Total Station using for Surveying

โครงการ “การทำแผนที่ภูมิประเทศด้วยการสำรวจทางภาคพื้นดิน”

27 – 29 มีนาคม 2558

สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

การปฏิวัติในอุตสาหกรรมด้านงานสำรวจ

- ปี 1970S เป็นปีที่เริ่มการเปลี่ยนแปลง
- เครื่องคำนวณแบบพกพา
- EDM
- เครื่องคำนวณแบบตั้งโต๊ะ (คอมพิวเตอร์)
- สมุดสนามอิเล็คทรอนิคส์
- กล้องประมวลผลรวม
- ระบบการหาตำแหน่งบนพื้นพิภพ GPS

เครื่องมือสำรวจ ก่อนปี 1970

การทำงานสำรวจก่อนหน้าประมาณ 100 ปี ที่ผ่านมา ช่างสำรวจจะใช้อุปกรณ์มาตรฐานในงานสำรวจ โดยที่เครื่องมือนั้นๆมีเหตุมีผลในการใช้งาน

รายการเครื่องมือสำรวจก่อนปี 1970

- กล้องวัดมุมและขาตั้งกล้อง
- เทปวัดระยะมาตรฐาน
- Spring balance
- เทอร์โมมิเตอร์
- ลูกดิ่ง
- โต๊ะสำหรับใช้คำนวณ
- เครื่องคิดเลขเชิงกล
- กล้องระดับแบบ Tilting และขากล้อง
- ไม้วัดระดับ
- ระดับมือถือ
- เข็มทิศ
- เครื่องมือส่องฉาก
- เทปวัดระยะ
- สมุดสนามบันทึกบนกระดาษ

ก่อนปี 1970

ข้อดี

- เป็นอุปกรณ์มาตรฐานที่มีอะไหล่ที่สามารถทดแทนกันได้
- กระบวนการปฏิบัติงานเป็นมาตรฐานบนหลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ในงานปฏิบัติ
- มีการบรรจุการตรวจสอบงานขณะปฏิบัติงาน
- ง่ายที่จะทำการตรวจสอบและปรับแก้เครื่องมือ
- มีเอกสารอ้างอิงมากมายและใช้ต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน
- ช่างสำรวจสามารถเข้าใจการทำงานของเครื่องมือซึ่งทำให้ความผิดพลาดน้อยลง

ข้อเสีย

- การทำงานทั้งในสนามและสำนักงานล่าช้า
- เครื่องมือมักมีราคาสูง

งานสำรวจ ก่อนปี 1970

รังวัดมุม, รังวัดระยะทาง, และรังวัดค่าต่างระดับ

↓

บันทึกข้อมูลรังวัดบนสมุดสนาม

↓

คำนวณงานรังวัด

↓

ตระเตรียมการเขียนแผนที่

ตระเตรียมตารางเพื่อแสดงสถิติของข้อมูลรังวัด

ตระเตรียมรายงานการสำรวจ

รายการเครื่องมือสำรวจในช่วงของการเปลี่ยนแปลง

- กล้องวัดมุมแบบ optical หรือ กล้องวัดมุมประกอบกับ EDM
- เทปวัดระยะมาตรฐาน
- Spring balance
- เทอร์โมมิเตอร์และบารอมิเตอร์
- ลูกดิ่ง
- เครื่องคำนวณแบบพกพา
- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- กล้องระดับอัตโนมัติ และขากล้อง
- ไม้วัดระดับ โพนและปริซึม
- ระดับมือถือ
- เข็มทิศ
- เครื่องส่องฉาก
- เทปวัดระยะ
- บันทึกสมุดสนามในกระดาษ

ยุคของการเปลี่ยนแปลง

ลักษณะพิเศษ

- ต้องอาศัยเวลาในการปรับเทคโนโลยีเข้าหากัน
- เกิดวิธีการใหม่ๆ
- การตรวจสอบการทำงานไม่บ่อยนัก
- ความถูกต้องเป็นที่ยอมรับ
- ทฤษฎีและการปฏิบัติงานมีการปรับปรุง
- ในการปรับแก้ต้องการความรู้ในสหสาขาวิชา
- มีความต้องการในการใช้แบตเตอรี่และการชาจ์ต
- ค่าความคลาดเคลื่อนไม่ชัดเจน

งานสำรวจในยุคเปลี่ยนแปลง

รังวัดมุม, รังวัดระยะทาง(อิเล็คทรอนิคส์),
และรังวัดค่าต่างระดับ

↓

บันทึกข้อมูลรังวัดในสมุดสนาม

↓

คำนวณงานสำรวจ (อิเล็คทรอนิคส์)

↓

ตระเตรียมการเขียนแผนที่

ตระเตรียมตารางสถิติแสดงข้อมูลรังวัด (อิเล็คทรอนิคส์)

ตระเตรียมรายงานการสำรวจ

รายการเครื่องมือสำรวจยุค Fully Automated

- กล้องประมวลผลรวมและขากล้อง
- การทำงานวงรอบประกอบด้วยปริซึม, เป้า ,และขาตั้ง
- อุปกรณ์บันทึกข้อมูลอิเล็คทรอนิคส์ (เป็นทั้งเครื่องคำนวณ, บันทึกข้อมูล, โปรแกรมพื้นฐาน)
- เทอร์โมมิเตอร์และบารอมิเตอร์
- เครื่องคำนวณแบบพกพา
- เครื่องคอมพิวเตอร์รองรับงานกราฟฟิค
- กล้องระดับอัตโนมัติหรือกล้องระดับดิจิตอลและขาตั้งกล้อง
- ไม้วัดระดับ
- โพนและปริซึม
- เข็มทิศ
- เครื่องเขียนแผนที่
- เทปวัดระยะ
- เครื่องพิมพ์

Fully Automated

ลักษณะพิเศษ

- มีประสิทธิภาพสูงในการทำงาน
- ขจัดความคลาดเคลื่อนในการคัดลอกข้อมูล
- ขาดความเข้าใจของระบบอันเกิดจากผู้ผลิต
- มีการพัฒนาระบบการกำหนดรหัส
- ปราศจากการร่างภาพ (Sketch)
- ใช้ต้นทุนสูง
- ในขั้นบริการต้องพึ่งพาตัวแทนจำหน่าย
- จำเป็นต้องมีการชาร์ทแบตเตอรี่ที่สะดวกง่ายดาย
- ต้องการให้การถ่ายโอนข้อมูลทำได้สะดวก

งานสำรวจในยุค Fully Automated

รังวัดมุม, รังวัดระยะทาง, และรังวัดค่าต่างระดับ

↓

การบันทึกข้อมูลรังวัด

↓

การคำนวณงานสำรวจ

↓

ตระเตรียมการเขียนแผนที่

ตระเตรียมตารางแสดงข้อมูลสถิติ

ตระเตรียมรายงานการสำรวจ

ในอนาคต (ปัจจุบัน)

- ระบบ GPS และกล้องประมวลผลรวม ทำงานด้วยกัน
- หุ่นยนต์ที่เป็นกล้องประมวลผลรวม
- กล้องประมวลผลรวมที่สามารถทำงานด้วยคนๆเดียว
- กล้องประมวลผลรวมที่วัดระยะโดยปราศจากวัสดุสะท้อน
- มีการใช้งานรวมกับระบบ CAD
- อาศัยการเชื่อมโยงข้อมูลบนโครงข่าย Internet หรือ Intranet

The Surveyor

- อาศัยเครื่องมือในการรังวัดและคำนวณ
- ต้องการเรียนรู้ด้านเทคนิคเพิ่มขึ้น
- ต้องมีการพัฒนาระบบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานสนาม
- สามารถเตรียมการปรับปรุงเพื่อแก้ปัญหา
- ต้องการการคำนวณค่อนข้างน้อย
- ต้องตัดสินใจว่าเมื่อไหร่ถึงจะเลือกวิธีการสำรวจแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพมาก
- ต้องเรียนรู้โปรแกรมและตรวจสอบระเบียบวิธีคิดในการคำนวณ เส้นชั้นความสูง, ปริมาตร, แผนผัง, และรูปตัด

ลำดับความเป็นมาของงานสำรวจในแบบ Automated

- ขั้นที่ 1 การผลิตเครื่อง EDM เมื่อก่อนปี 1950
- ขั้นที่ 2 ยุคแรกของการผสมผสานเครื่องมือในปี 1970 – AGA model 700
- ขั้นที่ 3 การบันทึกข้อมูลรังวัดผ่านสื่ออิเล็คทรอนิคส์ กับกล้องวัดมุมระบบออฟติกคอล ในปี 1970
- ขั้นที่ 4 กล้องประมวลผลรวม ในปี 1980
- ขั้นที่ 5 กล้องระบบหุ่นยนต์และ GPS ในปี 1990
- ขั้นที่ 6 ระบบรังวัดแบบอัจฉริยะ (Intelligent Measuring System) ในปี 200?

Developments in Electronic Angle Measurement

<u>Motorized Total Station</u>

คุณลักษณะของระบบ Motorized เป็นดังนี้

- มี servo motor ทั้งทางราบและทางดิ่ง
- การหมุนของมอเตอร์กระทำได้ทั้งลักษณะการหมุนหยาบและหมุนละเอียด
- ไม่ต้องการควงสัมผัส (tangent screws)
- ใช้ประโยชน์ได้ดีมากในการกำหนดตำแหน่งในสนาม
- ราคาประมาณ $12-$16 K

Developments in Electronic Angle Measurement

Self Tracking Total Station

ระบบติดตามด้วยตัวเองจะทำการติดตามเป้าหมายแบบอัตโนมัติ
ระบบนี้มีคุณลักษณะดังนี้

- พื้นฐานจาก motorized system
- ใช้ระบบเลเซอร์ในการติดตามโดยเลเซอร์เป็นเส้นขนานกับระบบของเลนส์
- สามารถค้นหาตำแหน่งได้ด้วยความรวดเร็ว
- เริ่มต้นค้นหาทันทีเมื่อมีการปลดควงบังคับ (clamp)
- ไม่ต้องการการโฟกัสภาพ
- รวดเร็วและละเอียดกว่าการเล็งด้วยสายตามนุษย์
- สามารถทำงานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน

Developments in Electronic Angle Measurement

Robotic System

ระบบหุ่นยนต์เป็นอีกขั้นของระบบติดตามเป้าหมายซึ่งรวมลักษณะทั้งหมดของระบบติดตามเป้าหมายและคุณลักษณะดังนี้

- Robotic software
- การเชื่อมโยงกันด้วยการสื่อสารไร้สาย
- ใช้ remote control ที่มี key pad
- ต้องการผู้ปฏิบัติงานคนเดียว
- ใช้ผู้ช่วยคนเดียวในการวางหมุด
- ราคาประมาณ $30-$40 K

Electronic Total Station

กับรูปแบบที่จำเป็น

รูปแบบทั่วไป

- น้ำหนักน้อยกว่า 6 kg
- มีความมั่นคง, แข็งแรง
- ทนทานต่อสภาวะอากาศ
- ช่วงของการทำงานที่อุณหภูมิ -10° - +50°
- พลังงานสามารถใช้งานได้ใน 1 วัน
- มีพลังงานสนับสนุนสำรอง
- แป้นกด ตัวอักษรหรือตัวเลข
- หน้าจอมองเห็นชัดเจน

Electronic Total Station

กับรูปแบบที่จำเป็น (ทั่วไป)

- < 6 kg
- มั่นคงแข็งแรง
- ทนต่อสภาวะอากาศ
- พลังงานเพียงพอสำหรับ 1 วัน
- ช่วงการทำงาน -10° - +50°
- มีพลังงานสำรอง
- แป้นกด อักษรหรือ ตัวเลข
- หน้าจอที่ชัดเจน
- มีช่องมองทางดิ่งในตัว
- รูปร่างกระชับและลู่ลม
- ทำจากวัสดุที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ
- มีช่องต่อสายข้อมูลที่ฐานกล้อง
- การเชื่อมต่อกับสายข้อมูลมีความมั่นคง
- Telescope สามารถหมุนได้ 360°

Electronic Total Station

กับรูปแบบที่จำเป็น

รูปแบบของการวัดมุม

- ระบบวัดมุมเป็นดิจิตอล
- มีระบบปรับแก้ความเอียงของระดับแบบอัตโนมัติ
- สามารถตรวจสอบและขจัดค่าความคลาดเคลื่อนของจานองศา
- มีความสามารถในการหาค่าแก้ของสายใยราบและดิ่งได้อย่างง่าย
- สามารถตั้งค่าอ่านจานองศาราบได้
- ความถูกต้อง < 5″ ของส่วนโค้ง

Electronic Total Station

กับรูปแบบที่จำเป็น

รูปแบบของการวัดระยะทาง

- ลดระดับสัญญาณแบบอัตโนมัติ
- วัดระยะได้ถึง 500 m ด้วยปริซึมดวงเดียว
- ความถูกต้องของระยะทาง < ±(5 mm+ 5 ppm)
- สามารถประยุกต์ค่าแก้ของ scale factor, ค่าคงที่ของปริซึม, และค่าคงที่ของเครื่องมือเป็นอัตโนมัติ
- สามารถประยุกต์ค่าแก้ชั้นบรรยากาศเป็นอัตโนมัติ
- แนวเล็งของการวัดมุมและระยะทางเป็นแนวเดียวกัน

Electronic Total Station

กับรูปแบบที่จำเป็น

รูปแบบของ Software

- ใช้งานง่ายโดยแยกเป็นเมนู
- สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งค่าพิกัด, ทิศทาง, และระยะทาง
- บันทึกวันที่และเวลาทั้งในแบบอัตโนมัติหรือกำหนดเอง
- มีฟังก์ชั่นในการรังวัดที่หลากหลาย เช่น offset, resection, traversing
- ใช้งานได้ทั้งที่มีการบันทึกข้อมูลและไม่มีการบันทึกข้อมูล

Electronic Total Station

กับรูปแบบที่จำเป็น

รูปแบบของ Software (ต่อ)

- มีระบบเตือนผู้ใช้เมื่อระดับพลังงานใกล้หมด
- คำนวณความถูกต้อง
- คำนวณหาความสูงไปยังตำแหน่งที่ไม่สามารถเข้าถึง
- สามารถตั้งค่าตัวแปรตามสมรรถภาพของเครื่องมือ

Electronic Total Station

กับรูปแบบที่พึงประสงค์

รูปแบบทั่วไป

- มีการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232C ซึ่งย่อมาจาก recommended standard – 232C เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อโดย EIA (Electronic Industries Association)
- คีย์บอร์ด ตัวอักษร
- LCD สามารถปรับความสว่างได้ เมื่อใช้ในที่มืด
- สามารถให้แสงสว่างที่สายใยได้ เมื่อใช้ในที่มืด
- แบตเตอรี่แบบชาจ์ตได้
- มีตำแหน่งบ่งชี้ความสูงของแกนกล้อง
- มีชุดของการเชื่อมต่ออยู่ภายใน

Electronic Total Station

กับรูปแบบที่พึงประสงค์

รูปแบบของการวัดมุม

- สามารถแสดงค่าเฉลี่ยในการวัดมุมเป็นชุดได้ (แสดงค่าเฉลี่ย, ช่วง, และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
- สามารกำหนดความละเอียดของการแสดงค่ามุมได้
- สามารถวัดมุมได้ทั้งที่เป็นมุมตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา
- มีปุ่มสำหรับตั้งค่ามุมเป็น 0°

Electronic Total Station

กับรูปแบบที่พึงประสงค์

รูปแบบของการวัดระยะทาง

- ทอนค่าระยะทางสู่ระดับน้ำทะเล
- แก้ค่าความโค้งของโลกและการหักเหในชั้นบรรยากาศ
- สามารถบันทึกระยะที่ตำแหน่งปริซึม
- การวัดระยะเป็นเทคโนโลยีแบบ Reflectorless และมีแสงที่สามารถมองเห็นได้เพื่อให้แนวสำหรับการกำหนดตำแหน่ง
- สามารถแสดงค่าเฉลี่ยในการวัดระยะเป็นชุดได้ (แสดงค่าเฉลี่ย, ช่วง, และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Electronic Total Station

กับรูปแบบที่พึงประสงค์

รูปแบบของ Software

- ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าได้ในทันทีทันใด
- ผู้ใช้สามารถกำหนดรูปแบบของข้อมูลที่จะส่งออกหรือจัดเก็บได้
- ตัวแปรที่กำหนดการเชื่อมต่อปรับเปลี่ยนได้
- มีการจัดเตรียมชุดคำสั่ง
- สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม

Accuracy of Total Stations

- การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัดทุกชนิดเป็นขั้นตอนเริ่มต้นเสมอ
- ไม่มีกฎเกณฑ์มาตรฐานของการวัดสอบกล้องประมวลผลรวม- จะพิจารณาเป็นสองส่วนคือ EDM และ theodolite
- การตรวจสอบเครื่องมือภาคสนามเป็นสิ่งจำเป็น

Accuracy of Total Stations

Accuracy ต้องการการประเมินจาก

- การวัดระยะทาง – จะกระทำเช่นเดียวกับการวัดสอบ EDM
- การวัดมุม
    * มุมราบ – ตรวจสอบด้วยมุมภายในของรูปปิด
    * มุมดิ่ง - ตรวจสอบด้วยเทคนิคที่เปรียบเทียบกับแนวดิ่งอื่น

Developments in Total Stations

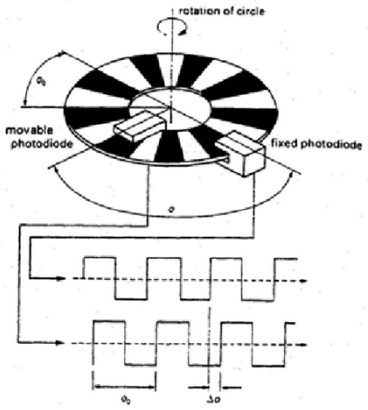
- ในการพัฒนาบางอย่างเป็นการตรวจสอบเครื่องมือซึ่งรวมทั้ง
- การพัฒนาด้านการวัดค่ามุมอิเล็คทรอนิคส์
- การชดเชยความเอียงของแกน (axis compensation)
- Motorization and robotics
- การพัฒนาโปรแกรมภายในเครื่องมือ (on board S/W)
- การจัดการด้านหน่วยความจำและชนิดของสื่อในการบันทึก

Developments in Electronic Angle Measurement

- ค่าความผิดขนาดใหญ่ 2 ประการจากการอ่านค่าผิดและการตีความหมายผิด นั้นจะถูกขจัดไปด้วย
- การรังวัดมุมระบบอิเล็คทรอนิคส์ ซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้วอาศัยเทคนิคดังนี้
  - Incremental Measurement
  - Absolute Measurement

Developments in Electronic Angle Measurement

Incremental Measurement Technique



Incremental Measurement Technique

- เมื่อหมุน total station จำนวนของขีดแบ่งจะถูกนับและแปลงค่าเป็นมุม โดยมีหัวอ่านหนึ่งหัวที่คงที่ ณ.ตำแหน่ง 0 องศา ค่าอ่านบนจานองศาได้จากจำนวนขีดแบ่งระหว่างหัวอ่านที่คงที่กับหัวอ่านที่เคลื่อนที่
- จำนวนเต็มของขีดแบ่ง (n) กับส่วนที่ไม่เต็มขีดแบ่งนั้นถูกใช้ในการรังวัดค่ามุม

Developments in Electronic Angle Measurement

Absolute Measurement Technique

- จานองศาแก้วถูกแบ่งเป็นขีด (graduations) เช่น T1010 มีขีดแบ่ง 1052 และในแต่ละช่วงมีส่วนย่อยของวงกลม (sector) 128 ส่วน ในแต่ละส่วนเป็นรหัสเลขฐานสอง เช่น 0000000 ถึง 1111111
- Light Emitting Diode(LED) ให้แสงผ่านจานองศาและอ่านค่าด้วยแถวของ photo diode ซึ่งค่ามุมที่วัดได้มี 2 ส่วน คือ ในส่วนของ sector และส่วนย่อยของ sector
- แต่เพื่อให้แน่ใจกว่าการนับช่องแบ่งบนจานองศา ค่ามุมจะได้จากขีดแบ่ง (graduations) โดยตรง ด้วยการหมุน photo diode รอบจานองศาราบและจานองศาดิ่ง

Developments in Electronic Angle Measurement

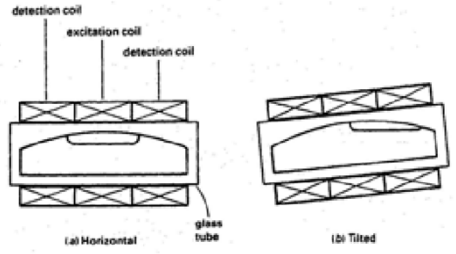
Axis Compensation

- Total station รุ่นใหม่จะมีระบบ axis compensation แบบอัตโนมัติที่ทำการแก้ความคลาดเคลื่อนจากความเอียงของแกนราบและแกนดิ่ง
- ระบบที่นิยมจะใช้หลอดระดับสำหรับตั้งระดับให้ได้แนวราบและ pendulum sensor สำหรับหาค่าชดเชยของแกนดิ่ง
- Electronic tilt sensor ปกติเป็นแบบชนิดของเหลวโดยระบบการหาค่าชดเชยประกอบด้วย
  - Magnetic detection
  - Photodiode detection

Developments in Electronic Angle Measurement

Axis Compensation (Magnetic detection)

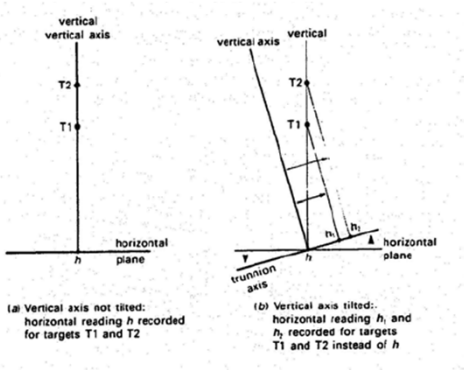
- Sensor เป็นตัวตรวจวัดการเคลื่อนที่ของฟองอากาศในหลอดระดับโดยการวัดระดับของสนามแม่เหล็กจาก ค่าต่างของแรงดันไฟฟ้าเพื่อหาตำแหน่งของฟองอากาศ



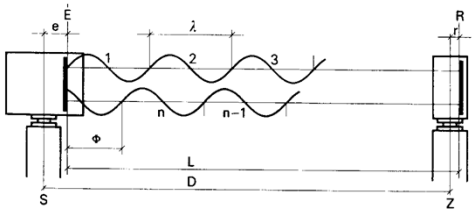
Developments in Electronic Angle Measurement

Dual Axis Compensation

- การชดเชยความเอียงแบบสองแกน ไม่ได้แก้ค่าความเอียงของแกนดิ่งเพียงอย่างเดียวแต่จะแก้แกนที่ตั้งฉากกับแกนเอียงของแกนดิ่ง (trunnion) โดยตรง ความเอียงในแกนที่ตั้งฉากกับแกนเอียงเป็นความคลาดเคลื่อนที่ทำให้มุมราบมีค่าในลักษณะเกินควรจากการมองในแนวดิ่ง



Distance Measurement



เครื่องวัดระยะทางอิเล็คทรอนิคส์ (Electronic Distance Meter: EDM) เป็นเครื่องมือสำรวจชนิดหนึ่งที่ใช้ในการวัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุด โดยอาศัยหลักการของการส่งผ่านเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้าที่รู้คุณสมบัติผ่านบรรยากาศไปยังตำแหน่งที่ต้องการ แล้วจะมีการสะท้อนกลับหรือไม่ก็ตามแต่ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องวัดระยะอิเล็คทรอนิคส์ คุณสมบัติเบื้องต้นที่ควรจะทราบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดระยะทางนั้นคือค่า ความถี่ (Frequency; f) และค่าความยาวคลื่น (Wave Length; λ)

Distance Measurement

- ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ*

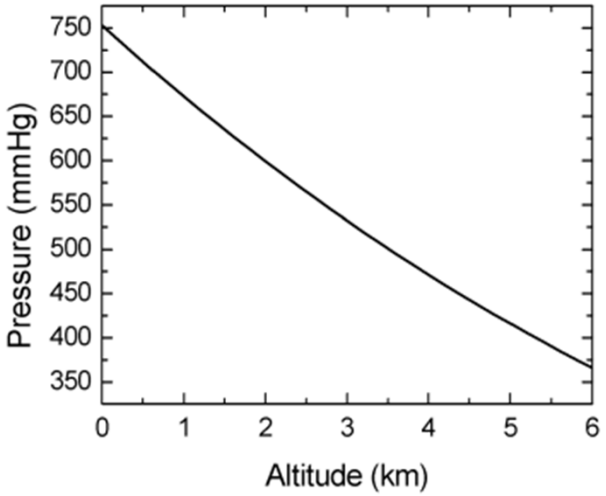
$$\text{Coorection X} = 278.96 - \frac{0.3872 * P}{\left(1 + \left(0.003661 * C\right)\right)}$$

- ค่าแก้เนื่องจากความโค้งของโลกและการหักเหของแสง

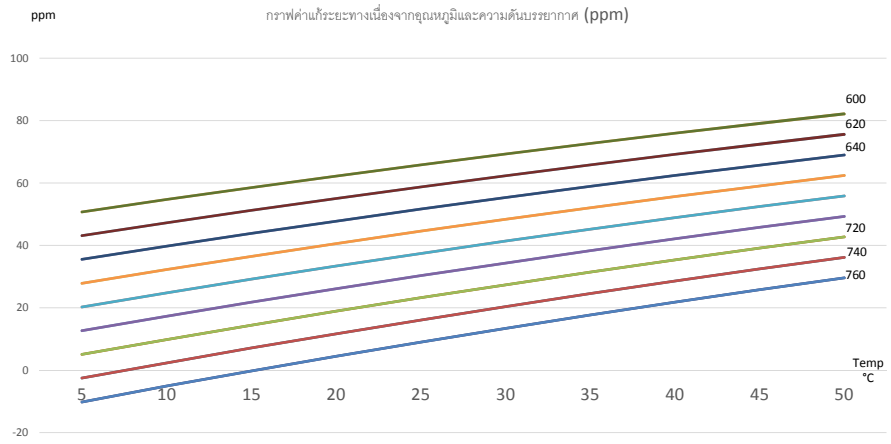
$$H' = S * \sin Z - \frac{1 - K/2}{R} * S^2 * \sin Z * \cos Z$$

$$V' = S * \cos Z + \frac{1 - K}{2R} * S^2 * \sin^2 Z$$

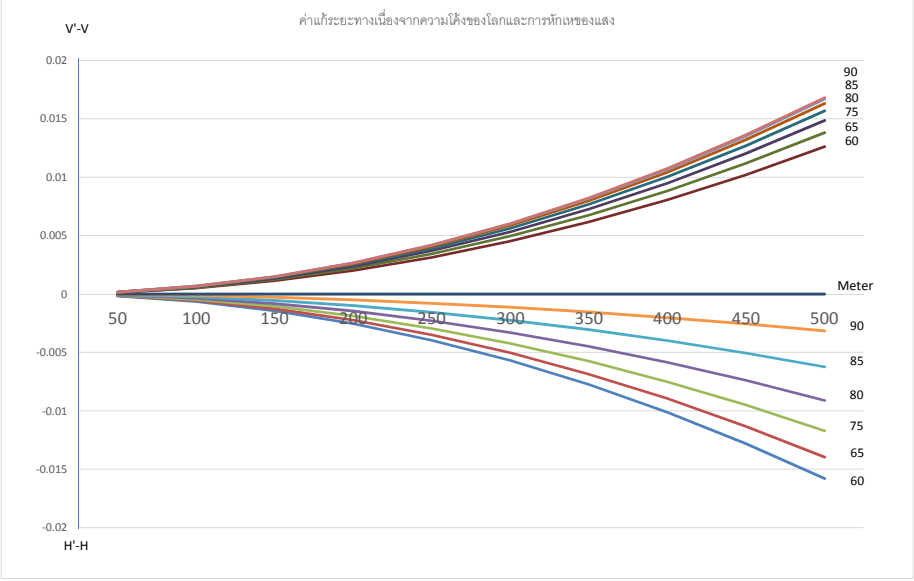
Atmospheric pressure vs. Altitude



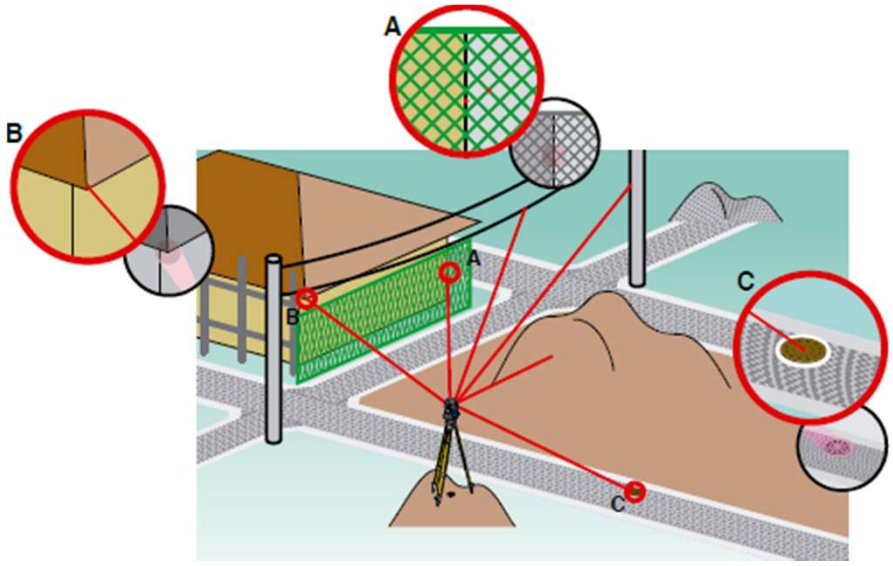
Distance Measurement



Distance Measurement



Distance Measurement Reflectorless



Distance Measurement Reflectorless

ข้อพึงระวังในการรังวัดระยะโดยปราศจากวัสดุสะท้อน Reflectorless

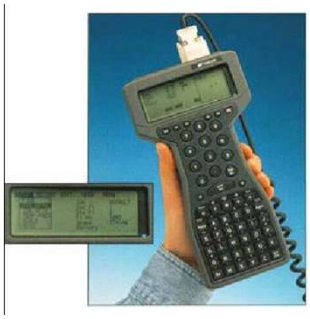
- รังวัดบริเวณมุม ขอบ ในระนาบเดียวกับแนวเล็ง
- รังวัดไปยังพื้นผิวที่อยู่ในระนาบเอียง
- รังวัดไปยังพื้นผิววัตถุซึ่งไม่ทึบแสงร้อยเปอร์เซ็นต์
- รังวัดผ่านตัวกลาง เช่น ทุ่งหญ้า รั้ว ใบไม้ หมอก ควัน ฯลฯ
- รังวัดข้ามพื้นผิวที่สะท้อนสัญญาณ เช่น ผิวน้ำ กระจกรถยนต์

Circle reading vs. Angle vs. Azimuth

- Circle reading เป็นค่าอ่านบนจานองศาที่แสดงตำแหน่งแนวเล็ง
- Angle ผลต่างระหว่าง Circle reading เป็นไปได้ทั้งตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา (แต่ในงานสำรวจใช้มุมตามเข็มนาฬิกา +)
- Azimuth ค่าแสดงทิศทางซึ่งอ้างอิงกับแกน Y หรือ N ของระบบพิกัดฉาก

ตัวเลขที่แสดงผลบนกล้องประมวลผลรวม เป็นไปได้ทั้ง 3 แบบ ขึ้นอยู่กับการกำหนดตามเริ่มต้นงาน

Purpose of an Electronic Data Recording



- เพื่อเป็นการบันทึกข้อมูลของการสำรวจด้วยเครื่องมืออิเล็คทรอนิคส์ให้มีความปลอดภัยและมีการจัดเก็บที่น่าเชื่อถือ
- เพื่อที่จะบันทึกข้อมูลทั้งหมดที่เคยบันทึกผ่านสมุดสนาม
- สามารถส่งผ่านข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์
- ความสมบูรณ์ของข้อมูลสูง
- เพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการบันทึกผ่านแป้นกดของเครื่องมือสำรวจที่เป็นอิเล็คทรอนิคส์
- เพื่อที่จะให้ผู้ใช้สามารถทำงานในลักษณะปกติอย่างสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามก็ยินยอมให้ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนวิธีการได้บ้าง

Types of Data Recording

อุปกรณ์บันทึกข้อมูลรังวัดอิเล็คทรอนิคส์มีหลายชนิด ซึ่งทำการบันทึกได้อย่างสะดวกและระบบยังเป็นระบบในลักษณะอัตโนมัติ ระบบบันทึกข้อมูลข้างต้นสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มพื้นฐานดังนี้

1. External Data Recorders
2. Data Card or Data Modules
3. On Board Recording

External Handheld Data Recorders Proprietary systems

เริ่มแรกของการพัฒนาโดยผู้ผลิตเครื่องมือสำหรับขยายการใช้งานของเครื่องมือสำรวจ ตัวอย่างของระบบต่างๆ

Sokkia	SDR22,SDR31,SDR33
Leica	GRE3
Topcon	FC1,FC3,FC5
AGA	Geodat

คุณลักษณะทั่วไป

- มีลักษณะสอดคล้องและเกี่ยวข้องกับเครื่องมือสำรวจ
- สามารถทำงานสำรวจในลักษณะของการรังวัดที่พิเศษได้

Data Cards and Modules

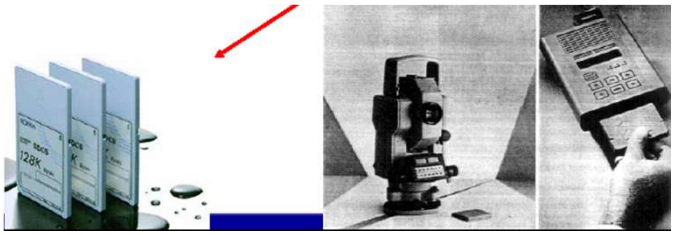
การบันทึกข้อมูลผ่าน cards/modules เกิดขึ้นในปี 1980 ทำให้ช่างสำรวจสามารถทำงานได้โดยปราศจากส่วนบันทึกข้อมูลภายนอก ภายใต้เงื่อนไขที่ยืดหยุ่นได้เพื่อรองรับการทำงาน

- บันทึกข้อมูลภาคสนาม
- ช่วยให้ช่างสำรวจทำงานได้อย่างสะดวก

Data Cards and Modules

ตัวอย่างของระบบที่ใช้งานผ่าน card/modules คือ

- Sokkia SET 4 Series PCMCIA Card
- Leica TC 1000 Series REC Data Modules
- Topcon GTS 700 Series PCMCIA Card



Onboard Recording Facilities

ระบบความทรงจำภายในใช้ประโยชน์ในการบันทึกข้อมูลภาคสนามในส่วนเดียวกับที่ใช้จดจำโปรแกรม**ที่ได้รับการยอมรับ**

- Geodimeter Geodimeter 400, 500, and 600
- TOPCON GTS 700 series

โดยปกติขนาดของหน่วยความจำภายในอยู่ในระดับ 300 kb ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้ประมาณ 5000 จุดหรือมากกว่านั้น

Onboard Recording Facilities

ข้อดี ประกอบด้วย

- รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ
- เป็นระบบที่ประยุกต์ใช้งานได้เต็มที่
- เป็นระบบที่มีความน่าเชื่อถือ

ข้อเสีย ประกอบด้วย

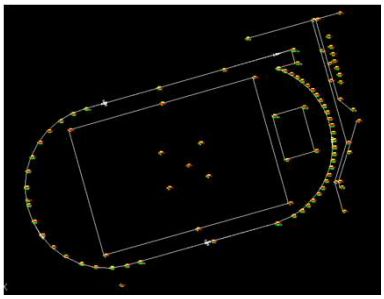
- ระบบนี้สามารถ download ได้ในสำนักงานเว้นแต่มีการพกพาเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กไปใช้ในสนามด้วย
- การเพิ่มประสิทธิภาพของกล้องประมวลผลรวมนั้นราคาสูง

ข้อมูลรังวัดหลักในภาคสนาม
มีเพียง 2 ข้อมูลเท่านั้น

Distance & Direction

ตัวแทนของภูมิประเทศ

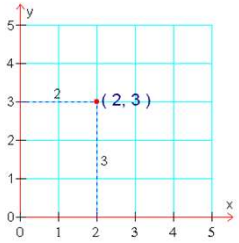
- เราอธิบายลักษณะภูมิประเทศ ในรูปแบบ แผนที่ภูมิประเทศ



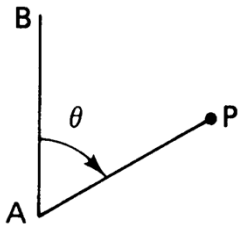
Real World →→→→--→ Topographic Map

ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ

- A graphic are drawing by points.
- We described a point position with coordinates



Rectangular Coordinates

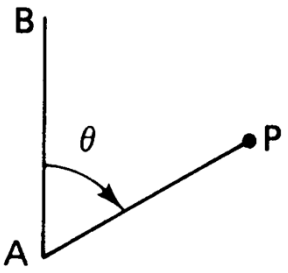


Polar Coordinates

Polar Coordinates

- ตำแหน่งใดๆแสดงด้วยระยะห่างจากจุดอ้างอิง และ
- มุมในระนาบราบจากแนวอ้างอิง

Base Line Requirement

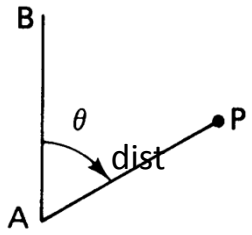


- Need one for refer distance and
- Need one direction to refer orientation

ข้อมูลรังวัดในงานสำรวจ

จากความต้องการอธิบายตำแหน่งของจุดใดๆด้วยพิกัดเชิงขั้ว

- 1 Base line or 2 points assumed.
- 1 Horizontal Distance.
- 1 Horizontal Angle (Clockwise)



Field Operations

Preparation and Planning (Office)

- ความเข้าใจในวัตถุประสงค์ของงานที่จะทำการสำรวจ

  อะไรเป็นข้อมูลที่ต้องการให้ปรากฏในแผนที่บริเวณ และอะไรเป็นข้อมูลที่ต้องทำการรวบรวมในสนาม

  * เส้นชั้นความสูงต้องการใช้ spot height
  * ระดับของพื้นในอาคาร, ชนิดของต้นไม้
- แผนที่เฉพาะแปลง ต้องเตรียมข้อมูลขอบเขตที่ดิน
- แผนที่ภูมิประเทศจัดเตรียมเส้นชั้นความสูงและรายละเอียดอื่นๆ
- แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศหรือแผนที่ภาพออร์โธจัดเตรียมจุดควบคุม, รายละเอียด, เส้นชั้นความสูง
- แผนที่เสนอโครงการเป็นแผนที่ที่ระบุข้อมูลเฉพาะที่ต้องการตามวัตถุประสงค์ที่จะใช้การเสนอโครงการปรับปรุงพื้นที่

Field Operations

Preparation and Planning (Office)

- ค้นหาจุดควบคุมที่จะใช้ในงานสำรวจ
  - ค้นหาจากหมุดควบคุมของภาครัฐทั้งที่เป็นของส่วนกลางและส่วนท้องถิ่น
  - ตำแหน่งและคำอธิบายของหมุดควบคุม
    * คำอธิบาย
    * ความถูกต้องทางราบ (horizontal accuracy)
    * ความถูกต้องทางดิ่ง (vertical accuracy)

Field Operations

Preparation and Planning (Office)

- หาวิธีการที่จะใช้ในการสำรวจพิจารณาพื้นฐานด้วยความถูกต้องที่ต้องการและภูมิประเทศของบริเวณ
  - ความถูกต้องของจุดรังวัดได้จากความถูกต้องของจุดควบคุมและวิธีการสร้างจุดควบคุม
  - จะใช้ total station หรือ GPS หาตำแหน่งของจุด
  - คำนวณหาระยะทางไกลสุดที่จะวัดได้เพื่อที่จะได้แน่ใจว่าได้ความถูกต้องที่ต้องการ

Field Operations

Preparation and Planning (Field)

- ค้นหาพื้นที่ที่จะใช้ในการสร้างจุดควบคุม
- เดินสำรวจพื้นที่
  - สร้างจินตนาการของตำแหน่งตั้งกล้องและรายละเอียดของพื้นที่ซึ่งจะรังวัดเท่าที่เป็นไปได้
  - กำหนดการเชื่อมต่อของรายละเอียดที่เป็นเส้นในความคิดเท่าที่จะเป็นไปได้
- ต้องแน่ใจว่าภาพร่างนั้นเรียบร้อยและอ่านได้ง่าย
- อาจต้องใช้ภาพร่างหลายภาพสำหรับรายละเอียด
- ภาพร่างควรจะประกอบด้วยรายละเอียดที่สำคัญ
- อาศัยชื่อประกอบคำอธิบายและข้อมูลการร้อยโยง
- เป็นลักษณะเดียวกับแผนที่หรือแผนผังที่สมบูรณ์

Survey Control Planning

- ใช้จุดควบคุมให้เหมาะสมกับข้อกำหนดของความถูกต้องของงานสำรวจ
- จุดควบคุมควรจะมีจำนวนเพียงพอและไม่ควรจะประนีประนอมค่าความถูกต้องแม้เป็นรายละเอียด
- เมื่อทำการกำหนดจุดควบคุมควรพิจารณาถึงการก่อสร้างที่จะเกิดขึ้นภายหลัง เพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้งานในภายหน้า
- จุดควบคุมบางตำแหน่งอาจต้องพิจารณาที่โล่งแจ้งเพื่อใช้ในการรับสัญญาณดาวเทียม GPS ในบางกรณี
- ทั่วไป
  - ใช้หมุดชนิดถาวรหรือกึ่งถาวร เช่น หมุดไม้
  - ต้องให้แน่ใจว่าจุดควบคุมทั้งที่มีอยู่แล้วและสร้างใหม่มีความมั่นคง ทั้งทางราบและทางดิ่ง
- Horizontal
  - ให้แน่ใจว่าจุดควบคุมเป็นวงรอบปิด
  - จุดควบคุมทางราบ→ อ่านด้วยกล้อง 2 หน้าตลอดและแนะนำให้เป็น 2 ชุด

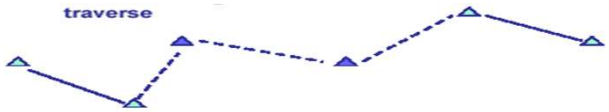
Control Establishment

- Horizontal

- พิจารณาเส้นฐานในงานสำรวจบนจุดที่ทราบค่าพิกัด 2 จุด แม้ว่า 3 จุดจะสิ่งที่ชอบมากกว่า

- ให้แน่ใจว่าจุดควบคุมนั้นปิด (ตรวจสอบความถูกต้องได้)

* จุดที่ทราบค่าพิกัดของวงรอบ, ทิศทางได้จากค่าพิกัดของจุดหรือทราบค่าทิศทางของด้านเริ่มต้นและสิ้นสุดวงรอบ

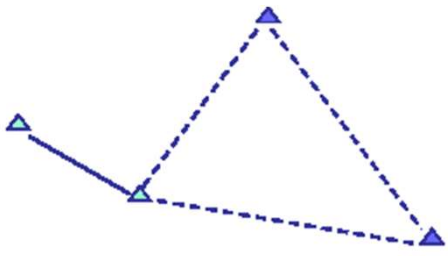


Control Establishment

- Horizontal

- ให้แน่ใจว่าจุดควบคุมนั้นปิด (ตรวจสอบความถูกต้องได้)

* วงรอบปิดจะเริ่มต้นและสิ้นสุดที่จุดเดียวกัน ทิศทางหาได้จากจุดที่ทราบค่าพิกัดที่สอง หรือจากทิศทางที่รู้อยู่แล้ว



Control Establishment

- Horizontal

- Angles

  - รังวัดมุมด้วยการอ่านอย่างน้อย 2 หน้าตลอด และแนะนำให้วัดเป็น 2 ชุด

- Distances

  - อ่านและบันทึกระยะลาด 3 ครั้ง

  - อ่านและบันทึกระยะราบ 1 ครั้ง

- ความคลาดเคลื่อนของการเข้าบรรจบทางราบดีกว่า 1 : 50,000

  - ใช้ total station ที่มีความละเอียดของการวัดที่ 5″ และ 5 mm + 5 ppm ให้ misclosures < 1:20,000

Control Establishment

- Vertical

  - การสร้างจุดควบคุมทางดิ่งกระทำโดยวิธีการทางงานระดับ หรือการหาความสูงโดยตรีโกณมิติ

  - โดยปกติให้ Accuracy ที่ชั้นงานที่ 4

- Vertical

  - ชั้นของงานระดับ

4^{th}	18mm $\sqrt{k}$
3^{rd}	12mm $\sqrt{k}$
2^{nd}	8mm $\sqrt{k}$
1^{st}	4mm $\sqrt{k}$

  - อาศัยหมุดระดับ (BM) 2 จุดตลอดสำหรับการทำระดับ

Field Pickup

- Set 0°00′00″ หรือตั้งค่าเป็นทิศทางที่แนวอ้างอิง เป็นการวางตัวของการสำรวจให้ตรงกับการวางตัวของพื้นโลก แต่ในขั้นตรวจสอบ การตั้งค่าเป็น 0 จะตรวจสอบง่ายกว่า
- การวัดในจุดใดๆที่ต้องการเป็นการวัดแบบแผ่รัศมี
- ความยาวของระยะไกลสุดที่วัด 250 เมตร ต้องจดจำระยะไกลสุดที่ยอมให้สามารถวัดได้จากความถูกต้องที่ต้องการ
- มีการตรวจสอบกลับไปยังจุดควบคุมหรือจุดที่รู้ค่าพิกัดตลอดการรังวัดทุกๆ 20 –30 จุดรังวัด

Feature Location

- ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการทำงานสำรวจ
- อาจประกอบด้วย
  - ต้นไม้ เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.15 เมตร
  - สิ่งก่อสร้าง เช่น อาคาร
  - รั้ว
  - สาธารณูปโภค ทั้งบนพื้นดินและใต้ดิน
  - ลักษณะภูมิประเทศ

Topography

- มีวัตถุประสงค์เพื่อการพรรณนาลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่อย่างละเอียด
- อาศัยการสุ่มรังวัด spot heights
- พิจารณาตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงของความลาดชัน, ทางน้ำ, หุบเขา
- และแน่ใจว่ามีการใช้ประโยชน์ของ breaklines

Field book Recording

- Instrument heights
- String numbers
- การเปลี่ยนแปลงของค่า Prism heights
- ความผิดพลาดของการกำหนดรหัส (Errors in Coding)
- อื่นๆที่เกี่ยวกับ Graphical information

Checks

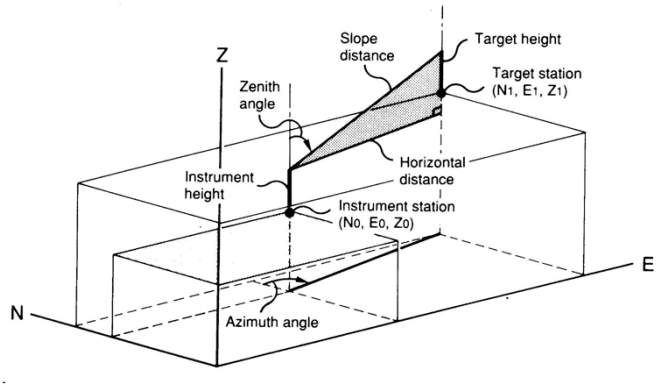
- มีการรับรองการตรวจสอบตลอดเวลา
- ใช้จุดสำหรับอ้างอิงทิศทาง RO 2 จุด ที่สามารถตรวจสอบค่าพิกัดและการวางตัวได้
- ตรวจสอบกลับไปยังจุดที่เป็น RO ทุกๆการรังวัดจุดประมาณ 20 – 30 จุด
- ในกรณีที่สามารถเข้าบรรจบเป็นวงรอบ สำหรับใช้ตรวจสอบคุณภาพของจุดตั้งกล้อง

Basic Functions in Total Station

Total Station จะเกี่ยวข้องกับข้อมูลรังวัดทั้งที่เป็น ระยะทาง (พิจารณาตามแนวเล็ง) และค่าอ่านบนจานองศา (ทิศทาง) ประกอบกับรูปแบบของการรังวัดที่เป็นระบบระเบียบร่วมกับการเก็บบันทึกข้อมูลรังวัดที่เป็นลำดับ เงื่อนไขของการรังวัดที่อาศัย Function ของกล้องประมวลผลรวมจะประยุกต์จากการรังวัดค่าของมุมราบ , มุมดิ่ง และระยะลาด (S,V,H) ซึ่งหน่วยประมวลผลภายในกล้องประมวลผลรวมสามารถหาค่าพิกัด X , Y , Z

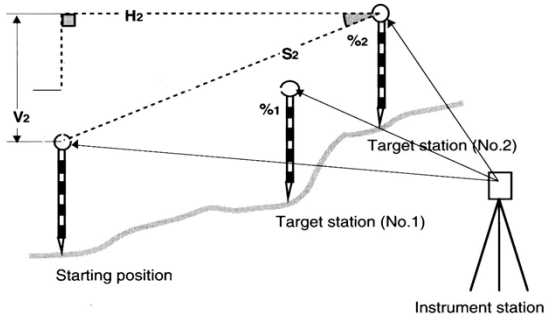
- ระยะลาด ที่เป็นระยะตามแนวเล็งจากตำแหน่งหมุดไปยังเป้าสะท้อน (Prism)
- มุมดิ่ง ส่วนมากมีการรังวัดอยู่ในรูปแบบ Zenith angle
- มุมราบ มักเป็นการรังวัดที่มีการ set 0 องศา
- ความสูงของการตั้งกล้องและเป้า ใช้เทปวัดระยะทางในการวัด
- อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ สำหรับแก้ค่าระยะทาง

Basic Functions in Total Station



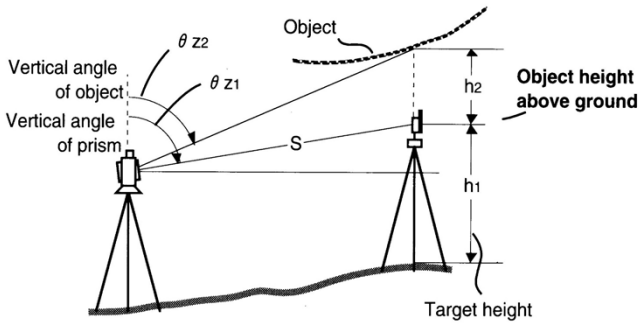
$$N = N_0 + S\sin V\cos H$$
$$E = E_0 + S\sin V\sin H$$
$$Z = Z_0 + InstrHt + S\cos V - T\arg Ht$$

Basic Functions in Total Station



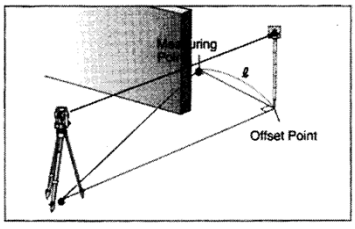
$$\Delta H = \sqrt{(N_2 - N_1)^2 + (E_2 - E_1)^2}$$
$$\Delta S = \sqrt{(N_2 - N_1)^2 + (E_2 - E_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2}$$
$$\Delta V = Z_2 - Z_1$$

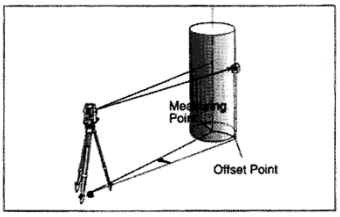
Basic Functions in Total Station



$$h_2 = S\sin\theta_{Z1}\cot\theta_{Z2} - S\cos\theta_{Z1}$$

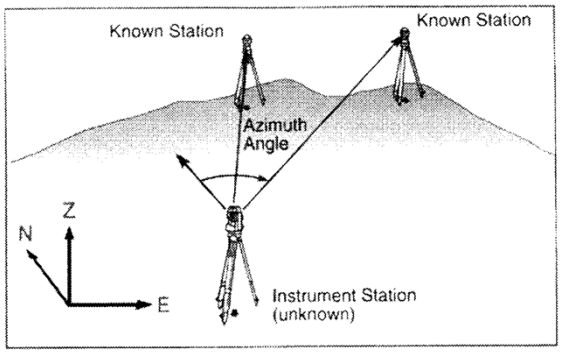
Basic Functions in Total Station





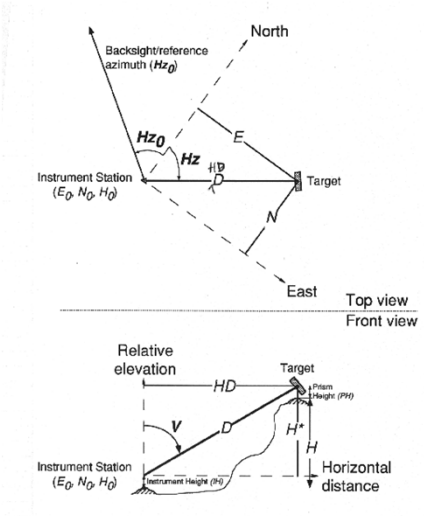
$$N_2 = N_0 + S_1\sin V_1\sec(H_2 - H_1)\cos H_1$$
$$E_2 = E_0 + S_1\sin V_1\sec(H_2 - H_1)\sin H_1$$
$$Z_2 = Z_0 + InstrHt + \left(\sqrt{(N_2 - N_0)^2 + (E_2 - E_0)^2}\cot V_2\right) - T\arg Ht$$

Basic Functions in Total Station



$$Hdist_1^{\,2} = (N_1 - N_0)^2 + (E_1 - E_0)^2$$
$$Hdist_2^{\,2} = (N_2 - N_0)^2 + (E_2 - E_0)^2$$

Basic Functions in Total Station



การคำนวณอาศัยสมการผลต่างของค่าภาคของทิศ และระยะทางจากค่าพิกัด โดยเปรียบเทียบกับค่ารังวัดในขณะนั้น

$$Az_1 = \arctan\left(\frac{E_1 - E_0}{N_1 - N_0}\right) + C$$

$$dist_1 = \sqrt{(N_1 - N_0)^2 + (E_1 - E_0)^2}$$

Field Coding Systems

ไม่มีสมุดสนาม ไม่มีภาพร่าง

เมื่อปราศจากสมุดสนามที่ใช้ในการจดบันทึกข้อมูล สิ่งที่ขาดหายไปด้วยได้แก่ภาพร่างของภูมิประเทศซึ่งใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นของการเขียนรูปแผนที่

เมื่อการบันทึกข้อมูลเป็นอิเล็คทรอนิคส์

ภาพร่าง → เปลี่ยนเป็น รหัส (Field Code) เพื่ออธิบายลักษณะของภูมิประเทศ

Field Coding Systems

- การทำงานด้วยเครื่องมือสำรวจอิเล็คทรอนิคส์ขจัดความต้องการการบันทึกข้อมูลสนามในสมุดสนาม
- ระบบการวัดในรูปแบบดิจิตอลสามารถทำการบันทึกข้อมูลผ่านอุปกรณ์ได้ในการสัมผัสปุ่มเดียว
- สมุดสนามเหมาะกับการพรรณาแผนผังการนำเสนอทั้งหมดเกี่ยวกับงานสำรวจ
- ข้อมูลซึ่งบันทึกผ่านอุปกรณ์บันทึกจำเป็นต้องมีป้ายชื่อเพื่อทำให้สามารถชี้จำแนกจุดต่างๆที่รังวัด
- โดยปกติแล้วการติดป้ายชื่อนั้นเรียกว่าระบบการกำหนดรหัสในสนาม (Field Coding Systems)

The Functions of a Fieldbook

สมุดสนามบันทึกข้อมูลหลากหลายที่ประกอบด้วย

- Registration information
- Measurement information
- Descriptive information
- Graphical information

The Functions of a Fieldbook Registration Information

รายละเอียดของงานสำรวจที่บอกว่า ใคร, อะไร, ที่ไหน, เมื่อไหร่, ทำไม

ตัวอย่างเช่น

- ใครเป็นคนที่ทำการรังวัด
- สถานที่ที่ทำการรังวัด
- เหตุผลที่ทำการรังวัด, ระบุลักษณะงาน
- เมื่อไรที่ทำงานสำรวจ
- ใช้อุปกรณ์อะไรในการทำงานสำรวจ

The Functions of a Fieldbook Measurement Information

ข้อมูลรังวัดที่แท้จริงได้จากงานสนามเป็นการบันทึกด้วยสมุดสนาม

ตัวอย่าง

- ระยะทาง, ระยะฉากและค่าต่างความสูง
- ค่าระดับ
- อุณหภูมิ, ความดัน, ความสูงกล้อง, ความสูงเป้า
- เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้, ระยะแนวกันสาด
- ขนาดของอาคารหรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น, โครงสร้าง

The Functions of a Fieldbook Descriptive Information

พรรณารายละเอียดของพื้นที่ที่ทำการสำรวจ

ตัวอย่าง

- พรรณาลักษณะของหมุดที่ใช้ในงานสำรวจ เช่น หมุดตะปู, หมุดระดับ
- พรรณารูปลักษณะที่มนุษย์สร้างขึ้น; เสารั้ว, รั้ว, บ้าน อิฐ, ขอบคอนกรีต
- พรรณารูปลักษณะทางธรรมชาติ เช่น พืชผัก, ชนิดของดิน, ภูมิประเทศ

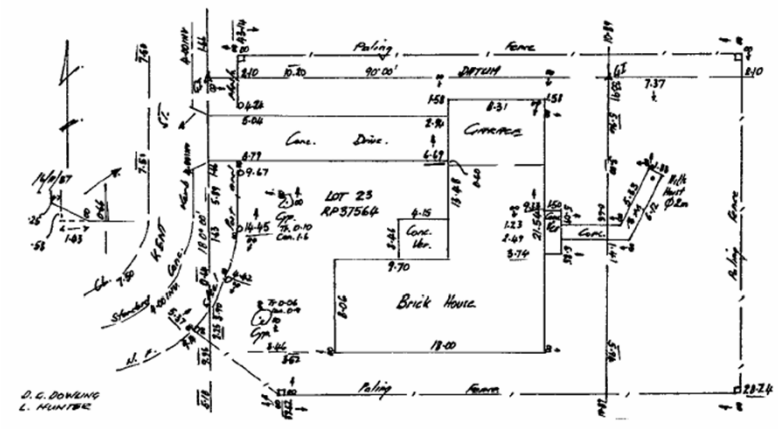
The Functions of a Fieldbook
Graphical Information

ช่างสำรวจจะใช้แบบร่างเพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลที่ประกอบด้วย

- ลักษณะของรูปทรง- รูปร่าง เช่น อาคาร, ลูกกรง, ทางน้ำ
- ความสัมพันธ์เชิงปริภูมิของรูปแบบที่หลากหลายในงานสำรวจ
- การต่อเชื่อมกันของจุดโดยเส้นตรง, ส่วนโค้งวงกลม, เส้นที่ไม่แน่นอน
- ลำดับของการเชื่อมโยงกันของจุดที่ต่อเนื่องกัน
- ชนิดของการต่อเชื่อม (Links) ระหว่างตำแหน่งของจุดตั้งกล้องและจุดรังวัด เช่น วงรอบ, การวัดแนวรัศมี, การวัดมุมอย่างเดียว, การวัดระยะอย่างเดียว

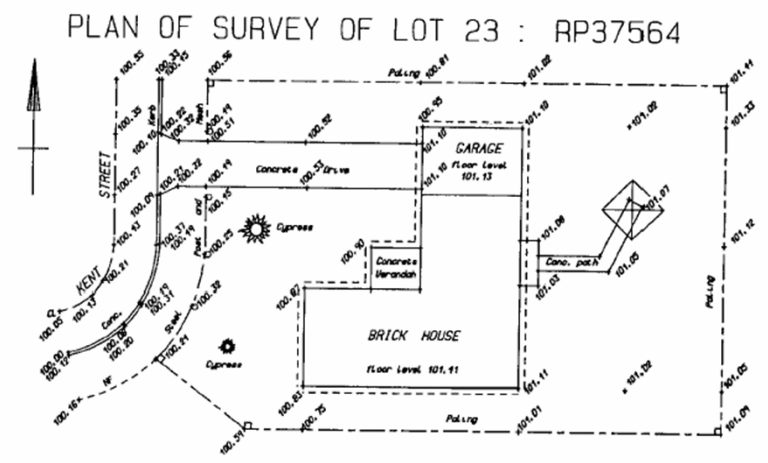
The Functions of a Fieldbook

Field Notes from Traditional Survey



The Functions of a Fieldbook

Plan Compiled from Traditional Survey



Electronic Fieldbook
Coding Registration Information

ข้อมูลที่ปกติต้องการประกอบด้วย

- Job Description
- Name of surveyor
- Date of survey
- Equipment used, serial number etc
- Atmospheric details
- EDM calibration details

Electronic Fieldbook
Coding Measurement Information

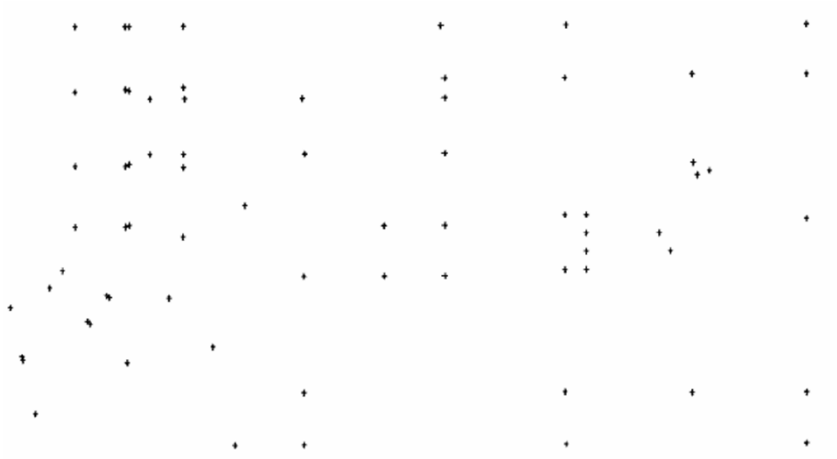
- การรังวัดรายละเอียดของจุดสามารถทำได้หลากหลายทาง ตัวอย่างเช่น วัดโดยตรงในแนวรัศมี, วัดแนวเส้นและระยะฉาก
- ชนิดของข้อมูลรังวัดจะบันทึกข้อมูลสำคัญๆที่จะถูกแปลงเป็นค่าพิกัด XYZ โดยการประมวลผลในคอมพิวเตอร์
- สำหรับทรรศนะตามหลักการแล้วเพื่อความรอบคอบจะทำการบันทึกข้อมูลรังวัดเป็นส่วนใหญ่ ในรูปแบบของข้อมูลดิบ (Raw data)
- ข้อมูลดิบประกอบด้วยมุมราบ, มุมดิ่ง และระยะทางลาด สามารถใช้พิสูจน์ความคลาดเคลื่อนจากภายนอกโดยใช้ s/w ของกล้องประมวลผลรวม

Electronic Fieldbook
Coding Measurement Information

แต่ละครั้งของการรังวัดแล้วการให้ป้ายชื่อนั้นสำคัญ ทำให้ช่างสำรวจรู้รายละเอียดของจุดได้

ถ้าไม่ทำเช่นนั้นแล้ว การ plot จุดจะยากที่จะตีความหมายซึ่งแสดงในภาพด้านล่างเป็นที่ดินบริเวณถนน Kent

Electronic Fieldbook
Coding Measurement Information



Electronic Fieldbook
Coding Measurement Information

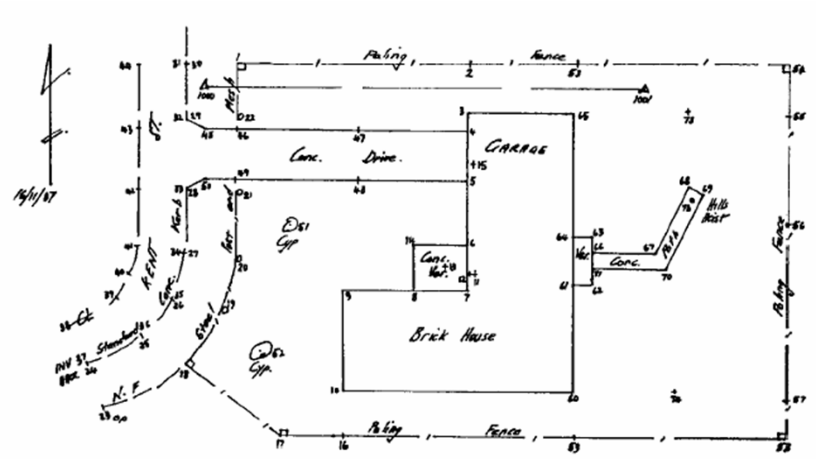
- โดยมากจะทำการจำแนกแต่ละจุดที่รังวัดแล้วด้วยหมายเลขจุด
- โดยมากกล้องประมวลผลรวมและอุปกรณ์บันทึกข้อมูลมีกระบวณการให้หมายเลขจุดเป็นอัตโนมัติ
- ช่างสำรวจเลือกใช้หมายเลขจุดแรกแล้วเครื่องมือจะเพิ่มหมายเลขจุดขึ้นในแต่ละครั้งที่ทำการรังวัด
- หมายเลขจุดโดยมากมักใช้บันทึกไปในทิศทางเดียวกันกับข้อมูลรังวัด
- ช่างสำรวจสามารถข้ามหมายเลขที่เพิ่มขึ้นได้ทุกเมื่อ เพื่อเข้าหาตำแหน่งตั้งกล้องหรือหมุดระดับ

Electronic Fieldbook
Coding Measurement Information

แม้ว่าจุดนั้นมี หมายเลข แล้วแต่แฟ้มข้อมูลก็ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าแต่ละจุดนำเสนออะไร

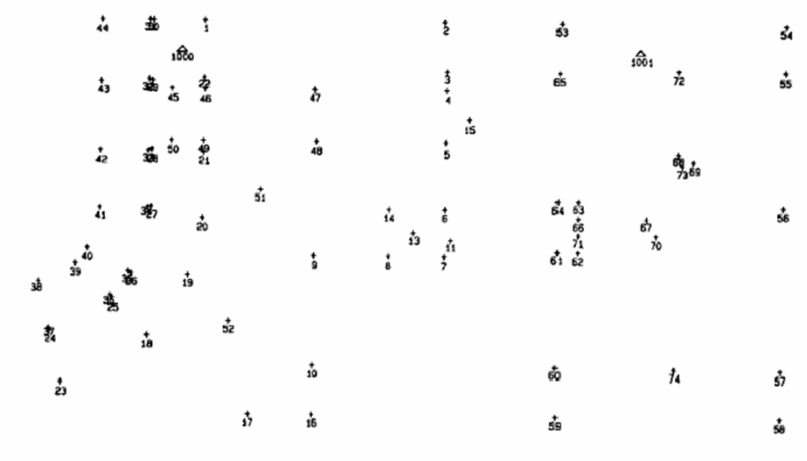
กระนั้นจึงยังต้องการรายละเอียดจากภาพร่างเพื่อให้ข้อมูลเพิ่มเติม

Electronic Fieldbook
Coding Measurement Information



Electronic Fieldbook
Coding Measurement Information

The resultant data file plot



Electronic Fieldbook
Coding Descriptive Information

ข้อมูลเชิงพรรณาให้ความสัมพันธ์ของจุดที่รังวัดสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท

- Feature Descriptive
- Feature type or material
- Vertical location descriptive
- Horizontal location descriptive

Electronic Fieldbook
Coding Descriptive Information

Feature Descriptive

โดยปกติใช้ตัวอักษร 1 หรือ 2 ตัวเพื่อพรรณาลักษณะรูปแบบเป็นอะไร เช่น รั้ว, ไหล่ทาง, ต้นไม้, ท่อระบายน้ำ, บ้าน เป็นต้น ใช้อ้างเป็น Main feature code

Feature type or material

การพรรณารูปลักษณะด้วยการบอกชนิดของวัสดุซึ่งขยายความของรูปแบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งอ้างอิงด้วย Sub code

Main Feature Code	Sub-Code
Fence post	Timber
Road shoulder	Gravel
Tree	Ironbark
Box culvert	Concrete
House	Clay brick

Electronic Fieldbook
Coding Descriptive Information

Vertical location descriptive

พรรณาตำแหน่งทางดิ่งของจุดที่ทำการรังวัด ตัวอย่าง บน, ล่าง, ตรงกันข้าม, ส่วนล่างของโค้ง, ระดับชั้น

Horizontal location descriptive

พรรณาตำแหน่งทางราบของจุดที่ทำการรังวัด ตัวอย่าง กึ่งกลาง, แนว centre line, ขอบ, มุม, ที่ติดต่อกัน

Electronic Fieldbook
Coding Graphical Information

การจดบันทึกแบบดั้งเดิมต้องพิจารณาของจำนวนของข้อมูลกราฟฟิก เพื่อให้เห็นชัดเจนอาศัยภาพในการพรรณาจากเหตุผลที่

“ภาพหนึ่งภาพมากกว่าคำพูดเป็นพันคำ”

การให้รหัสในสนามมี 3 ชนิด

- Coding Linkage Information
- Coding Feature Strings
- Coding Line Type Information

Electronic Fieldbook
Coding Graphical Information

Coding Feature Strings

รูปลักษณะที่ร้อยโยงจุดรังวัดที่เชื่อมต่อกันหรือที่เรียกว่า ร้อยเข้าด้วยกัน ในที่นี้เป็นการนำเสนอรูปลักษณะที่เป็นแนวเส้นบนพื้นผิว

รูปลักษณะของแนวเส้น ได้แก่ รั้ว, สายไฟฟ้า, ขอบทาง, ทางน้ำ, กำแพง อาคาร, รั้วต้นไม้

Electronic Fieldbook
Coding Graphical Information

Coding Feature Strings

ช่างสำรวจรังวัดจุดเพื่อนำเสนอจุดในทิศทางเดียวกันตามลำดับที่ถูกต้องจาก 1 ถึงจุดสุดท้ายของ feature นั้นๆ

Feature จะใช้หมายเลขในการเชื่อมโยงจากจุดรังวัดที่ด้วยหมายเลข

โดยปกติหมายเลขที่ใช้เชื่อมโยงจุดใช้ตั้งแต่ 0 – 99 ในแต่ละหมายเลขจะโยงเข้าหากัน ตัวอย่าง

- ขอบทางด้านซ้ายของถนนใช้หมายเลขที่เชื่อมโยงเป็น 01 (EB01)
- Centre line โดยหมายเลข 01 (CLB01)
- ขอบทางด้านขวาของถนนใช้หมายเลขที่เชื่อมโยงเป็น 02 (EB02)

Electronic Fieldbook
Coding Graphical Information

Coding Feature Strings

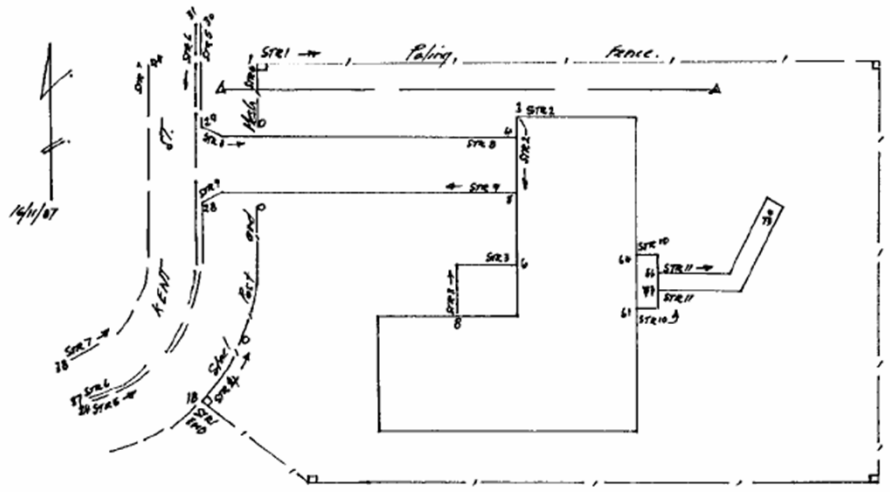
วิธีการในการรังวัดจุดที่เชื่อมโยงกันบ่อยๆครั้งอาศัยคำสั่งใน s/w ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

หลักการของ s/w ยินยอมให้ช่างสำรวจคำนึงถึงจำนวนจุดในสนามที่ต้องการลักษณะที่ยืดหยุ่น

โดยปกติต้องการหมายเลขจุดเพียงอย่างเดียวโดยจัดสรรจุดที่มีการเชื่อมโยงตามลำดับที่ถูกต้อง เมื่อมีการเรียงลำดับจากหมายเลขจุด จุดที่มีหมายเลขน้อยจะเป็นจุดเริ่มต้น

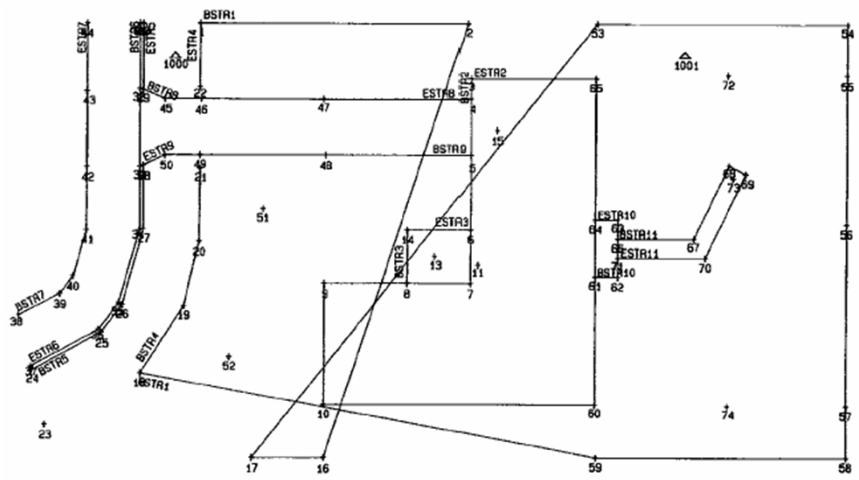
Electronic Fieldbook
Coding Graphical Information

Coding Feature Strings



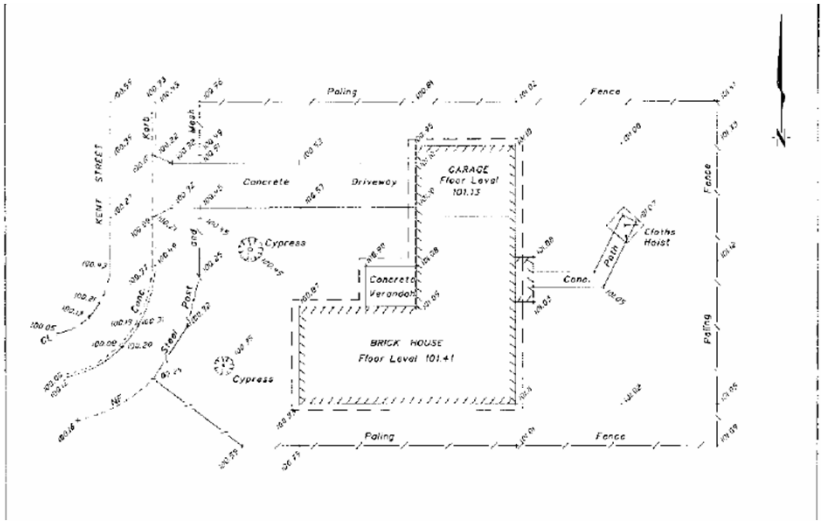
Electronic Fieldbook
Coding Graphical Information

Coding Feature Strings



Electronic Fieldbook
Coding Graphical Information

Coding Feature Strings



Electronic Fieldbook
Coding Graphical Information

Coding Linkage Information

- โดยปกติแล้วจุดที่ต่อเข้าด้วยกันเป็นเส้นตรง
- Linkage coding ใช้เป็นเครื่องบ่งบอกว่าการต่อเชื่มเส้นระหว่างสองจุดเป็นเส้นตรงหรือไม่, ส่วนของวงกลม หรือส่วนโค้งก้นหอย

Coding Line Type Information

- ส่วนมากชนิดของเส้นนั้นลากเพื่อนำเสนอรูปลักษณะของเส้นที่เป็นมาตรฐานของรูปลักษณ์นั้น
- ข้อมูลสัมพันธ์กับชนิดของเส้นซึ่งปกติถูกจัดเก็บใน code library หรือ code table ของส่วนประมวลผลใน s/w

Concept of Code Table

ตารางรหัสเป็นรายการของรหัสและคุณสมบัติที่ใช้เพื่อพรรณา
โดยมากรายการของ feature จะพบระหว่างที่ทำการสำรวจ

USQ Liscad Field Survey Codes - 15th Feb 2001 - USQX.CTB

Boundary		Mining	
BDY	Boundary	BH	Bore Hole
BM	Bench Mark		
EMT	Easement	BOC	Bottom of Coal
STN	Control Station		

Attributes of Codes

- Layer
- Symbol
- Stringable Y/N
- Contourable Y/N
- Text size
- Text placement x,y
- Colour
- Breakline Y/N
- Linetype

Types of Coding Systems

ระบบการกำหนดรหัส โดยหลักๆแบ่งเป็น 3 ชนิด

1. Simple numeric
2. Simple mnemonic (alpha)
3. Comprehensive

Simple Numeric

- ประกอบด้วย 2 หรือ 3 ตัวเลขเป็นรหัส เช่น 104=พื้นผิวธรรมชาติ, 301=อาคาร
- ตัวเลข 2 ตัวเป็นรหัสที่แสดงการร้อยต่อเส้น 30101 หมายถึง อาคาร string 01

ข้อดี - รวดเร็ว, ง่าย, เข้ากันได้, มีประสิทธิภาพ

ข้อเสีย - จำได้ไม่ง่าย, ไม่กระชับ

Simple Mnemonic

- ประกอบตัวอักษร 2 หรือ 3 ตัวเป็นรหัสที่แสดงถึง feature เช่น Manhole MH, Natural surface NS
- ตัวเลข 1 หรือ 2 ตัวเป็นรหัสที่แสดงการร้อยโยงเป็น BLG02

ข้อดี - จำได้ง่าย, รวดเร็ว, มีศักยภาพ

ข้อเสีย - ไม่สามารถใช้ได้กับเครื่องมือทุกชนิด, ช้ากว่าระบบตัวเลขอย่างเดียว

Comprehensive Coding

- รหัสประกอบด้วยรหัสหลัก Main code และรหัสรอง Sub code
- Main code เช่น 344=Water tap, 466=Public telephone
- Sub code เช่น 0004420
  - 000 = string#
  - 44 = material
  - 2 = vertical location
  - 0 = horizontal location

Comprehensive Coding

ข้อดี

- ครอบคลุมและพรรณาได้อย่างดี
- ต้องการการทำงานในสำนักงานน้อย

ข้อเสีย

- ช้า
- ต้องการเอกสารแสดงรหัสเพื่อช่วยให้ทำงานได้กระชับ
- มีแนวโน้มที่จะผิดพลาด
- ไม่สามารถใช้ได้กับ s/w ส่วนมาก

Coding Terrain Information

การกำหนดรหัสนั้นสำคัญมากเพื่อให้แน่ใจว่าพื้นผิวถูกพรรณาได้อย่างละเอียดถูกต้อง เป็นผลต่อเนื่องถึงปริมาตรและเส้นชั้นความสูง

- ระบุได้ว่าจุดใดใช้ในแบบจำลองความสูง
- ระบุได้ว่าเป็นส่วนไม่ต่อเนื่อง (breaklines)
- ต้องให้แน่ใจว่าเส้นชั้นความสูงไม่ทะลุผ่านอาคาร

Other Codes

Command Codes

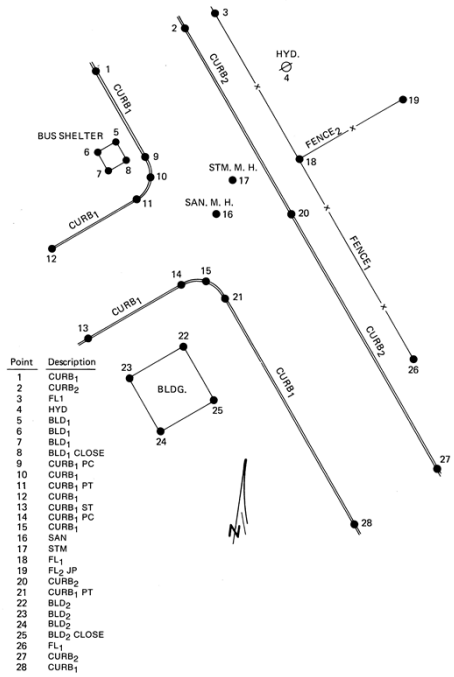
- ปิดการเชื่อมต่อ, สร้างสี่เหลี่ยมผืนผ้า, สร้างส่วนโค้ง

Offset Codes

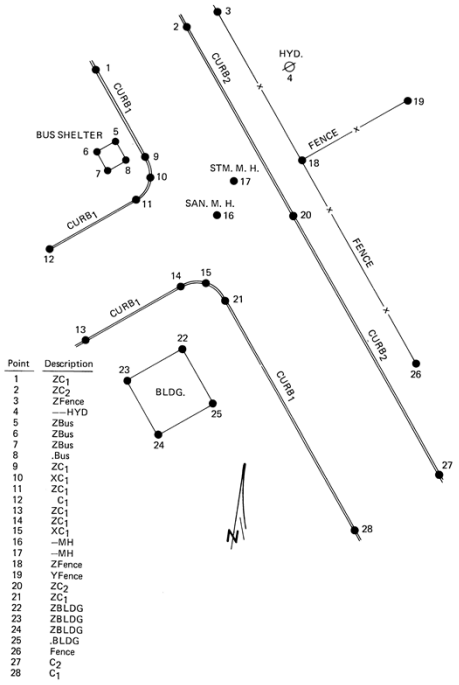
- ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งของ feature ที่ปริซึมไม่สามารถครอบคลุมถึง

Contour Codes

- 0 สำหรับ ไม่ใช้ในการเขียนเส้นชั้นความสูง
- 1 สำหรับ ใช้ในการเขียนเส้นชั้นความสูง



Point	Description
1	$CURB_1$
2	$CURB_2$
3	FL1
4	HYD
5	BLD_1
6	BLD_1
7	BLD_1
8	BLD_1 CLOSE
9	$CURB_1$ PC
10	$CURB_1$
11	$CURB_1$ PT
12	$CURB_1$
13	$CURB_1$ ST
14	$CURB_1$ PC
15	$CURB_1$
16	SAN
17	STM
18	FL_1
19	FL_2 JP
20	$CURB_2$
21	$CURB_1$ PT
22	BLD_2
23	BLD_2
24	BLD_2
25	BLD_2 CLOSE
26	FL_1
27	$CURB_2$
28	$CURB_1$



Point	Description
1	ZC_1
2	ZC_2
3	ZFence
4	---HYD
5	ZBus
6	ZBus
7	ZBus
8	.Bus
9	ZC_1
10	XC_1
11	ZC_1
12	C_1
13	ZC_1
14	ZC_1
15	XC_1
16	--MH
17	--MH
18	ZFence
19	YFence
20	ZC_2
21	ZC_1
22	ZBLDG
23	ZBLDG
24	ZBLDG
25	.BLDG
26	Fence
27	C_2
28	C_1

Code Table

Feature code

- KERB
- FP
- BLD
- CL
- TREE
- BDY
- LP
- POND
- Etc.

Graphical code

- ST
- END
- CLS
- CLSRECT
- BC
- EC
- LOOP
- Etc.

Processing and Reduction

- Data Transfer
- Reformatting
- Processing
- Editing and Computation
- Creation of DTM and Contours
- Volumes

Transfer of Data

- เป็นขั้นตอนแรกของการประมวลผล
- การดาวน์โหลดข้อมูลในทันทีทันใดหรืออย่างเร็วเท่าที่เป็นไปได้
- การถ่ายโอนกระทำได้โดย
  - Card reader
  - Serial or parallel communication
  - โดยปกติเป็นการเชื่อมต่อแบบ Serial
  - USB

Transfer of Data

Communication parameters

- Baud rate (speed – bits per second)
- Communication port E.g. COM1, COM2
- Stop bits โดยปกติเป็น 1 หรือ 2
- Data bits (word length) โดยปกติเป็น 8
- Parity (error checking) โดยปกติเป็น none

Data Transfer

- ไฟล์ข้อมูลรังวัดเริ่มต้นที่ดาวน์โหลดเราเรียกว่า RAW file
- จำเป็นต้องมีการสำรองไฟล์ข้อมูลดิบไว้ก่อนการแก้ไขเปลี่ยนแปลง
  - บันทึกการตรวจสอบงานสำรวจที่เกี่ยวข้องตามกฎหมาย
  - เมื่อเกิดปัญหาหลังการแก้ไขแล้ว ยังคงมีข้อมูลดิบที่สามารถนำมาใช้งานได้
- เปลี่ยนแปลงรูปแบบไฟล์ไปเป็น format ของระบบกรรมสิทธิ์ เช่น Leica เป็น internal format GSI, Sokkia เป็น internal format SDR33
- ระบุข้อมูลที่เกิดการผิดพลาด

SDR file from Sokkia Instrument

00NMSDR20 V03-05 Apr-23-12 13:44 111111
10NMRMUTT01C
13CPSea level crn: N
13CPC and R crn: N
13CPAtmos crn: N
06NM1.00000000
13OOCurrent view
13TSApr-20-12 15:54
13JS10000
13GOApply Geoid No
13NMSAMART_MAKLAY onuma tabkhan sasithorn comchun
13NMsuttisak khumkeaw
13TSApr-23-12 11:34
01NM=SET3X 102608 00000031 0.00000000
13PCReflector type: Prism
13PCP.C.mm Applied: -30

SDR file

02TP00121000.000001000.00000100.0000001.53000000PEG
11KI00120011215.512500 PEG
07TP00120011215.512500215.512222
03NM1.44000000
13MDRpt dist: 145.133 145.133 145.133 145.133 145.133
09F100120011145.13300090.0652777215.512500PEG
09F200120011145.133000269.93416635.5119444PEG
09MC00120011145.13292590.0300252215.512500PEG
07TP00120011215.512500215.514861
13MDRpt dist: 145.132 145.133 145.133 145.133 145.133
09F100120011145.13280090.0683333215.512222PEG
13TLHDist tol. error: Pt: 0011 0.007
09F200120011145.132200269.93472235.5175000PEG
09MC00120011145.13242390.0312751215.512500PEG
03NM1.57000000
13MDRpt dist: 144.836 144.836 144.836 144.836 144.836
09F100120013144.83600090.0733333255.221944PEG
13MDRpt dist: 144.835 144.836 144.836 144.836 144.836
09F200120013144.835800269.93166675.2222222PEG
09MC00120013144.83595590.0866569255.219722PEG

02TP → ข้อมูลจุดตั้งกล้อง, หมายเลข, ค่าพิกัด

11KI → ข้อมูลป้อนค่า Azimuth

07TP → ค่าอ่านจานองศาอ้างอิง

03NM → ความสูงเป้า , ความสูงตำแหน่งรังวัด

09F1 → ข้อมูลรังวัดด้วยกล้องหน้าซ้าย

09F2 → ข้อมูลรังวัดด้วยกล้องหน้าขวา

09MC → ข้อมูลรังวัดเฉลี่ย

FBK file

```
JOB RMUTT01C ! DT04-23-2012 TM14:15:45
UNIT METER DMS
EDM OFFSET 0.0000
SCALE FACTOR 1.0000000
HORIZ ANGLE RIGHT
VERT ANGLE ZENITH
COLLIMATION OFF
! 00NMSDR20    V03-05    Apr-23-12 13:44 111111
CR OFF
ATMOS OFF
! ! Current view
! ! Apr-20-12 15:54
! ! 10000
! ! Apply Geoid No
! SAMART_MAKLAY     onuma tabkhan     sasithorn comchun
! suttisak khumkeaw
```

Header file

{Registration information}

Who ?

What ?

When ?

Where ?

FBK file

```
NEZ  12 1000.0000 1000.0000 100.0000 "PEG"
STN  12 1.530 "PEG"
PRISM  1.440
AZ  12 11 215.30450
BS  11 215.30530
BS  11 215.30530
F1 VA 11 215.30450 145.132 90.01530 "PEG"
PRISM  1.570
F1 VA 13 255.13110 144.836 90.05120 "PEG"
STN  13 1.440 "PEG"
PRISM  1.535
BS  12 75.13030
F1 VA 12 75.13110 144.836 89.59270 "PEG"
PRISM  1.440
F1 VA 11 145.31410 98.485 90.00260 "PEG"
```

NEZ → ข้อมูลจุดตั้งกล้อง 02TP

STN → หมายเลขจุดตั้งกล้อง, ความสูงกล้อง, code 02TP

PRISM → ความสูงเป้า (จุดรังวัด) 03NM

AZ → ข้อมูลป้อนค่า Azimuth 11KI

BS → ค่าอ่านจานองศาอ้างอิง 07TP

F1 VA → ข้อมูลรังวัดกล้องหน้าซ้าย

!! → 13** note

Processing
Initial Editing

- โดยปกติการบันทึกข้อมูลที่ต้องการแก้ไขจะบันทึกในสมุดสนาม
  - #131 prism height 1.90
  - #176 code TRE
- สิ่งที่มักจะต้องแก้ไขประกอบด้วย
  - correct prism height
  - correct feature code
  - correct string numbers
  - correct or place instrument coordinates

Data file types

- Raw data ข้อมูลรังวัดโดยตรง S, V, H, hi, hr, …
- Reduced data ข้อมูลที่มีการทอนค่ารังวัดมาแล้ว เช่น

  Slope distance → Horizontal distance

  Circle reading → Azimuth

  F1 & F2 → Mean
- Coordinates data ข้อมูลของจุดทั้งหมดแสดงออกมาเป็นค่าพิกัดฉาก

การเลือกใช้งาน data ขึ้นอยู่กับสถานะความต้องการว่ามีการปรับแก้หรือคำนวณต่อเนื่องในลักษณะใด

Editing and Computations
Correction of Field errors

การแก้ไขความผิดจากการรังวัดภาคสนาม

- แก้ไขรหัสหรือหมายเลขของ string
- ทำสำเนาหมายเลขของจุดรังวัด
- แก้ไขการวางตัว (การหมุน) ของจุด (swing)
- แก้ไขความสูงเป้าที่สงสัยว่าผิด
- แก้ไขเส้นที่โยงข้ามและการปิดเส้น
- สร้างจุด, เส้น, และพื้นที่ใหม่

  การแก้ไขใดๆจะกระทำก่อนการลดทอนรูปสมุดสนามเป็นค่าพิกัดเสมอ

Editing and Computations
Editing of Data AFTER Reduction

- ขจัดจุดที่ทำสำเนาไว้
- เปลี่ยนรหัส (Code)
- ตรวจสอบการบรรจบของเส้น
- เพิ่มจุดหรือเส้น
- สร้างจุดใหม่ด้วยวิธีการสำรวจที่หลากหลาย
- เพิ่มการร้อยโยง(String)ในส่วนโค้ง

Editing and Computations

Computations AFTER reduction of the field file

ทำการคำนวณภายหลังจากการลดทอนรูปของแฟ้มข้อมูลรังวัดภาคสนาม

- คำนวณค่าของทิศทางและระยะทาง
- คำนวณหาพื้นที่
- การคำนวณปรับแก้ทางราบ
- การคำนวณปรับแก้ทางดิ่ง

Creation of DTM

- DTM (Digital Terrain Model) เป็นแบบจำลองความสูงที่สร้างด้วยจุดที่ใช้เขียนเส้นชั้นความสูงและเส้น
- การสร้างแบบจำลอง DTM โดยหลักแล้วแบ่งเป็น 3 ชนิด
  - Cross section or strings only
  - Points only
  - Points and Lines (Liscad)

Creation of DTM
Cross – Section Modeller

- อยู่บนพื้นฐานดั้งเดิมของงานวิศวกรรม ด้วยการหารูปตัดของพื้นผิวที่กำหนดช่วงของความสูงที่ต้องการพิจารณา

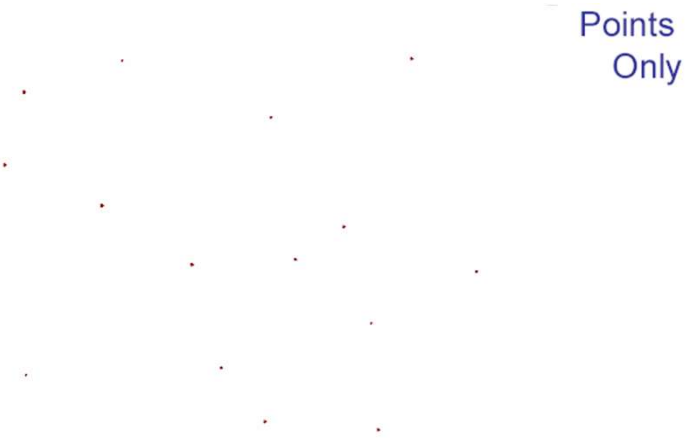
Creation of DTM
Points Modeller

- คำว่า “พื้นผิว” สามารถนำเสนอด้วยค่าพิกัด X,Y,Z หรือ (E,N,RL) ของตำแหน่งต่างๆบนกริดหรือจุดใดๆ
- พื้นผิวระหว่างจุดไม่ได้ถูกกำหนดและไม่ต้องการนำไปใช้ในงานอื่นๆ
- พื้นผิวจะถูกสมมติให้เรียบ smooth ระหว่างแต่ละจุดที่ต่อเนื่องกัน
- กระบวนนี้การเรียกว่า “Triangulation” ใช้ในการกำหนดพื้นผิวระหว่างจุดของแบบจำลองความสูงในเครื่องคอมพิวเตอร์

Creation of DTM
Points Modeller - Triangulation

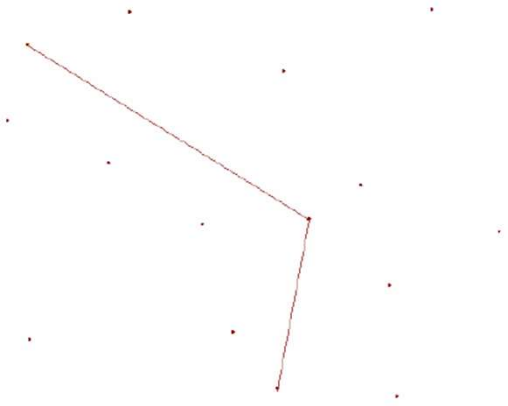
- โครงข่ายสามเหลี่ยมถูกสร้างด้วยการต่อจุดที่อยู่ใกล้เคียงกันเป็นเส้นตรง
- มีวิธีการหลากหลายในการสร้างโครงข่ายสามเหลี่ยมด้วยการกำหนดชุดของจุด
  - กฎเกณฑ์การตัดสินใจสำหรับสร้างสามเหลี่ยมในแต่ละรูปนั้นอาจแตกต่างกัน
- โดยปกติมักใช้การเลือกให้เป็นโครงข่ายที่มีมุมเท่ากัน (Equi-angular triangles)
- ในแต่ละชิ้นส่วนของโครงข่ายสามเหลี่ยม ดูจะเป็นส่วนหนึ่งของพื้นผิวระหว่างจุดทั้งสามจุดนั้น
- รูปแบบของการสร้างแบบจำลองที่พบบ่อยเรียกว่า “TIN” - (Triangular Irregular network)
  - บนพื้นฐานของการให้ช่องว่างระหว่างจุดไม่สำเสมอ

Creation of DTM
Points Modeller - Triangulation



Creation of DTM

Points Modeller - Triangulation

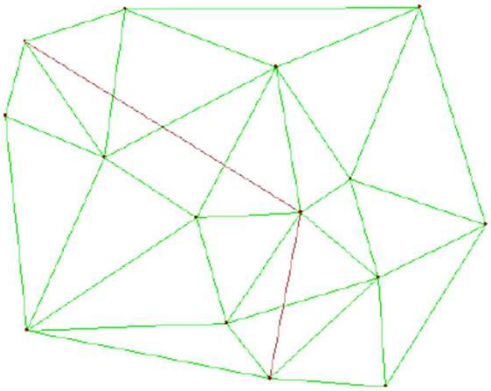


Points Only

Also showing line of gully

Creation of DTM

Points Modeller - Triangulation



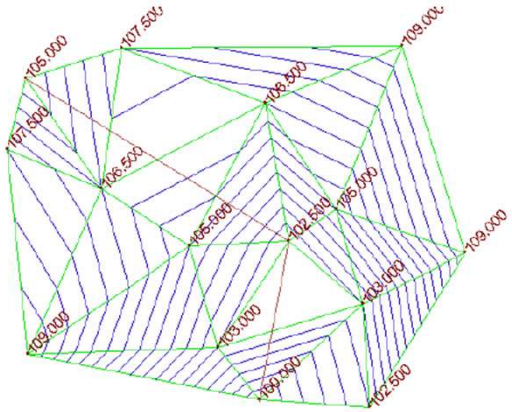
Points Only

Triangulation

Note triangles formed across gully

Creation of DTM

Points Modeller - Triangulation

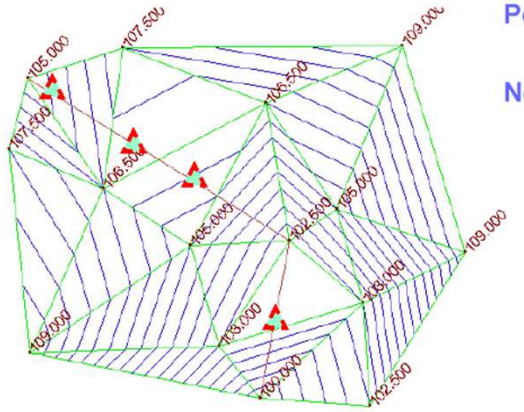


Points Only

Contours interpolated between points defining triangles

Creation of DTM

Points Modeller - Triangulation



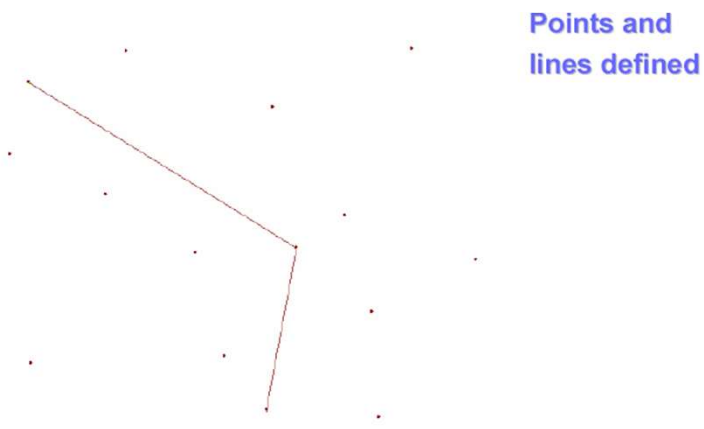
Points Only

Necessary to locate more points along the gully in order to force the correct triangle formation

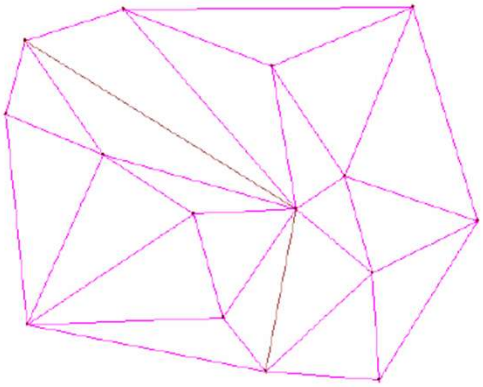
Creation of DTM
String & Points Modeller

- แบบจำลองความสูงถูกนำเสนอด้วยเส้นและจุด
- แนวเส้นที่เชื่อมต่อกันเป็นตัวที่ใช้กำหนดความลาดชันของพื้นผิว- อ้างถึงเส้นหยุดหรือเส้นที่มีอุปสรรค(not string)
  - ทางน้ำ, ขอบกั้น, แนวสันเขา, หน้าผา
  - ส่วนบนสุดของเขื่อน, ส่วนล่างของกำแพง, ส่วนบนของขอบทาง, ส่วนกลับของขอบทาง, สันกึ่งกลางของแนวถนน
- เงื่อนไขของโครงข่ายสามเหลี่ยมอาจทำให้เกิดความผิดพลาดของแบบจำลองได้เมื่อใช้จุดเพียงอย่างเดียว
- ซึ่งนั้นเป็นผลจากการเชื่อมต่อกันของด้านสามเหลี่ยม
- โครงข่ายสามเหลี่ยมของแบบจำลองต้อการตัวที่ใช้ในการกำหนดความลาดชันของพื้นผิวในแบบจำลองด้วย

Creation of DTM
String & Points Modeller



Creation of DTM
String & Points Modeller

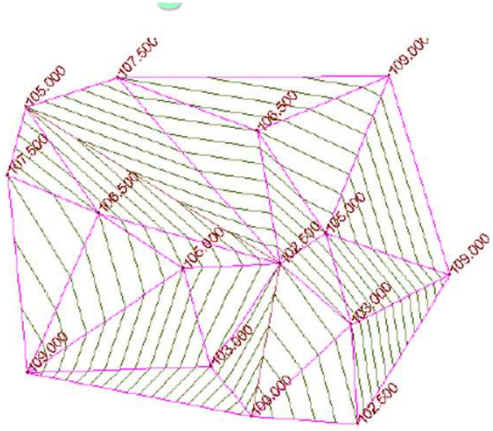


Points and lines defined

Triangulation

Note line of gully forms the triangle sides

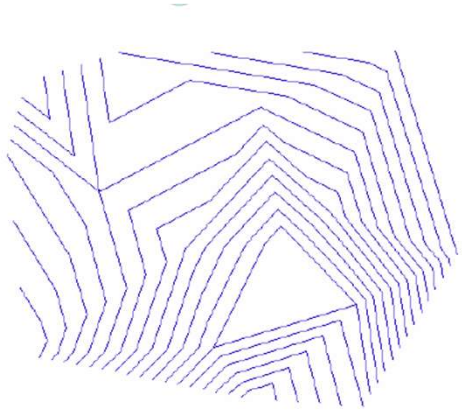
Creation of DTM
String & Points Modeller



Points and lines defined

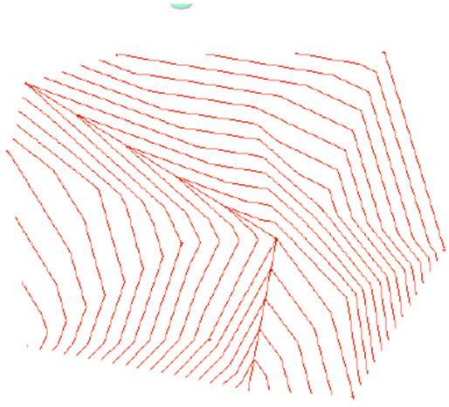
Contours interpolated between points defining triangles

Creation of DTM
String & Points Modeller



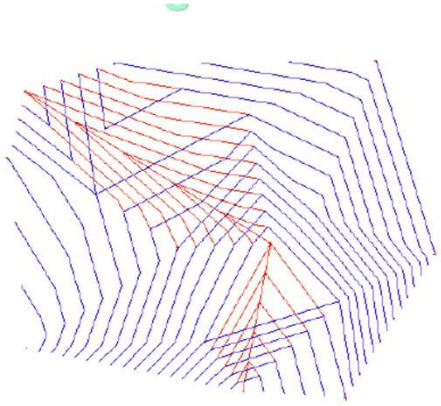
Contours from points only

Creation of DTM
String & Points Modeller



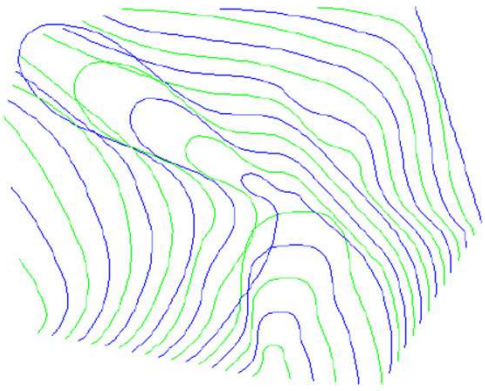
Contours from points and lines

Creation of DTM
String & Points Modeller



Comparison of the two digital terrain models

DTM Creation



Curved contours over the same site previously contoured with straight lines

Creation of DTM

DTM editing

- แก้ไขหรือลบข่ายสามเหลี่ยม
- แทรกเส้นหยุด (breakline)
- ขจัดจุดที่เกิดจากการทำสำเนา
- ขจัดเส้นหยุดที่ข้ามเส้นกัน

Volume Calculations

Cross sections

- เป็นสูตรการคำนวณปริมาตรแบบดั้งเดิม สำหรับรูปตัดที่ใช้ในการคำนวณโปรแกรมจะสร้างจากแบบจำลองพื้นผิว
- วิธีการของรูปตัดอาจจะคำนวณจากพื้นผิวที่หนึ่งไปยังพื้นผิวอื่นๆจนไปถึงพื้นผิวที่เป็นระดับอ้างอิง

Triangles or Prismoids

- พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมแต่ละรูปเป็นค่าที่ใช้คำนวณโดยการคูณกับความสูงเฉลี่ยของรูปสามเหลี่ยมที่นับจากระนาบอ้างอิง
- ปริมาตรทั้งหมดได้จากการรวมค่าปริมาตรของแท่งสามเหลี่ยมทั้งหมดเข้าด้วยกัน
- สำหรับการคำนวณปริมาตรระหว่างพื้นผิวสองพื้นผิว

  - ปริมาตรของแต่ละพื้นผิวจากระดับอ้างอิงต้องคำนวณหามาก่อน ปริมาตรระหว่างพื้นผิวเป็นค่าต่างของปริมาตรทั้งสองนั้นเอง

Testing Software

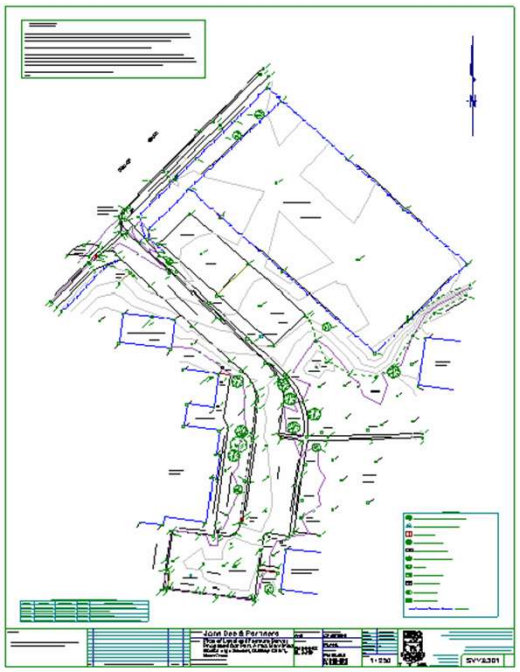
- เพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานของโปรแกรมถูกต้อง
- ควรจะทดสอบกับข้อมูลที่ทราบค่าแล้ว ภายใต้การกำหนดเงื่อนไขที่หลากหลาย
- การประมวลผลนั้นเป็นส่วนหนึ่งของระบบการประกันคุณภาพ

Data Output & Quality Assurance Objectives

เมื่อการบรรยายในส่วนนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ควรจะเข้าใจถึง

- มีความเข้าใจในองค์ประกอบของแผนที่ที่นำเสนอเป็นสื่อสิ่งพิมพ์
- ทราบถึงปัญหาเกี่ยวกับยุคสมัยของสื่อที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ต่างๆ
- มีความระวังในการใช้ข้อตกลง (disclaimers) บนสิ่งพิมพ์
- เข้าใจถึงความต้องการกระบวนการประกันคุณภาพของแผนที่และการตรวจสอบในงานสำรวจ
- ทราบถึงการพิมพ์ที่เกี่ยวกับข้อมูลดิจิตอล

Plotted Output



Planimetric Detail

แผนที่ที่สมบูรณ์ควรแสดงให้ทราบถึงสิ่งที่อ้างอิงในทุกขั้นตอนของข้อมูลซึ่งประกอบด้วย

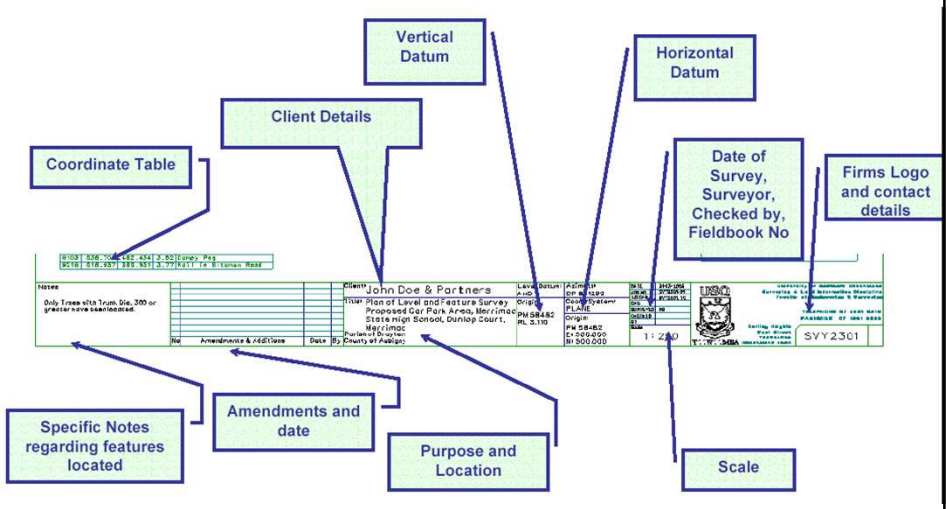
- Origin of horizontal datum
- Origin of vertical datum
- Origin of flood levels
- Origin of utilities location
- แสดงค่าความถูกต้องของแผนที่ (ผู้สำรวจลงชื่อกำกับ)
- Disclaimers และบันทึกคำเตือน
- รูปลักษณ์ที่ไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ เช่น ชนิดของดิน, ชนิดของพืชผัก, การใช้งานของอาคาร, ชนิดของโครงสร้างและวัสดุ, แปลงที่ดินที่ติดกันและการครอบครอง

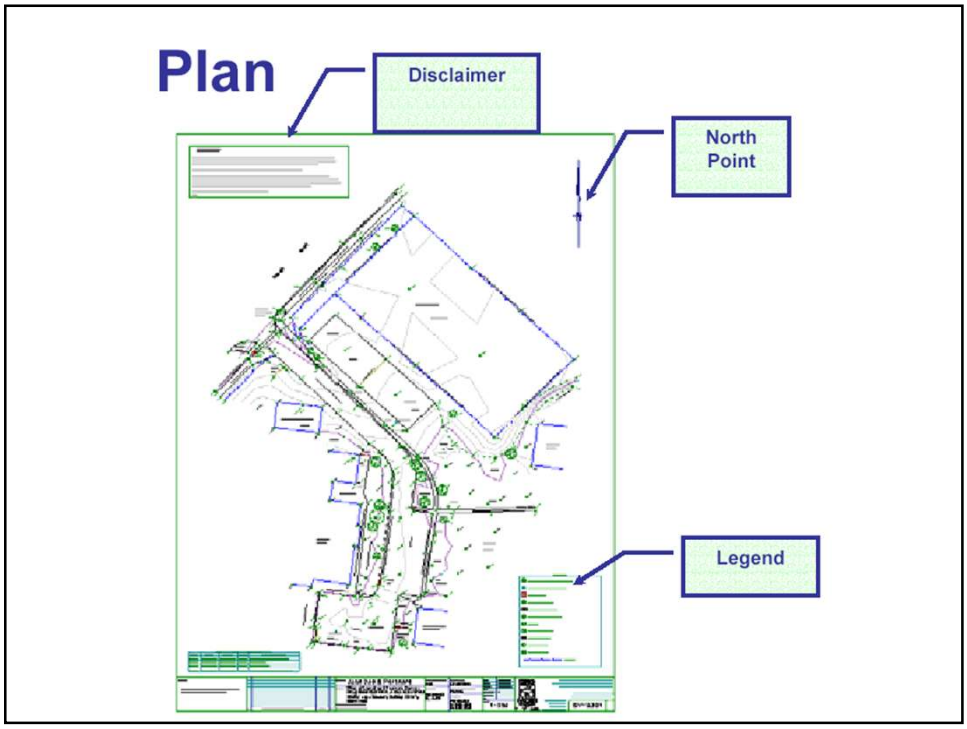
Planimetric Detail

แผนที่ที่เสร็จสมบูรณ์ควรจะประกอบด้วย

- การอ้างอิงถึงระดับและสมุดสนามควรจะเป็นไปในทางเดียวกับการอ้างอิงถึงข้อกำหนดของงาน
- แผนที่ที่มีลักษณะเฉพาะต้องแสดงหมายเลขของข้อกำหนดกำกับ
- วันที่ทำการสำรวจและข้อกฎหมายเพื่อบอกการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแผนที่แผ่นร่าง
- ภาพร่างของพื้นที่บริเวณ
- มาตราส่วน
- รายละเอียดของสัญลักษณ์
- ทิศทางและระยะทางของส่วนหลักเพียงบางส่วนเพื่อแสดงข้อมูลแปลงที่ดิน อาจรวมถึงทางสาธารณะ
- เส้นชั้นความสูงที่ประมาณจาก spot heights

Title Block





What is a Disclaimer

Disclaimer (ข้อไม่ยอมรับ) เป็นคำเตือนหรือข้อชี้แจงบนแผนที่เพื่อเตือนผู้ใช้เกี่ยวกับข้อจำกัดในศักยภาพของข้อมูล

Disclaimer อาจจำกัดผู้ทำงานตามกฎหมาย, แต่ก็ไม่เป็นการยกเลิกหรือเป็นการยอมรับที่ลดน้อยลงสำหรับความถูกต้องของข้อมูล ที่ตระเตรียมไว้สำหรับค่าธรรมเนียม

Use of Disclaimer

Disclaimer สามารถจะ

- ปกป้องการใช้แผนที่ไปในทางที่ผิดวัตถุประสงค์
- ลดทอนความเสี่ยงในการแลกเปลี่ยนข้อมูล
- ระบุว่าข้อมูลนั้น **ไม่** อยู่ในแผนที่ เช่น ระบบสาธารณูปโภคใต้ดิน
- อาจเป็นข้อจำกัดผู้รังวัดทางกฎหมาย

Essential Components of Disclaimer

- แผนที่ฉบับนี้เตรียมไว้สำหรับใคร
- ใครเป็นผู้เตรียม
- อะไรเป็นสิ่งที่ตระเตรียมไว้สำหรับ
- อธิบายถึงข้อจำกัด
- อธิบายถึงการปฏิบัติในข้อจำกัดนั้น
- ชี้แจงถึงข้อไม่ยอมรับนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนที่
- ระบุถึงข้อมูลสำรวจที่เป็นปัจจุบัน

Disclaimer Wording

ช่างสำรวจผู้ทำการรังวัดต้องการถ้อยคำเพื่อเป็นการตระเตรียมในการเขียน Disclaimer ดังนี้

- วิเคราะห์วัตถุประสงค์ของงานสำรวจ
- วิเคราะห์ถึงข้อจำกัดของข้อมูล
- วิเคราะห์ถึงศักยภาพของปัญหา

Plan Annotations

Text

- Major Features 5 mm @ plan scale
- Minor text 2.5 – 3.5 mm @ plan scale

Line Work

- Major Features 0.5 mm
- Major contours 0.35 mm
- Minor contours 0.25 mm

Plan Output

Output sizes

- A0 to A4
- A4 210 x 297 mm
- A3 297 x 420 mm
- A2 420 x 594 mm
- A1 594 x 840 mm
- A0 840 x 1188 mm

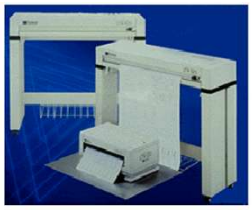
Output Media

- Paper (standard)
- Paper (glossy)
- Transparency
- Film

Output Devices

Plotters

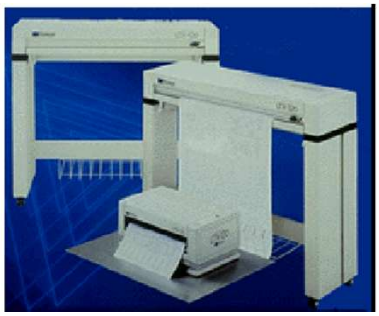
- Pen plotters
- Electrostatic plotters
- Thermal plotters
- Inkjet plotters
- Laser plotters/printers



Pen Plotters

- ต้องการใช้ปากกาที่มีสีที่แตกต่าง
- โดยปกติจะเคลื่อนตัวทั้งปากกาและกระดาษ
- จำนวนปากกาปกติเป็น 6 – 8
- หัวปากกาทำด้วยสักหลาดหรือเป็นหัวปากกาเขียนแบบ
- ปัญหาจากปากกาไม่ทำงานหรือไม่มีหมึก
- เขียนเส้นพื้นฐานได้และไม่เหมาะกับการแรเงา
- ช้า ใช้เวลา 1 – 2 ชม ต่อ A0
- Vector plot

Thermal Plotters



- ใช้กระดาษที่ไวต่อความร้อน
- โดยปกติแล้วเป็นสีดำ อย่างเดียว
- รวดเร็ว
- คุณภาพกระดาษและความน่าเชื่อถือต่ำ
- ภาพค่อนข้างจืดจาง
- ลักษณะเดียวกับเครื่องแฟกซ์
- ปกติความละเอียด 300dpi

Inkjet Plotter

- ปกติโดยมากใช้อยู่ในปัจจุบัน
- ประกอบด้วยกลักหมึกสีBCMY
- มีความเร็วที่เหมาะสม 15-20 นาทีสำหรับ A0
- ราคาพอเหมาะสม
- น่าเชื่อถือ
- สามารถใช้ได้กับกระดาษหลายชนิด
- ละเอียดถึง 600 Dpi

Laser Plotters

- รวดเร็ว
- คุณภาพสูง
- ทำงานเสมือนเครื่องถ่ายสำเนา
- ราคาสูง
- มีการควบคุมโดยภาครัฐ เนื่องจากการพิมพ์สามารถสำเนาธนบัตรได้เหมือนมาก

Quality of Output

คุณภาพที่เกิดจากการทำงาน

- ชนิดของสื่อ เช่น กระดาษ, แผ่นใส
- ชนิดของหมึก – ความหนาแน่น
- ความหนาแน่นของการพิมพ์ – dots per inch
- แนวของกลักหมึก

คุณภาพที่เกิดจากการพ่นหมึก

- จำนวนของกลักหมึก
- หัวพ่นหมึก
- การซึมของหมึก
- การรวมกันของสี
- การพ่น

CAD Systems

แต่ดั้งเดิมทำการเขียนด้วยช่างเขียนแบบ

- มีลักษณะของการมองภาพที่ดี
- ต้องตัดสินใจในรูปร่าง ขนาด ตำแหน่ง
- มีการออกแบบ
- การตีความหมาย

แต่ทว่า

- ช้าเมื่อทำการเขียนอย่างละเอียด
- ไม่มีการทำซ้ำ

ระบบของ CAD

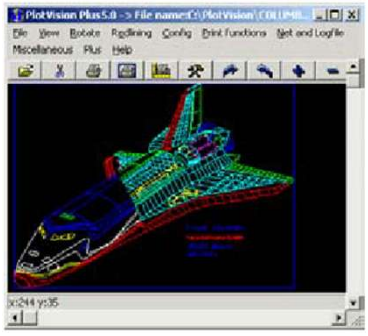
- รวดเร็ว
- ละเอียด
- สามารถทำซ้ำได้

CAD Hardware

- จอภาพความละเอียดสูงขนาด 17 – 21 นิ้ว
- ต้องการ graphics card ที่เฉพาะ
- Digitizer
- Plotter
- ส่วนประมวลผลที่รวดเร็ว CPU และ Ram

CAD Software

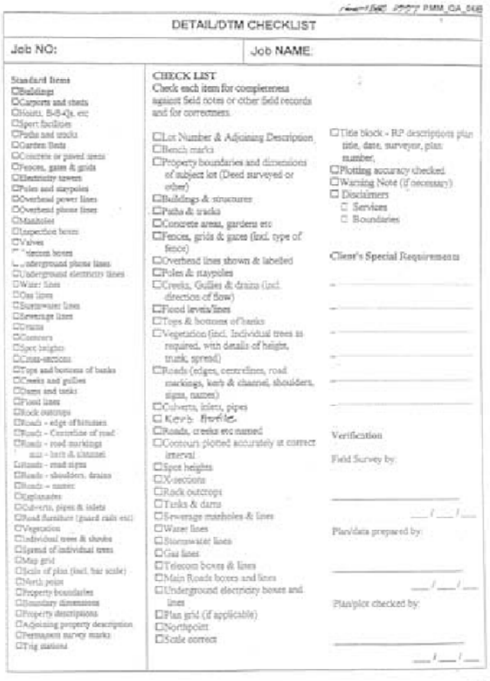
- อุตสาหกรรมเกี่ยวกับโปรแกรมที่มีการพัฒนา – AutoCAD, Microstation, MicroCAD
- แพคเกจของงานสำรวจมีบ้างในบางโปรแกรม โดยทำงานได้ตั้งแต่การถ่ายโอนข้อมูลจนกระทั่งเสร็จงานเป็นแผนที่บน CAD



Quality Assurance (QA)

- เป็นการเข้าถึงความสมบูรณ์ของงานอย่างมีระบบ
- รวมถึงการกำหนดกระบวนการ, แบบฟอร์มติดตามคุณภาพ, และต่อเนื่องไปถึงการปรับปรุงแก้ไข
- ความหมายของการต้องการคุณภาพที่สูงสุดเพื่อลดความเสี่ยงให้น้อยที่สุด และลดค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงานที่ผิดพลาด
- โดยปกติแล้วในอุตสาหกรรมของงาน Geomatics ด้วยมาตรฐานภายใต้ International Standard Organisation (ISO) มาตรฐานคุณภาพเป็น (9000+series)

QA Check List



DETAIL/DTM CHECKLIST

Job NO: | Job NAME:

Standard Items
☐Buildings
☐Carports and sheds
☐Huts, B-B-Qs, etc
☐Sport facilities
☐Paths and tracks
☐Garden Beds
☐Concrete or paved areas
☐Fences, gates & grids
☐Electricity towers
☐Poles and stay poles
☐Overhead power lines
☐Overhead phone lines
☐Manholes
☐Inspection boxes
☐Valves
☐Telecom boxes
☐Underground phone lines
☐Underground electricity lines
☐Water lines
☐Gas lines
☐Stormwater lines
☐Sewerage lines
☐Drains
☐Culverts
☐Spot heights
☐Cross-sections
☐Tops and bottoms of banks
☐Creeks and gullies
☐Dams and tanks
☐Flood lines
☐Rock outcrops
☐Roads - edge of bitumen
☐Roads - Centreline of road
☐Roads - road markings incl - kerb & channel
☐Islands - road signs
☐Roads - shoulders, drains
☐Roads - names
☐Explanades
☐Culverts, pipes & inlets
☐Road furniture (guard rails etc)
☐Vegetation
☐Individual trees & shrubs
☐Spread of individual trees
☐Map grid
☐Scale of plan (incl. bar scale)
☐North point
☐Property boundaries
☐Boundary dimensions
☐Property descriptions
☐Adjoining property description
☐Permanent survey marks
☐Trig stations

CHECK LIST
Check each item for completeness against field notes or other field records and for correctness

☐Lot Number & Adjoining Description
☐Bench marks
☐Property boundaries and dimensions of subject lot (Deed surveyed or other)
☐Buildings & structures
☐Paths & tracks
☐Concrete areas, gardens etc
☐Fences, grids & gates (incl. type of fence)
☐Overhead lines shown & labelled
☐Poles & staypoles
☐Creeks, Gullies & drains (incl. direction of flow)
☐Flood levels/lines
☐Tops & bottoms of banks
☐Vegetation (incl. Individual trees as required, with details of height, trunk, spread)
☐Roads (edges, centrelines, road markings, kerb & channel, shoulders, signs, names)
☐Culverts, inlets, pipes
☐ Kerb Profile.
☐Roads, creeks etc named
☐Contours plotted accurately at correct interval
☐Spot heights
☐X-sections
☐Rock outcrops
☐Tanks & dams
☐Sewerage manholes & lines
☐Water lines
☐Stormwater lines
☐Gas lines
☐Telecom boxes & lines
☐Main Roads boxes and lines
☐Underground electricity boxes and lines
☐Plan grid (if applicable)
☐Northpoint
☐Scale correct

☐Title block - RP description plan title, date, surveyor, plan number.
☐Plotting accuracy checked.
☐Warning Note (if necessary)
☐ Disclaimers
☐ Services
☐ Boundaries

Client's Special Requirements
–
–
–
–
–
–

Verification
Field Survey by:
___/___/___
Plan/data prepared by:
___/___/___
Plan/plot checked by:
___/___/___

QA Control Check List

DETAIL SURVEY CONTROL PLAN

JOB NO# _____ JOB TITLE _____

SURVEYOR _____ SUPERVISOR _____

		DATE	SUPERVISOR
(1)	Search Completed		
(2)	Pre-survey planning (level ___)		
(3)	Field survey - control completed		
	- detail completed		
(4)	Office Calculations:		
	Survey reductions checked		
	Codes/Notes verified		
	DTM model checked		
	Job specifications satisfied		
	Drafting request issued		
(5)	Drafting:		
	Preliminary plan issued		
	Preliminary plan checked		
	Final plan completed		
(6)	Plan and survey information transmitted		
(7)	Survey records completed		
(8)	Supervision report completed		
(9)	Special instructions/Controls (eg: documents/correspondence/notifications/reports)		

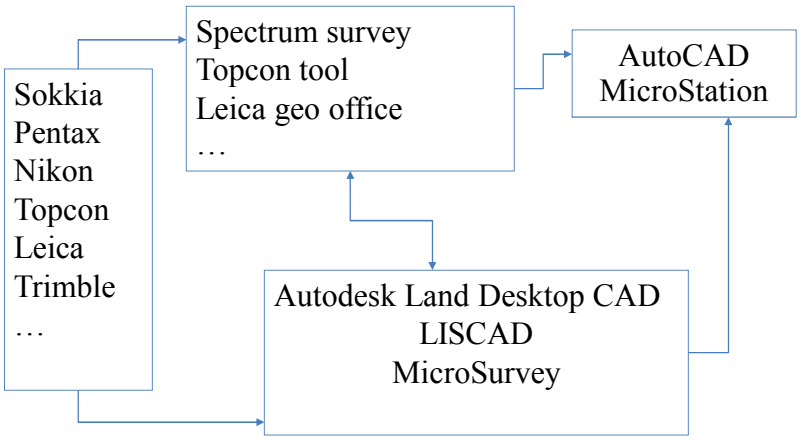
Data Transfer Issues

- ข้อมูลจำนวนมากถ่ายโอนอยู่ระหว่างระบบ
- เป็นการใช้แผนที่ซึ่งเป็นกระดาษให้น้อยลง
- เป็นการถ่ายโอนเพื่อวัตถุประสงค์ในการออกแบบและการตีพิมพ์
- การถ่ายโอนเป็นสิ่งที่นำไปสู่การสูญหายของข้อมูลอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้
- การสูญหายของ code data, CAD และ Linkage data
- เพื่อต้องการให้แน่ใจว่าข้อมูลดิจิตอลปราศจากการให้สินบนกับผู้รังวัดซึ่งจะทำให้เกิดความผิดในการจัดสรร
- Copyright and Intellectual Property (IP)

Common Formats

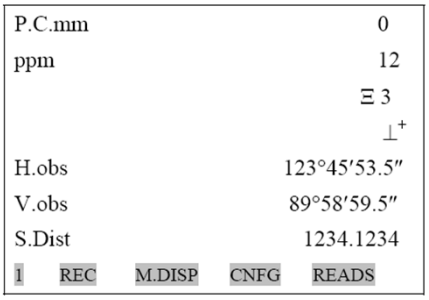
- ASCII text – point and string files
- AutoCAD – DXF and DWG files
- CivilCAD, LISCAD, MOSS(MX ROAD) and Microstation

Software Flow



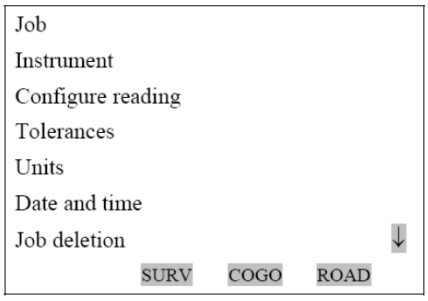
การทำงานสำรวจกับ Sokkia Total Station

- ส่วนของการทำงานพื้นฐานที่ไม่เกี่ยวกับการบันทึกแสดงหน้าจอ



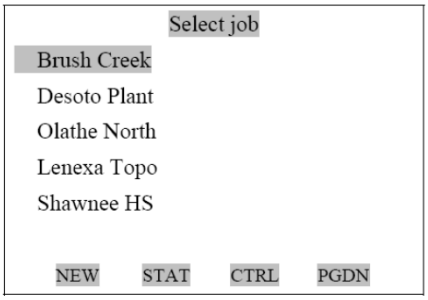
การทำงานสำรวจกับ Sokkia Total Station (ต่อ)

- ในส่วนของการบันทึกผ่านปุ่ม REC แสดงดังภาพ



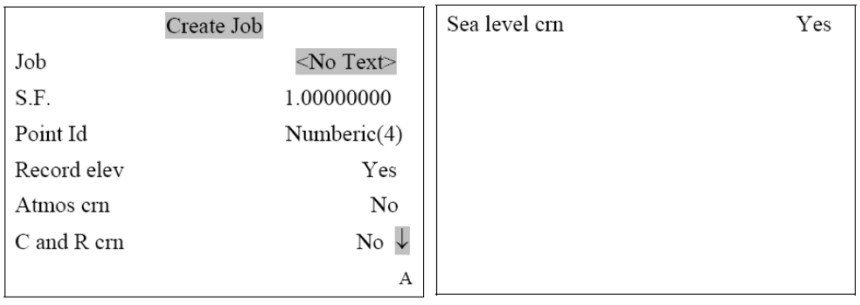
การสร้าง Job

- การสร้าง Job โดยเลือกที่คำสั่งดังกล่าว



การสร้าง Job (ต่อ)

- การกำหนด Job ใหม่ที่ New ใช้ในการบันทึกข้อมูลแสดงดังภาพ



การตั้งค่าเครื่องมือ

- เมื่อสร้าง Job แล้วการตั้งค่าเครื่องมือที่ใช้ในงานรังวัดและสภาวะเงื่อนไขต่างๆ

Instrument Setup	
Instrument	Manual
EDM desc	
	SET2030R
EDM S/N	123456
V. obs	Zenith
Orient	Azimuth

การตั้งค่าการอ่าน

- เงื่อนไขของการอ่าน หรือค่าวัดสามารถกำหนดได้ดังภาพ

Configure Reading	
Reflector type	Sheet
P.C. mm	0
Auto pt num	1000
Topo view stored	Obs
Combine F1 / F2	No
#dist rdgs	1 ↓

Meas mode	Fine
Meas repeat	No
Code list active	Yes
Info Blocks	0
Code Field On?	No
Recip Calc	Prompted

การกำหนดค่า Tolerance

- ค่า Tolerance เป็นการกำหนดการเตือนเมื่อเกิดความผิดพลาดในการวัดที่มีขนาดเกินกว่าที่กำหนด

Tol H. obs	0°00′30″
Tol V. obs	0°00′30″
EDM tol (mm)	5
EDM tol (ppm)	3
Angle resolution	
	1″
Dist resolution	↓
	N

Dist resolution	↑
	0.01

การตั้งค่า Units

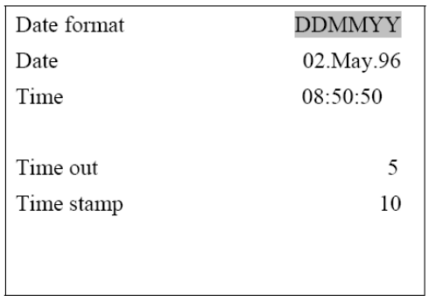
- การกำหนดหน่วยของค่ารังวัดและปริมาณต่างๆเป็นดังภาพ

Angle	Degrees
Dist	Meters
Presure	mmHg
Temp	Celsius
Coord	N-E-Elev
Other grades	%
Sideslope grade	1: ↓

Sta……ing	10+00 ↑
Decimals Shown	3
Zero azimuth	North

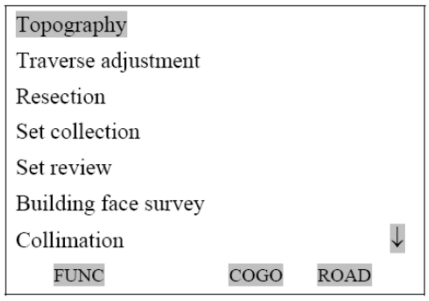
การตั้งค่าวัน - เวลา

- ในปัจจุบันวนที่และเวลาเป็นข้อมูลที่สามารถบรรจุไว้เป็นอัตโนมัติ



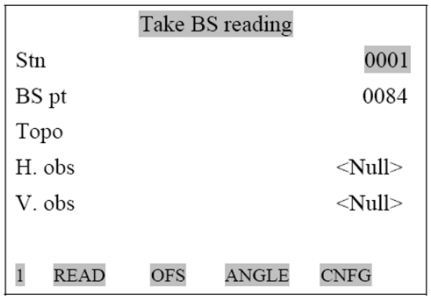
การเริ่มต้นงาน Topography

- ในส่วนของ SURV บรรจุโปรแกรม topography



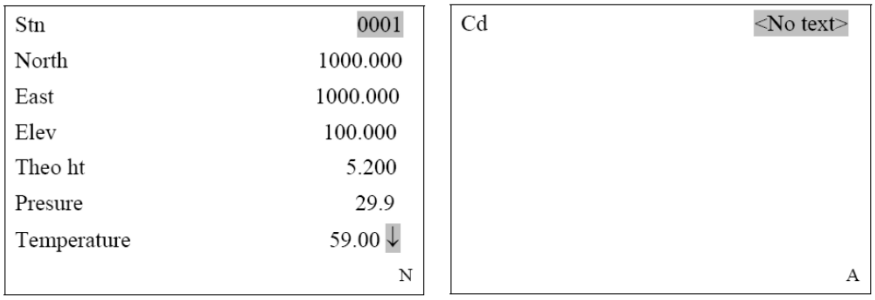
การเริ่มต้นงาน Topography (ต่อ)

- การทำงานผ่านโปรแกรม topography สำหรับงานวงรอบและงานเก็บรายละเอียด หน้าจอเบื้องต้นดังภาพ



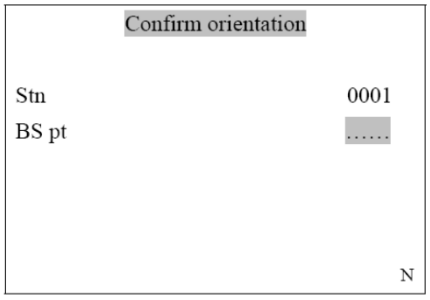
การตั้งค่าจุดตั้งกล้อง

- ทำการเปลี่ยนหมายเลขจุดตั้งกล้องในแถบสี โปรแกรมจะทำการค้นหาเพื่อแสดงค่าพิกัดของจุดตามหมายเลขที่กำหนดให้



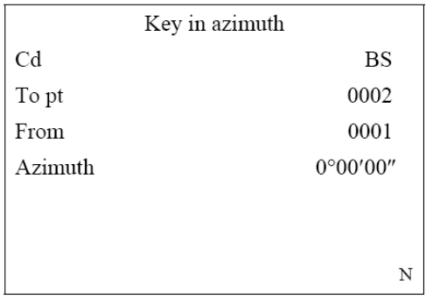
การกำหนดทิศทางอ้างอิง

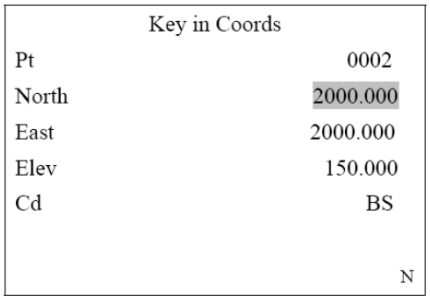
- เมื่อทราบตำแหน่งจุดตั้งกล้องแล้วทำการอ้างอิงทิศทางโดยการป้อนตำแหน่งจุด BS



การกำหนดทิศทางอ้างอิง (ต่อ)

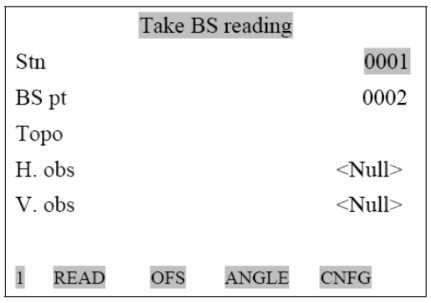
- ภายหลังทราบตำแหน่งอ้างอิง สำหรับงานเริ่มต้นที่ไม่มีข้อมูลใดๆเลย ใน Job จำเป็นต้องกำหนดทิศทางอ้างอิงผ่านวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่ง





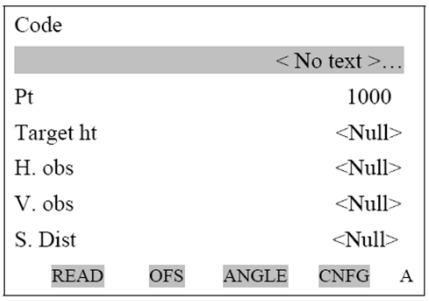
การรังวัดจุดอ้างอิง BS

- ภายหลังตั้งค่าทิศทางอ้างอิงต้องทำการรังวัดจุดอ้างอิง BS ดังภาพ



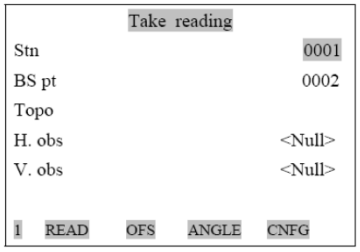
การแสดงข้อมูลรังวัด BS

- ข้อมูลรังวัด BS ภายหลังการอ่านค่าแสดงดังภาพ แก้ไขข้อมูลแวดล้อมให้ถูกต้องแล้วทำการบันทึกข้อมูลรังวัด ↵



การรังวัดจุดรังวัดอื่นๆ

- สำหรับจุดตั้งกล้องที่ทำการอ้างอิงทิศทางแล้ว สามารถทำการรังวัดจุดรังวัดอื่นๆโดยการ Take reading ไปได้เรื่อยๆ



การทำงานต่อเนื่องเมื่อมีการเปลี่ยนจุดตั้งกล้อง

- ลำดับการทำงานต่อเนื่องเริ่มต้นจากการเปลี่ยนหมายเลขจุดตั้งกล้อง
- ใส่หมายเลขจุดอ้างอิง BS ซึ่งถ้าเป็นตำแหน่งที่มีอยู่ใน Job โปรแกรมจะทำการเปลี่ยนค่ามุมราบเป็น Azimuth จากค่าพิกัดที่มีอยู่ใน Job ดังกล่าว (ไม่ผ่านการ Key in azimuth)
- รังวัดจุด BS และบันทึกข้อมูล
- รังวัดจุดใดๆที่ต้องการตามลักษณะงาน
- ย้ายจุดตั้งกล้อง และทำงานในลักษณะเช่นเดียวกันทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนจุดตั้งกล้อง

ลำดับของข้อมูลในการบันทึกงานวงรอบ

- Create job
- Station setup (N_0, E_0, Z_0)
- BS orientation setup (Azimuth)
- BS reading (S, V, H) → F1 and F2
- FS reading (S, V, H) → F1 and F2
- Move instrument to FS
- Station setup (N_0, E_0, Z_0)
- BS orientation setup (Azimuth)
- BS reading (S, V, H) → F1 and F2
- FS reading (S, V, H) → F1 and F2

ตัวอย่างข้อมูลรังวัดวงรอบ (FBK)

```
NEZ  1 50000.0000 50000.0000 100.0000 "PEG"
STN  1 1.570 "PEG"
PRISM  1.330
AZ  1 2 300.00000
BS  2 300.00090
F1 VA 2 300.00000 63.093 89.53210 "PEG"
PRISM  1.540
F1 VA 303 320.16190 90.228 89.53130 "PEG"
STN  303 1.538 "PEG"
PRISM  1.570
BS  1 140.18270
F1 VA 1 140.16140 90.226 90.07170 "PEG"
PRISM  1.460
F1 VA 304 329.23390 125.013 89.09170 "PEG"
STN  304 1.458 "PEG"
PRISM  1.538
BS  303 149.23440
F1 VA 303 149.23350 125.014 90.50440 "PEG"
PRISM  1.445
F1 VA 305 193.12050 86.713 89.47270 "PEG"
STN  305 1.443 "PEG"
PRISM  1.458
BS  304 13.12080
F1 VA 304 13.12060 86.716 90.12540
"PEG"
PRISM  1.485
F1 VA 306 190.51120 110.911 90.23330
"PEG"
STN  306 1.485 "PEG"
PRISM  1.443
BS  305 10.51050
F1 VA 305 10.51120 110.914 89.36090
"PEG"
PRISM  1.450
F1 VA 307 147.12030 120.470 90.33230
"PEG"
```

ตัวอย่างข้อมูลรังวัดรายละเอียด (FBK)

```
! ! P.C. mm Applied: -30.000
NEZ  406 50019.7388 50233.2667 99.6890
STN  406 1.443
PRISM  1.521
AZ  406 407 266.29000
BS  407 266.29050
F1 VA 407 266.29050 150.574 89.55170 "PEG"
PRISM  1.500
BEGIN
F1 VA 40001 200.51570 29.769 89.35130 "STPOND"
F1 VA 40002 201.03120 26.316 89.30280 "POND"
F1 VA 40003 201.58490 22.690 88.51260 "POND"
F1 VA 40004 202.19500 19.417 89.40330 "POND"
F1 VA 40005 202.47260 15.974 89.55060 "POND"
F1 VA 40006 205.32410 12.172 89.52240 "POND"
F1 VA 40009 212.56300 7.860 89.00210 "POND"
F1 VA 40010 228.57160 3.833 90.22250 "POND"
F1 VA 40011 327.57210 2.371 91.21450 "POND"
F1 VA 40012 6.22150 7.300 91.02000 "POND"
F1 VA 40013 7.10550 10.694 90.30070 "POND"
F1 VA 40014 8.21260 15.711 90.17170 "POND"
F1 VA 40015 8.38470 22.715 90.05000 "POND"
F1 VA 40017 13.06390 35.987 90.08210 "POND"
F1 VA 40018 13.14420 40.719 89.55400 "POND"
F1 VA 40019 12.57450 44.657 89.59060 "POND"
F1 VA 40021 13.57300 49.321 90.08380 "POND"
F1 VA 40022 14.41150 53.115 89.32040
"ENDPOND"
END
```

Summary

Planning Stage

- พิจารณาลักษณะงานที่ต้องการ, เครื่องมือ, และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับความถูกต้องทางตำแหน่ง
- วางแผนและกำหนดรูปแบบการทำงานสนามให้เป็นไปตามข้อกำหนด
- ตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องมือ
- Site visit ก็เป็นสิ่งจำเป็น

Summary

Field Operation

- H&V control establishment and adjustment
- Topographic detail
- Land parcel and other
- Field data processing and map drawing
- Map checking

Summary

Construction Stage

- Calculation a setting out (S-O) point
- Checking location and coordinates of object
- Field setting out
- Improvement position
- Collect the deviation of setting out point
- Report a data of setting out point and deviation

Summary

Final operation

- As build field measurement
- Drawing As-build map
- Preparation of final report
- Crate a final report (H&V control, Adjustment report, Topographic map, S-O data, S-O deviation, As build map)

ข้อซักถาม - คำถาม

การจัดการจุดจำนวนมากๆ อาศัยปัจจัยที่เกี่ยวกับฐานข้อมูล

ที่แยกแยะด้วย หมายเลข และ รหัส