

การคำนวณหา อินเตอร์เซป และ แอซิมัทด้วยเครื่องคำนวณ

โดย น.อ.จรินทร์ บุญเหมา

ผู้อำนวยการกองวิชาวิศวกรรมอากาศยาน ฝศ.ร.ร.นร.

ในทะเลจีนตอนใต้ ท้องฟ้าคืนเดือนมืดอากาศปลอดโปร่งมองเห็นดาวระยิบระยับเต็มท้องฟ้า เรือจุฬาภรณ์พาณิชย์ขนาดระวาง ๓,๐๐๐ ตันกรอส บรรทุกสินค้าเต็มระวาง ถู้อ้อมฝ่าทะเลที่ค่อนข้างเรียบมุงขึ้นเหนือ ไปยังเกาะฮ่องกง บนสะพานเดินเรือสมศักดิ์ตันหน และนายยามเรือเดิน กำลังตกอยู่ในความเครียด เพราะหลังจากที่เขารับยามผลัดเที่ยงคืนมาได้ราวชั่วโมงครึ่ง ระบบหาตำแหน่งด้วยดาวเทียม (Global Positioning System) หรือ GPS เกิดขัดข้องโดยไม่ทราบสาเหตุ และยังไม่สามารถแก้ไขได้ นับเป็นครั้งแรกในรอบหลายปีของชีวิตการเดินทางที่ สมศักดิ์รู้สึกไม่แน่ใจว่าขณะนี้เรืออยู่ที่ใดในทะเลแน่ ชั่วแรกเขาแก้ปัญหาโดยขีดเข็มใหม่ออกจากที่เรือแน่นอนครั้งสุดท้ายจาก GPS และพล็อตที่เรือ รายงานอย่างประณีตทุกเต็มชั่วโมง ซึ่งก็พอทำให้อุ่นใจได้ว่าเรือไม่ถึงกับหลงทาง เมื่อแน่ใจว่าเครื่องรับ GPS คงไม่ฟื้นคืนชีพมาบอกตำแหน่งที่แน่นอนได้อีกแล้ว สมศักดิ์ก็เริ่มใช้ความคิดที่จะหาที่เรือแน่นอนด้วยวิธีอื่น แต่จะใช้วิธีอะไรได้ละในเมื่อเรืออยู่ห่างฝั่งมากจนเครื่องมือเดินเรืออิเล็กทรอนิกส์ที่ยังเหลือใช้งานได้คือ เรดาร์ก็ไม่สามารถจับเป้าที่หมายชายฝั่งใด ๆ ได้ นึกอย่างนี้ สมศักดิ์ก็รู้สึกหงุดหงิดกับกระดุกบริษัทเดินเรือ ที่ติดตั้งเครื่องมือเดินเรืออิเล็กทรอนิกส์ให้เพียงแต่เรดาร์ กับ GPS อย่างละเครื่องเท่านั้น

สมัยยังเป็นนักเรียนเดินเรือสมศักดิ์ให้ความสนใจเพียงเล็กน้อยกับวิชาเดินเรือดาราศาสตร์ โดยคิดว่าในยุคของอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่นำมาใช้หาตำแหน่งที่เรือในทะเลได้อย่างแม่นยำนั้น การศึกษาเดินเรือดาราศาสตร์ก็เป็นเพียงการเรียนรู้ประวัติศาสตร์ตอนหนึ่งของการเดินเรือเท่านั้น เหตุผลอีกประการหนึ่งที่ทำให้สมศักดิ์เบื่อการเรียนวิชานี้ก็คือ วิธีการคำนวณที่ใช้วิธีการเปิดตารางสำเร็จต่าง ๆ หลายเล่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคำนวณหาเส้นตำแหน่ง (Line of Position) ด้วยวิธี อินเตอร์เซป (Intercept) และการคำนวณหาแอซิมัทของตำแหน่งที่ดาวบนผิวโลก ซึ่งใช้มาตราคำนวณแยกเฉพาะจำนวนหลายเล่ม ที่มีเงื่อนไขการใช้ที่ค่อนข้างสับสนเข้าใจยาก ถ้าเพียงแต่ว่าการคำนวณจะง่ายขึ้นซักนิด สมศักดิ์คงจะให้ความสนใจกับเดินเรือดาราศาสตร์มากขึ้น

มาถึงตอนนี้สมศักดิ์ตกลงใจแล้วว่าเขาจะต้องใช้เดินเรือดาราศาสตร์เป็นมาตรการสุดท้าย ในการหาตำแหน่งที่เรือแน่นอน ในช่วงเวลาแสงเงินแสงทองก่อนที่พระอาทิตย์จะขึ้น โดยการวัดมุมสูงของดาวกับขอบฟ้าในช่วงเวลานั้น โชคดีที่ตามอนุสัญญาว่าด้วยความปลอดภัยของชีวิตในทะเล (Safe of Life at Sea – SOLAS) บังคับให้เรือเดินสมุทรทุกลำต้องมีเครื่องมือ และบรรณสารการเดินเรือดาราศาสตร์ไว้ด้วย ตามข้อกำหนดขององค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (International Maritime Organization –

IMO) ดังนั้นแม้ความรู้ทางเดินเรือดาราศาสตร์จะเลื่อนลงไปข้างเขาก็คิดว่าคงจะเอาตัวรอดไปได้ในครั้งนี้นี้ และตั้งใจว่าเสร็จภารกิจการส่งสินค้าในเที่ยวนี้แล้ว สิ่งแรกที่จะกระทำคือรื้อฟื้นความรู้ทางการเดินเรือดาราศาสตร์ ให้กลับคืนมาอย่างเต็มที่อีกครั้ง

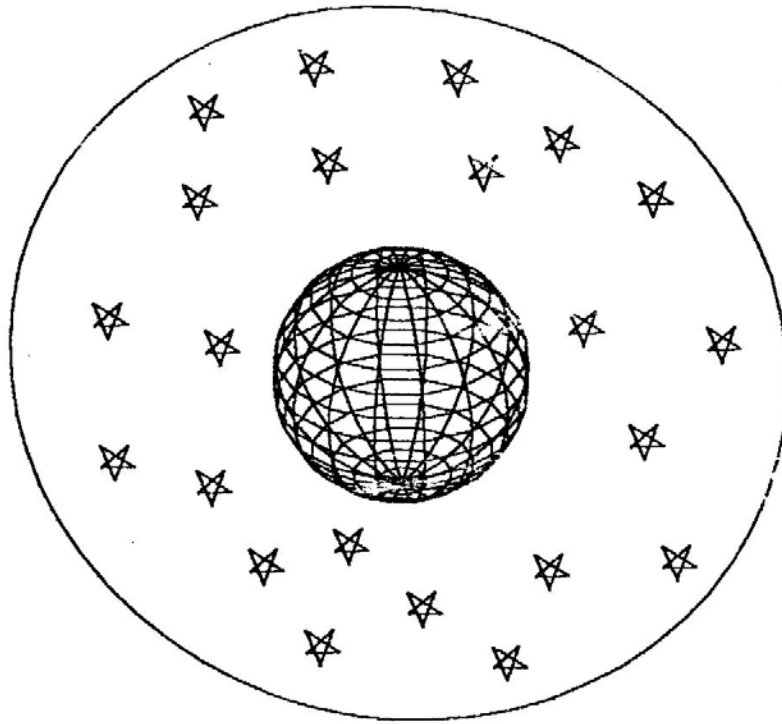
ดาราศาสตร์ถอยไป ให้ GPS เข้ามาแทน

แต่เดิมในสมัยที่ระบบการเดินเรืออิเล็กทรอนิกส์สำหรับการเดินเรือไกลฝั่งมีขนาดใหญ่โตซับซ้อนยุ่งยากในการใช้งาน และมีราคาแพง ทำให้เครื่องมือเดินเรือเหล่านี้ไม่แพร่หลายนักกับเรือที่มีขนาดเล็ก นอกจากนั้นยังมีปัญหาเรื่องความน่าเชื่อถือของระบบ และขอบเขตพื้นที่ให้บริการที่จำกัดเหตุผลดังกล่าวในอดีตยังทำให้นักเดินเรือต้องพึ่งพาการหาที่เรือแน่นอนโดยวิธีทางดาราศาสตร์ และนักเดินเรือก็คงทักษะในการเดินเรือดาราศาสตร์ไว้ได้

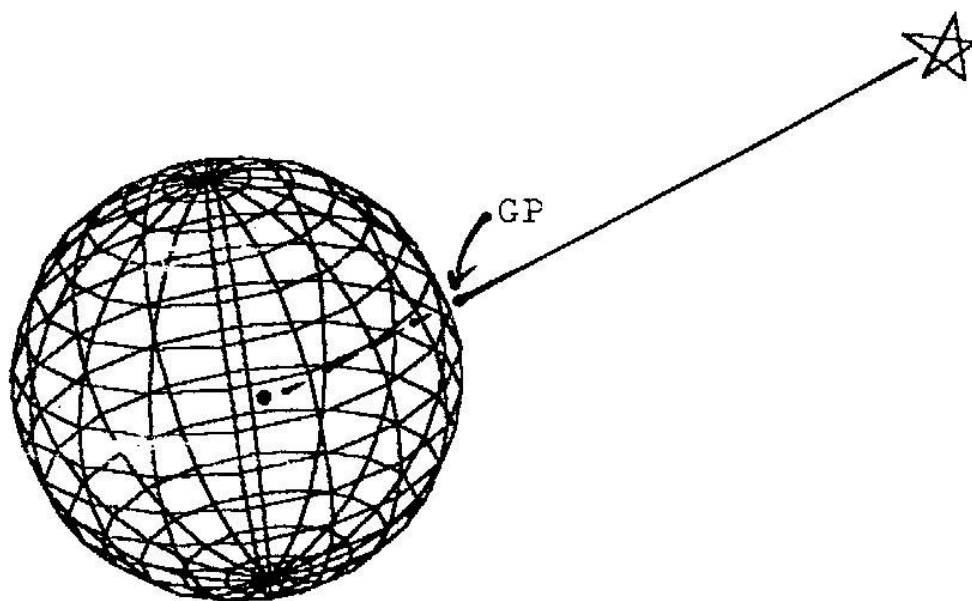
การกำเนิดขึ้นของระบบหาดำบลที่ด้วยดาวเทียมแบบ Transit ซึ่งใช้หลักการของ Doppler และพัฒนามาจนถึงระบบหาดำบลที่ด้วยดาวเทียมแบบครอบคลุมโลก (Global Positioning System) หรือ GPS นับว่าเป็นการปฏิวัติด้านการเดินเรืออย่างแท้จริง เนื่องจากเป็นระบบที่มีความถูกต้องสูง ยานบริการครอบคลุมทั่วโลกตลอดเวลา ขนาดเครื่องรับไม่ใหญ่โต ใช้งานง่าย และราคาถูก เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดินเรืออิเล็กทรอนิกส์รุ่นก่อน ๆ เช่น เดกกา โอเมกา หรือ ลอเรน ความง่ายในการใช้ถึงขนาดที่สามารถให้เด็กประถม ๖ มาฝึกอ่านและพล็อตค่าพิกัดจาก GPS ได้ โดยไม่ต้องมีความรู้พื้นฐานการเดินเรือเลย ด้วยเหตุผลที่กล่าวเหล่านี้ทำให้ความนิยมใช้ GPS ในการเดินเรือเพิ่มสูงขึ้น จนนักเดินเรือตกอยู่ในสภาพเสพติด GPS และสูญเสียสัญชาตญาณของนักเดินเรือไปทุกที ๆ

เหตุการณ์จำลองที่เกิดขึ้นกับต้นหน สมศักดิ์ บนเรือจุฬาภรณ์ เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้จริงตลอดเวลาตราบนานเท่าที่เครื่องรับ GPS ยังต้องใช้พลังงานจากไฟฟ้า และเป็นอุปกรณ์ที่ละเอียดอ่อน เป็นที่ทราบกันดีในหมู่นักเดินเรือว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในเรือ นอกจากจะจ่ายไฟไม่คอยสม่ำเสมอแล้ว ยังอาจมีข้อขัดข้องได้เสมอ นอกจากนั้นยังทราบกันภายหลังสงครามอ่าวเปอร์เซียว่า สหรัฐอเมริกาผู้ให้บริการระบบ GPS สามารถจะดัดให้บริการสัญญาณ GPS ทั้งในระดับภูมิภาคหรือระงับโดยสิ้นเชิงได้ตลอดเวลา ตัวอย่างสำคัญที่เกิดขึ้นกับระบบ GPS ในปี พ.ศ. ๒๕๔๒ คือเหตุการณ์ที่เรียกว่า “การสุดสัปดาห์” (End of Week) ของระบบ GPS (เป็นคณะเหตุการณ์กับ Y2K) ที่การนับเวลาเป็นสัปดาห์ของนาฬิกาในระบบกลับมา ตั้งต้นนับเวลาสัปดาห์ใหม่ ทำนองเดียวกับเลขกิโละเมตรบนหน้าปัด วัดความเร็วรถยนต์หมุนวนกลับมา ตั้งต้นที่เลขที่ศูนย์ทั้งหมดใหม่แล้วเริ่มนับใหม่อีกวงรอบหนึ่ง เหตุการณ์ ในครั้งนั้นทำให้ GPS ส่วนใหญ่ที่ใช้อยู่บนเรือตกอยู่ในสภาพทำงานคลาดเคลื่อนไปหมด มีเสียงกู่ร้องอย่างตื่นตระหนกไปทั่วคองน้ำ เรือเดินทะเลบางลำ นายเรือถึงกับประกาศดอออกทะเลจนกว่าจะมีเครื่องรับ GPS เครื่องใหม่ที่ใช้งานได้เหมือนเดิมมา ติดตั้งบนเรือ เหตุการณ์จบลงด้วยการที่ประชาคมเดินเรือทั่วโลกต้องเสียเงินไปกับการจัดหาเครื่องรับ GPS เครื่องใหม่ หรือปรับปรุงเครื่องเดิมโดยเปลี่ยนชิ้นส่วนบางชิ้น ให้เครื่องรับใช้งานได้ดังเดิม พร้อมกับเริ่ม คิดกันอีกครั้งว่าน่าจะมีพื้นฐานความรู้เดินเรือดาราศาสตร์กันจริง ๆ จัง ๆ ชักที่จะดีไหม

ใช้ดาวมาหาที่เรือแน่นอนได้อย่างไร?

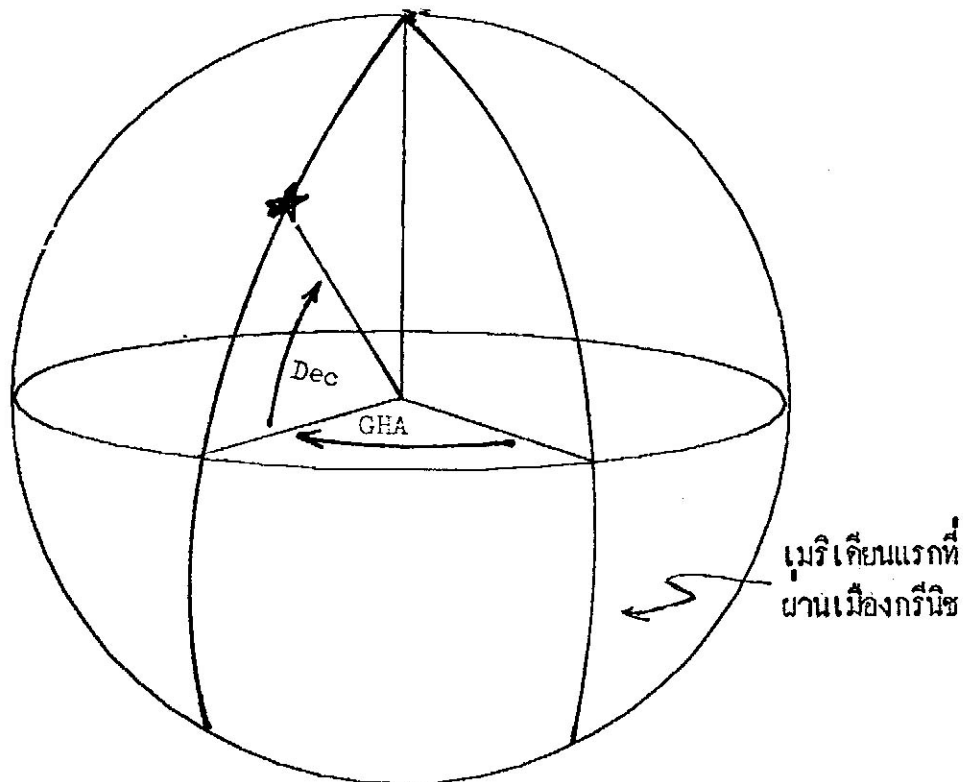


รูปที่ ๑ โลกและทรงกลมท้องฟ้า



รูปที่ ๒ ตำแหน่งที่ภูมิศาสตร์ (Geographic Position) หรือ GP ของดาวบนผิวโลก

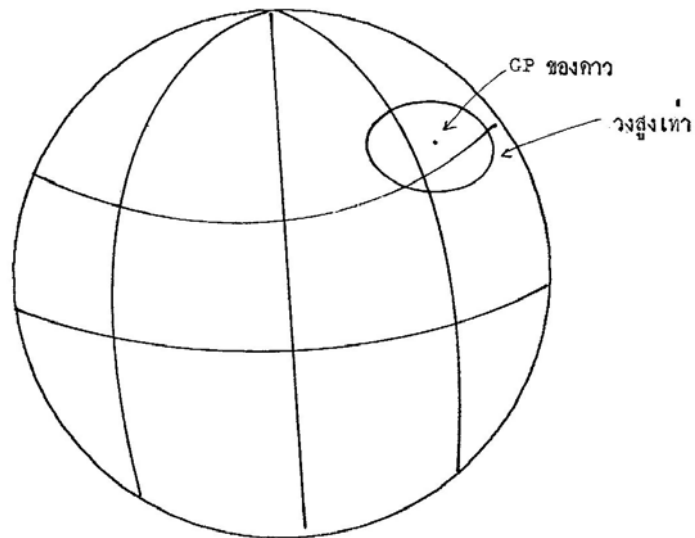
การใช้วัตถุท้องฟ้ามาหาที่เรือแน่นอน เป็นหลักการเดียวกันกับการหาที่เรือด้วยที่หมายชายฝั่ง คือถ้ารู้ตำแหน่งของมโนบนผิวโลกก็ใช้มันเป็นหลักย้อนมาหาตำแหน่งของเรือในทะเลได้เช่นกัน แต่กรณีของวัตถุท้องฟ้าไม่ได้มีตำแหน่งอยู่บนผิวโลกแต่อยู่ในอวกาศ ดังนั้นจะใช้วัตถุท้องฟ้าเหล่านี้เป็นหลักในการหาที่เรือได้อย่างไร หลักการง่าย ๆ คือ สมมุติให้โลกนี้หุ้มห่อด้วยทรงกลมท้องฟ้า (Celestial Sphere) ที่มีวัตถุท้องฟ้า คือ ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ดาวฤกษ์ ฯลฯ แปะติดอยู่ด้วยการวางตัวในตำแหน่งสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในท้องฟ้าค่อนข้างคงที่ (รูปที่ ๑) จากนั้นจึงให้ดาวที่จะใช้ในการหาที่เรื่อนั้นให้มาอยู่บนผิวโลก โดยวิธีการฉาย (Projected) แสงจากดาวนั้นลงมาตั้งฉากกับผิวโลกผ่านไปยังจุดศูนย์กลางโลก จุดที่ดาวถูกตั้งลงมาอยู่บนผิวโลกคือ “ตำบลที่ภูมิศาสตร์” (Geographic Position) หรือ GP ของดาว (รูปที่ ๒) ซึ่งพิกัดของ GP ที่เวลาใด ๆ กำหนดได้โดยค่ามุมเวลากรีนิช (Greenwich Hour Angle) หรือ GHA ซึ่งเป็นระยะทางเชิงมุมที่วัดจากเมริเดียนที่ผ่านเมืองกรีนนิช ไปทางตะวันตกจนถึงเมริเดียนที่ผ่าน GP ของดาวนั้น และอีกค่า คือ ค่า ดิคลิเนชัน (Declination) ซึ่งวัดทำนองเดียวกับละติจูดไปทางเหนือ หรือ ได้จากเส้นศูนย์สูตรไปถึงวงขนานดิคลิเนชันที่ผ่านดาวนั้น (รูปที่ ๓)



รูปที่ ๓ พิกัดของดาวบนผิวโลกกำหนดด้วย มุมเวลากรีนิช (Greenwich Hour Angle-GHA) และ ดิคลิเนชัน (Declination-Dec)

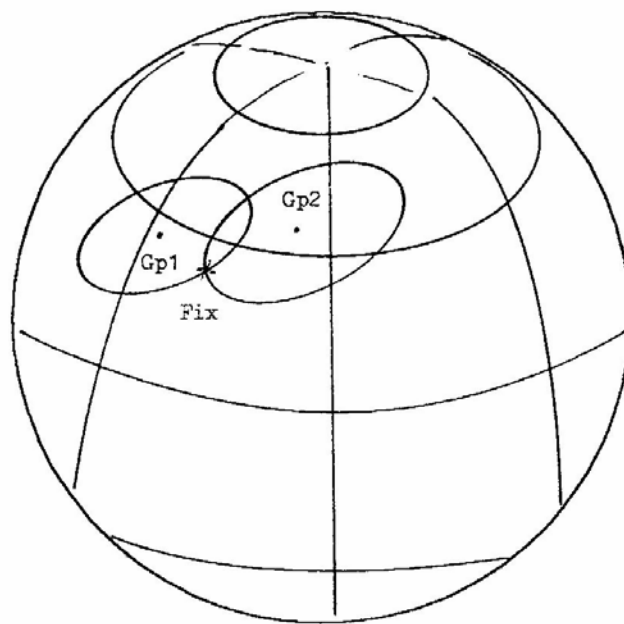
เมื่อทราบพิกัด GP ของดาวดวงใดในขณะเดียวกันก็วัดสูงของดาวดวงนั้นจากขอบฟ้า ก็จะสามารถเขียนส่วนโค้งของวงสูงเท่าที่ใช้ GP เป็นจุดศูนย์กลาง โดยลบมุมสูงที่วัดได้จากมุม ๙๐ องศา

แล้วแปลงเป็นระยะไมล์ทะเลโดยคูณด้วย ๖๐ ลิปดา ก็จะได้รัศมีของวงสูงเท่าบนผิวโลกของดาวดวงนี้



รูปที่ ๔ และวงสูงเท่าเขียนด้วยความยาวรัศมี 90° -Ho (สูงวัด)

(รูปที่ ๔) ซึ่งตำแหน่งของผู้วัดสูงดาวนั้นจะต้องอยู่บนจุดใดจุดหนึ่งบนส่วนโค้งของวงสูงเท่านี้ ดังนั้น ถ้าวัดสูงดาว ๒ ดวง แล้วเขียนวงสูงเท่าสองวงจุดตัดของวงสูงเท่าทั้งสอง ซึ่งอยู่ใกล้ที่เรือรายงานมากที่สุดก็คือ ที่เรือแน่นอนนั่นเอง (รูปที่ ๕)



รูปที่ ๕ ที่เรือแน่นอน (Fix) โดยวงสูงเท่าสองวงมาตัดกัน

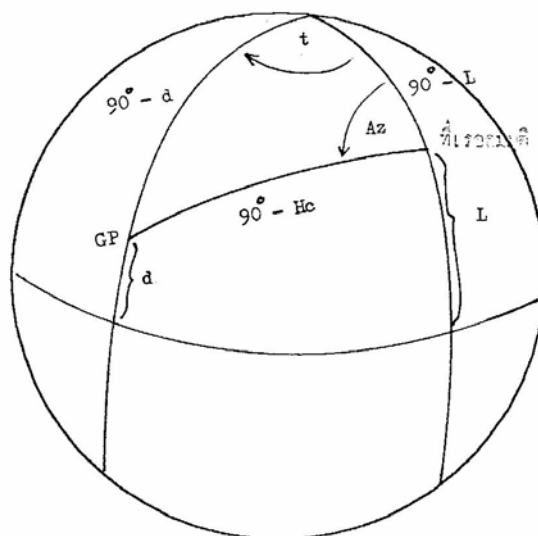
ปัญหาของการผลิตตำบลที่เรือด้วย วงสูงเท่า

จากการอธิบายในหัวข้อที่แล้วจะเห็นได้ว่าการหาตำบลที่แน่นอนของเรือด้วยการวัดสูงดาว
ค่อนข้างง่าย โดยมีขั้นตอนคือ

๑. วัดสูงดาวที่เลือกไว้แล้วจดเวลาขณะวัดไว้ด้วยนาฬิกาโครโนเมตร
๒. หาตำบลที่ GP ของดาวที่วัดสูงตามเวลาที่จับไว้โดยเปิดหาจาก “ปฏิทินเดินเรือ” (Nautical Almanac)
๓. พล็อต GP ของดาวลงบนแผนที่
๔. นำค่าสูงที่วัดได้ลบออกจาก ๙๐ องศา แปลงให้เป็นไมล์ทะเล โดยคูณด้วย ๖๐ ลิปดา ใช้เป็นรัศมีในการเขียนวงสูงเท่าลงบนแผนที่ โดยใช้ GP เป็นจุดศูนย์กลาง และทำเช่นนี้กับดาวอย่างน้อย ๒ ดวง
๕. จุดตัดของวงกลม (วงสูงเท่า) ในแผนที่ซึ่งอยู่ใกล้กับที่เรือรายงานมากที่สุด (วงกลมตัดกัน ๒ จุด) ก็คือที่เรือแน่นอนนั่นเอง

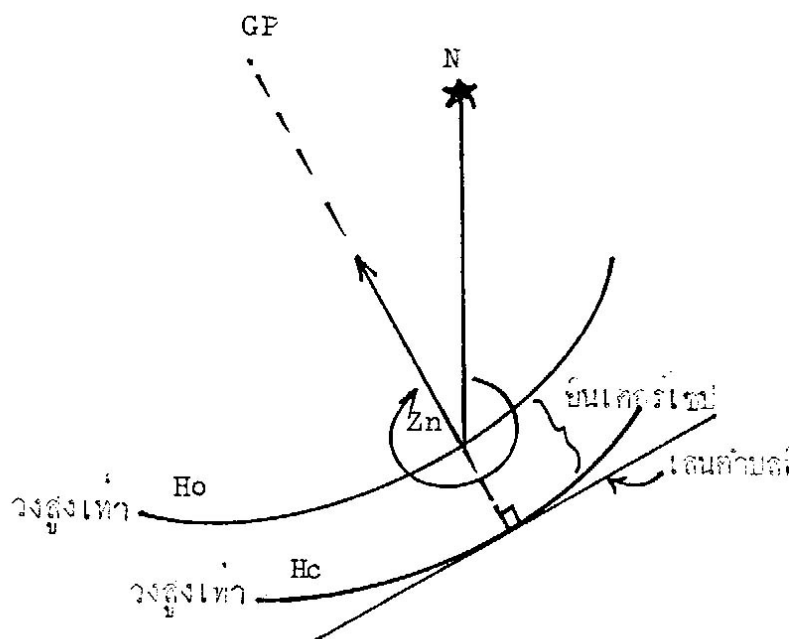
ดูขั้นตอนแล้วเหมือนง่ายแต่ในทางปฏิบัติทำไม่ได้ เพราะแผนที่เดินร่อนนั้นมีขนาดเล็กเกินกว่าที่จะพล็อตทั้ง GP และเขียนวงกลมที่มีรัศมีวงสูงเท่าลงไป และ GP นั้นก็มักจะไม่วางแผนที่ที่ใช้ตัวอย่างเช่น ถ้าวัดสูงดาวได้ ๓๐ องศา จากขอบฟ้า ดังนั้นความยาวของรัศมีวงสูงเท่าจะเท่ากับ $(๙๐-๓๐) \times ๖๐' = ๓,๖๐๐$ ไมล์ทะเล ซึ่งเป็นรัศมีที่ยาวมากเกินกว่าจะเขียนลงในแผนที่ได้ ยกเว้นแต่จะวัดสูงดาวได้ค่าใกล้เคียง ๙๐ องศา เท่านั้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วไม่สามารถเลือกกระทำได้

การพล็อตโดยใช้ผลการคำนวณจากสามเหลี่ยมเดินเรือ



รูปที่ ๖ สามเหลี่ยมเดินเรือ และองค์ประกอบ

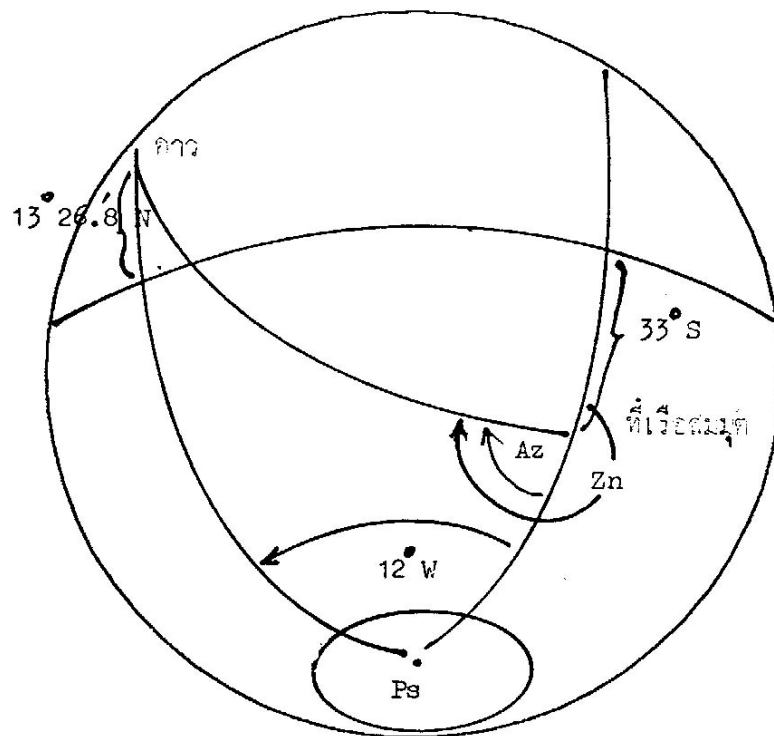
ในทางปฏิบัติโดยทั่วไปแล้วเป็นไปได้ที่จะพล็อต GP และวงสูงเท่าพร้อม ๆ กันลงในแผนที่ วิธีพล็อตที่ง่ายกว่าก็คือ พล็อตเฉพาะส่วนของวงสูงเท่าที่มีตำบลที่ของเรืออยู่บนแผนที่ และบางส่วนของรัศมีวงสูงเท่าซึ่งชี้ทิศทางไปยัง GP เท่านั้น หลักการก็คือ สร้างรูปสามเหลี่ยมทรงกลม (Spherical Triangle) ลงบนผิวโลกโดยมีจุดมุมทั้งสามอยู่ที่ (๑) ขั้วโลก (๒) GP และ (๓) จุดสมมุติที่เรืออยู่ ซึ่งใกล้เคียงกับ DR ในขณะเวลานั้นมากที่สุด (รูปที่ ๖) ด้านทั้ง ๓ ของสามเหลี่ยมทรงกลมนี้นยาวเท่ากับ (90° - ดิคลิเนชัน) (90° - ละติจูดสมมุติ) และ (90° - สูงคำนวณ) ค่าที่คำนวณหาจากการแก้สามเหลี่ยมรูปนี้ก็คือ สูงคำนวณ (Hc) และแอซิมัท (Zn) ของดาวจากเมริเดียนสมมุติของผู้ตรวจ ในการพล็อตลงบนแผนที่นั้นได้ให้นำเอา ตำบลที่สมมุติ (แลต, ลอง) พล็อตลง ลากเส้นแอซิมัทไปยังดาวจากตำบลที่สมมุติในแนวแอซิมัท เป็นระยะห่างเท่ากับผลต่างระหว่างสูงจริงที่วัดได้ (Ho) และสูงคำนวณ (Hc) โดยถ้าสูงคำนวณมากกว่าสูงวัดแล้วให้พล็อตระยะทางนี้ออกจากตำบลที่สมมุติไปในทิศทางตรงข้ามกับแอซิมัท GP ของดาว แต่ถ้าสูงคำนวณน้อยกว่าแล้วการพล็อตก็เป็นไปทางตรงกันข้าม จากจุดนี้ลากเส้นให้ตั้งฉากกับเส้นตรงที่แอซิมัทไปยัง GP ของดาว เส้นดังกล่าวนี้ก็คือเส้นตำบลที่ซึ่งเป็นส่วนโค้ง ส่วนหนึ่งของวงสูงเท่านั่นเอง (รูปที่ ๗)



รูปที่ ๗ การพล็อตเส้นตำบลที่โดยวิธีการ อินเตอร์เซป และแอซิมัทของ GP

ในการคำนวณนั้นใช้มาตราสำเร็จ เช่น HO 214 ในการแก้สามเหลี่ยมเพื่อหาสูงคำนวณ และแอซิมัทของ GP มาตราคำนวณที่กล่าวนี้มีทั้งหมด ๙ เล่ม แต่ละเล่มในช่วงละติจูด ๙ องศา ซึ่งมีวิธีใช้คำนวณตามตัวอย่าง ดังนี้

ให้ตำบลที่สมมุติอยู่ที่ละติจูด 33° S มุมยอดสามเหลี่ยมที่ขั้วโลกระหว่างเมริเดียนที่ผ่านดาวและเมริเดียนที่ผ่านตำบลที่สมมุติ หรือเรียกว่า “มุมเมริเดียน” (t) และมีค่า 12° ไปทางตะวันตก (w) และดาวมีดิกลิเนชัน $13^{\circ} 26'.8$ N (รูปที่ ๘)



รูปที่ ๘ สามเหลี่ยมเดิพเรื่อตามตัวอย่างการคำนวณ

วิธีทำ

L	$33^{\circ} 00'$ S
t	$12^{\circ} 00'$ W
dec	$13^{\circ} 26'.8$ W
d diff	$3'.2$
Δd	<u>$(+) 0.97$</u>
ht	$42^{\circ} 06'.5$
corr	<u>$(+) 3'.1$</u>
Hc	<u>$42^{\circ} 09'.6$</u>
Az = S	164.2 w
Zn =	344.0



คำอธิบาย จากมาตราสำเร็จ (รูปที่ ๙) ของ H.O. 214 ใช้หน้า Contrary Name เพราะละติจูด (L) และดิกลิเนชัน (Dec) ซ้ำตรงกัน จะได้สูงจากตาราง (ht) เท่ากับ $42^{\circ} 06.5'$ และมุมแอซิมัท (Az) เท่ากับ 164.2° และ Δd เท่ากับ 0.97 เห็นได้ว่า Dec ที่ใช้เปิดมากกว่า Dec ที่โจทย์กำหนดให้

DECLINATION CONTRARY NAME TO LATITUDE																87	Lat. 33°
12° 00'		12° 30'		13° 00'		13° 30'		14° 00'		14° 30'		15° 00'		15° 30'		H.A.	
A.L.	Az.	A.L.	Az.	A.L.	Az.	A.L.	Az.	A.L.	Az.	A.L.	Az.	A.L.	Az.	A.L.	Az.		
45 00.0	1.001	180.0		44 00.0	1.001	180.0		43 00.0	1.001	180.0		42 00.0	1.001	180.0		00	
44 59.4	1.003	178.6		43 59.4	1.003	178.6		42 59.4	1.003	178.7		41 59.4	1.003	178.7		01	
44 57.6	1.005	177.2		43 57.6	1.005	177.3		42 57.6	1.005	177.3		41 57.6	1.005	177.4		02	
44 54.5	1.007	175.9		43 54.7	1.007	175.9		42 54.7	1.007	176.0		41 54.7	1.007	176.1		03	
44 50.3	1.009	174.5		43 50.5	1.009	174.6		42 50.7	1.009	174.7		41 50.9	1.009	174.8		04	
44 44.9	0.911	173.1		43 45.2	0.911	173.2		42 45.5	0.911	173.4		41 45.8	0.911	173.5		05	
44 38.2	0.913	171.7		43 38.7	0.913	171.9		42 39.1	0.912	172.1		41 39.5	0.912	172.2		06	
44 30.4	0.915	170.4		43 31.0	0.915	170.6		42 31.6	0.914	170.8		41 32.2	0.914	171.0		07	
44 21.4	0.917	169.0		43 22.2	0.917	169.2		42 22.6	0.916	169.4		41 23.7	0.916	169.6		08	
44 11.2	0.919	167.7		43 12.2	0.918	167.9		42 12.2	0.918	168.1		41 13.1	0.918	168.3		09	
43 59.9	0.921	166.3		43 01.2	0.920	166.6		42 01.7	0.920	166.8		41 03.5	0.920	167.1		10	
43 47.5	0.923	165.0		42 49.8	0.922	165.3		41 50.4	0.922	165.6		40 51.8	0.921	165.9		11	
43 33.9	0.924	163.7		42 35.7	0.924	164.0		41 37.3	0.924	164.3		40 39.0	0.923	164.7		12	
43 19.2	0.926	162.4		42 21.3	0.926	162.7		41 23.2	0.926	163.1		40 25.1	0.925	163.4		13	
43 03.5	0.928	161.1		42 05.8	0.928	161.5		41 07.1	0.927	161.8		40 09.2	0.926	162.2		14	
42 46.7	0.930	159.8		41 49.3	0.930	160.0		40 51.9	0.929	160.6		39 54.3	0.928	161.0		15	
42 28.8	0.932	158.6		41 31.8	0.931	159.2		40 34.6	0.930	159.4		39 06.1	0.930	159.8		16	
42 09.9	0.934	157.3		41 13.2	0.933	157.7		40 16.4	0.932	158.2		38 48.1	0.931	158.6		17	
41 50.0	0.936	156.1		40 53.6	0.934	156.5		40 04.5	0.934	157.8		38 29.4	0.933	157.4		18	
41 29.1	0.938	154.8		40 33.1	0.936	155.3		39 45.1	0.935	156.5		38 09.9	0.935	156.2		19	
41 07.2	0.940	153.6		40 11.6	0.937	154.1		39 16.0	0.937	155.4		37 48.1	0.936	155.0		20	
40 44.4	0.942	152.4		39 49.2	0.939	153.0		38 53.9	0.938	154.3		37 26.2	0.938	154.0		21	
40 20.6	0.944	151.3		39 25.9	0.941	151.8		38 31.0	0.940	153.2		37 03.6	0.940	152.8		22	
39 56.0	0.946	150.1		39 01.7	0.942	150.4		38 07.2	0.941	152.1		36 40.5	0.941	151.5		23	
39 30.5	0.948	149.0		38 36.6	0.943	149.5		37 42.5	0.943	151.0		36 15.4	0.942	150.6		24	
39 04.1	0.950	147.8		38 10.6	0.945	148.4		37 17.0	0.944	149.0		35 50.1	0.944	149.5		25	
38 36.9	0.952	146.7		37 43.9	0.947	147.3		36 50.7	0.945	147.9		35 27.3	0.945	148.5		26	
38 08.9	0.954	145.6		37 16.3	0.948	146.2		36 23.5	0.947	146.8		35 04.0	0.946	147.4		27	
37 40.1	0.956	144.5		36 47.9	0.949	145.2		35 57.2	0.948	145.5		35 03.1	0.947	146.4		28	
37 10.5	0.958	143.5		36 18.8	0.950	144.1		35 28.9	0.949	144.7		34 34.8	0.948	145.3		29	
36 40.2	0.960	142.4		35 48.9	0.951	143.1		34 57.5	0.950	143.7		34 05.8	0.949	144.3		30	
36 09.1	0.962	141.4		35 18.3	0.952	142.1		34 27.3	0.951	142.7		33 36.1	0.951	143.3		31	
35 37.4	0.964	140.4		34 47.1	0.954	141.0		34 01.8	0.953	141.7		33 06.7	0.952	142.0		32	
35 05.0	0.966	139.4		34 15.1	0.956	140.1		33 29.8	0.954	140.7		32 34.6	0.953	141.4		33	
34 31.9	0.968	138.4		33 42.4	0.958	139.1		32 58.4	0.955	139.8		32 02.9	0.954	140.4		34	
33 58.2	0.970	137.4		33 09.2	0.960	138.1		32 26.9	0.956	138.8		31 30.5	0.955	139.5		35	
33 23.8	0.972	136.5		32 35.3	0.961	137.2		31 54.5	0.957	137.9		30 57.5	0.956	138.5		36	
32 48.9	0.974	135.6		32 00.8	0.962	136.2		31 21.4	0.958	136.9		30 23.9	0.957	137.6		37	
32 13.3	0.976	134.6		31 25.7	0.963	135.3		30 48.0	0.959	136.0		29 49.7	0.958	136.7		38	
31 37.2	0.978	133.7		30 50.9	0.964	134.4		30 26.3	0.960	135.1		29 14.9	0.959	135.8		39	
31 00.6	0.980	132.8		30 13.8	0.965	133.5		29 52.6	0.961	134.3		28 39.6	0.960	135.0		40	
30 23.4	0.982	131.9		29 37.1	0.967	132.7		29 20.5	0.962	133.4		28 13.7	0.961	134.1		41	
29 45.7	0.984	131.1		28 59.7	0.968	131.8		28 43.7	0.963	132.2		27 46.7	0.962	133.2		42	
29 07.5	0.986	130.2		28 22.1	0.969	131.0		27 59.2	0.964	131.3		27 13.4	0.963	132.4		43	
28 28.9	0.988	129.4		27 43.8	0.970	130.1		27 21.2	0.965	130.5		26 35.8	0.964	131.2		44	
27 49.7	0.990	128.5		27 05.1	0.971	129.3		26 42.7	0.966	129.7		25 57.7	0.965	130.0		45	
27 10.2	0.992	127.7		26 26.5	0.972	128.5		26 03.7	0.967	129.2		25 19.2	0.966	129.6		46	
26 30.1	0.994	126.9		25 46.3	0.973	127.7		25 24.3	0.968	128.1		24 40.2	0.967	129.8		47	
25 49.7	0.996	126.1		25 26.0	0.974	126.9		24 44.7	0.969	127.7		24 00.8	0.968	129.4		48	
25 08.9	0.998	125.4		24 47.4	0.975	126.1		24 04.3	0.970	126.5		23 20.9	0.969	127.3		49	
24 27.6	0.999	124.6		24 06.4	0.976	125.0		23 23.6	0.971	126.1		22 40.7	0.970	126.5		50	
23 46.0	0.999	123.8		23 24.9	0.977	124.2		22 42.6	0.972	125.0		22 01.1	0.971	125.4		51	
23 04.1	0.999	123.1		22 43.2	0.978	123.5		22 01.2	0.973	124.3		21 19.9	0.972	124.5		52	
22 21.7	0.999	122.4		22 01.0	0.979	122.8		21 40.2	0.974	123.1		20 38.5	0.973	123.9		53	
21 39.0	0.999	121.6		21 18.5	0.979	122.0		20 57.9	0.975	122.4		20 16.6	0.974	123.2		54	
20 56.0	0.999	120.9		20 35.7	0.980	121.3		19 54.8	0.976	121.8		19 34.3	0.975	122.5		55	
20 12.7	0.999	120.2		19 52.5	0.981	120.6		19 12.0	0.977	121.4		18 51.7	0.976	122.1		56	
19 29.1	0.999	119.5		19 30.3	0.982	119.9		18 28.9	0.978	121.0		18 08.8	0.977	121.5		57	
18 45.1	0.999	118.8		18 52.3	0.983	119.2		17 45.5	0.978	120.0		17 25.5	0.978	120.4		58	
18 00.9	0.999	118.2		18 14.3	0.984	118.6		17 01.8	0.979	119.3		16 42.0	0.979	119.7		59	
17 16.4	0.999	117.5		17 36.9	0.985	117.9		16 17.8	0.980	118.7		15 58.1	0.979	119.1		60	
16 31.6	0.999	116.8		16 52.3	0.986	117.2		15 33.5	0.981	118.0		15 14.0	0.980	118.4		61	
15 46.6	0.999	116.2		16 07.4	0.987	116.6		14 48.9	0.982	117.4		14 29.6	0.981	117.8		62	
15 01.3	0.999	115.5		15 22.4	0.988	115.9		14 04.1	0.983	116.7		13 45.0	0.982	117.1		63	
14 15.8	0.999	114.9		14 36.9	0.989	115.3		13 19.1	0.984	116.1		13 00.1	0.983	116.5		64	
13 30.0	0.999	114.3		13 51.3	0.990	114.7		12 43.7	0.985	115.5		12 14.9	0.984	115.9		65	
12 44.0	0.999	113.6		13 06.8	0.991	114.0		11 48.2	0.986	114.8		11 25.9	0.985	115.2		66	
11 57.8	0.999	113.0		12 21.9	0.992	113.3		10 62.4	0.987	114.2							

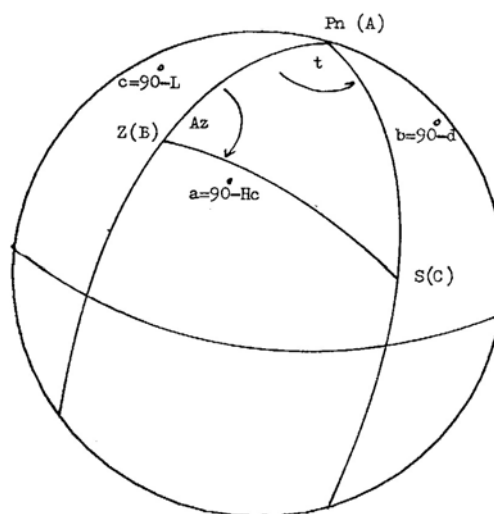
อยู่ 3.2 และจากในมาตราจะเห็นว่า Dec ยิงน้อย สูง (ht) จะมากขึ้นอัตราแก่ (Δd) จึงเป็นบวก ซึ่งเมื่อนำผลต่างของ Dec คือ 3.2 กับค่า Δd คือ 0.97 ไปเปิดมาตราสำเร็จก็จะได้อัตราแก่สูง 3.1 ($0.97 \times 3.2 = 3.1$) ส่วนมุมแอสิมัท มีชื่อตามแลต (L) กับมุม t คือ S และ W เมื่อทำเป็นแอสิมัท Zn จึงได้ 344.2

การแก้สามเหลี่ยมโดยใช้เครื่องคำนวณแบบพกพา

จากการคำนวณหาแอสิมัท และ อินเตอร์เซป โดยใช้มาตราสำเร็จ H.O. 214 ในตัวอย่างข้างต้น ผู้คำนวณเพียงปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ตามคำอธิบายก็สามารถจะได้คำตอบ โดยไม่จำเป็นต้องเข้าใจความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของรูปสามเหลี่ยมอย่างถ่องแท้ อย่างไรก็ตามการใช้มาตราสำเร็จดังกล่าว ถ้าจะให้ครอบคลุมการเดินทางในทุกละติจูดแล้ว จะต้องนำไปให้ครบทั้ง ๙ เล่ม ซึ่งเป็นภาระในการจัดหาและจัดเก็บพอสมควร เหตุผลอีกประการหนึ่งที่มีการสร้างมาตราสำเร็จขึ้นมาโดยไม่ใช้วิธีการคำนวณแก้สามเหลี่ยมโดยตรงด้วยวิธีการทางตรีโกณมิติ เพราะในยุคแรกยังไม่มีเครื่องคำนวณแบบพกพาที่มีฟังก์ชันต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ปัจจุบันนี้ การคำนวณโดยตรงกระทำได้โดยการใช้ตารางลอการิทึม ซึ่งต้องคำนวณยืดยาวบนกระดาษ มาตราคำนวณสำเร็จ จึงเป็นทางออกที่เร็วและดีกว่า แต่ก็ทำให้นักเดินเรือสูญเสียความเข้าใจอย่างถ่องแท้ถึงการหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในรูปสามเหลี่ยมเดินเรือ

ในปัจจุบัน เครื่องคำนวณแบบมีฟังก์ชันคณิตศาสตร์ มีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง และซื้อหาได้ทั่วไป ดังนั้นการคำนวณแก้สามเหลี่ยมเดินเรือด้วยวิธีคำนวณตรง จึงเป็นทางเลือกใหม่ที่นักเดินเรือผู้มีวิญญูณ ความเป็นชาวเรือโดยแท้จริงน่าจะหันมาทำความเข้าใจและนำไปใช้ ซึ่งเมื่อใช้ได้อย่างคล่องแคล่วแล้ว ก็ จะรู้สึกสนุกไปกับการเดินเรือดาราศาสตร์

สูตรในการหาสูงคำนวณ และแอสิมัทของ GP



รูปที่ ๑๐ องค์ประกอบของสามเหลี่ยมเดินเรือ

สูงคำนวณ (Hc) และมุมแอสิมัท (Az) ของวัตถุท้องฟ้าใด ๆ สามารถคำนวณหาได้โดยใช้ เครื่องคำนวณที่มีฟังก์ชันตรีโกณมิติ โดยใช้สูตรจากการสังเคราะห์ ดังนี้

จากรูปสามเหลี่ยมเดินเรือบนผิวโลก PnSZ (รูปที่ ๑๐) ให้ Pn (A) เป็นขั้วโลกเหนือ Z(B) เป็นเซนิทของผู้ตรวจ S(C) เป็นตำบลที่ของวัตถุท้องฟ้า t เป็นมุมเมริเดียน Az เป็นมุมแอสิมัท L เป็นละติจูดผู้ตรวจ Hc เป็นสูงคำนวณ และ d เป็นดิกลิเนชันของดาว a, b และ c เป็นด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมซึ่งมีความยาว $90^\circ - Hc$, $90^\circ - d$ และ $90^\circ - L$ ตามลำดับ

จากกฎของ Cosine :

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\text{หรือ } \cos (90^\circ - Hc) = \cos (90^\circ - d) \cos (90^\circ - L) + \sin (90^\circ - d) \sin (90^\circ - L) \cos t$$

$$\text{ดังนั้น } \sin Hc = \sin d \sin L + \cos d \cos L \cos t \text{ ----- 1}$$

$$\text{และ } \cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos Az$$

$$\text{หรือ } \cos (90^\circ - d) = \cos (90^\circ - L) \cos (90^\circ - Hc) + \sin (90^\circ - L) \sin (90^\circ - Hc) \cos Az$$

$$\text{ดังนั้น } \sin d = \sin L \sin Hc + \cos L \cos Hc \cos Az$$

$$\cos Az = \frac{\sin d - (\sin L \sin Hc)}{\cos L \cos Hc} \text{ ----- 2}$$

สมการ ๑ และ ๒ ใช้สำหรับคำนวณหาสูงคำนวณ (Hc) และมุมแอสิมัท (Az) ของวัตถุท้องฟ้าตามลำดับ ก่อนการคำนวณให้วาดรูปประกอบเพื่อความเข้าใจก่อนทุกครั้ง

ในการคำนวณมีเงื่อนไข ดังนี้

๑. การวาดรูปให้เลือกยอดของสามเหลี่ยมเป็นขั้วโลก ตามซีกโลกที่ **ชื่อเหมือน** กับละติจูดสมมุติของผู้ตรวจดาว
๒. ถ้าละติจูดของผู้ตรวจ และ ดิกลิเนชันของดาวชื่อต่างกัน ให้ใส่ค่าของดิกลิเนชัน **เป็นลบ** ในทั้งสองสมการ
๓. การหาค่าแอสิมัท (Zn) ให้นำหน้าชื่อมุมแอสิมัท (Az) ด้วยชื่อละติจูด และลงท้ายด้วยชื่อของมุม t

ต่อไปการแสดงวิธีการคำนวณตามโจทย์ตัวอย่างเดิมในรูปที่ ๘ โดยวิธีคำนวณด้วยเครื่องคำนวณซ้ำให้ดูอีกครั้ง

ขั้นแรก เขียนรูปประกอบโดยให้ขั้วใต้เป็นยอดของสามเหลี่ยมเนื่องจากละติจูดของผู้ตรวจอยู่ซีกโลกใต้ (รูปที่ ๘) เขียนอักษรกำกับสามเหลี่ยมให้ครบถ้วนตามคำมุมต่าง ๆ

ขั้นสอง พิจารณาเห็นว่า ซ็อลติจูดเป็น S แต่ดิคลิเนชันเป็น N ซึ่งมีชื่อต่างกัน จึงต้องใส่ค่าของดิคลิเนชันเป็นลบในการคำนวณ

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } \sin H_c &= \sin d \sin L + \cos d \cos L \cos t \\
 \sin H_c &= \sin (-13^{\circ} 26' .8) \sin 33^{\circ} + \cos (-13^{\circ} 26' .8) \cos 33^{\circ} \cos 12^{\circ} \\
 \sin H_c &= 0.67120 \\
 H_c &= 42^{\circ} .16 = 42^{\circ} 09' .6 \\
 \cos Az &= \frac{\sin d - (\sin L \sin H_c)}{\cos L \cos H_c} \\
 &= \frac{\sin (-13^{\circ} 26' .8) - (\sin 33^{\circ} \sin 42^{\circ} 09' .6)}{\cos 33^{\circ} \cos 42^{\circ} 09' .6} \\
 \cos Az &= -0.96207 \\
 Az &= 164^{\circ} .2 \quad \text{นำหน้าด้วยชื่อ L ตามด้วยชื่อ t} \\
 &= S 164^{\circ} .2 \quad W \\
 \text{ดังนั้นแอสิมัทจริง Zn} &= 344^{\circ} .2
 \end{aligned}$$

จากการคำนวณได้คำตอบเท่ากันทุกประการกับการคำนวณด้วยมาตราสำเร็จ HO214 แต่ให้ความสะดวกรวดเร็วกว่า และช่วยให้ผู้คำนวณมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในรูปสามเหลี่ยมเดินเรืออย่างลึกซึ้ง

ส่งท้าย

หลักการที่ว่า “นักเดินเรือย่อมใช้ทุกวิถีทางที่เป็นไปได้ในการหาที่เรือแน่นอนในทะเล” เป็นสัจธรรมที่ยังใช้ได้อยู่ นักเดินเรือผู้ไม่ประมาทย่อมหาโอกาสฝึกฝนพื้นฐานความรู้ด้านการเดินเรือของตนไว้เสมอโดยไม่ฝากชะตากรรมของเรือตนไว้กับระบบหรือวิธีการหาที่เรือแบบใดแบบหนึ่งเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะระบบเดินเรืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น GPS ที่ต้องอาศัยการพึ่งพาจากภายนอก ที่อาจเกิดการขัดข้องทางเทคนิค หรือโดยเจตนาและไม่เจตนาของผู้ให้บริการ การฝึกฝนปฏิบัติการเดินเรือดาราศาสตร์อยู่เป็นนิจ จนเกิดความชำนาญย่อมแก้ไขปัญหาได้เสมอเมื่อตกอยู่ในภาวะไม่อาจหาที่เรือด้วยวิธีการอื่นได้ หากกระทำเช่นนี้แล้วย่อมมีความรู้สึกตัวว่าเรานั้นเองคือนักเดินเรือที่แท้จริง ผู้สามารถกุมชะตากรรมของเรือตนได้โดยไม่ต้องพึ่งพาปัจจัยจากภายนอก.