

فصل سوم

سرشکنی خطای ترازابی در Excel

| نقاط | فرات غلب | فرات وسط | فرات جلو | فرات جلوسمعی | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | |
|------|----------|----------|----------|--------------|---------------|------------|---------------|
| A | B | C | D | E | F | G | H |
| 1 | P | B.S | I.S | F.S | F.Sc | Δh | HBM1= 512.428 |
| 2 | BM1 | 1825 | 2213 | | | | HBM2= 509.537 |
| 3 | 1 | | 2145 | 3246 | | | K(mm)= 12 |
| 4 | 2 | 2158 | 2018 | | | 512.428 | L(m)= 2000 |
| 5 | 3 | | 1832 | | | | |
| 6 | 4 | | 2561 | 2312 | | | |
| 7 | 5 | | | | | | |
| 8 | 6 | 1514 | 1942 | | | | |
| 9 | 7 | | 2415 | 2259 | | | |
| 10 | 8 | | | | | | |
| 11 | 9 | | 2335 | 1897 | | | |
| 12 | 10 | | | | | | |
| 13 | 11 | | | | | | |
| 14 | BM2 | | | | | | |
| 15 | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | |

Δh (واقعی) = $\sum B.S - \sum F.S$
 $= (13 - 12) * 1000$
 $\Delta h_c = -2891$

Δh (محاسباتی) = $\sum B.S - \sum F.S$
 $= 817 - 017$

$\Delta h_m = -2875$
 $C_i = -4$

مقدار تصحیح برای هر داده = $-B18/4$

حد اکثر خطای مجاز = $12 * \text{SQRT}(2)$

$e_c = \Delta h$ (محاسباتی) - Δh (واقعی)
 $= 17 - H17$
 $= 16$

$e_{max} = 16.971$

$\sum B.S = 7832$
 $\sum F.S = 10707$

هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل هنرجو باید در Excel بتواند :

- ۱- خطای بست ترازیبی تدریجی را محاسبه نماید و آن را روی ارتفاعات سرشکن کند.
- ۲- حد اکثر خطای مجاز بست ترازیبی را محاسبه نماید.
- ۳- خطای بست ترازیبی خطی را محاسبه نماید و آن را روی ارتفاعات سرشکن کند.
- ۴- خطای بست ترازیبی تدریجی و خطی را روی قرائت‌های جلو سرشکن کند.
- ۵- پروفیل طولی را ترسیم کند و تنظیمات لازم را برای چاپ، روی آن انجام دهد.

قبل از مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد.

- ۱- آشنایی با روش‌های مختلف سرشکنی خطای بست ترازیبی (آموخته‌های کتاب محاسبه و ترسیم (۲))

مطالب پیش‌نیاز

سرشکنی خطای تراز یابی در Excel:

ترازیابی زمانی قابل کنترل است که از یک نقطه معلوم شروع و به همان نقطه یا نقطه معلوم دیگر ختم شود به عبارت دیگر ارتفاع نقطه شروع و پایان معلوم باشد.

الف) تراز یابی تدریجی:

به مثال زیر توجه کنید.

یک تراز یابی مطابق جدول زیر، از BM1 به ارتفاع ۱۰۰ متر تا BM2 به ارتفاع ۱۰۳/۰۵۰ متر و به طول ۲۵۰ متر و با خطای کیلومتری 25mm انجام شده است، در صورت صحت عملیات، ارتفاع سرشکن شده (تصحیح شده) نقاط را محاسبه کنید. (امتحان نهایی درس محاسبه و ترسیم ۲ خرداد ۸۸)

| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|------|-----------|-----------|---------------|---------|-------|------------------|
| 1 | نقاط | قرائت عقب | قرائت جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
| 2 | P | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| 3 | BM1 | 3100 | | | 100.000 | | 100.000 |
| 4 | 1 | 2840 | 1210 | | | | |
| 5 | 2 | 2210 | 1700 | | | | |
| 6 | 3 | 1650 | 3040 | | | | |
| 7 | 4 | 2520 | 1900 | | | | |
| 8 | BM2 | | 1410 | | | | 103.050 |

روش حل:

۱- بررسی مقدار خطا و صحت عملیات:

پس از وارد کردن اطلاعات در Excel مطابق جدول تراز یابی باید مقدار خطا را محاسبه نماییم. به طور کلی مقدار خطای بست تراز یابی برابر است با تفاضل اختلاف ارتفاع محاسباتی (عملیاتی) با اختلاف ارتفاع واقعی بین دو نقطه اول و آخر و یا این خطا برابر است با تفاضل بین ارتفاع محاسباتی (عملیاتی) و ارتفاع واقعی نقطه آخر.


$$eL = \Delta h \text{ (واقعی)} - \Delta h \text{ (محاسباتی)}$$

$$\Delta h \text{ (محاسباتی)} = \sum B.S - \sum F.S$$

$$\Delta h \text{ (واقعی)} = H \text{ (نقطه اول)} - H \text{ (نقطه آخر)}$$

توجه: از روابط بالا نتیجه می شود اگر در تراز یابی نقطه اول و آخر بر هم منطبق باشند یعنی تراز یابی از یک نقطه شروع و به همان نقطه ختم شده باشد مقدار $\{ H \text{ (نقطه اول)} - H \text{ (نقطه آخر)} = \Delta h \text{ (واقعی)} \}$ برابر صفر

خواهد شد. و در رابطه اول خواهیم داشت: $\sum B.S - \sum F.S = \text{صفر} = \Delta h \text{ (محاسباتی)}$

برای محاسبه در Excel همان گونه که در فصل قبل گفته شد برای محاسبه مجموع قرائت های عقب و جلو پس از انتخاب ستون ها آیکن  را کلیک می نماییم. (بهتر است ستون ها را تا دو یا سه ردیف پایین تر انتخاب نماییم تا قسمت محاسبات از جدول فاصله ای داشته باشند و یا رنگ نوشته های قسمت پایین جدول را تغییر دهیم.)

| | A | B | C |
|----|------------|-----------|-----------|
| 1 | نقطه | قرائت عقب | قرائت جلو |
| 2 | P | B.S | F.S |
| 3 | BM1 | 3100 | |
| 4 | 1 | 2840 | 1210 |
| 5 | 2 | 2210 | 1700 |
| 6 | 3 | 1650 | 3040 |
| 7 | 4 | 2520 | 1900 |
| 8 | BM2 | | 1410 |
| 9 | | | |
| 10 | Σ = | | |

→ Σ - →

| | A | B | C |
|----|------------|-----------|-----------|
| 1 | نقطه | قرائت عقب | قرائت جلو |
| 2 | P | B.S | F.S |
| 3 | BM1 | 3100 | |
| 4 | 1 | 2840 | 1210 |
| 5 | 2 | 2210 | 1700 |
| 6 | 3 | 1650 | 3040 |
| 7 | 4 | 2520 | 1900 |
| 8 | BM2 | | 1410 |
| 9 | | | |
| 10 | Σ = | 12320 | 9260 |

برای محاسبه اختلاف ارتفاع محاسباتی در خانه D10 می نویسیم $D10 = B10 - C10$ و برای محاسبه اختلاف ارتفاع واقعی در خانه E10 می نویسیم $E10 = (G8 - G3) \times 1000$ و نیز برای محاسبه مقدار خطای بست ترازیبی در خانه B11 می نویسیم $B11 = D10 - E10$

| | | | | | | | | | | | |
|--|------------|----------|------|----------|--|----|------------|-------|------|------|---------------|
| 10 | Σ = | 12320 | 9260 | =B10-C10 | → | 10 | Σ = | 12320 | 9260 | 3060 | =(G8-G3)*1000 |
| $\Delta h(\text{محاسباتی}) = \Sigma B.S - \Sigma F.S$ | | | | | $\Delta h(\text{واقعی}) = H(\text{نقطه آخر}) - H(\text{نقطه اول})$ | | | | | | |
| تبدیل به میلیمتر | | | | | | | | | | | |
| 10 | Σ = | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 | 10 | Σ = | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 |
| 11 | e= | =D10-E10 | | | | 11 | e= | 10 | | | |
| $e_t = \Delta h(\text{محاسباتی}) - \Delta h(\text{واقعی})$ | | | | | | | | | | | |

حداکثر خطای مجاز ترازیبی از رابطه $\pm 17\sqrt{K}$ برای ترازیبی درجه ۳ که خطای مجاز کیلومتری ۱۲ میلیمتر در نظر گرفته می شود، بدست می آید در این مثال چون خطای کیلو متری ۲۵ میلیمتر است به جای ۱۲ عدد ۲۵ میلیمتر را قرار می دهیم ، در یکی از خانه ها مانند C11 می نویسیم $=25 \times \text{sqrt}(0.25)$ تابع sqrt() در این نرم افزار به معنی جذر عدد داخل پرانتز است.

| | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-------|---------|----------------|------|----|------------|-------|---------|------|------|
| 10 | Σ = | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 | 10 | Σ = | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 |
| 11 | e= | 10 | e max = | =25*SQRT(0.25) | | 11 | e= | 10 | e max = | 12.5 | |



از آنجا که قدر مطلق خطا از حداکثر خطای مجاز کمتر است پس صحت عملیات تایید می شود.

۲- محاسبه ستون‌های Δh و H :

محاسبه این دو ستون مانند فصل قبل انجام می‌شود.

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|------------|-----------|-----------|---------------|---------|-------|------------------|
| 1 | نقطه | قراوت عقب | قراوت جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
| 2 | P | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| 3 | BM1 | 3100 | | | 100.000 | | 100.000 |
| 4 | 1 | 2840 | 1210 | 1890 | 101.890 | | |
| 5 | 2 | 2210 | 1700 | 1140 | 103.030 | | |
| 6 | 3 | 1650 | 3040 | -830 | 102.200 | | |
| 7 | 4 | 2520 | 1900 | -250 | 101.950 | | |
| 8 | B1 | | 1410 | 1110 | 103.060 | | 103.050 |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | $\Sigma =$ | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 | | |
| 11 | e = | 10 | | e max = 12.5 | | | |

مشاهده می‌شود اختلاف بین ارتفاع محاسباتی و ارتفاع واقعی نقطه آخر همان ۱۰ میلیمتر یعنی خطای بست ترازیابی می‌باشد که باید آن را سرشکن نمود. (اگر نیازی به بررسی صحت عملیات نباشد می‌توان ابتدا جدول را تا محاسبه ارتفاع محاسباتی حل کرد سپس برای محاسبه خطا مقدار ارتفاع محاسباتی را منهای ارتفاع واقعی نقطه آخر نمود.)

سرشکنی خطا و محاسبه ارتفاع تصحیح شده :

مقدار تصحیح برای هر دهانه از رابطه $C_i = \frac{-e}{n}$ محاسبه می‌شود. در مثال مقدار خطا در خانه B11 نوشته شده و تعداد دهانه‌ها ۵ است بنا بر این در یکی از خانه‌ها مانند F11 می‌نویسیم $-B11/5$ تا مقدار تصحیح محاسبه شود.

| | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-------|--------------|----------------|------|----|------------|-------|--------------|------------|------|
| 10 | $\Sigma =$ | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 | 10 | $\Sigma =$ | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 |
| 11 | e = | 10 | e max = 12.5 | $C_i = -B11/5$ | | 11 | e = | 10 | e max = 12.5 | $C_i = -2$ | |

از آن‌جا که در سرشکنی خطا روی ارتفاع نقاط خطای هر دهانه به دهانه دیگر منتقل می‌شود، پس خطای هر دهانه نسبت به دهانه قبلی به اندازه C_i بیشتر است و چون ارتفاع نقطه اول نیز واقعی است مقدار تصحیح آن صفر می‌باشد در نتیجه در ستون تصحیح باید به ترتیب اعداد ۰، -۲، -۴ و را بنویسیم. در Excel می‌توانیم در خانه F3 عدد 0 و در خانه F4 فرمول $F3-2$ و یا $F3+\$F\11 را تایپ کرده و آن را تا خانه F8 کپی نماییم. (نوشتن نشانی F11 به صورت $\$F\11 آن خانه را ثابت کرده و در هنگام کپی کردن نشانی آن تغییر نمی‌کند.)



| | B | C | D | E | F | G |
|----|----------|--------------|---------------|---------|-------------|------------------|
| 1 | فرات عقب | فرات جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
| 2 | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| 3 | 3100 | | | 100.000 | 0 | 100.000 |
| 4 | 2840 | 1210 | 1890 | | =F3+\$F\$11 | |
| 5 | 2210 | 1700 | 1140 | 103.030 | | |
| 6 | 1650 | 3040 | -830 | 102.200 | | |
| 7 | 2520 | 1900 | -250 | 101.950 | | |
| 8 | | 1410 | 1110 | 103.060 | | 103.050 |
| 9 | | | | | | |
| 10 | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 | | |
| 11 | 10 | e max = 12.5 | | Ci = -2 | | |

| | B | C | D | E | F | G |
|----|----------|--------------|---------------|---------|-------|------------------|
| 1 | فرات عقب | فرات جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
| 2 | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| 3 | 3100 | | | 100.000 | 0 | 100.000 |
| 4 | 2840 | 1210 | 1890 | 101.890 | -2 | |
| 5 | 2210 | 1700 | 1140 | 103.030 | | |
| 6 | 1650 | 3040 | -830 | 102.200 | | |
| 7 | 2520 | 1900 | -250 | 101.950 | | |
| 8 | | 1410 | 1110 | 103.060 | | 103.050 |
| 9 | | | | | | |
| 10 | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 | | |
| 11 | 10 | e max = 12.5 | | Ci = -2 | | |

| | B | C | D | E | F | G |
|----|----------|--------------|---------------|---------|-------|------------------|
| 1 | فرات عقب | فرات جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
| 2 | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| 3 | 3100 | | | 100.000 | 0 | 100.000 |
| 4 | 2840 | 1210 | 1890 | 101.890 | -2 | |
| 5 | 2210 | 1700 | 1140 | 103.030 | -4 | |
| 6 | 1650 | 3040 | -830 | 102.200 | -6 | |
| 7 | 2520 | 1900 | -250 | 101.950 | -8 | |
| 8 | | 1410 | 1110 | 103.060 | -10 | 103.050 |
| 9 | | | | | | |
| 10 | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 | | |
| 11 | 10 | e max = 12.5 | | Ci = -2 | | |



ارتفاع تصحیح شده هر نقطه برابر است با مجموع ارتفاع تصحیح نشده هر نقطه، با مقدار تصحیح آن. در خانه G3 می نویسیم $=E3+F3/1000$ و سپس آنرا تا خانه G7 کپی می کنیم.

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|------------|-----------|--------------|---------------|---------|-------|------------------|
| 1 | نقطه | قرائت عقب | قرائت جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
| 2 | P | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| 3 | BM1 | 3100 | | | 100.000 | 0 | =E3+F3/1000 |
| 4 | 1 | 2840 | 1210 | 1890 | 101.890 | -2 | |
| 5 | 2 | 2210 | 1700 | 1140 | 103.030 | -4 | |
| 6 | 3 | 1650 | 3040 | -830 | 102.200 | -6 | |
| 7 | 4 | 2520 | 1900 | -250 | 101.950 | -8 | |
| 8 | BM2 | | 1410 | 1110 | 103.060 | -10 | 103.050 |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | $\Sigma =$ | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 | | |
| 11 | e = | 10 | e max = 12.5 | | Ci = -2 | | |

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|------------|-----------|--------------|---------------|---------|-------|------------------|
| 1 | نقطه | قرائت عقب | قرائت جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
| 2 | P | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| 3 | BM1 | 3100 | | | 100.000 | 0 | 100.000 |
| 4 | 1 | 2840 | 1210 | 1890 | 101.890 | -2 | |
| 5 | 2 | 2210 | 1700 | 1140 | 103.030 | -4 | |
| 6 | 3 | 1650 | 3040 | -830 | 102.200 | -6 | |
| 7 | 4 | 2520 | 1900 | -250 | 101.950 | -8 | |
| 8 | BM2 | | 1410 | 1110 | 103.060 | -10 | 103.050 |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | $\Sigma =$ | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 | | |
| 11 | e = | 10 | e max = 12.5 | | Ci = -2 | | |

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|------------|-----------|--------------|---------------|---------|-------|------------------|
| 1 | نقطه | قرائت عقب | قرائت جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
| 2 | P | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| 3 | BM1 | 3100 | | | 100.000 | 0 | 100.000 |
| 4 | 1 | 2840 | 1210 | 1890 | 101.890 | -2 | 101.888 |
| 5 | 2 | 2210 | 1700 | 1140 | 103.030 | -4 | 103.026 |
| 6 | 3 | 1650 | 3040 | -830 | 102.200 | -6 | 102.194 |
| 7 | 4 | 2520 | 1900 | -250 | 101.950 | -8 | 101.942 |
| 8 | BM2 | | 1410 | 1110 | 103.060 | -10 | 103.050 |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | $\Sigma =$ | 12320 | 9260 | 3060 | 3050 | | |
| 11 | e = | 10 | e max = 12.5 | | Ci = -2 | | |



نکته: در ترازابی، بهتر است ارتفاع واقعی نقطه آخر در ستون ارتفاع تصحیح شده نوشته نشود و محاسبه گردد، تا بتوان ارتفاع نقطه آخر را نیز کنترل نمود. برای این کار می توانید خانه G8 را جابجا کرده و کپی ستون آخر را تا خانه G8 ادامه دهید. در صورتی که مقدار این خانه همان مقدار واقعی نقطه گردید محاسبات صحیح انجام شده است.

| | A | B | C | D | E | F |
|---|------|----------|----------|----------|---------------|--------|
| 1 | نقاط | قرات عقب | قرات وسط | قرات جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع |
| 2 | P | B.S | I.S | F.S | Δh | H |
| 3 | BM1 | 3850 | | | | 100 |
| 4 | 1 | | 2326 | | | |
| 5 | 2 | | 2224 | | | |
| 6 | 3 | 2266 | | 3610 | | |
| 7 | 4 | | 2548 | | | |
| 8 | 5 | | 2795 | | | |
| 9 | BM1 | | | 2512 | | |

ب) سرشکنی ترازیبی خطی

یک عملیات ترازیبی از پنج مارک BMI به ارتفاع ۱۰۰ متر مطابق جدول مقابل شروع شده و به همین نقطه خاتمه یافته است. با فرض صحت عملیات، ارتفاع تصحیح شده نقاط را محاسبه کنید.

روش حل :

۱- محاسبه ستون‌های Δh و H :

در این مثال چون فرض بر صحت عملیات است بنا براین می‌توانیم ابتدا ستون‌های Δh و H را مانند مثال‌های فصل قبل به هر روش که مایل بودیم محاسبه نماییم.

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|------|----------|----------|----------|---------------|---------|-----------|------------------|
| 1 | نقاط | قرات عقب | قرات وسط | قرات جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح شده | ارتفاع تصحیح شده |
| 2 | P | B.S | I.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| 3 | BM1 | 3850 | | | | 100.000 | | 100.000 |
| 4 | 1 | | 2326 | | 1524 | 101.524 | | |
| 5 | 2 | | 2224 | | 102 | 101.626 | | |
| 6 | 3 | 2266 | | 3610 | -1386 | 100.240 | | |
| 7 | 4 | | 2548 | | -282 | 99.958 | | |
| 8 | 5 | | 2795 | | -247 | 99.711 | | |
| 9 | BM1 | | | 2512 | 283 | 99.994 | | |

۲- محاسبه خطای بست ترازیبی و روش سرشکنی آن :

با معلوم بودن ارتفاع محاسباتی و ارتفاع واقعی نقطه آخر خطای بست از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$eL = H - 99.994 = -0.006 \quad (\text{واقعی نقطه آخر}) - H \quad (\text{محاسباتی نقطه آخر})$$

در یکی از خانه‌ها مانند خانه B11 با نوشتن $F9-F3$ مقدار خطا بر حسب متر بدست می‌آید. سپس برای محاسبه مقدار تصحیح هر دهانه از رابطه $Ci = (-e)/n = (-(-0.006))/2 = +0.003$ استفاده می‌کنیم.

در یکی از خانه‌ها مانند D11 می‌نویسیم $B11/2 -$ سپس در ستون تصحیح اگر سطرهای دارای قرائت وسط را نادیده بگیریم آنگاه در خانه‌ها خواهیم داشت $G3=0$, $G6=0.003$, $G9=0.006$ (ردیف این خانه‌ها دارای قرائت عقب یا جلو هستند و مانند ترازیبی تدریجی ، مقدار تصحیح بین آن‌ها توزیع می‌شود) و مقدار تصحیح ردیف خانه‌هایی که دارای قرائت وسط می‌باشند برابر با مقدار تصحیح خانه بالای آن‌ها است در نتیجه خواهیم داشت $G5=G4=G3=0$, $G8=G7=G6=0.003$ که میتوان خانه های $G3$ و $G6$ را در خانه‌های خالی پایین آن‌ها کپی کرد.

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|--------------|-----------|--------------|-----------|---------------|---------|-------|------------------|
| 1 | نقاط | قرائت عقب | قرائت وسط | قرائت جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
| 2 | P | B.S | I.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| 3 | BM1 | 3850 | | | | 100.000 | 0 | 100.000 |
| 4 | 1 | | 2326 | | 1524 | 101.524 | 0 | |
| 5 | 2 | | 2224 | | 102 | 101.626 | 0 | |
| 6 | 3 | 2266 | | 3610 | -1386 | 100.240 | 0.003 | |
| 7 | 4 | | 2548 | | -282 | 99.958 | 0.003 | |
| 8 | 5 | | 2795 | | -247 | 99.711 | 0.003 | |
| 9 | BM1 | | | 2512 | 283 | 99.994 | 0.006 | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | $e = -0.006$ | | $Ci = 0.003$ | | | | | |

۳- محاسبه ستون ارتفاع تصحیح شده:

مانند مثال ترازیبی تدریجی می‌باشد در خانه H3 می‌نویسیم $H3 = F3 + G3$ و با کنترل ارتفاعات نقاط پنج مارک از صحت محاسبات مطمئن می‌شویم.

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|--------------|-----------|--------------|-----------|---------------|---------|----------|------------------|
| 1 | نقاط | قرائت عقب | قرائت وسط | قرائت جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | $=F3+G3$ | ارتفاع تصحیح شده |
| 2 | P | B.S | I.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| 3 | BM1 | 3850 | | | | 100.000 | 0 | 100.000 |
| 4 | 1 | | 2326 | | 1524 | 101.524 | 0 | 101.524 |
| 5 | 2 | | 2224 | | 102 | 101.626 | 0 | 101.626 |
| 6 | 3 | 2266 | | 3610 | -1386 | 100.240 | 0.003 | 100.243 |
| 7 | 4 | | 2548 | | -282 | 99.958 | 0.003 | 99.961 |
| 8 | 5 | | 2795 | | -247 | 99.711 | 0.003 | 99.714 |
| 9 | BM1 | | | 2512 | 283 | 99.994 | 0.006 | 100.000 |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | $e = -0.006$ | | $Ci = 0.003$ | | | | | |



مطالعه آزاد

روش‌های دیگر سرشکنی خطای ترازیبی

در روش قبلی مقدار خطای بست ترازیبی، روی ارتفاعات سرشکن می‌شد. این خطا را می‌توان به چهار طریق دیگر نیز سرشکن نمود.

- ۱- سرشکنی روی قرائت‌های جلو
- ۲- سرشکنی روی قرائت‌های عقب
- ۳- سرشکنی روی قرائت‌های عقب و جلو
- ۴- سرشکنی روی اختلاف ارتفاع نقاط

در این روش‌ها باید ابتدا مقدار خطای بست ترازیبی محاسبه شده و سپس بقیه محاسبات انجام شود. با ذکر مثالی نحوه سرشکنی روی قرائت‌های جلو را بررسی می‌نماییم.

یک عملیات ترازیبی بین دو بنچ مارک BM1 به ارتفاع ۵۱۲/۴۲۸ متر و بنچ مارک BM2 به ارتفاع ۵۰۹/۵۳۷ متر به طول ۲۰۰۰ متر با دقت کیلومتری ۱۲ میلیمتر مطابق جدول زیر انجام شده است، صحت عملیات را بررسی و ارتفاع تصحیح شده نقاط را محاسبه نمایید.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|------|-----------|-----------|-----------|-----------------|---------------|---------|---|----------------------------|
| 1 | نقاط | قراءت عقب | قراءت وسط | قراءت جلو | قراءت جلو تصحیح | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | | توضیحات |
| 2 | P | B.S | I.S | F.S | F.Sc | Δh | H | | H _{BM1} = 512.428 |
| 3 | BM1 | 1825 | | | | | 512.428 | | H _{BM2} = 509.537 |
| 4 | 1 | | 2213 | | | | | | K(mm)= 12 |
| 5 | 2 | | 2145 | | | | | | L(m)= 2000 |
| 6 | 3 | 2158 | | 3246 | | | | | |
| 7 | 4 | | 2018 | | | | | | |
| 8 | 5 | | 1832 | | | | | | |
| 9 | 6 | | 2561 | | | | | | |
| 10 | 7 | 1514 | | 2312 | | | | | |
| 11 | 8 | | 1942 | | | | | | |
| 12 | 9 | | 2415 | | | | | | |
| 13 | 10 | 2335 | | 2259 | | | | | |
| 14 | 11 | | 1897 | | | | | | |
| 15 | BM2 | | | 2890 | | | | | |

راه حل :

۱- بررسی مقدار خطا و صحت عملیات :

مانند ترازایی تدریجی مثال ابتدای فصل با محاسبه اختلاف ارتفاع محاسباتی و واقعی مقدار خطا و سپس مقدار تصحیح برای هر دهانه را محاسبه می‌نماییم.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|----------|------------|------------|--------------------|-------------|--|---------|--|---|
| 1 | نقاط | فرانت عقب | فرانت وسط | فرانت جلو | فرانت جلوتر | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | توضیحات | |
| 2 | P | B.S | I.S | F.S | F.Sc | Δh | H | HBM1= 512.428 | |
| 3 | BM1 | 1825 | | | | | 512.428 | HBM2= 509.537 | |
| 4 | 1 | | 2213 | | | | | K(mm)= 12 | |
| 5 | 2 | | 2145 | | | | | L(m)= 2000 | |
| 6 | 3 | 2158 | | 3246 | | | | | |
| 7 | 4 | | 2018 | | | | | | |
| 8 | 5 | | 1832 | | | | | | |
| 9 | 6 | | 2561 | | | | | | |
| 10 | 7 | 1514 | | 2312 | | | | | |
| 11 | 8 | | 1942 | | | | | | |
| 12 | 9 | | 2415 | | | | | | |
| 13 | 10 | 2335 | | 2259 | | | | | |
| 14 | 11 | | 1897 | | | | | | |
| 15 | BM2 | $\sum B.S$ | $\sum F.S$ | | | $\Delta h(\text{محاسباتی}) = \sum B.S - \sum F.S$ = 817 - 017 | | $\Delta h(\text{واقعی}) = \sum B.S - \sum F.S$ = (13-12)*1000 | |
| 16 | | | | | | | | | |
| 17 | $\sum e$ | 7832 | | 10707 | | $\Delta h_m = -2875$ | | $\Delta h_r = -2891$ | |
| 18 | e | 16 | | $e_{max} = 16.971$ | | $C_i = -4$ | | | |

$e_i = \Delta h(\text{واقعی}) - \Delta h(\text{محاسباتی})$
= F17 - H17

حداکثر خطای مجاز
= 12 * SQRT(2)

مقدار تصحیح برای هر دهانه
= B18 / 4

((کلمبرگ ها))

مهارت برنامه ریزی :

پس از هدف گذاری، برای کسب موفقیت، نیاز به برنامه ریزی جهت نیل به آن می‌باشد. برنامه ریزی حرکتی هوشمندانه، منطقی و مرحله بندی شده برای رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده است.

صاحب نظران علم مدیریت معتقدند: اگر ۲۰ درصد از زمان خود را صرف برنامه ریزی کنیم، ۸۰ درصد باقیمانده را با اطمینان بیشتری قدم بر خواهیم داشت.

۲ - سرشکنی خطا روی قرائت‌های جلو :

برای سرشکنی خطا روی قرائت‌های جلو ، باید هر یک از قرائت‌های جلو را منهای مقدار تصحیح نمود و در ستون مربوطه نوشت مثلاً برای تصحیح اولین قرائت جلو خواهیم داشت $3250 - (-4) = 3246$ که در Excel و در خانه E6 باید بنویسیم $=D6-(-4)$ یا $=D6-\$F\18 سپس خانه E6 را در خانه‌های E10 , E13 , E15 کپی می‌نماییم.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|----------|--------|------------|----------------|----------------|----------------------|---------|----------------------|---|
| 1 | نقاط | ترازنگ | ترازنگ وسط | ترازنگ جلو | ترازنگ تصحیح | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | توضیحات | |
| 2 | P | B.S | I.S | F.S | F.Sc | Δh | H | HBM1= 512.428 | |
| 3 | BM1 | 1825 | | | | | 512.428 | HBM2= 509.537 | |
| 4 | 1 | | 2213 | | $=D6- \$F\18 | | | K(mm)= 12 | |
| 5 | 2 | | 2145 | | | | | L(m)= 2000 | |
| 6 | 3 | 2158 | | 3246 | 3250 | | | | |
| 7 | 4 | | 2018 | | | | | | |
| 8 | 5 | | 1832 | | | | | | |
| 9 | 6 | | 2561 | | | | | | |
| 10 | 7 | 1514 | | 2312 | 2316 | | | | |
| 11 | 8 | | 1942 | | | | | | |
| 12 | 9 | | 2415 | | | | | | |
| 13 | 10 | 2335 | | 2259 | 2263 | | | | |
| 14 | 11 | | 1897 | | | | | | |
| 15 | BM2 | | | 2890 | 2894 | | | | |
| 16 | | | | | | | | | |
| 17 | Σ | 7832 | | 10707 | | $\Delta h_m = -2875$ | | $\Delta h_t = -2891$ | |
| 18 | e | 16 | | e max = 16.971 | | Ci = -4 | | | |



((گلبرگ‌ها))

مهارت روش صحیح مطالعه :
 نتیجه تحقیقات بیانگر آن است که بیشترین اطلاعات از طریق مطالعه به دست می‌آید، بنابراین مطالعه مهم‌ترین شیوه‌ی یادگیری است که با خواندن، یادداشت برداری، مرور کردن و تمرکز همراه است.

۳- محاسبه ستون‌ها Δh و H :

ستون‌های اختلاف ارتفاع و ارتفاع نقاط مانند یکی از روش‌های قبلی محاسبه می‌شود و در این محاسبه باید توجه داشت به جای ستون قرائت جلو از ستون قرائت جلوی تصحیح شده استفاده نمود. سپس با کنترل ارتفاع پنج‌مارک‌ها صحت محاسبات بررسی می‌گردد.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|----------|--------|------|----------------|--------------|----------------------|---------|----------------------|---------|
| 1 | | | | | | | | | توضیحات |
| 2 | P | B.S | I.S | F.S | =B3+C3-C4-E4 | =G3+F4/1000 | | HBM1= | 512.428 |
| 3 | BM1 | 1825 | | | | | 512.428 | HBM2= | 509.537 |
| 4 | 1 | | 2213 | | | -388 | 512.040 | K(mm)= | 12 |
| 5 | 2 | | 2145 | | | 68 | 512.108 | L(m)= | 2000 |
| 6 | 3 | 2158 | | 3246 | 3250 | -1105 | 511.003 | | |
| 7 | 4 | | 2018 | | | 140 | 511.143 | | |
| 8 | 5 | | 1832 | | | 186 | 511.329 | کپی | |
| 9 | 6 | | 2561 | | | -729 | 510.600 | | |
| 10 | 7 | 1514 | | 2312 | 2316 | 245 | 510.845 | کنترل | |
| 11 | 8 | | 1942 | | | -428 | 510.417 | | |
| 12 | 9 | | 2415 | | | -473 | 509.944 | | |
| 13 | 10 | 2335 | | 2259 | 2263 | 152 | 510.096 | | |
| 14 | 11 | | 1897 | | | 438 | 510.534 | | |
| 15 | BM2 | | | 2890 | 2894 | -997 | 509.537 | | |
| 16 | | | | | | | | | |
| 17 | Σ | = 7832 | | 10707 | | Δh_m = -2875 | | Δh_l = -2891 | |
| 18 | e | = 16 | | e max = 16.971 | | Ci = -4 | | | |

توجه:

در برخی از نظرات مانند آنچه که در کتاب‌های نقشه برداری عمومی و محاسبه و ترسیم (۲) مطرح شده است، در محاسبه ستون تصحیح باید مقدار تصحیح روی نقاطی که قرائت وسط روی آن‌ها انجام شده است به اندازه مقدار تصحیح روی قرائت جلوی آن دهانه باشد. ولی در برخی از نرم افزارهای نقشه برداری از جمله SDRmap مقدار تصحیح آن‌ها را به اندازه مقدار تصحیح روی قرائت‌های عقب در نظر می‌گیرند. مانند حل جدول صفحه ۴۳ که به این صورت انجام گردیده است. پاسخ نهایی (ارتفاع نقاط) در این روش با روش سرشکنی روی قرائت‌های جلو یکی است.

اگر بخواهیم مقدار تصحیح قرائت‌های وسط به اندازه مقدار تصحیح روی قرائت‌های جلو باشد، در جدول صفحه ۴۳ خانه‌های G6 و G9 را در خانه‌های خالی بالایی آن‌ها کپی می‌نماییم. و نیز از روش‌های دیگر سرشکنی می‌توان سرشکنی روی قرائت‌های عقب را انتخاب کرد.

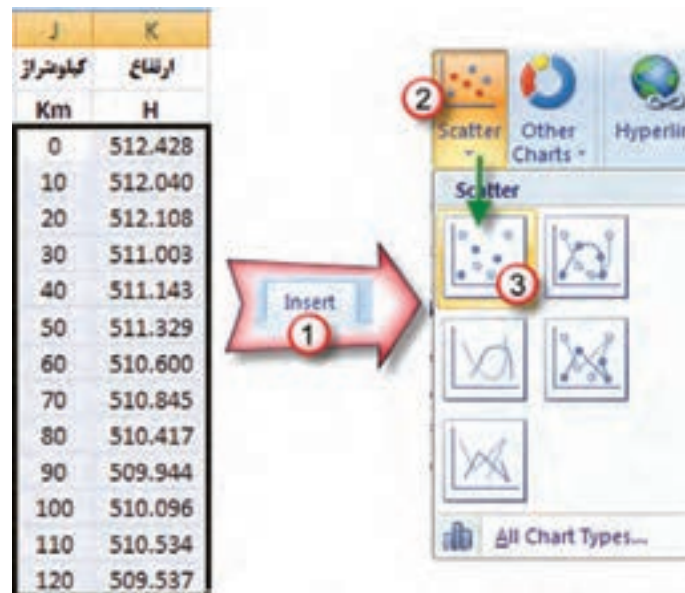
ترسیم پروفیل طولی :

برای ترسیم پروفیل طولی در Excel نیاز به دو ستون کیلومتراژ و ارتفاع نقاط است، به طوری که ستون کیلومتراژ سمت چپ ستون ارتفاع نقاط قرار گیرد.

در مثال قبلی فرض می‌کنیم از نقطه BM1 تا نقطه BM2 فاصله نقاط از یکدیگر ۱۰ متر است بنابراین دو ستون به شکل زیر آماده می‌نماییم.

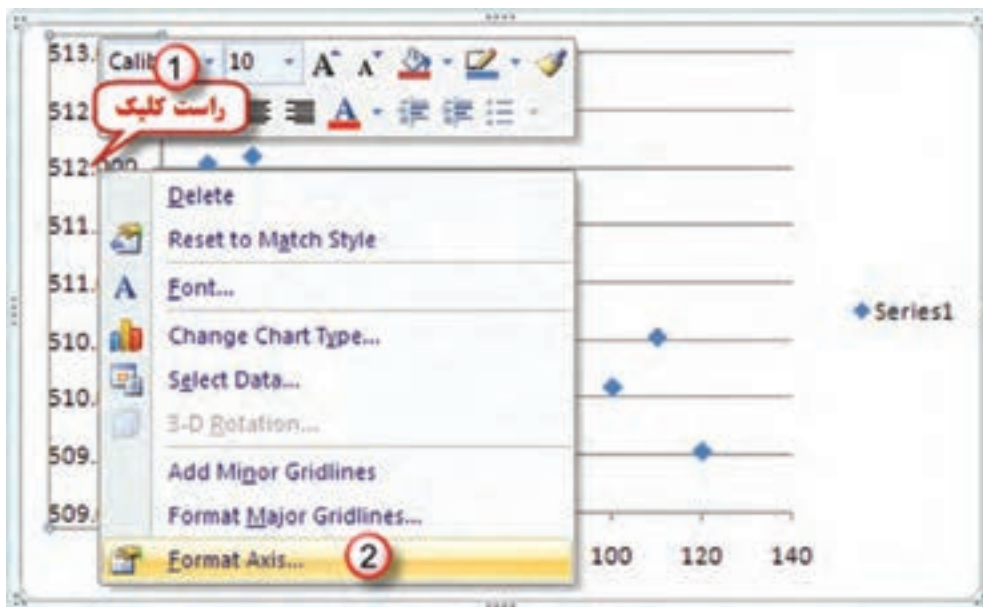
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|------|----------|----------|----------|-------------|---------------|---------|----------------------------|-----|-----------|---------|
| 1 | نقطه | قرات عقب | قرات وسط | قرات جلو | قرات جابجاء | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | | =G3 | کیلومتراژ | ارتفاع |
| 2 | P | B.S | I.S | F.S | F.Sc | Δh | H | H _{BM1} = 512.428 | | Km | H |
| 3 | BM1 | 1825 | | | | 0 | 512.428 | H _{BM2} = 509.537 | | 0 | 512.428 |
| 4 | 1 | | 2213 | | | -388 | 512.040 | K _(mm) = 12 | | 10 | 512.040 |
| 5 | 2 | | 2145 | | | 68 | 512.108 | L _(m) = 2000 | | 20 | 512.108 |
| 6 | 3 | 2158 | | 3246 | 3250 | -1105 | 511.003 | | | 30 | 511.003 |
| 7 | 4 | | 2018 | | | 140 | 511.143 | | | 40 | 511.143 |
| 8 | 5 | | 1832 | | | 186 | 511.329 | | | 50 | 511.329 |
| 9 | 6 | | 2561 | | | -729 | 510.600 | | | 60 | 510.600 |
| 10 | 7 | 1514 | | 2312 | 2316 | 245 | 510.845 | | | 70 | 510.845 |
| 11 | 8 | | 1942 | | | -428 | 510.417 | | | 80 | 510.417 |
| 12 | 9 | | 2415 | | | -473 | 509.944 | | | 90 | 509.944 |
| 13 | 10 | 2335 | | 2259 | 2263 | 152 | 510.096 | | | 100 | 510.096 |
| 14 | 11 | | 1897 | | | 438 | 510.534 | | | 110 | 510.534 |
| 15 | BM2 | | | 2890 | 2894 | -997 | 509.537 | | | 120 | 509.537 |

سپس اعداد کیلومتراژ و ارتفاعات را انتخاب کرده و از روبان Insert قسمت Chart آیکن Scatter و گزینه اول را کلیک می‌نماییم. نمودار اولیه نمایان می‌شود. و باید تنظیمات لازم را روی آن انجام داد.

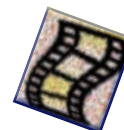


تنظیمات پروفیل :

۱- محور Y ها (ارتفاعات) : روی یکی از اعداد محور راست کلیک کرده سپس گزینه Format Axis را انتخاب می کنیم تا پنجره آن باز شود.

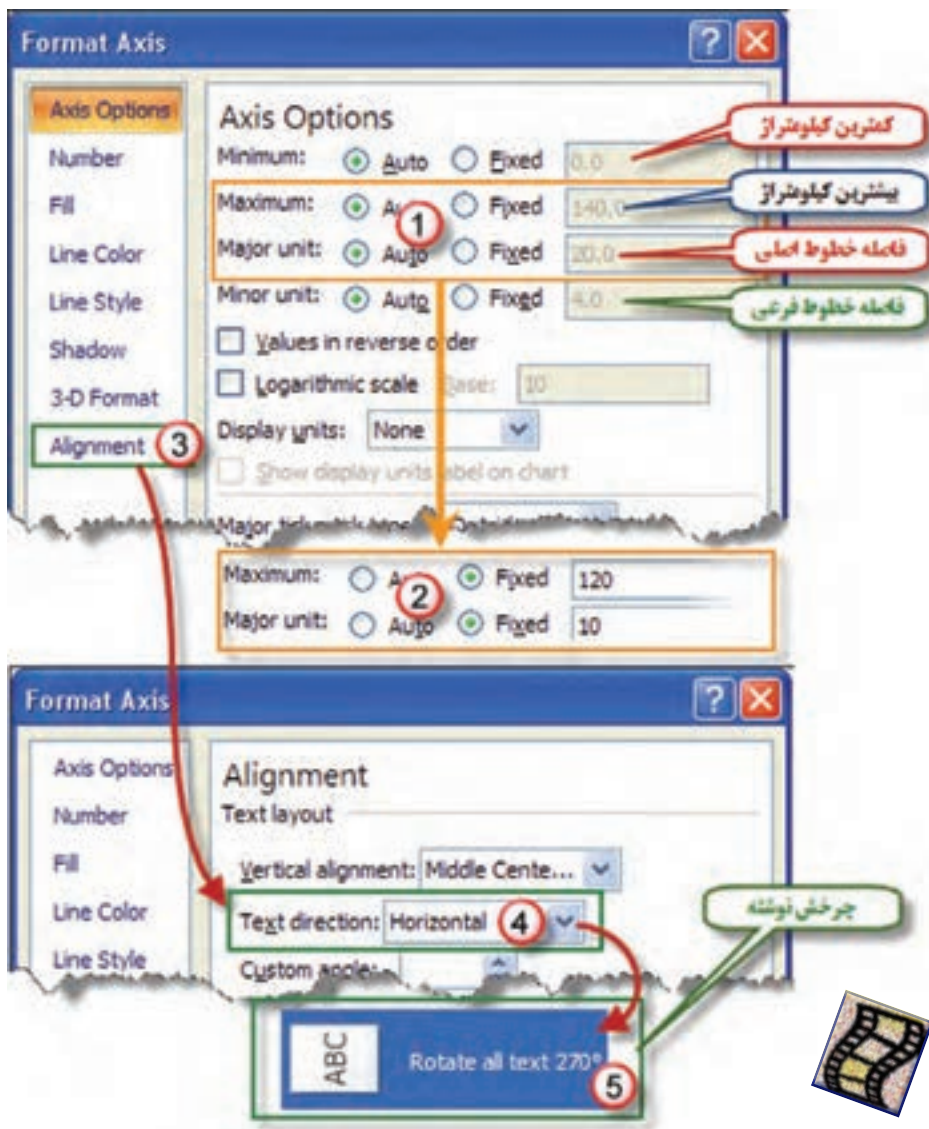


در پنجره Format Axis ابتدا در قسمت Major unit گزینه Fixed را فعال کرده و فاصله خطوط اصلی را به یک متر تغییر داده در گزینه Number قسمت General را انتخاب می کنیم.



۲- محور X ها (کیلومتر) :

مانند تنظیم محور Y ها روی یکی از اعداد محور راست کلیک کرده و از پنجره ایجاد شده ابتدا گزینه Add Major Gridlines را کلیک کرده سپس با راست کلیک مجدد گزینه Format Axis را انتخاب می‌کنیم تا پنجره آن باز شود. چون بیشترین کیلومتر ۱۲۰ متر است در این پنجره آن را اصلاح می‌کنیم و فاصله خطوط اصلی را به ۱۰ متر تغییر می‌دهیم (۱۰ برابر فاصله خطوط محورهای Y تا مقیاس آن یک دهم مقیاس محور ارتفاعات شود). پس از آن گزینه Alignment را کلیک کرده و از پنجره آن در قسمت Text direction گزینه Rotate all text 270 را انتخاب می‌کنیم تا چرخش مناسب به اعداد این محور بدهیم.

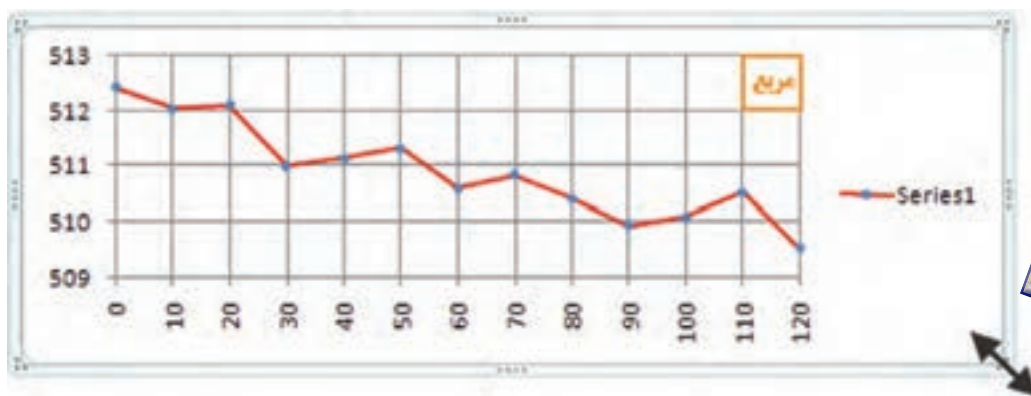


۳- تنظیم نقاط و خطوط پروفیل :

روی یکی از نقاط پروفیل راست کلیک کرده و گزینه Format Data Series را انتخاب می‌نماییم و از پنجره ایجاد شده مطابق شکل در قسمت Marker Options شکل و اندازه نقطه و در قسمت Line Color رنگ خط و در قسمت Line Style ضخامت خط پروفیل را تنظیم می‌کنیم.



پس از تنظیمات انجام شده با ماوس یکی از گوشه‌های کادر نمودار را گرفته و با کم و زیاد کردن طول و عرض کادر ابعاد شبکه داخلی را به شکل مربع در می‌آوریم.



(پروفیل در Excel حالت شماتیک دارد و دارای دقت لازم نمی باشد)

تمرین :

۱- در جداول ترازیبی زیر ارتفاع تصحیح شده را محاسبه نمایید.

① معایبه و ترسیم ۲ - خرداد ۸۷

| نقطه | فرات عقب | فرات جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
|------|----------|----------|---------------|---------|-------|------------------|
| P | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| A | 1420 | | | 100.000 | | |
| 1 | 2170 | 2100 | | | | |
| 2 | 1842 | 1801 | | | | |
| B | 2211 | 2100 | | | | |
| 3 | 2050 | 1700 | | | | |
| 4 | 3112 | 2121 | | | | |
| A | | 2965 | | | | |

② معایبه و ترسیم ۲ - خرداد ۸۵

| نقطه | فرات عقب | فرات جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
|------|----------|----------|---------------|---------|-------|------------------|
| P | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| A | 1410 | | | 100.000 | | |
| B | 1620 | 1530 | | | | |
| C | 1290 | 1570 | | | | |
| D | 1720 | 1180 | | | | |
| E | 1630 | 1740 | | | | |
| A | | 1660 | | | | |

③ معایبه و ترسیم ۲ - دیماه ۸۷

| نقطه | فرات عقب | فرات جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
|------|----------|----------|---------------|---------|-------|------------------|
| P | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| BM1 | 1420 | | | 150.320 | | |
| 1 | 2090 | 1708 | | | | |
| 2 | 2150 | 950 | | | | |
| 3 | 1840 | 1120 | | | | |
| 4 | 3150 | 1000 | | | | |
| 5 | 1710 | 2100 | | | | |
| BM2 | | 920 | | | | |

BM2=154.894m

④ معایبه و ترسیم ۲ - دیماه ۸۶

| نقطه | فرات عقب | فرات جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده |
|------|----------|----------|---------------|---------|-------|------------------|
| P | B.S | F.S | Δh | H | C | Hc |
| A | 1232 | | | 100.000 | | |
| TP1 | 941 | 2531 | | | | |
| TP2 | 3218 | 3812 | | | | |
| B | 1548 | 1065 | | | | |
| TP3 | 3427 | 2418 | | | | |
| TP4 | 3102 | 1285 | | | | |
| TP5 | 1533 | 1742 | | | | |
| A | | 2120 | | | | |

۲- جداول ترازیبی زیر را محاسبه و پروفیل آنرا نیز ترسیم نمایید .

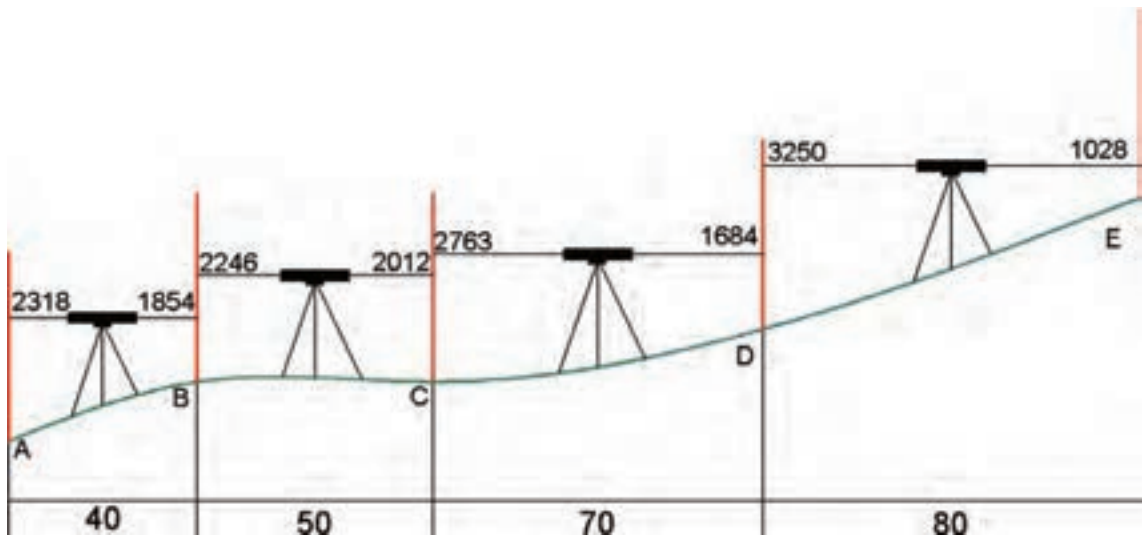
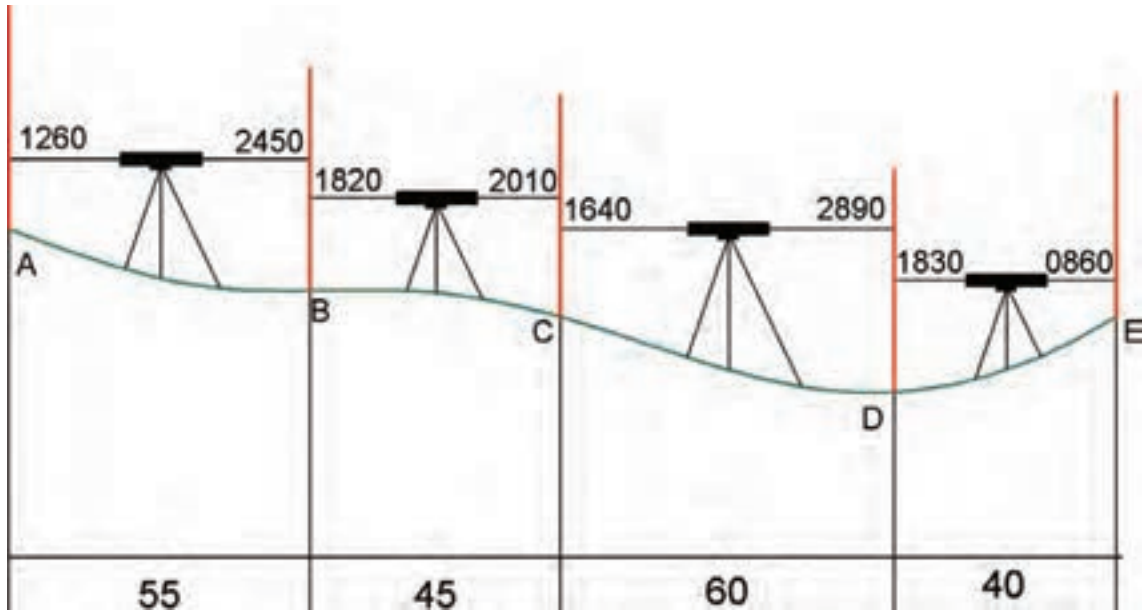
| نقطه | فرات عقب | فرات وسط | فرات جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده | کیلومتر |
|------|----------|----------|----------|---------------|---------|-------|------------------|---------|
| P | B.S | I.S | F.S | Δh | H | C | Hc | Km |
| B.M1 | 2418 | | | | 100.000 | | ① | 0 |
| 1 | 3618 | | 1822 | | | | | 25 |
| 2 | | 2275 | | | | | | 40 |
| 3 | | 3028 | | | | | | 60 |
| 4 | 3690 | | 1523 | | | | | 85 |
| 5 | 2618 | | 2684 | | | | | 100 |
| 6 | | 3321 | | | | | | 120 |
| 7 | | 2592 | | | | | | 130 |
| B.M2 | | | 3048 | | | | | 150 |

BM2=103.275m

| نقاط | تراز ثابت | تراز وسط | تراز جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده | کیلومتر از |
|--------------|-----------|----------|----------|---------------|---------|-------|------------------|------------|
| P | B.S | I.S | F.S | Δh | H | C | Hc | Km |
| BM1 | 2894 | | | | 250.365 | | 2 | 0 |
| 1 | | 2418 | | | | | | 20 |
| 2 | | 3026 | | | | | | 40 |
| 3 | | 1825 | | | | | | 60 |
| 4 | 3150 | | 2032 | | | | | 80 |
| 5 | | 2943 | | | | | | 100 |
| 6 | | 2852 | | | | | | 120 |
| 7 | | 3164 | | | | | | 140 |
| 8 | 3111 | | 2518 | | | | | 160 |
| 9 | | 1526 | | | | | | 180 |
| BM2 | | | 2254 | | | | | 200 |
| BM2=252.728m | | | | | | | | |

| نقاط | تراز ثابت | تراز وسط | تراز جلو | اختلاف ارتفاع | ارتفاع | تصحیح | ارتفاع تصحیح شده | کیلومتر از |
|--------------|-----------|----------|----------|---------------|--------|-------|------------------|------------|
| P | B.S | I.S | F.S | Δh | H | C | Hc | Km |
| BM1 | 2543 | | | | | | 100 | 0 |
| 2 | | 2618 | | | | | 3 | 10 |
| 3 | | 2614 | | | | | | 20 |
| 4 | | 2010 | | | | | | 30 |
| 5 | 1690 | | 1698 | | | | | 40 |
| 6 | 3203 | | 2684 | | | | | 50 |
| 7 | | 3458 | | | | | | 60 |
| 8 | | 2698 | | | | | | 70 |
| 9 | 2842 | | 3048 | | | | | 80 |
| 10 | | 3624 | | | | | | 90 |
| 11 | | 2946 | | | | | | 100 |
| BM2 | | | 2412 | | | | | 110 |
| BM2=100.444m | | | | | | | | |

۳- شکل‌های زیر عملیات ترازیبی دو مسیر را نشان می‌دهد. در Excel برای هر یک جدول ترازیبی طراحی و محاسبه کنید و با توجه به فواصل نقاط پروفیل طولی آن‌ها را ترسیم نمایید. (ارتفاع نقطه A صد متر است)



۴- بررسی نمایید چگونه می‌توان جداول ترازیبی را در Excel به روش ارتفاع دستگاه محاسبه نمود. سپس تمرین ۱ را با این روش محاسبه کنید.