική ομαλοποίηση
2	3	1.000	7.258	-0.00	7.258	0.35	-0.00
2	4	0.450	10.278	0.00	10.278	0.16	0.00
3	4	1.000	3.020	-0.00	3.020	0.35	-0.00
4	5	0.460	13.565	-0.07	13.566	0.19	-0.37
4	6	0.450	3.894	0.08	3.893	0.22	0.34
4	7	1.050	10.048	-0.01	10.048	0.48	-0.03
5	7	0.850	-3.519	-0.14	-3.518	0.36	-0.37
6	7	0.310	6.155	0.01	6.155	0.20	0.04
6	8	0.700	16.098	0.14	16.097	0.37	0.37
6	9	0.700	-2.312	-0.04	-2.312	0.34	-0.11
7	8	0.420	9.941	-0.06	9.942	0.23	-0.27
8	9	0.400	-18.409	-0.08	-18.408	0.23	-0.35
8	11	0.950	4.661	0.43	4.657	0.38	1.14
8	10	1.400	-28.079	-0.27	-28.076	0.56	-0.46
9	10	0.850	-9.669	-0.08	-9.668	0.40	-0.20
9	15	0.270	-5.423	-0.04	-5.423	0.12	-0.36
10	15	0.850	4.247	0.14	4.246	0.38	0.36
10	11	0.650	32.736	0.30	32.733	0.31	0.95
10	14	1.100	-12.101	-0.64	-12.095	0.42	-1.64
10	12	0.330	-2.875	-0.11	-2.874	0.17	-0.62
11	12	0.970	-35.598	0.89	-35.607	0.41	2.71
12	14	1.400	-9.226	-0.53	-9.221	0.53	-1.00
12	13	0.920	2.130	0.89	2.121	0.34	3.95

a-posteriori μεταβλητότητα = 0.3073
a-posteriori τυπική απόκλιση = 0.55
βαθμοί ελευθερίας = 11
κριτήριο βελτιστοποίησης = 3.3808

Αντιστοιχεί στην ακρίβεια μέτρησης του χωροβάτη (σε cm ανά km διπλής χωροσταθμικής όδευσης)

ΛΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΝΟΝΙΚΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

κωδικός αριθμός	προσεγγιστικό υψόμετρο (m)	διόρθωση (cm)	συνορθωμένο υψόμετρο (m)	τυπική απόκλιση (cm)
2	59.057	-0.004	**59.057**	**0.59**
3	66.315	-0.004	**66.315**	**0.64**
4	69.335	-0.004	**69.335**	**0.48**
5	82.900	0.070	**82.901**	**0.53**
6	73.229	-0.083	**73.228**	**0.40**
7	79.380	0.309	**79.383**	**0.42**
8	89.320	0.472	**89.325**	**0.35**
9	70.917	-0.044	**70.917**	**0.26**
10	61.247	0.140	**61.248**	**0.35**
11	93.980	0.140	**93.981**	**0.43**
12	58.360	1.450	**58.374**	**0.43**
13	60.482	1.362	**60.496**	**0.56**
14	49.146	0.783	**49.154**	**0.53**
15	65.494		**65.494**	

Συνόρθωση σταθμού οριζοντίων διευθύνσεων

Συνόρθωση σταθμού

Παράδειγμα αρχείου παρατηρήσεων για συνόρθωση σταθμού οριζοντίων διευθύνσεων με το DEROS

Κωδικός σημ.σκόπευσης, παρατήρηση (Ι θέση τηλεσκ.), παρατήρηση (ΙΙ θέση τηλεσκ.)

```
4,   0.4370, 200.4405
6,  23.2770, 223.2815
8,  71.3361, 271.3427
5, 397.6561, 197.6605
0
4,  33.4064, 233.4102
6,  56.2468, 256.2520
8, 104.3047, 304.3111
5,  30.6250, 230.6306
0
:       :       :
```

1η περίοδος

2η περίοδος

κ.ο.κ

Συνόρθωση σταθμού

Η λογική του προγράμματος DEROS για τη συνόρθωση σταθμού οριζοντίων διευθύνσεων...

- ‘Όλες οι πρωτογενείς παρατηρήσεις είναι ***ασυσχέτιστες*** μεταξύ τους (δηλ. οι σκοπευόμενες διευθύνσεις από κάθε σημείο στάσης σε διαφορετικές περιόδους και σε I/II θέση τηλεσκοπίου)
- Όλες οι πρωτογενείς παρατηρήσεις έχουν την ***ίδια*** (αλλά άγνωστη) ακρίβεια. Συνεπώς, ο πίνακας βάρους που χρησιμοποιείται στη συνόρθωση σταθμού είναι μοναδιαίος.
- Η τιμή της a-posteriori εκτίμησης της μεταβλητότητας αναφοράς δίνει μία ένδειξη της (εσωτερικής) ακρίβειας με την οποία έγιναν όλες οι παρατηρήσεις από το συγκεκριμένο σημείο στάσης.

Συνόρθωση σταθμού

Παράδειγμα αρχείου λύσης για συνόρθωση σταθμού οριζοντίων διευθύνσεων με το DEROS

ΑΡΧΕΙΟ ΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΣΤΑΘΜΟΥ

1. a-posteriori μεταβλητότητα = 8.6592
   a-posteriori τυπική απόκλιση = 2.94
   βαθμοί ελευθερίας = 20
   κριτήριο βελτιστοποίησης = 173.1833

2. ΟΙ ΣΥΝΟΡΘΩΜΕΝΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

σκοπευόμενο σημείο	συνορθωμένη διεύθυνση (grad)	τυπική απόκλιση (cc)
4	0.00000	1.20
6	22.84084	1.20
15	32.38065	1.20
8	70.90007	1.20
5	397.21981	1.20

Εισάγονται στην τελική συνόρθωση του δικτύου...

3. ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

σημείο	θέση τηλεσκοπίου I (grad)	θέση τηλεσκοπίου II (grad)	παρατήρηση (I+II)/2 (grad)	σφάλμα παρατήρησης (cc)	τυπική απόκλιση σφάλματος (cc)	εξωτερικά ομαλοποιημένο σφάλμα
4	0.4370	200.4405	0.4387	-0.37	2.63	-0.14
6	23.2770	223.2815	23.2793	-3.78	2.63	-1.48
15	32.8170	232.8222	32.8196	1.63	2.63	0.61
8	71.3361	271.3427	71.3394	5.47	2.63	2.29
5	397.6561	197.6605	397.6583	-2.95	2.63	-1.13
4	33.4064	233.4102	33.4083	1.93	2.63	0.73
6	56.2468	256.2520	56.2494	4.52	2.63	1.81
15	65.7852	265.7918	65.7885	-2.57	2.63	-0.97