ส่วนทรัพยากรบุคคล
เลขรับ A612
วันที่ 27 S.A. 2565
เวลา 14.11

เรียน คุณรัชนี / คุณวรีรัตน์
เพื่อโปรดดำเนินการต่อไป

(นายภาสวิชญ์ จุลมูล)
นักทรัพยากรบุคคลชำนาญการพิเศษ
ผู้อำนวยการส่วนทรัพยากรบุคคล
27 S.A. 2565

เรียน คุณพาณิต / คุณกมลพร
เพื่อโปรดดำเนินการต่อไป

27 S.A. 2565
(นางสาวรัชนีกร ทองน้อย)
เจ้าพนักงานธุรการชำนาญงาน

รทธ. (สุวภาคย์)
เลขรับ 7400
วันที่ ๒๓ ธ.ค. ๒๕๖๕
เวลา 16.14 น.

อทธ.
เลขรับ 3623 2565
วันที่ 23 S.A. 2565
เวลา 13.60 น.

สำนักงานเลขานุการกรม
เลขรับ 21518
วันที่ 23 S.A. 2565
เวลา 14:55 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ กทร. ส่วนบริหารจัดการทรัพยากรแร่ โทร. ๐ ๒๖๒๑ ๙๗๖๙ โทรสาร ๐ ๒๖๒๑ ๙๗๗๓

ที่ กทร.๐๒/๓๙๒๑ **วันที่** ๒๑ ธันวาคม ๒๕๖๕

ส่วนช่วยอำนวยการ
เลขรับ 19728
วันที่ 23 ธ.ค. 2565
เวลา 14.57 น.

เรื่อง รายงานการฝึกอบรมหลักสูตร “3D Geological Modelling – SKUA GOCAD”

เรียน อทธ. ผ่าน ผอ.กทร. ผ่าน ผอ.สบร.๑

ตามที่ อทธ. ได้อนุมัติให้ นางสาววรรณชนก จิตรกล้า นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ กทร. เดินทางเข้าร่วมการฝึกอบรมหลักสูตร “3D Geological Modelling - SKUA GOCAD” ระหว่างวันที่ ๒๖ พฤศจิกายน - ๓ ธันวาคม ๒๕๖๕ เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น ๘ วัน (รวมวันเดินทาง) ณ เมือง Daejeon สาธารณรัฐเกาหลี ซึ่งจัดขึ้นโดยหน่วยงาน Korea Institute of Geoscience and Mineral Resource (KIGAM) นั้น

ดิฉันขอเรียนสรุปการฝึกอบรมฯ ดังนี้

๑. การฝึกอบรมหลักสูตร “3D Geological Modelling - SKUA GOCAD” มีผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมจำนวน ๑๐ คน จาก ๙ ประเทศ โดยการฝึกอบรมฯ เน้นรูปแบบการเรียนการสอนในลักษณะการฟังบรรยายและฝึกใช้โปรแกรม โดยมีหัวข้อต่าง ๆ ได้แก่ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโปรแกรม SKUA GOCAD (Introduction to SKUA GOCAD) วิธีการในการนำเข้า - ส่งออก และการแสดงภาพของข้อมูล (SKUA GOCAD fundamentals (data import/export and visualization)) การสร้างแบบจำลองพื้นผิว (Surface modelling) ทั้งแบบ explicit และแบบ implicit การสร้างแบบจำลองโครงสร้างและแบบจำลองแบบกริด (Building structural and grid model) การสร้างแบบจำลองคุณสมบัติ (Property modelling) และการฝึกสร้างแบบจำลองทางธรณีวิทยา ๓ มิติ (3D geological modelling practice) โดยมี Mr. Changwon Lee วิศวกรจาก KIGAM เป็นวิทยากร ซึ่งมีรายละเอียดตามเอกสารรายงานการฝึกอบรมฯ ที่แนบมาพร้อมนี้

๒. ประโยชน์ที่ได้รับจากการฝึกอบรม ดิฉันได้รับความรู้ความเข้าใจและทักษะในการใช้โปรแกรม SKUA GOCAD ในการสร้างแบบจำลอง ๓ มิติสำหรับใช้งานสำรวจแร่ นอกจากนี้ยังได้รับความรู้เกี่ยวกับการจัดการฐานข้อมูลซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้การแปลผล และการประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงการคำนวณปริมาณทรัพยากรแร่มีความใกล้เคียงและถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังนั้น กทร. ในฐานะผู้รับผิดชอบฐานข้อมูลทรัพยากรแร่จะต้องมีการกำหนดมาตรฐาน ตรวจสอบ และปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการบริหารจัดการแร่ต่อไป นอกจากนี้ยังเป็นโอกาสที่ดีในการสร้างเครือข่ายระหว่างผู้เข้าร่วมอบรมจากประเทศต่าง ๆ ซึ่งอาจนำไปสู่ความร่วมมือด้านธรณีวิทยาในสาขาต่าง ๆ ได้ในอนาคต

๓. ข้อเสนอแนะที่วิเคราะห์ได้จากการฝึกอบรม

๓.๑ โปรแกรม SKUA GOCAD เป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย สามารถสร้างแบบจำลอง ๓ มิติได้ มีประสิทธิภาพสูง และมีการใช้งานในหลายหน่วยงานทั่วโลก ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวมีราคาค่อนข้างสูง (๒๐,๐๐๐ USD/ Year/User) สำหรับ ทธ. มีการใช้โปรแกรม Arc GIS ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลอง ๓ มิติได้เช่นกัน จึงยังไม่มีความจำเป็นที่ต้องซื้อโปรแกรมดังกล่าว เพื่อใช้งานภายใน ทธ.

๓.๒ สิ่งที่สำคัญ...

๓.๒ สิ่งที่สำคัญที่สุดมากกว่าโปรแกรมคือต้องมีข้อมูลที่มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ สามารถนำข้อมูลออกมาใช้ได้เลย โดยข้อมูลที่จัดเก็บต้องไม่เกิดความซ้ำซ้อนของข้อมูล หลีกเลี่ยงความขัดแย้งของข้อมูล อีกทั้งข้อมูลที่จัดเก็บในระบบควรถูกต้อง น่าเชื่อถือตามหลักวิชาการ และเป็นมาตรฐานเดียวกัน และควรมีการกำหนดความปลอดภัยของข้อมูล หาก ทธ. มีการจัดเก็บฐานข้อมูลที่ดีและเป็นระบบเดียวกัน ทั้งกรมก็จะสามารถแบ่งปันข้อมูลต่าง ๆ ภายในหน่วยงาน ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลผลการสำรวจธรณีวิทยา ธรณีวิทยาแหล่งแร่ ธรณีฟิสิกส์ ธรณีเคมี ข้อมูลหลุมเจาะ และผลวิเคราะห์ต่าง ๆ ซึ่งหน่วยงานภายใน ทธ. สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ได้มากขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และพิจารณามอบหมาย สทบ. สลก. ดำเนินการตามระเบียบต่อไป

วรรณชนก จิตรกล้า

(นางสาววรรณชนก จิตรกล้า)
นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ

0 เรียน ดทช
- เพื่อโปรดทราบ
- มอบหมาย สลก. ดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป

(นายสุวภาคย์ อิ่มสมุทร)
รองอธิบดีกรมทรัพยากรธรณี
๒๓ ธ.ค. ๒๕๖๕

② ทราบ

เรียน สลก.
พิจารณาดำเนินการต่อไป

(นางอรนุช หล่อเพ็ญศรี)
อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี
26 S.A. 2565

เรียน สบ.สทบ
เพื่อโปรดดำเนินการต่อไป

(นางสาวเสาวลักษณ์ ศรีดาแก้ว)
เลขานุการกรม
27 S.A. 2565

แบบรายงานการไปฝึกอบรม

หลักสูตร ฝึกอบรมหลักสูตร "3D Geological Modelling - SKUA GOCAD"

ณ เมือง Daejeon สาธารณรัฐเกาหลี ระหว่างวันที่ ๒๖ พฤศจิกายน - ๓ ธันวาคม ๒๕๖๕

---

๑. ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรม/ประชุม/สัมมนา/ดูงาน

ตามหนังสือที่ กทร.๐๑/๓๖๓๐ ลงวันที่ ๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๕ เรื่อง ขออนุมัติเข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร "3D Geological Modelling - SKUA GOCAD" โดยหน่วยงาน Korea Institute of Geoscience and Mineral Resource (KIGAM) ณ เมือง Daejeon สาธารณรัฐเกาหลี โดยผู้ได้รับอนุมัติให้เข้ารับการฝึกอบรม นางสาววรรณชนก จิตรกล้า ตำแหน่ง นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ สังกัด กองทรัพยากรแร่ ได้ทำสัญญาลาไปฝึกอบรมต่างประเทศกับกรมทรัพยากรธรณีตามระเบียบราชการ ระหว่างวันที่ ๒๖ พฤศจิกายน - ๓ ธันวาคม ๒๕๖๕ เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น ๘ วัน (รวมวันเดินทาง)

๒. รายละเอียดเกี่ยวกับการไปฝึกอบรม/ดูงาน/ประชุม และสัมมนา

ตามหลักสูตรการฝึกอบรม เรื่อง "3D Geological Modelling - SKUA GOCAD" ได้เริ่มเดินทางไปประเทศสาธารณรัฐเกาหลี ตั้งแต่วันเสาร์ที่ ๒๖ พฤศจิกายน ๒๕๖๕ เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างวันจันทร์ที่ ๒๘ พฤศจิกายน ถึงวันศุกร์ที่ ๒ ธันวาคม ๒๕๖๕ และเดินทางกลับถึงประเทศไทยในวันเสาร์ที่ ๓ ธันวาคม ๒๕๖๕

๒.๑ รายงานการฝึกอบรม

<u>วิธีการฝึกอบรม</u>

เป็นลักษณะการฟังบรรยายและฝึกใช้โปรแกรม โดยเริ่มตั้งแต่เวลา ๐๙.๓๐ น ถึงเวลา ๑๗.๓๐ น. ของทุกวันตั้งแต่วันจันทร์ที่ ๒๘ พฤศจิกายน ถึงวันศุกร์ที่ ๒ ธันวาคม ๒๕๖๕ โดยมีการเรียนภาษาเกาหลีในห้องเรียน วันละ ๑ ชั่วโมง ในเวลา ๑๓.๐๐ - ๑๔.๐๐ น. ยกเว้นวันพุธที่ ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๕ ได้เดินทางไปทัศนศึกษานอกสถานที่ ๑ วัน

<u>สาระสำคัญของการฝึกอบรม</u>

เนื้อหาสาระในการเข้าฝึกอบรมบรรยายโดย Mr. Changwon Lee วิศวกรจาก Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM) สามารถสรุปได้ดังนี้

- วันที่ ๒๘ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

ฟังบรรยายเรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโปรแกรม SKUA GOCAD (Introduction to SKUA GOCAD) และฝึกใช้โปรแกรม SKUA GOCAD ในการนำเข้า-ส่งออกและการแสดงภาพของข้อมูล (data import/export and visualization)

- วันที่ ๒๙ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

ฟังบรรยายและฝึกใช้โปรแกรม SKUA GOCAD ในการสร้างแบบจำลองพื้นผิว (Surface modelling) แบบ explicit

- วันที่ ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

  ทัศนศึกษานอกสถานที่ Korean Cultural Experience ณ เมือง Jeonju

- วันที่ ๑ ธันวาคม ๒๕๖๕

  ฟังบรรยายและฝึกใช้โปรแกรม SKUA GOCAD ในการสร้างแบบจำลองพื้นผิว (Surface modelling) แบบ implicit และการฝึกสร้างแบบจำลองโครงสร้างและแบบจำลองแบบกริด (Building structural and grid model)

- วันที่ ๒ ธันวาคม ๒๕๖๕

  ฟังบรรยายฝึกใช้โปรแกรม SKUA GOCAD ในการสร้างแบบจำลองคุณสมบัติ (Property modelling) และการฝึกสร้างแบบจำลองทางธรณีวิทยา ๓ มิติ (3D geological modelling practice)

<u>ประโยชน์ที่ได้รับ</u>

- ได้รับความรู้ความเข้าใจ รู้จักเทคโนโลยี รู้จักโปรแกรมใหม่ ๆ เข้าใจเทคนิคในการทำแบบจำลองสามมิติ และได้ทักษะการใช้โปรแกรม SKUA GOCAD การสร้างแบบจำลองสำหรับการใช้งานสำรวจแร่ เรียนรู้วิธีเตรียมข้อมูล การนำเข้า - ส่งออก และแสดงภาพของข้อมูลทางธรณีวิทยา/ธรณีฟิสิกส์ เช่น ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา ภาพถ่ายออร์โธ (orthophotos) ข้อมูลหลุมเจาะ และข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ เรียนรู้เทคโนโลยีการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างแบบจำลองโครงสร้างพื้นผิวที่ซับซ้อน เช่น รอยเลื่อน (faults) การแทรกซอน (intrusive) การวางตัวของสายแร่ (orebodies) และเรียนรู้วิธีการสร้างแบบจำลองแบบกริดและการเติมข้อมูลที่อยู่ห่างหรือกระจายออกไปโดยใช้ข้อมูลธรณีสถิติ ทั้งนี้ทำให้รู้ว่าการจัดเก็บข้อมูลนั้นสำคัญที่สุด หากเรามีการจัดเก็บฐานข้อมูลที่ดีเราก็จะสามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลต่าง ๆ ได้อีกมาก โดยมีประโยชน์ต่อการแปลผล การประมวลผล และทำให้เข้าใจโครงสร้างทางธรณีวิทยามากยิ่งขึ้น ส่งผลให้การคำนวณปริมาณทรัพยากรแร่มีความใกล้เคียงและถูกต้องมากขึ้นได้อีกด้วย ซึ่งสิ่งต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้ล้วนมีประโยชน์และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทำงานในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี

- เป็นโอกาสที่ดีที่ได้เผยแพร่ข้อมูลและแลกเปลี่ยนความรู้ทางธรณีวิทยากับผู้เข้าร่วมอบรมจากประเทศต่าง ๆ ซึ่งเป็นโอกาสที่ดีในสร้างเครือข่ายที่ดีระหว่างกันซึ่งอาจจะนำไปสู่ความร่วมมือด้านธรณีวิทยาต่าง ๆ ร่วมกัน ไม่ว่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนข้อมูล แลกเปลี่ยนเทคโนโลยี การจัดการฝึกอบรม การจัดประชุมวิชาการ

- เกิดประสบการณ์จากการเรียนรู้ ฟังบรรยาย การฝึกใช้โปรแกรม และการทัศนศึกษา กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาศักยภาพของตัวเอง คือทำให้มองเห็นว่าตัวเองยังขาดความรู้ ประสบการณ์ด้านไหน ควรพัฒนาตัวเองเรื่องอะไร เช่น ด้านภาษา ต้องฝึกฝนภาษาอังกฤษให้สามารถสื่อสารได้ดีกว่านี้ และควรเรียนรู้ภาษาที่ ๓ เพิ่มเติม เช่น ภาษาเกาหลี หรือภาษาของประเทศเพื่อนบ้าน เป็นต้น

- เปิดโลกทัศน์ ได้มุมมองใหม่ ๆ จากการได้ใช้ชีวิตในต่างประเทศ ได้เรียนรู้วิถีชีวิตของประเทศที่พัฒนาแล้ว การจัดระบบขนส่งสาธารณ ที่สะดวก ปลอดภัย การรักษาความสะอาดบ้านเมือง การมีระเบียบวินัยของคนในประเทศ การเคารพกฎ ระเบียบ และกฎหมายอย่างเคร่งครัด สิ่งเหล่านี้ที่มีส่วนทำให้ประเทศเกิดการพัฒนาประเทศอย่างรวดเร็ว

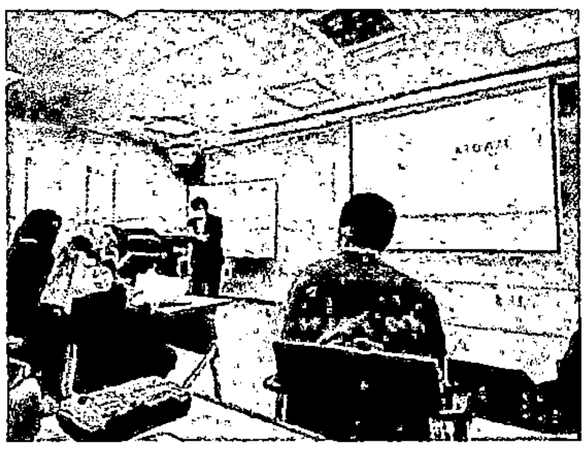
ข้อเสนอแนะ

- การสร้างแบบจำลอง ๓ มิติ จะทำให้เข้าใจโครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้ดินมากขึ้น เกิดความเข้าใจในกระบวนการเกิด การแปรสภาพ นอกจากนี้ยังทำให้สามารถคำนวณปริมาณทรัพยากรได้ความใกล้เคียงและถูกต้องมากขึ้นได้อีกด้วย ทั้งนี้จัดทำแบบจำลอง ๓ มิติ ไม่ว่าจะใช้โปรแกรมอะไรก็แล้วแต่ สิ่งที่สำคัญที่สุดคือเราต้องมีข้อมูลที่มีการการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ สามารถนำข้อมูลออกมาใช้ได้เลย โดยข้อมูลที่จัดเก็บต้องไม่เกิดความซ้ำซ้อนของข้อมูล หลีกเลี่ยงความขัดแย้งของข้อมูล อีกทั้งข้อมูลที่จัดเก็บในระบบควรจะถูกต้อง น่าเชื่อถือตามหลักวิชาการ และเป็นมาตรฐานเดียวกัน และควรมีการกำหนดความปลอดภัยของข้อมูลขึ้น หากกรมทรัพยากรธรณีมีการจัดเก็บฐานข้อมูลที่ดีและเป็นระบบเดียวกันทั้งกรมก็จะสามารถแบ่งปันข้อมูลต่าง ๆ ภายในหน่วยงาน ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลจากการสำรวจทางธรณีวิทยา ธรณีฟิสิกส์ ธรณีเคมี ข้อมูลหลุมเจาะ ผลวิเคราะห์ต่าง ๆ ซึ่งเราก็จะสามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ได้มากขึ้น

- โปรแกรมจัดทำแบบจำลอง ๓ มิติ SKUA GOCAD ที่ได้รับโอกาสให้มาฝึกอบรมในครั้งนี้ แม้ว่าจะเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย มีประสิทธิภาพสูง มีความน่าเชื่อถือโดยมีการใช้งานในบริษัทน้ำมันทั่วโลกถึง ๑๘ แห่ง และมีมหาวิทยาลัย ๑๒๙ แห่ง เข้าร่วมทีมวิจัย เป็นโปรแกรมที่สามารถทำแบบจำลองได้หลายรูปแบบ และสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดจาการเก็บข้อมูลน้อยเกินไปโดยการเติมข้อมูลที่อยู่ห่างหรือกระจายออกไปโดยใช้ข้อมูลธรณีสถิติ และมีฟังก์ชั่นการใช้งานอื่น ๆ ที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลอง ๓ มิติ อื่น ๆ อีกมากมาย แต่อย่างไรก็ตามโปรแกรม SKUA GOCAD เป็นโปรแกรมที่มีราคาค่อนข้างสูง (๒๐,๐๐๐ USD/ Year/User) เมื่อเทียบกับความต้องการใช้งานของกรมทรัพยากรธรณีแล้วนั้น อาจจะมีประสิทธิภาพสูงเกินความจำเป็น อาจจะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน และนอกจากนี้ปัจจุบันมีโปรแกรมจัดทำแบบจำลอง ๓ มิติ โปรแกรมอื่น ๆ ที่ราคาถูกและมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อความต้องการใช้มาใช้ทดแทนได้

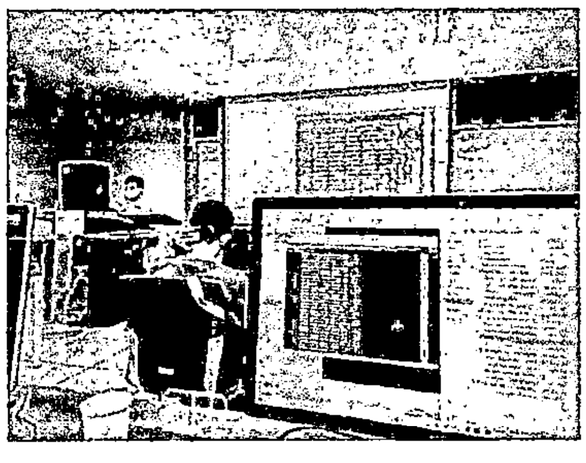
- การฝึกอบรมศึกษาดูงานในต่างประเทศเป็นการช่วยส่งเสริมให้เจ้าหน้าที่เกิดการพัฒนาตนเอง พัฒนาศักยภาพการทำงาน ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ทำให้รู้จักพัฒนาตนเอง สิ่งเหล่านี้อาจจะมองไม่เห็นเป็นรูปธรรม แต่สามารถเกิดผลลัพธ์ที่ดีต่อการดำเนินขององค์กรได้ โดยผู้ที่ได้รับการพัฒนาหรือได้รับการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาจะเกิดการเรียนรู้ เกิดความคิดสร้างสรรค์ และนำสิ่งที่ได้รับ ไม่ว่าจะประสบการณ์ ความรู้ ทักษะหรือเทคนิคต่าง ๆ นำมาใช้ในการทำงาน ซึ่งส่งผลให้การดำเนินงานขององค์กรเกิดประสิทธิภาพมากขึ้น เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานมากขึ้น อีกทั้งยังปลูกสำนึกให้รักองค์กร รู้จักทำงานเพื่อองค์กร เพื่อเป็นการตอบแทนองค์กรที่ให้โอกาสและส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนาตนเองของเจ้าหน้าที่

๓. ประมวลภาพ กิจกรรม งานฝึกอบรม หลักสูตร “3D Geological Modelling - SKUA GOCAD”



พิธีเปิดการอบรม
และการเยี่ยมชม KIGAM

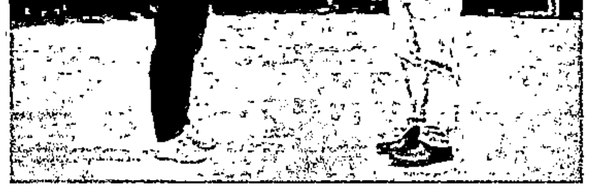
บรรยากาศการเรียนในห้องเรียน
และฟังการบรรยาย



การฟังบรรยายและการฝึกใช้
โปรแกรม SKUA GOCAD

ทัศนศึกษานอกสถานที่
Korean Cultural Experience
ณ เมือง Jeonju

บรรยากาศการเรียนภาษาเกาหลี
วันละ ๑ ชั่วโมง



พิธีปิดการการฝึกอบรม
และมอบประกาศนียบัตร

Introduction to
3D Geological Modeling

Chang Won Lee

Mineral Resources Development Research Center
Mineral Resources Division

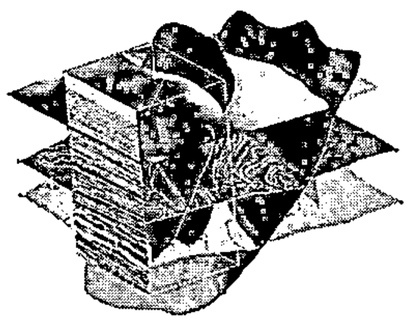
KIGAM

Course Contents

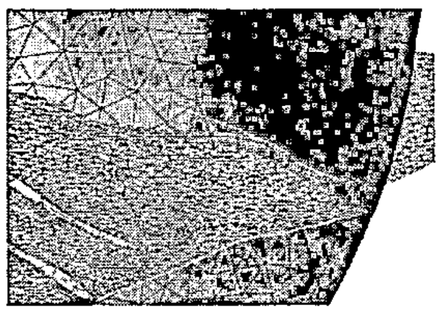
- what is 3D geological modeling
  - definition
  - comparison with 2D GIS
  - introduction to SKUA-GOCAD
  - references
  - geomodeling workflow & interpolation problem
- data import & visualization
- explicit/implicit surface modeling
- sealed structural model(model3d)
- voxet(block) modeling & property modeling
- review geological models
- summary

Geomodeling (3D geological modeling)

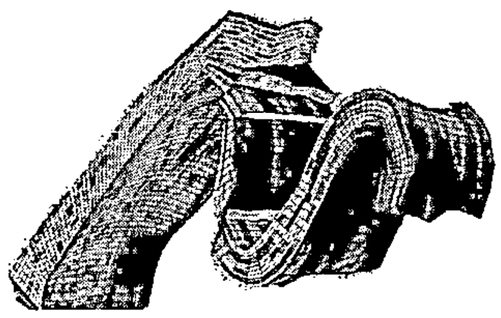
Geomodeling *consists of the set of all the mathematical methods allowing to model in an unified way the* ***topology****, the* ***geometry*** *and the physical* ***properties*** *of* ***geological objects*** *while taking into account any type of data related to these objects*



geometry



macro-topology



property

estimate of property/class at any location in the subsurface

input to geological model

1. hard data: geological map, borehole, structural orientation
2. potential field: seismic, gravity, magnetic
3. geological interpretation
4. geochemical/geophysical properties

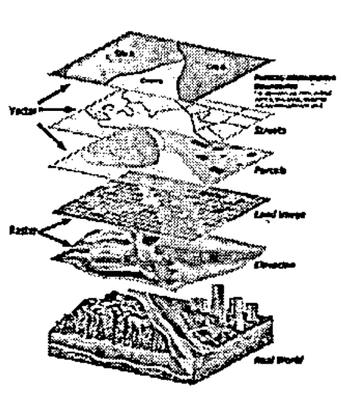
- different type from heterogeneous sources
- different uncertainty and spatial distribution

X, Y, Z, T(time), Uncertainty

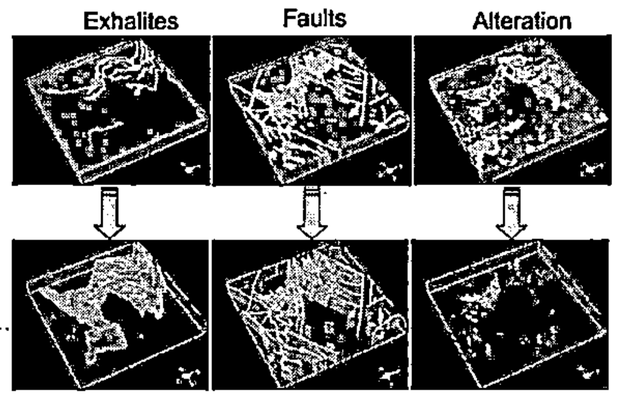
KIGAM

Comparison with 2D GIS

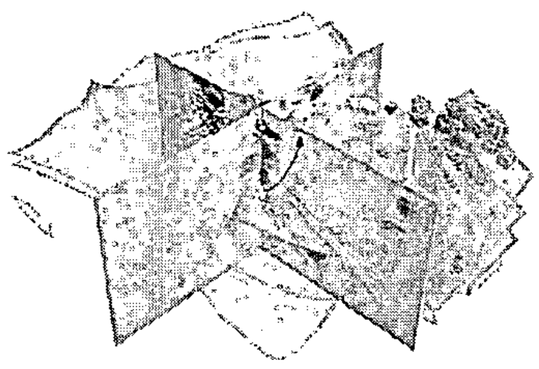
- GIS is tool for handling 2D spatial objects
- Geomodeling is tool for 3D geological objects



2D GIS



3D spatial query



geomodeling

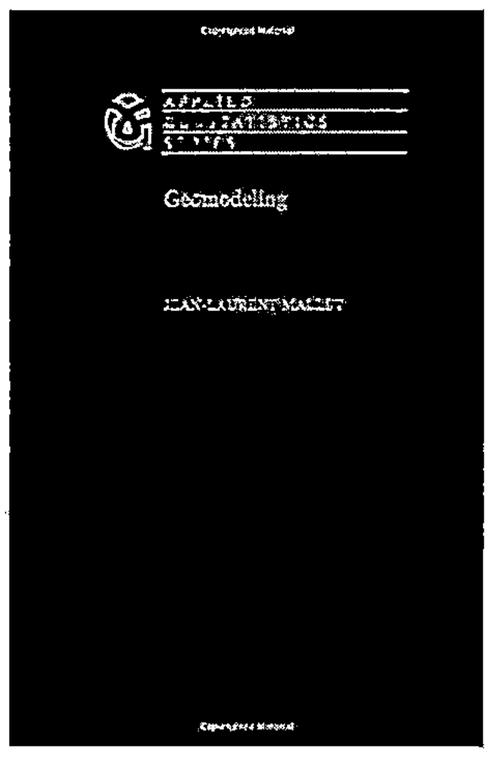
	2D GIS	Geomodeling
vector	point polyline polygon	point, polyline triangular mesh, 2d-grid
raster	regular grid(pixel) triangular/quad mesh	regulargrid(voxel) stratigraphic(sgrid), tetrahedral hexahedral, polyhedral
function	vector-raster conversion, spatial query, geometric algorithm data integration/fusion	

KIGAM

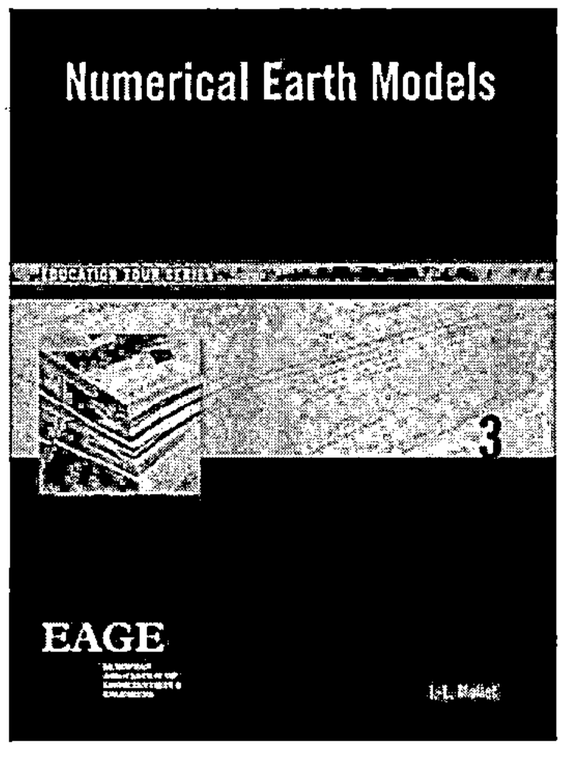
Introduction to SKUA-GOCAD

- GOCAD : Geological Object Computer Aided Design
- SKUA: Subsurface Knowledge Unified Approach
- started by prof. Jean-Laurent Mallet in Nancy Univ., France
- Mathematical surface (Bezier, NURBS) in CAD/CAM/CAE is not suitable for representing geological objects
- Discrete modeling tools (mesh) for modeling geometry, topology and property of geological objects
- used in oil/gas, mining, geothermal, etc
- RING team (old GOCAD consortium) conducts active research in geomodeling and research plugin is commercialized in Emerson(former Paradigm) company
- 18 oil/gas companies and 129 universities join RING team

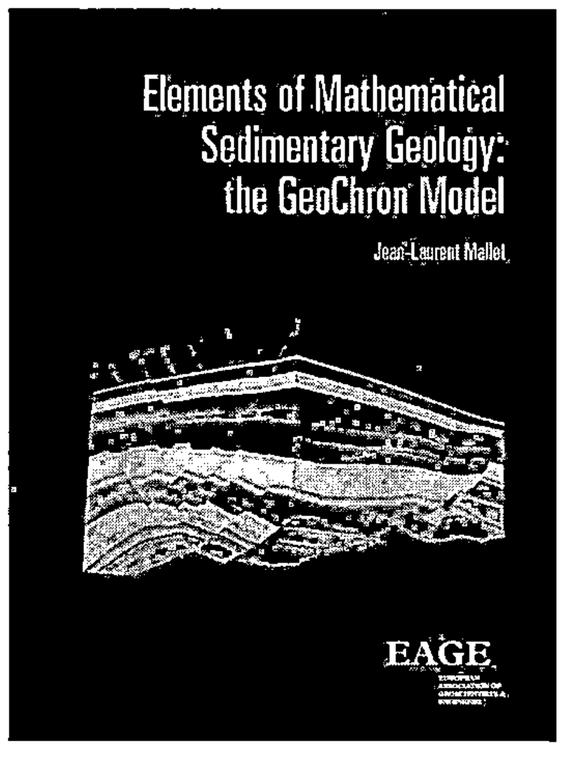
Book



Geomodeling
(2002)



Numerical Earth Models
(2008)



Elements of Mathematical
Sedimentary Geology:
the GeoChron Model (2014)

References

Caumon, G., 2009, ***Surface-Based Modeling of Geological Structures***, Mathematical Geology

Caumon, G. et al., 2004, ***Building and Editing a Sealed Geological Model***, Mathematical Geology

Mallet, J.L., 2004, ***Geomodeling***, Oxford University Press

Mallet, J.L., 2004, ***Space–Time Mathematical Framework for Sedimentary Geology***, Mathematical Geology, Vol. 36, No. 1,

Mallet, J.L., 2008, ***Numerical Earth Models***, EAGE Publications

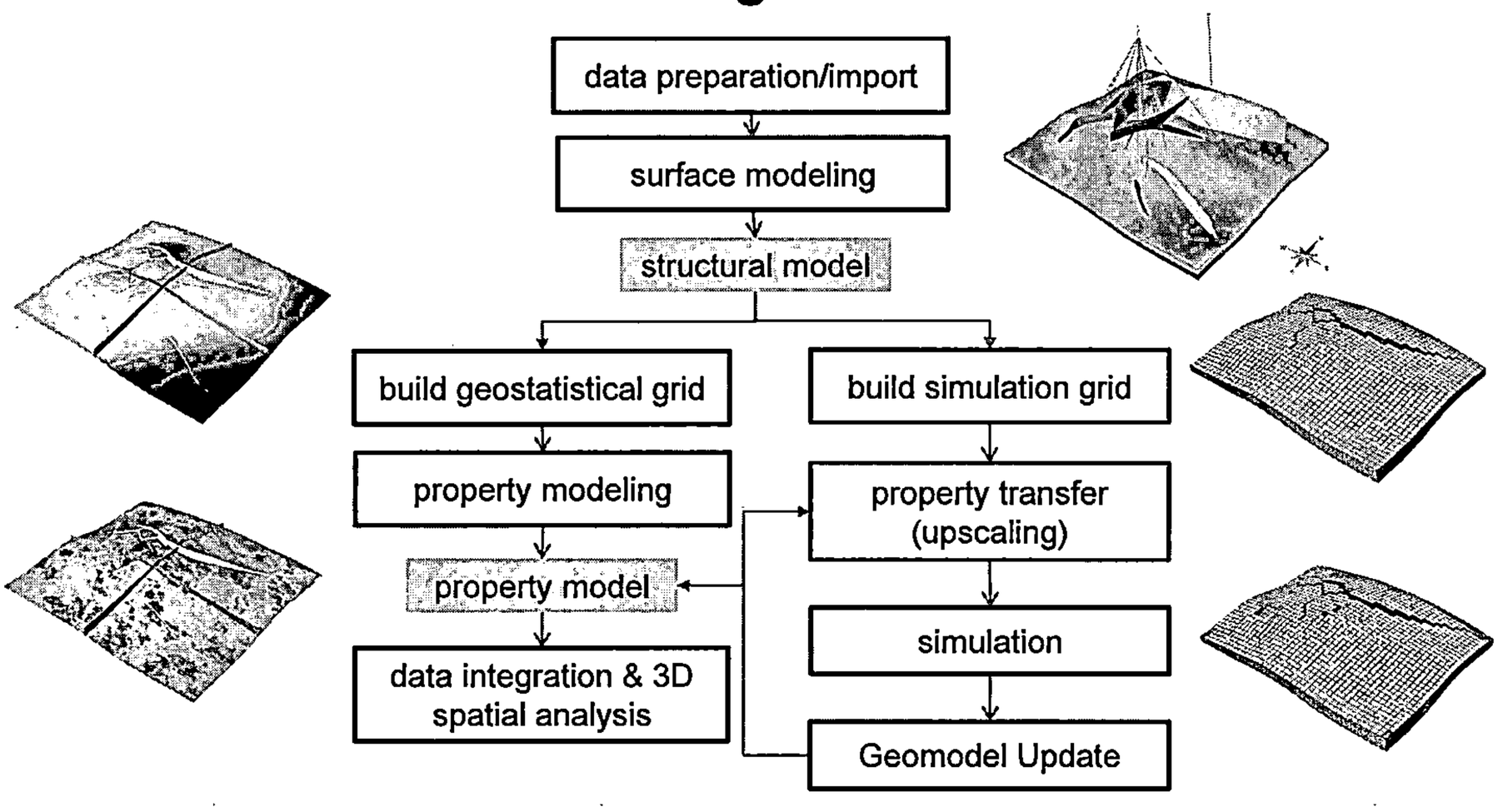
Mallet, J.L. 2014, ***Elements of Mathematical Sedimentary Geology***: the GeoChron Model, EAGE Publications

J. J. Royer, P. MejiaG. Caumon, P. Collon, 2015, ***3D and 4D Geomodelling Applied to Mineral Resources Exploration—An Introduction***, 3D, 4D and Predictive Modelling of Major Mineral Belts in Europe

Nicolas Remy et al., 2009, ***Applied Geostatistics with SGEMS: User Guide***, Cambridge Univ. Press.

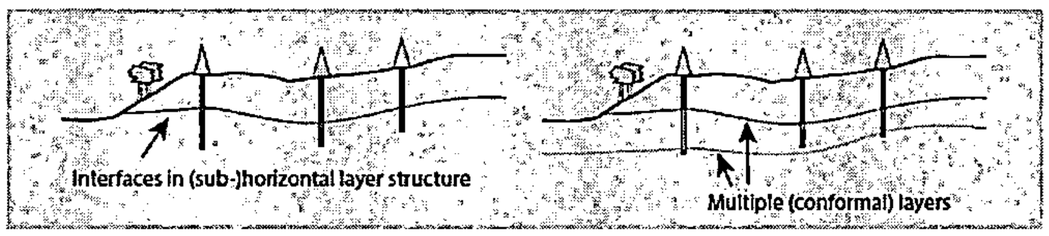
KIGAM

Geomodeling workflow



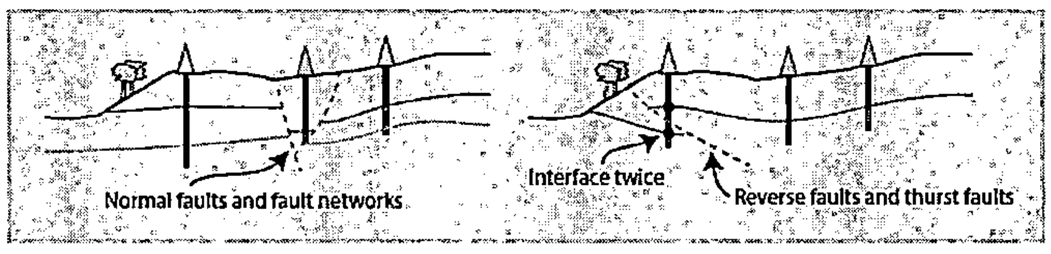
KIGAM

interpolation according to complexity



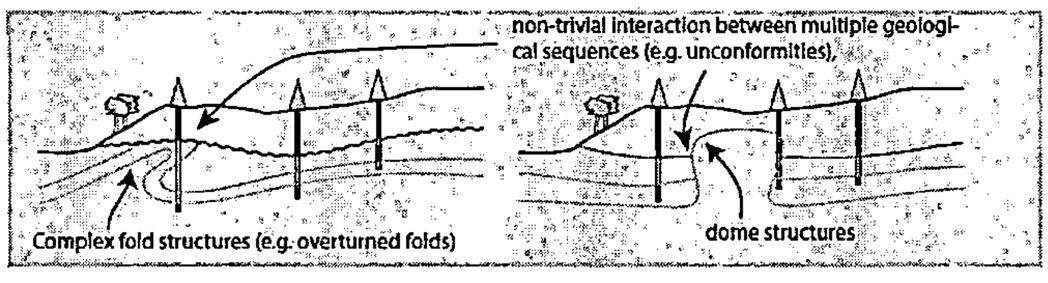
(a) (Sub-)horizontal layer structures

Modeling methods: conventional deterministic spatial interpolation (e.g. spline surfaces), geostatistical methods, "2.5-D" approaches



(b) Faults and fault networks

Modeling methods: "2.5-D" approaches partly applicable, for fault networks and reverse faults explicit and implicit geomodeling methods



(c) Complex structures and interactions

Modeling methods: Full 3-D explicit and implicit geomodeling methods

Florian Wellmann and Guillaume Caumon, Advances in Geophysics, 2018

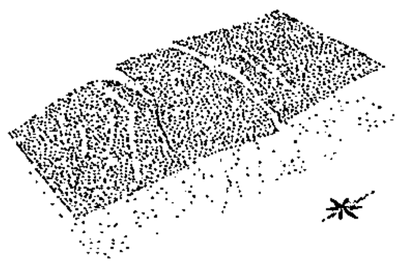
KIGAM

Exercise Contents

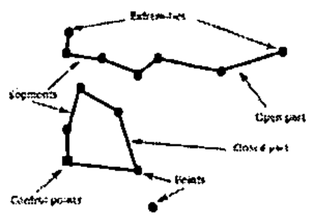
	exercise
import	borehole, topo (contour, DEM), DOM geophysical survey, objects from existing GOCAD projects GOCAD ASCII, .txt (horizon, fault, ..), .dxf (polyline, 3d face) image
export	dxf (surface contour, geological crosssection) GOCAD ASCII, export property by script editor, gems bt2
visualization	GOCAD objects, 3d view, 2d view(xsection, map), 1d view(well section)
surface modeling	explicit (direct/indirect), implicit
grid building	model3d/voxet/sgrid/simulation grid
property modeling	2d/3d property gridding

KIGAM

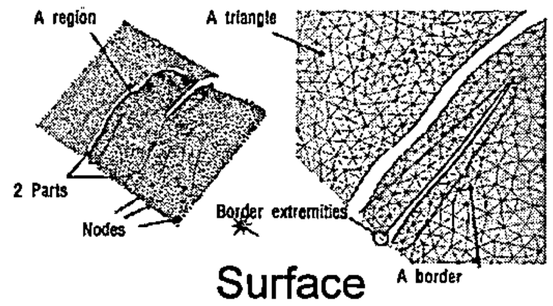
GOCAD Objects



Pointset
(vertex set, .vs)

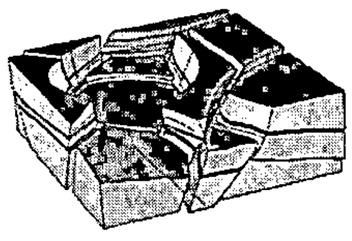


Curve
(Polygonal line, .pl)

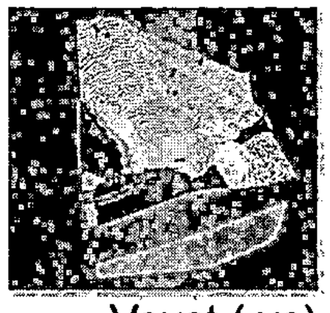


Surface
(Triangulated surface, .ts)

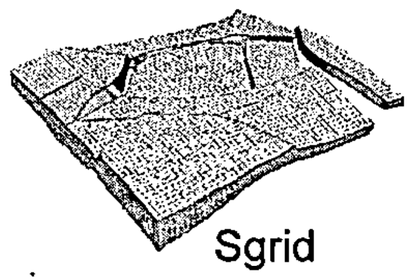
well



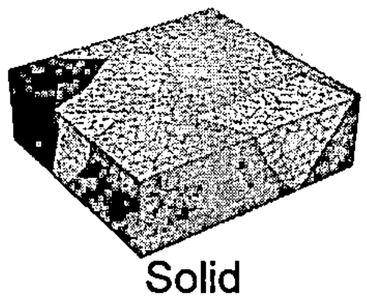
model3d (.ml)



Voxet (.vo)

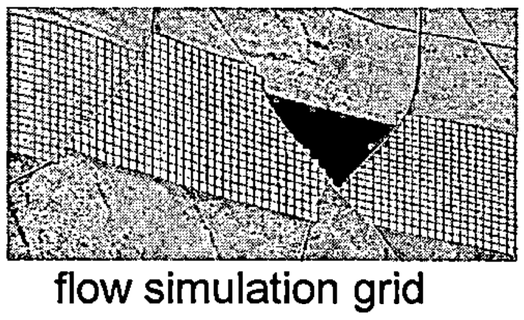


Sgrid
(stratigraphic grid, .sg)



Solid
(tetrahedralized solid, .so)

geologic grid



flow simulation grid

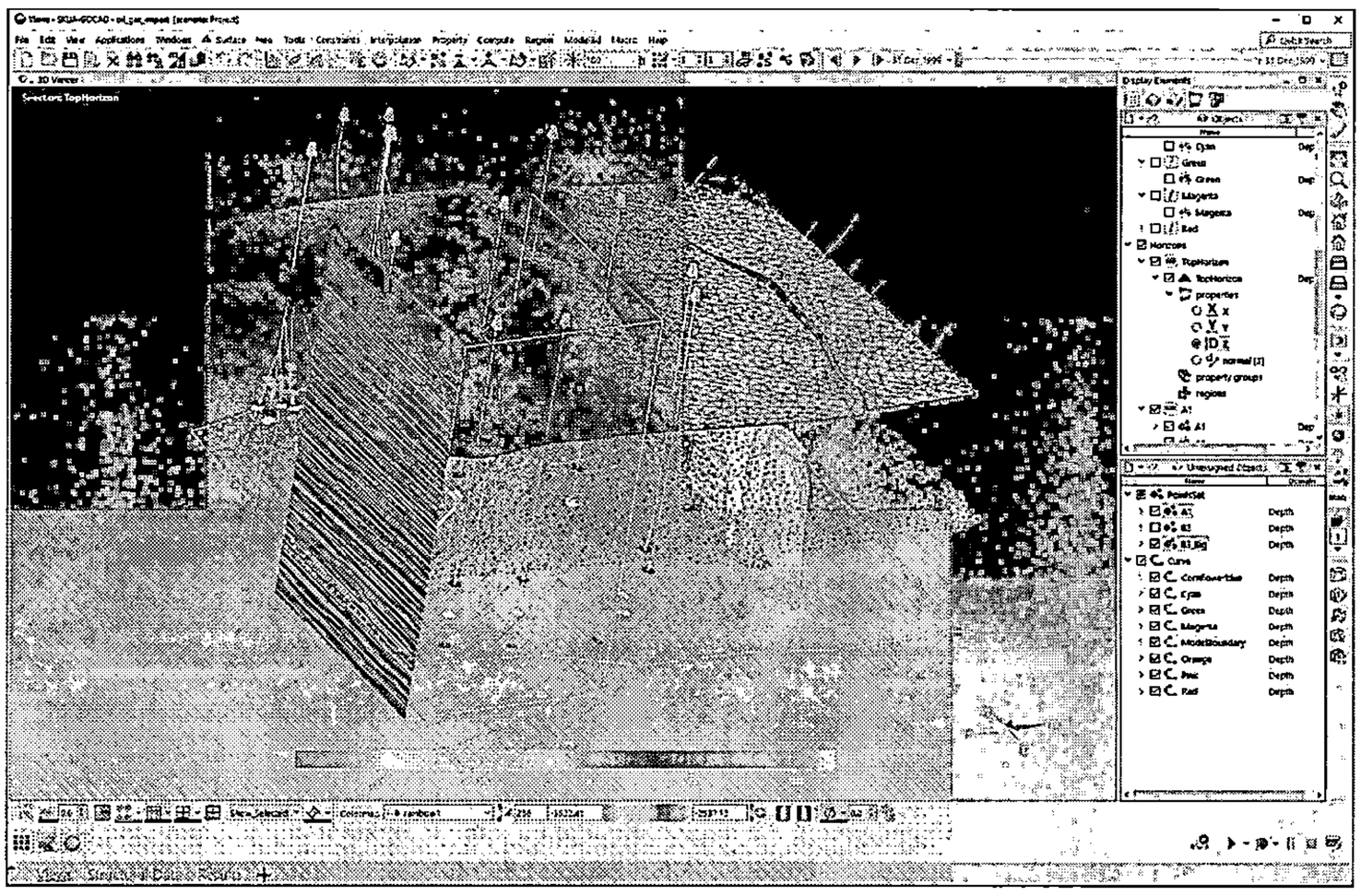
GOCAD Objects

	GOCAD Object	Description	Usage	ASCII Format
atomic	pointset	Points	outcrop, survey point	.vs
	curve	Polyline	Contour, horizon/fault interpretation	.pl
	surface	triangular mesh	Horizon/fault surface	.ts
	model3d	B-Rep data structure	Geological block	.ml
grid	voxet	Cartesian(Regular) grid	Seismic, Image, 3D data integration	.vo
	sgrid (stratigraphic grid)	Corner point grid built by Pillar Gridding	Sedimentary layer property modeling, Geophysical survey	.sg
	geologic grid	3D grid built by SKUA UVT transform	Sedimentary layer property modeling	X
	flow simulation grid	Stair-step grid	Flow simulation	cmg, Eclipse
	solid	Tetrahedral mesh	FEM mesh for structural restoration, sedimentary restoration	.so
application Obj	well	Location, path, log horizon/fault marker		.well

external data

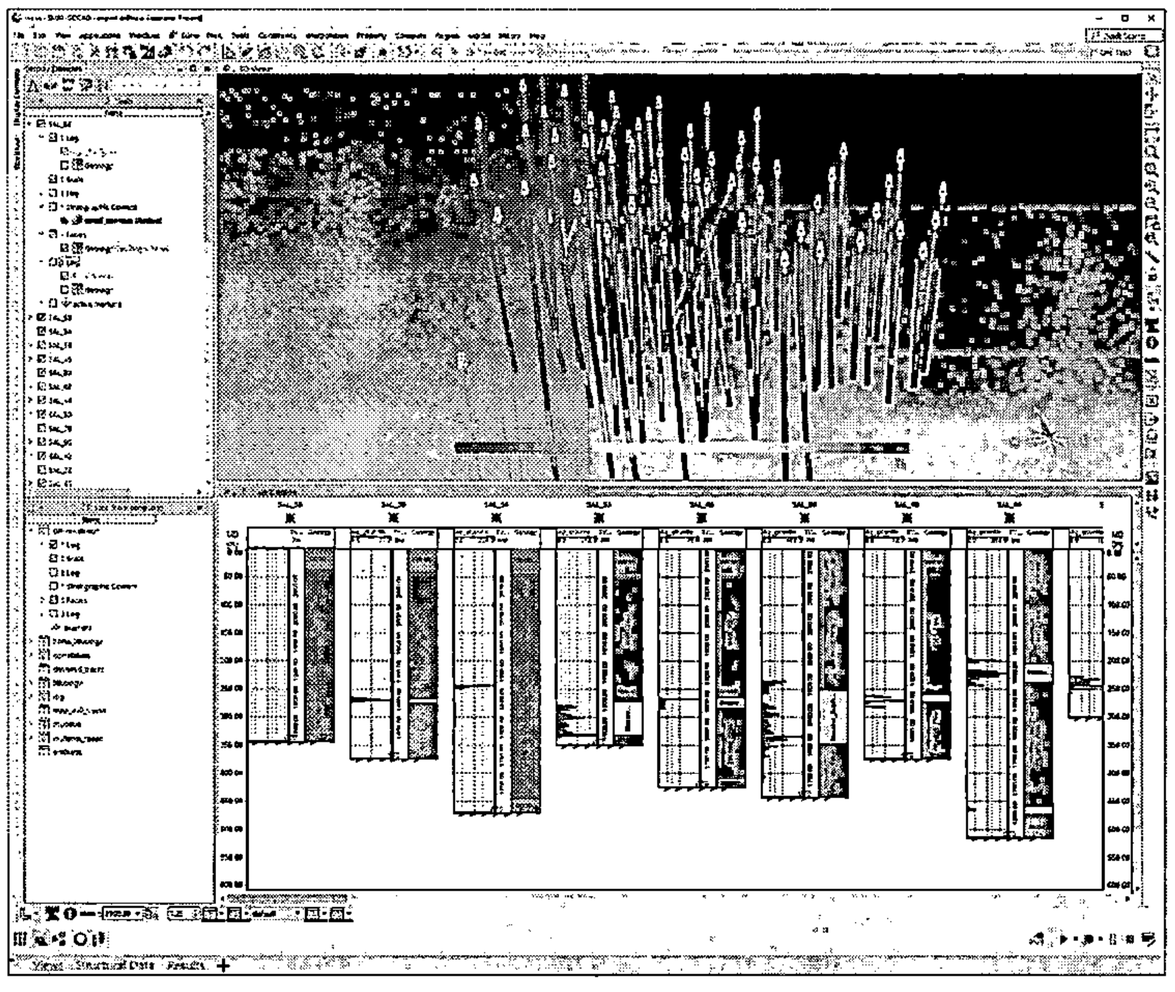
	data	input format	GOCAD Object
oil/gas	seismic	segy	voxet
	horizon	ASCII	point
	fault	ASCII	curve
	well	ASCII, .las	well (path, marker, logs)
	model boundary	dxf	curve
mining	contour	dxf, shp	curve
	borehole	ASCII (collar, deviation, geology, interval/continuous log)	well (path, marker, logs)
	geological map/ crosssection map, dron e/satellite orthophoto	raw image, image with worldfile , geotif,	voxet
	DEM/DTM/Geoid model	Arcview ASCII Grid	voxet
	magnetic/gravity survey	ASCII	pointset
	DOM (Digital Outcrop Model)	obj	surface + voxet
	DC Survey	binary	sgrid

Exercise #1: data import (oil/gas)



seismic, well, horizon/fault interpretation, model boundary

Exercise #2: data import (borehole)

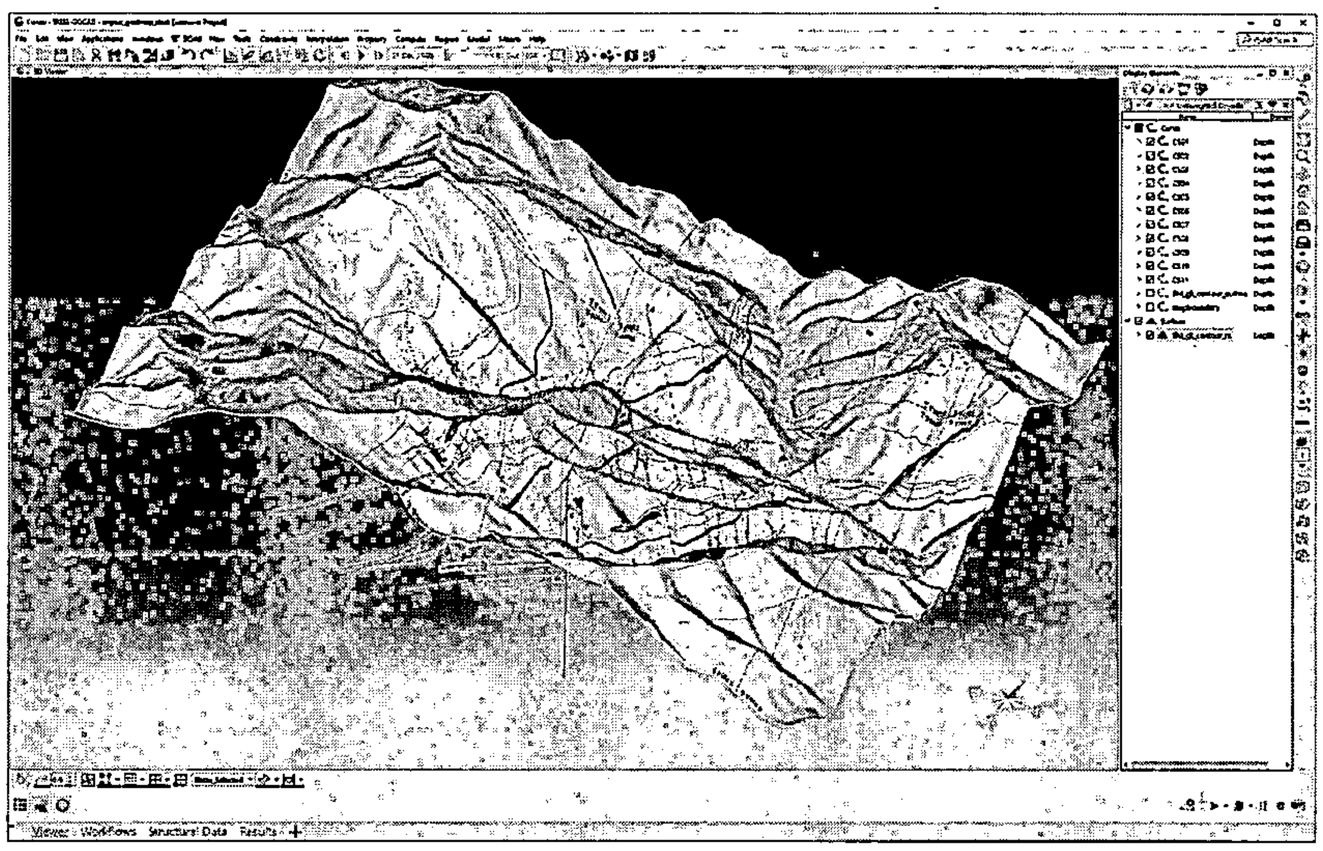


collar(position)
desurvey(path)
geology log
interval log
continuous log

display: well-section, 3d view

KIGAM

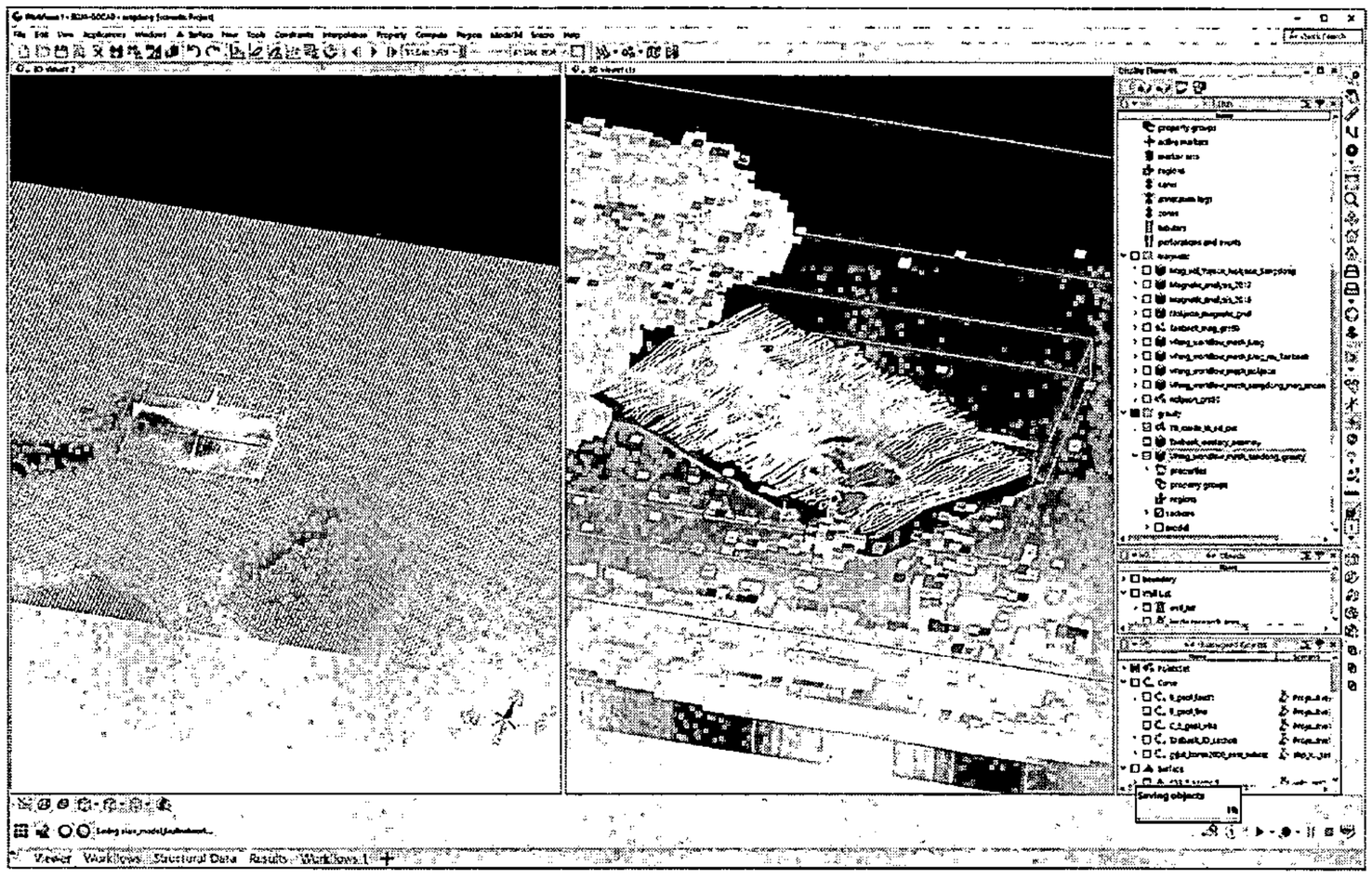
Exercise #3: data import (topo & images)



geological map, x-section map
draping texture on topography

KIGAM

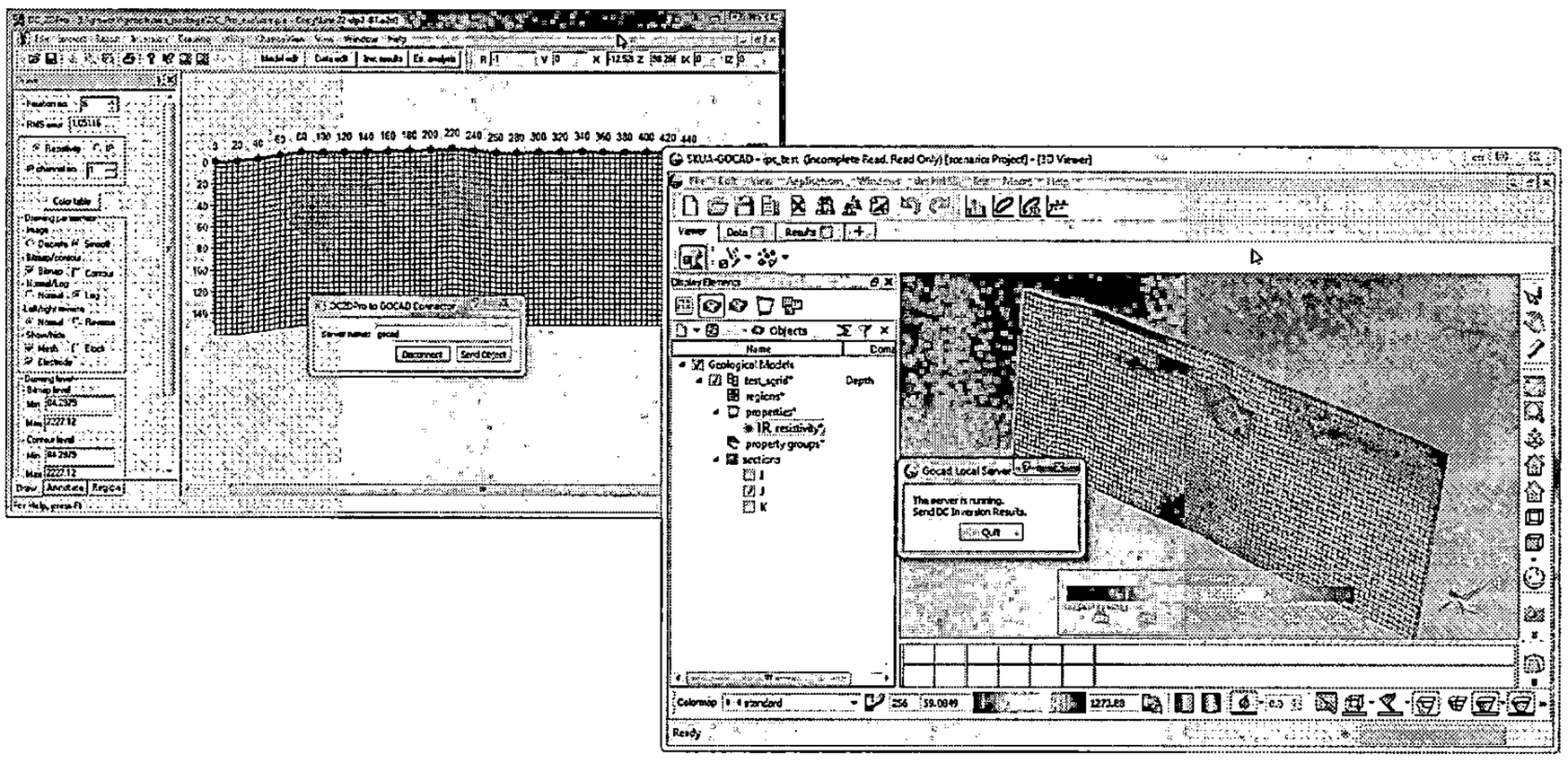
Exercise #4: data import (gravity/magnetic)



magnetic/gravity survey raw pointset, inversion results, 2d gridding

KIGAM

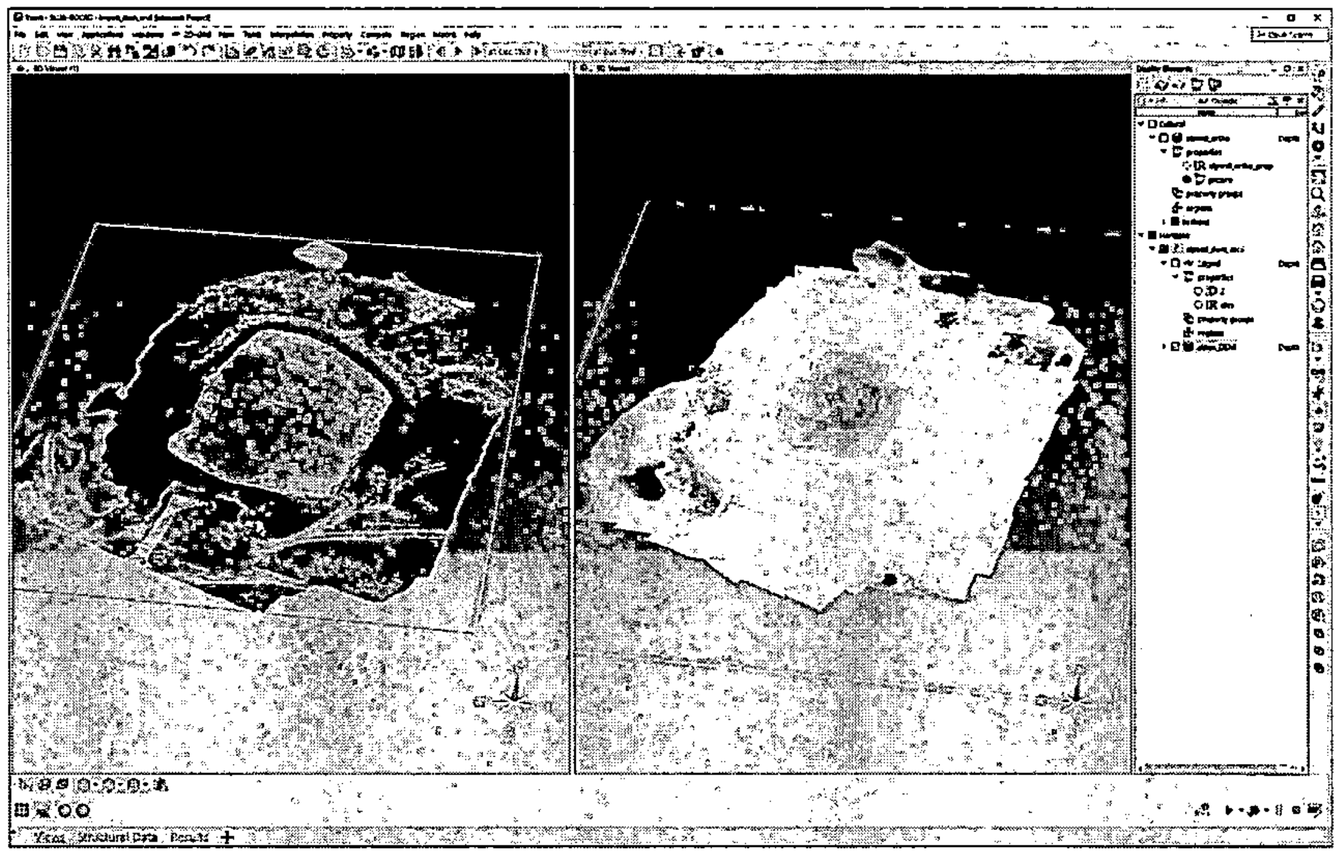
Exercise #5: data import (DC)



send to gocad (DC2DPro)

KIGAM

Exercise #6: data import (DEM, orthoimage)

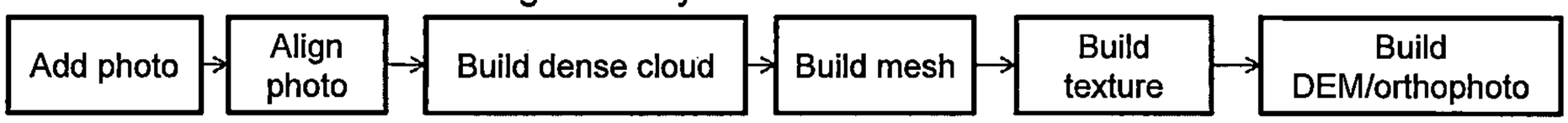


DEM(Digital Elevation Model): arcview ascii grid
image with world file

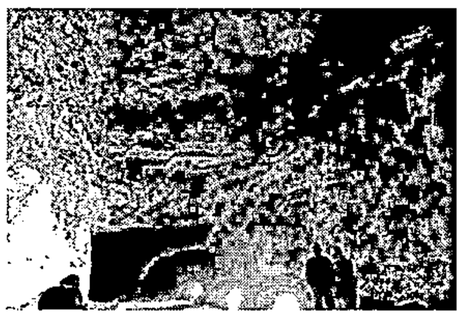
KIGAM

DOM(Digital Outcrop Model)

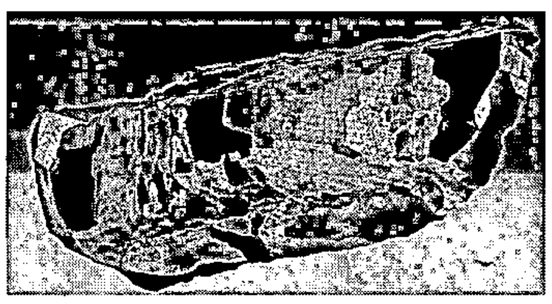
- DOM: Digital 3D representation of the outcrop surface
- method: LIDAR/Photogrammetry



- main output: textured polygon mesh/point cloud colored with RGB

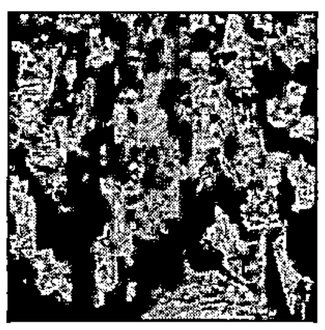


in situ picture

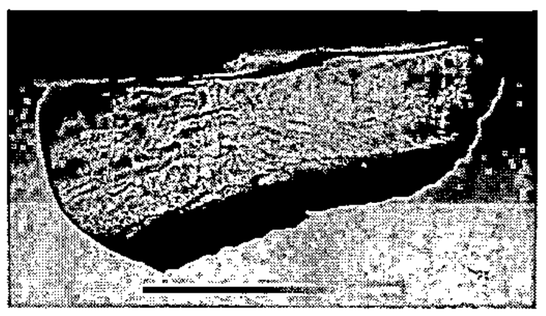


mesh

mesh parameterization
(UV map)



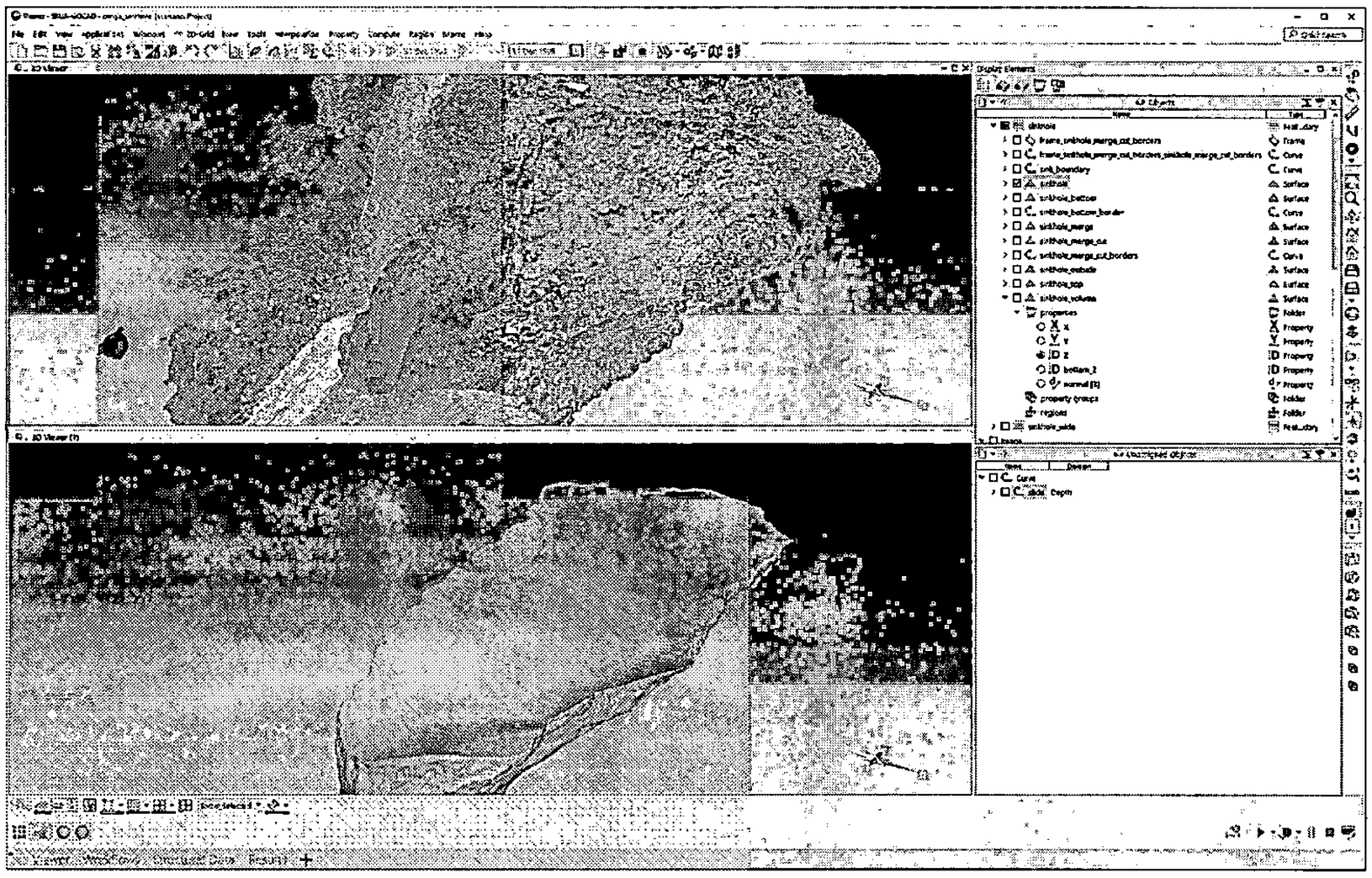
texutre



3d model

KIGAM

Exercise #7: data import (Digital Outcrop Model)

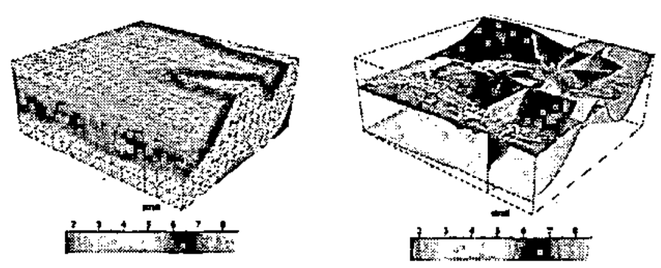


surface (.ts) + image, sinkhole volume calculation

KIGAM

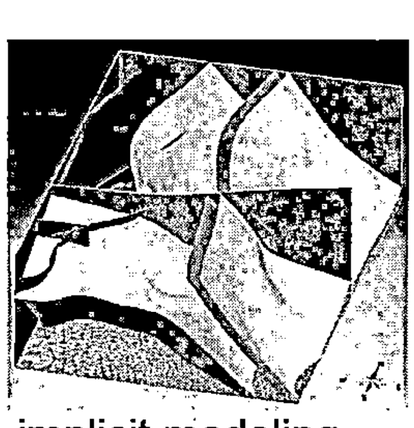
surface modeling (overview)

- surface modeling: implicit + explicit(direct/indirect) modeling



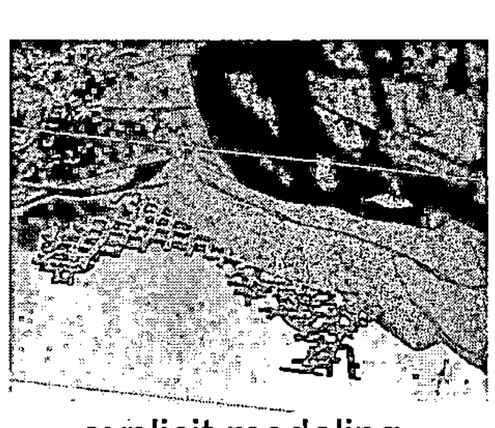
Implicit modeling
(horizon as iso-surface of 3D scalar field)

- volumetric method
- stratigraphy (conformable, unconformable, erosion)
- fault displacement
- thickness variation constraint



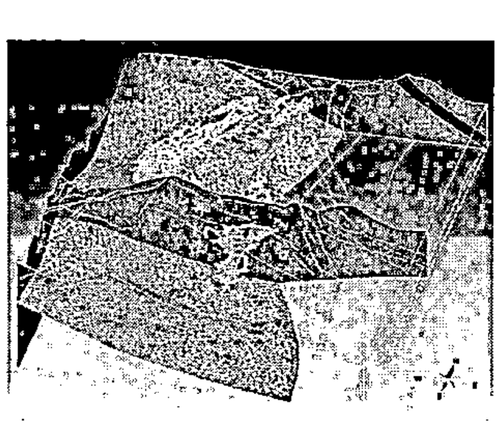
implicit modeling
(horizon, fault, boundary)

+



explicit modeling
(topo, intrusives, tunnel etc)

=

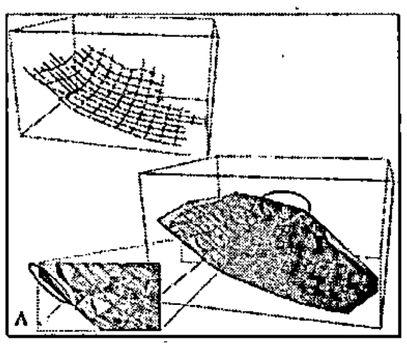


model3D

KIGAM

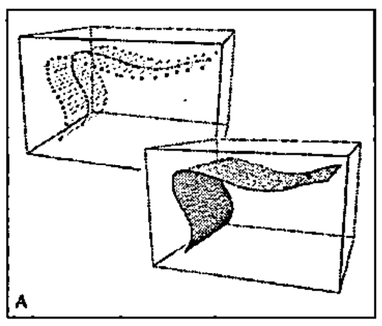
Surface Modeling (Direct Method)

point set



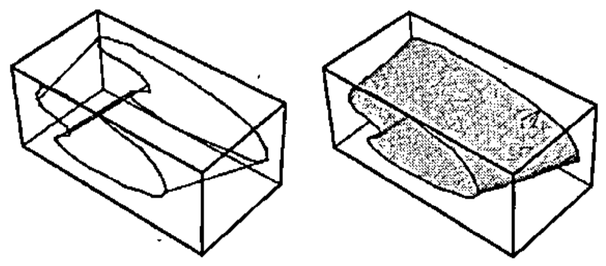
use the convexhull of pointset

open curve

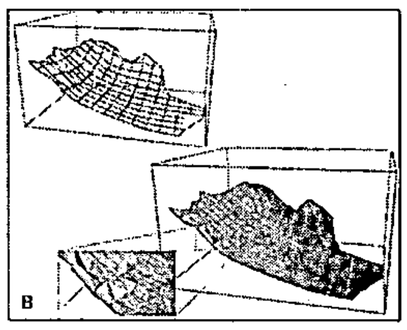


1 curve and direction vector (strip)
ex) fault trace and dip

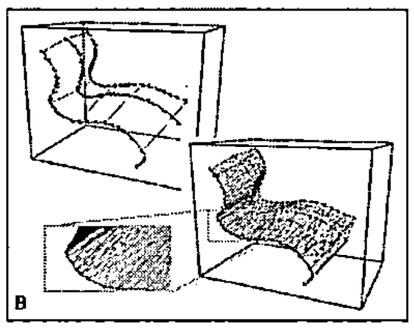
closed curve



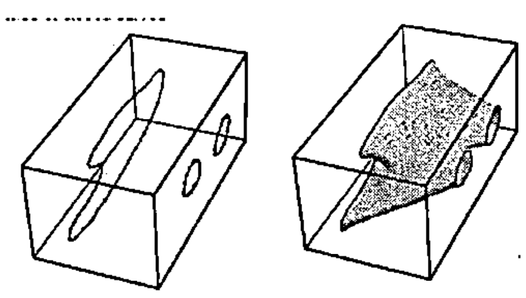
skin algorithm



after triangulation by outline curve
insert pointset



by connecting multiple curves
ex) interpretation curves on cross-section



several closed curves on 1 plane
(Pants algorithm)

KIGAM

Discrete Smooth Interpolation(DSI)

discrete model: $\mathscr{M}(\Omega, N, \varphi, \mathscr{C})$

node, neighborhood, vector function, constraint

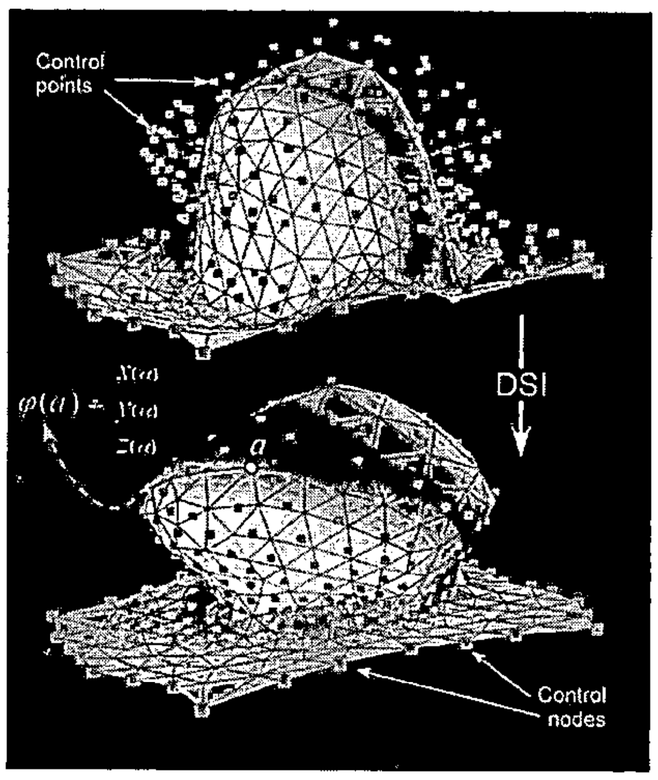
$$\varphi = \begin{bmatrix} \varphi(1) \\ \vdots \\ \varphi(\alpha) \\ \vdots \\ \varphi(n) \end{bmatrix} \begin{matrix} \uparrow \\ \vdots \\ (n) \\ \vdots \\ \downarrow \end{matrix}$$

linear constraints

$$A_c^t \cdot \varphi \bowtie b_c \quad \forall c \in \mathscr{C}$$

$$\mathscr{C} = \mathscr{C}^s \cup \mathscr{C}^h \text{ with: } \begin{cases} c \in \mathscr{C}^s \Leftrightarrow A_c^t \cdot \varphi \simeq b_c \\ c \in \mathscr{C}^h \Leftrightarrow \begin{cases} A_c^t \cdot \varphi = b_c \\ or \\ A_c^t \cdot \varphi \geq b_c \end{cases} \end{cases}$$

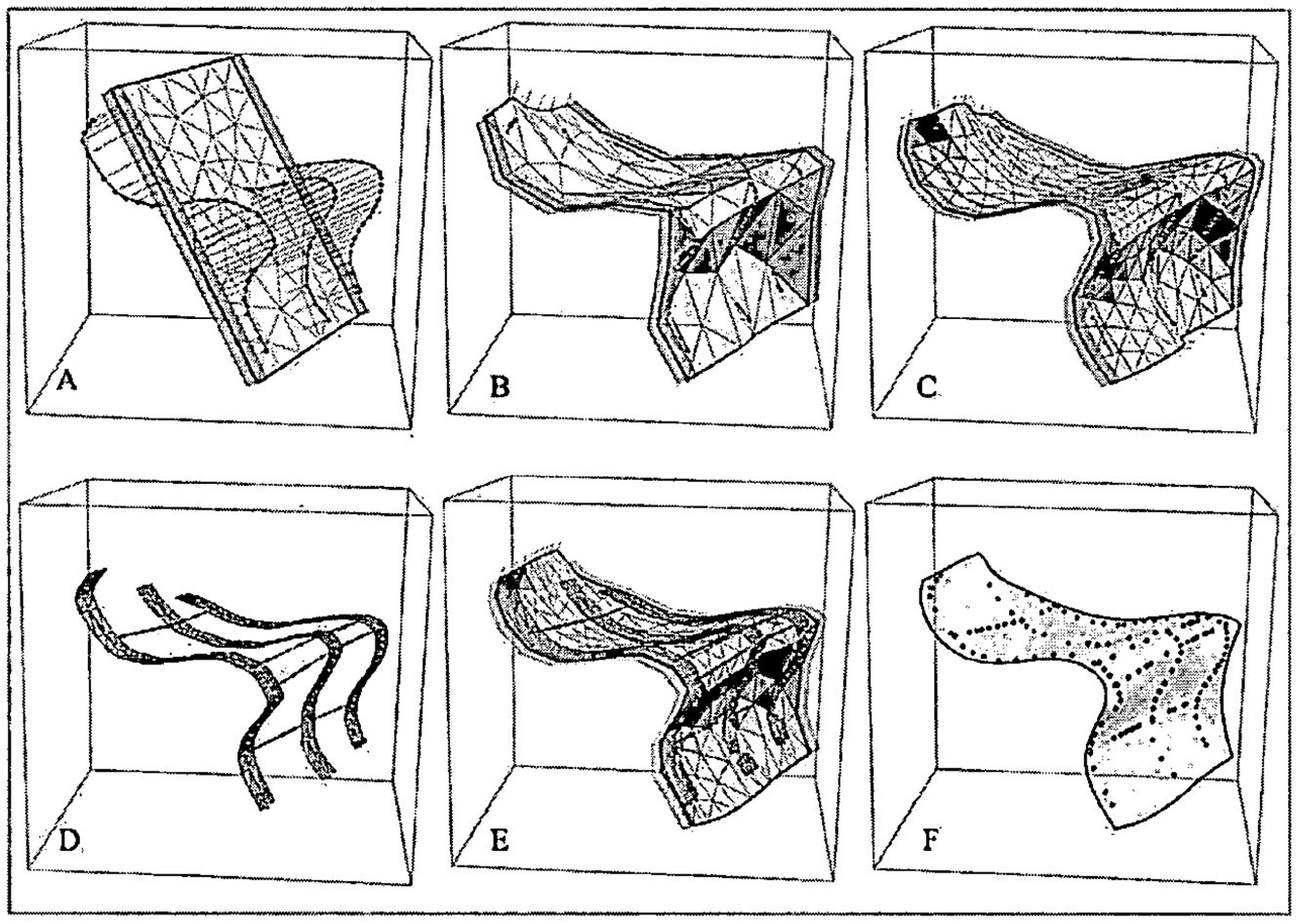
- soft constraint: as smooth as possible
- hard constraint



set control node and control points to salt dome triangulated surface, then applied DSI

KIGAM

Surface Modeling (Indirect Method)

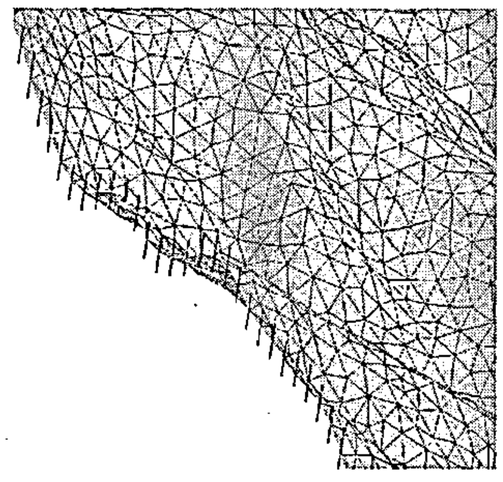


- create initial mesh without considering input point/curve
- fitting mesh to input curve (constraints) using DSI

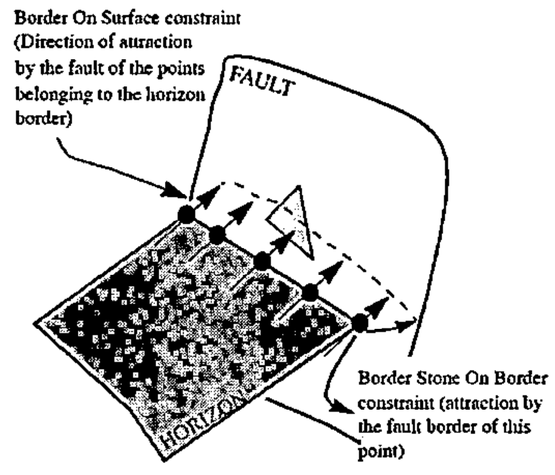
KIGAM

Type of Constraint

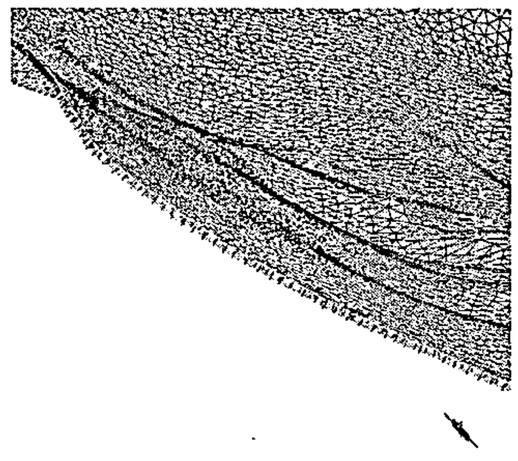
- Control node: can not move
- Control point: surface is fitted to these points
- Straight line constraint: node can move along straight line
- Cylinder constraint: node can move only on the cylinder surface
- Border on surface constraint: the border of surface (client) must be on the other surface (controller)
- Border extremity on border constraint: border extremity can move only on border
- Thickness/range thickness constraint: surface must be within distance from other one



straight line constraint



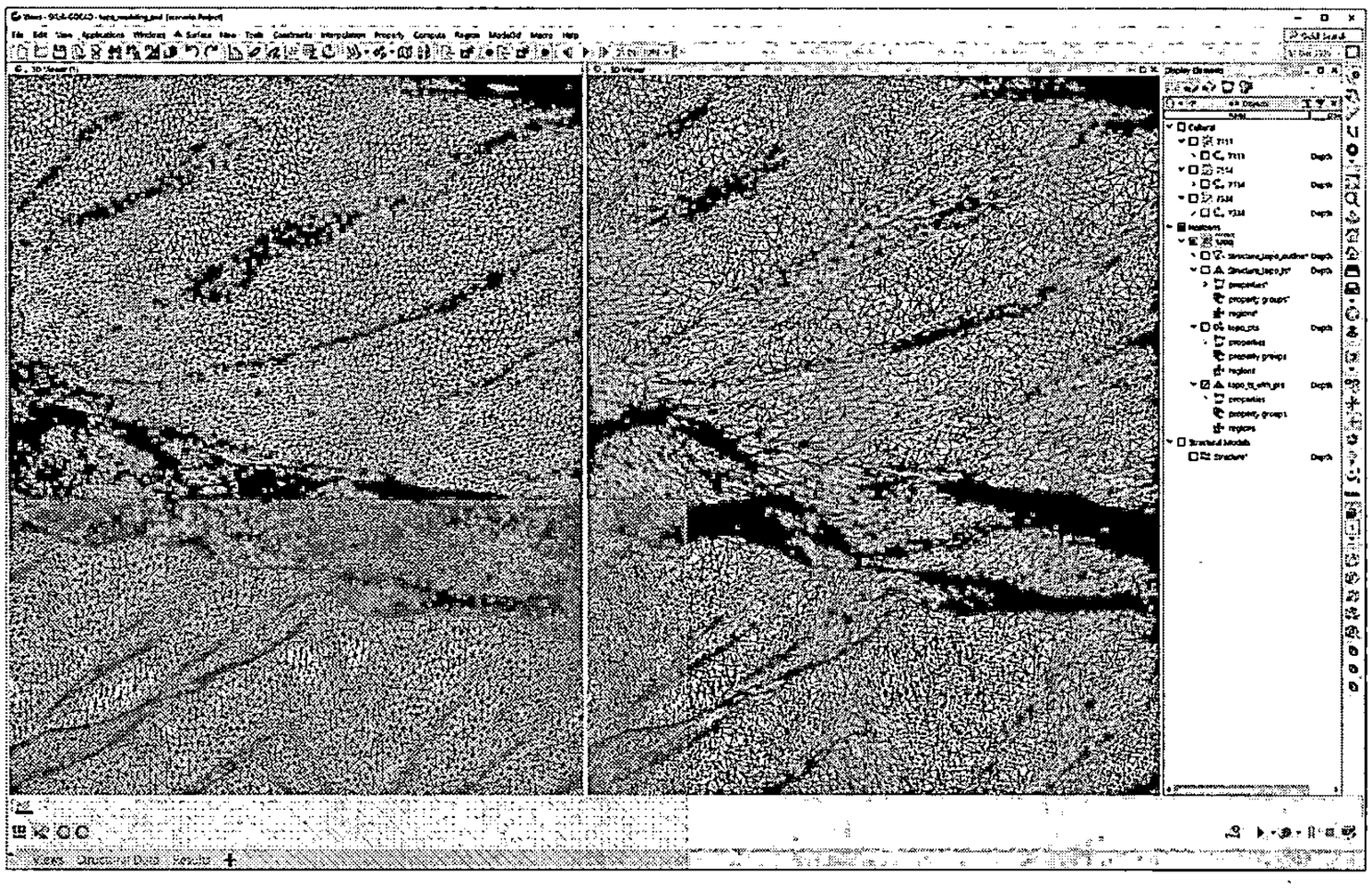
border on surface constraint



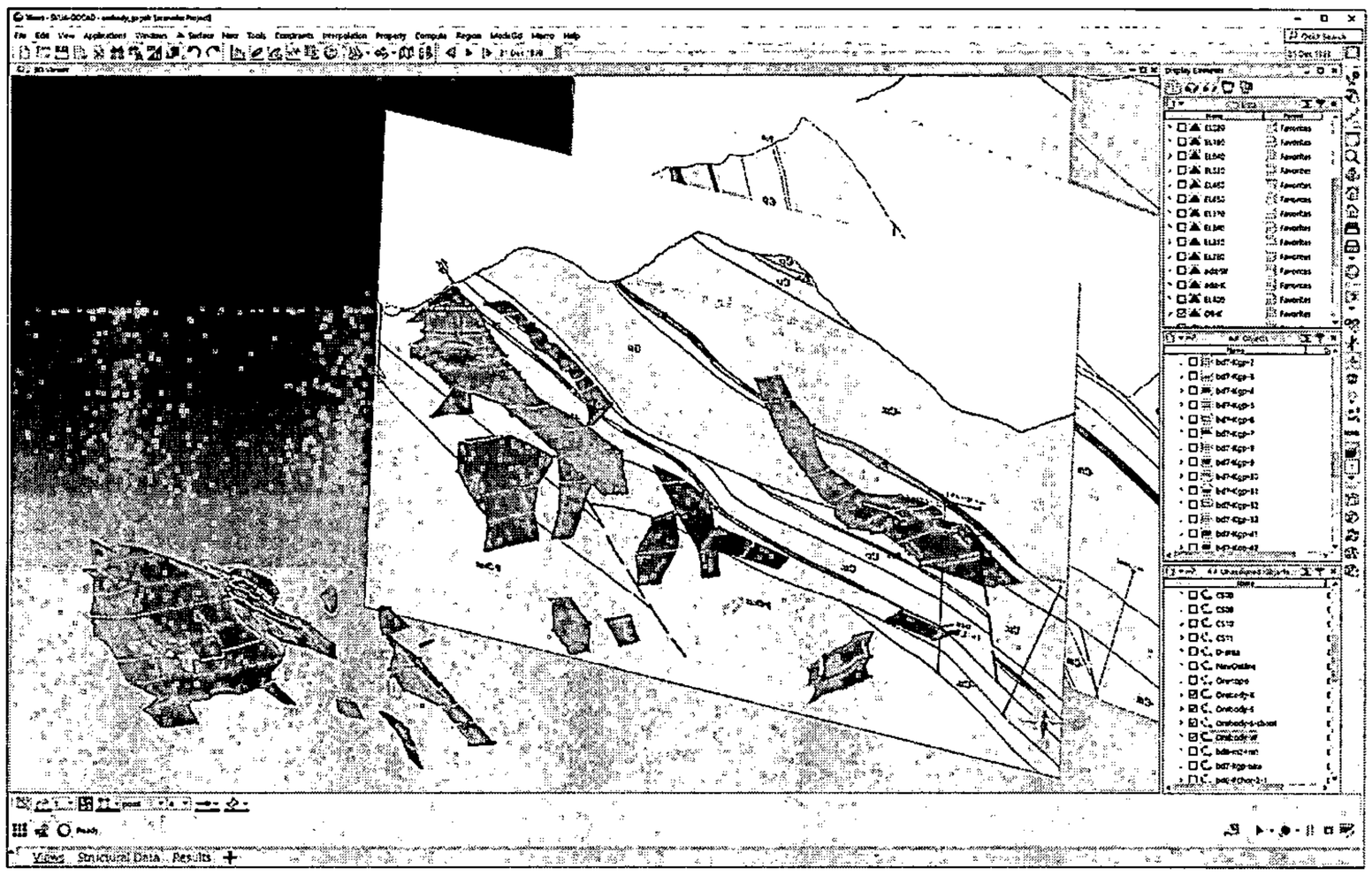
thickness constraint

KIGAM

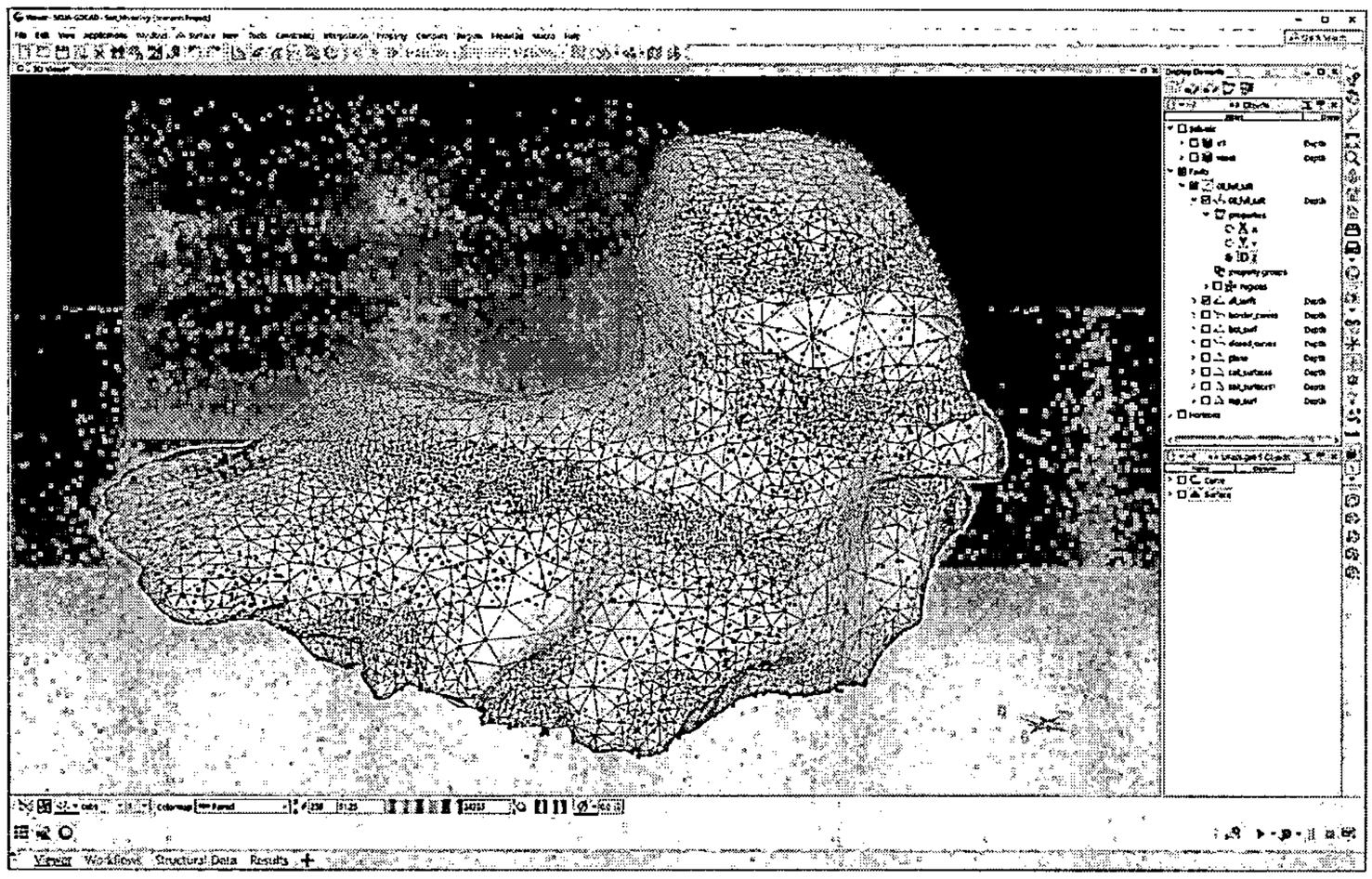
Exercise #8: topo modeling(direct/indirect)



Exercise #9: orebody modeling (direct)

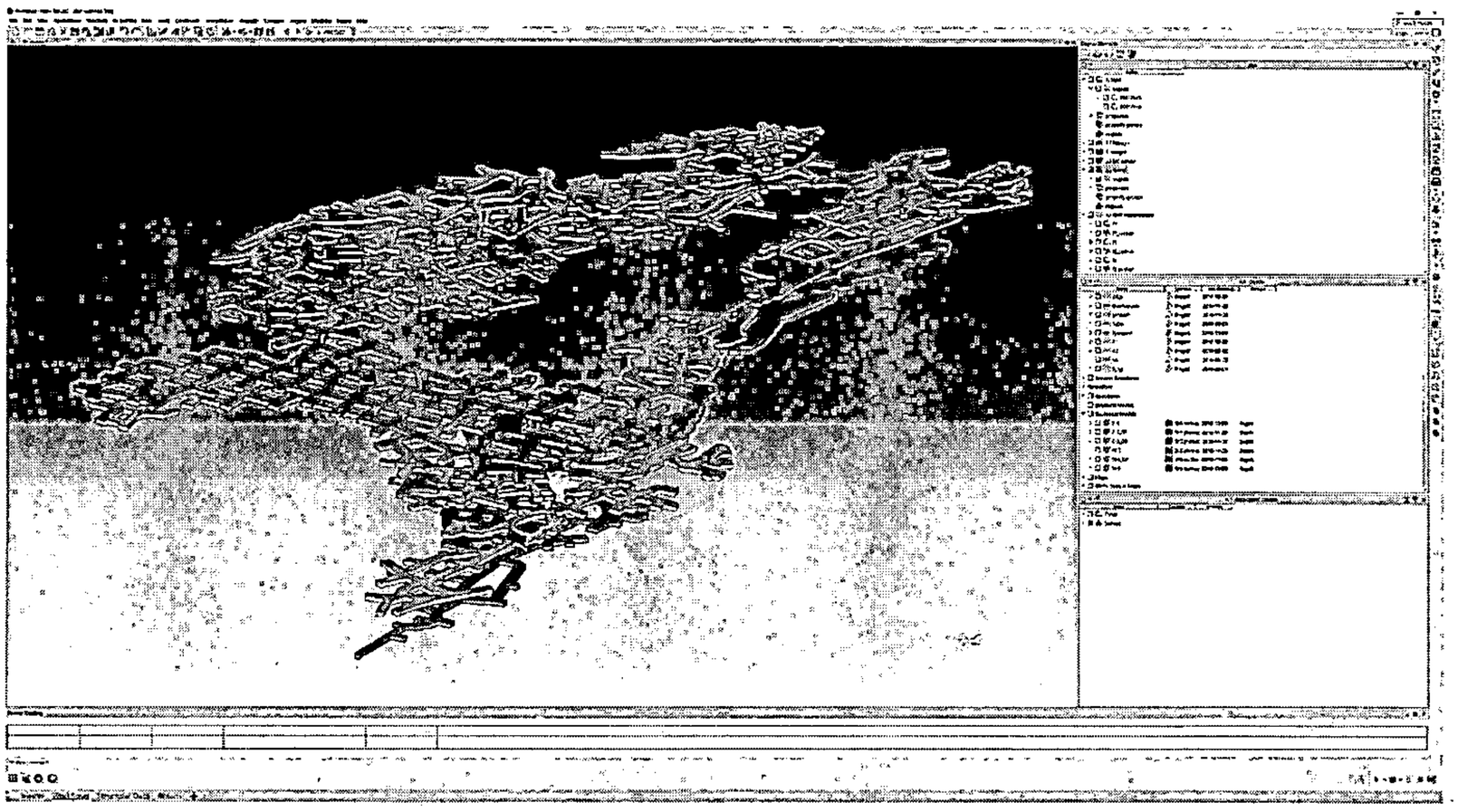


Exercise #10: salt dome modeling



KIGAM

Exercise #11: tunnel modeling



KIGAM

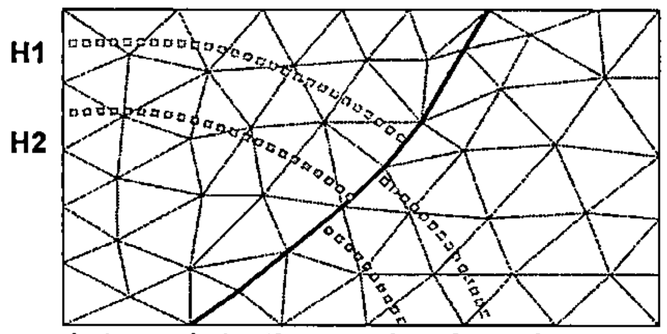
Implicit Modeling

Implicit surfaces (level sets)

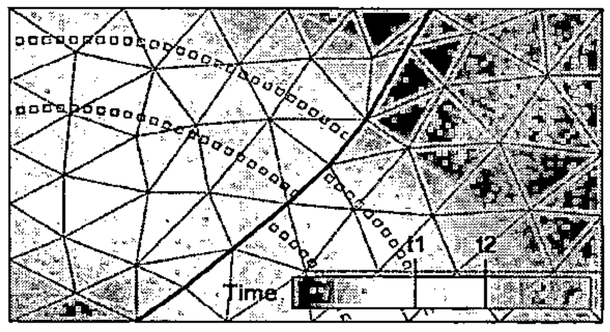
Considers surfaces as equipotentials of a 3D scalar field

- True volumetric representation
- Self-intersection impossible
- No need for data-to-surface or surface -to-surface projection
- Built-in fault/horizon consistency

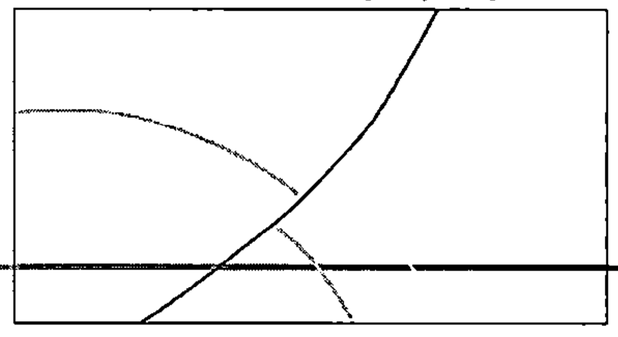
Assign time value to horizon



Interpolate time value in volume



Extract horizon time property

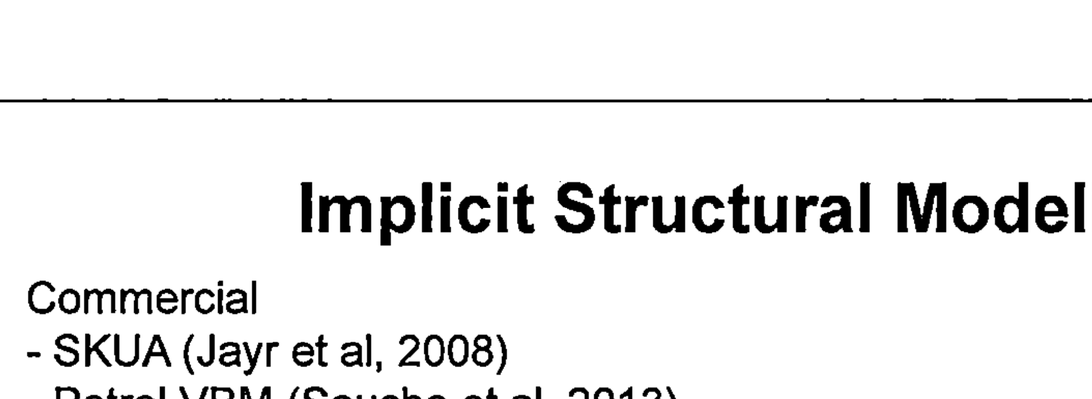


KIGAM

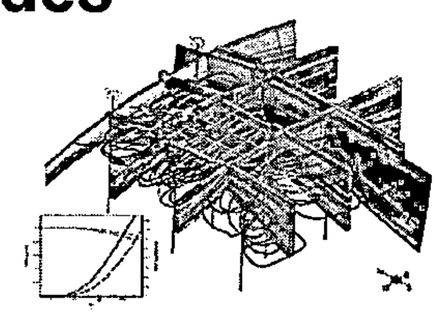
Implicit Structural Modeling Codes

- Commercial
  - SKUA (Jayr et al, 2008)
  - Petrel VBM (Souche et al, 2013)
  - Leapfrog (Cowan et al, 2002)
  - Geomodeller (Chiles et al, 2004; Calcagno et al, 2008)

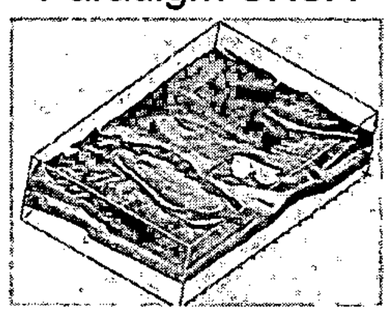
- Research code
  - StructuralLab (Frank et al, 2007; Caumon et al, 2013)
  - GRBF (Hillier et al, 2014)
  - Structural Factory (Grose et al, 2017, 2018, 2019)
  - GemPy (de la Varga et al, 2019)
  - JIMLS (Renaudeau et al, 2019)
  - SIGMA (Irakarama et al, 2018)



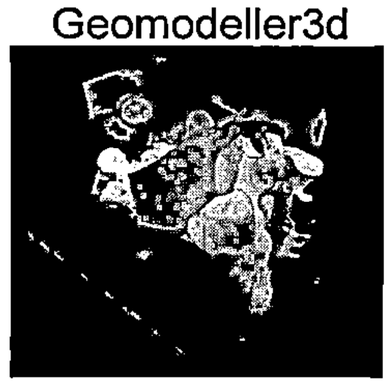
Structural Factory



Paradigm SKUA



Geomodeller3d

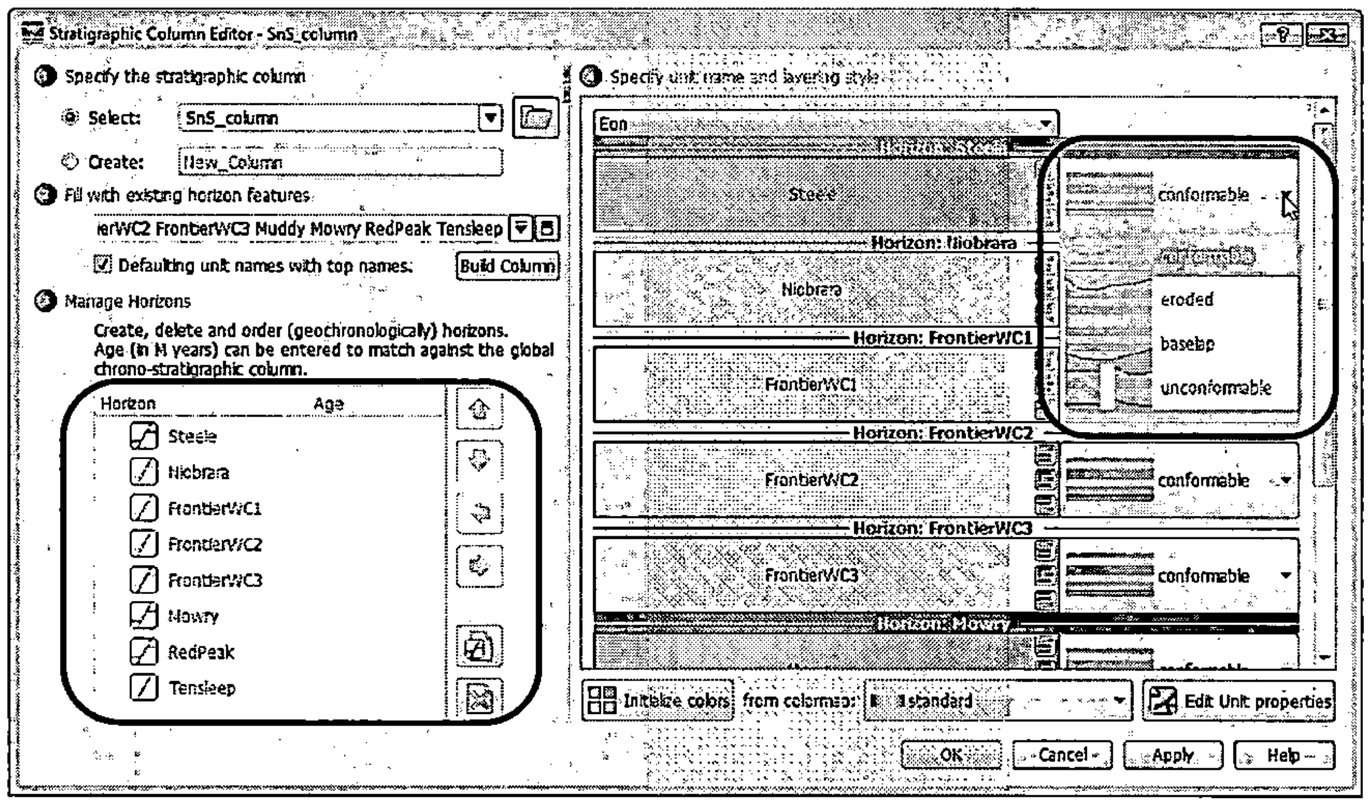


LeapFrog3D

KIGAM

Stratigraphic Column

- An ordered list of geologic events and stratigraphic units with geologic time as the vertical axis



KIGAM

Unit Stratigraphic Style

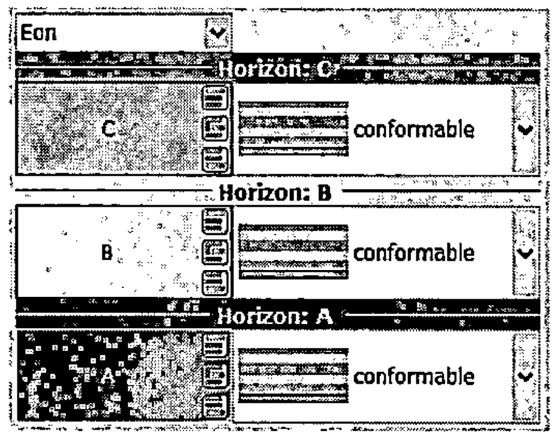
- 4 unit stratigraphic styles
  - Terminology is borrowed to seismic stratigraphy
  - Defined according to upper and lower limit termination geometry

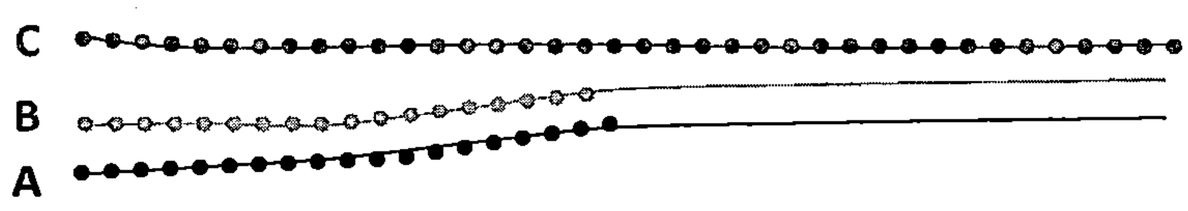
Lower Limit \ Upper Limit	Conformable	Erosion or Toplap
Conformable (Strati. Horizon)	Conformable *Proportional to Top and Base*	Eroded *Parallel to Base*
Onlap or Baselap	Baselap *Parallel to Top*	Unconformable *Unknown Direction*

KIGAM

Proposing horizon geometry from stratigraphic column (1/3)

- 3 horizon interpretations
- Stratigraphic style is conformable
- Thicknesses far from data are computed pro portionally

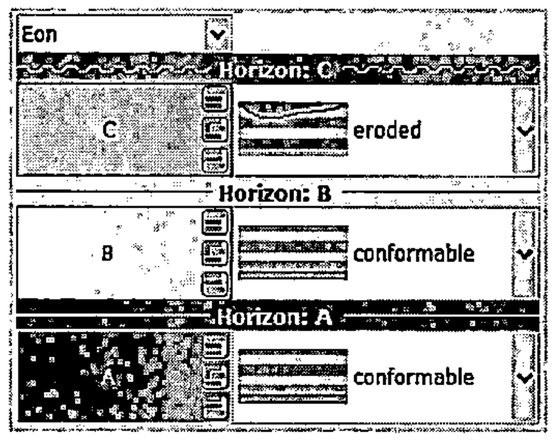


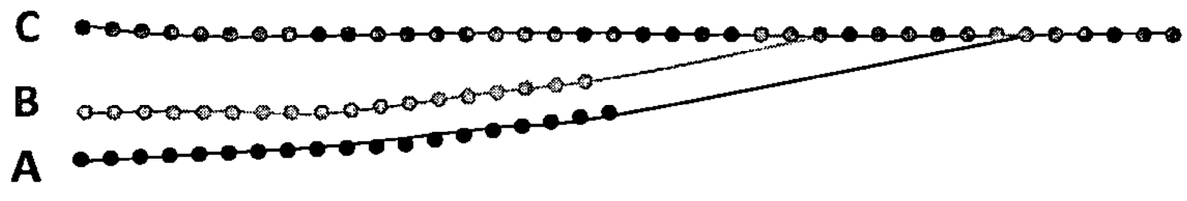


KIGAM

Proposing horizon geometry from stratigraphic column (2/3)

- 3 horizon interpretations
  - C is an unconformity
  - Geometry of intersection of A/B with C is angular
- Thicknesses far from data are trying to be pr eserved

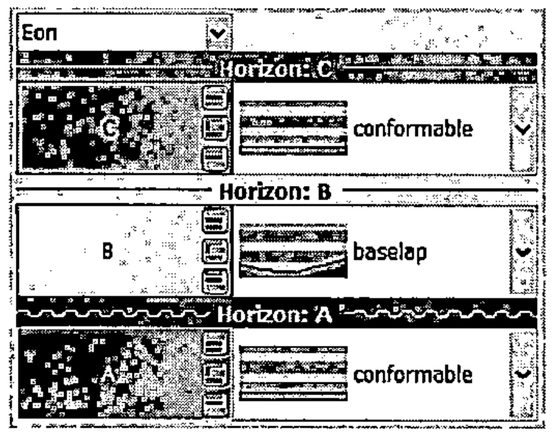


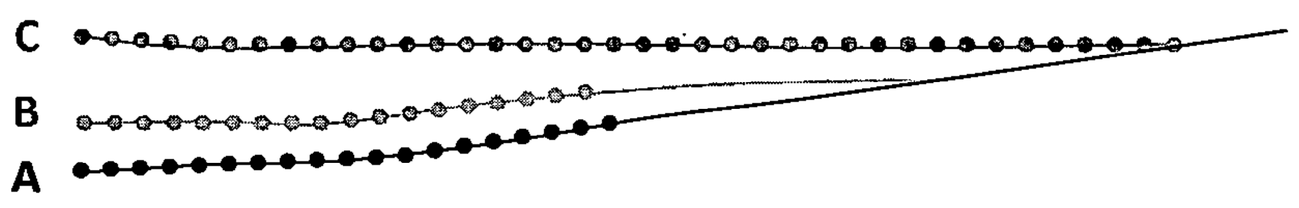


KIGAM

Proposing horizon geometry from stratigraphic column (3/3)

- 3 horizon interpretations
  - A is unconformity
  - Geometry of intersection of B/C with A is angular
- Thicknesses far from data are trying to be pr eserved

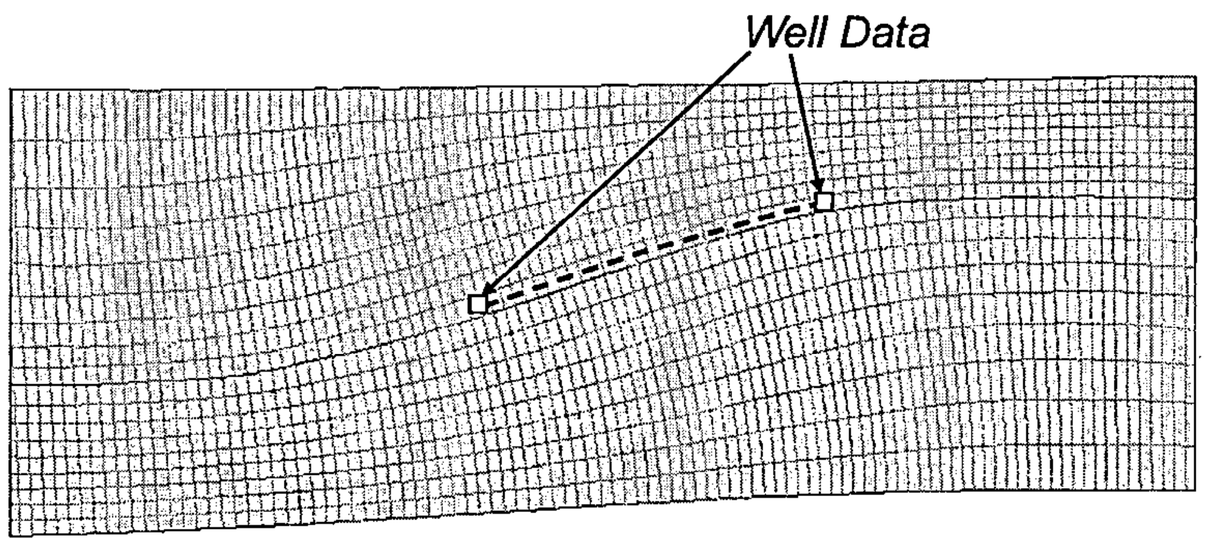




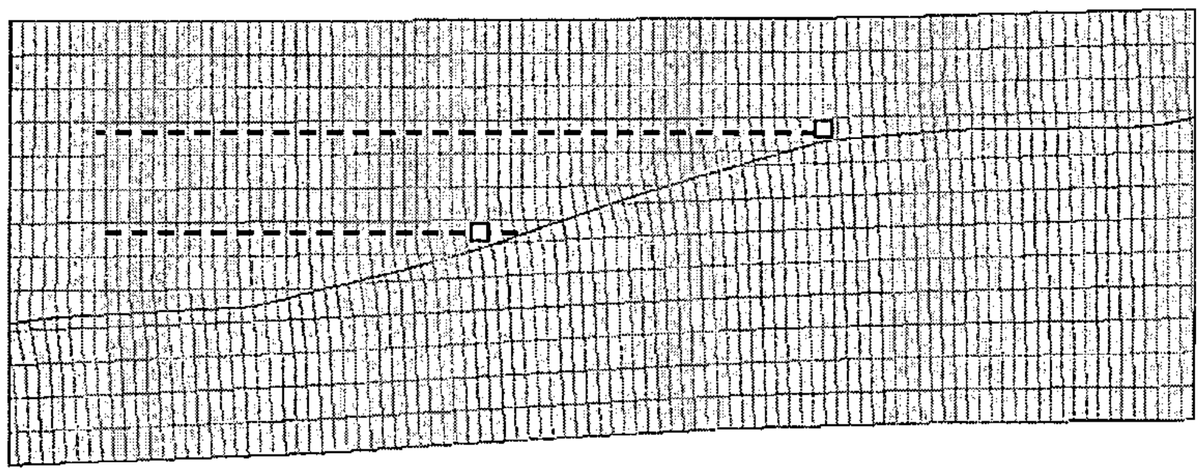
KIGAM

Grid Layering Influence on Spatial Data Analysis

Conformable



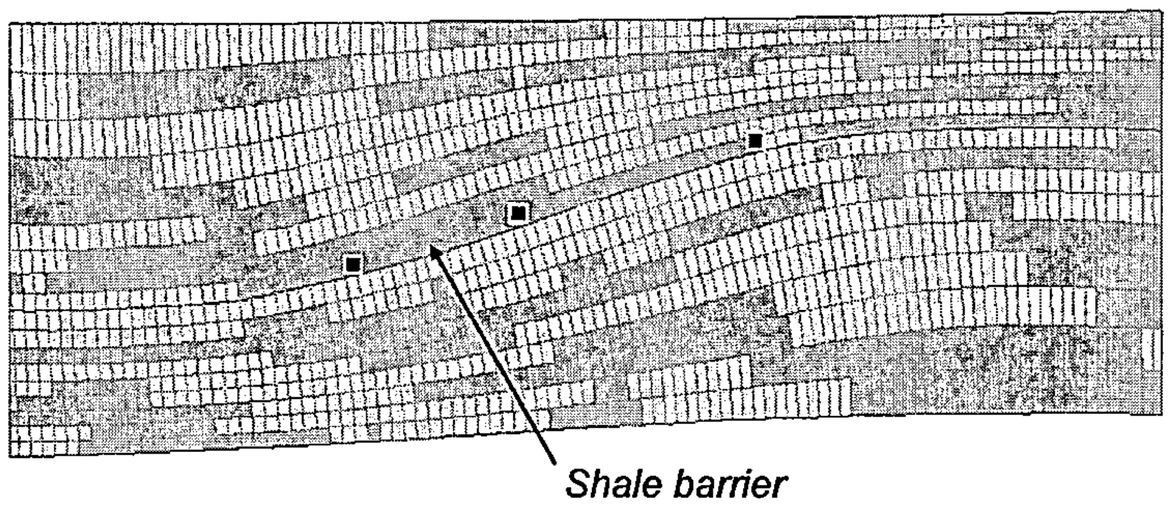
Baselap/Eroded (Transgression)



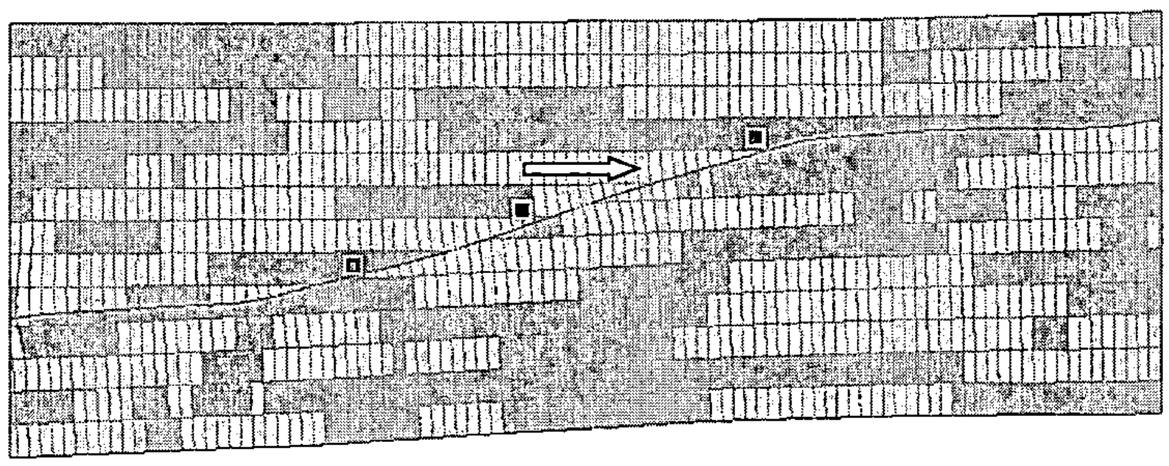
KIGAM

Grid Layering Influence on Property Model

Conformable

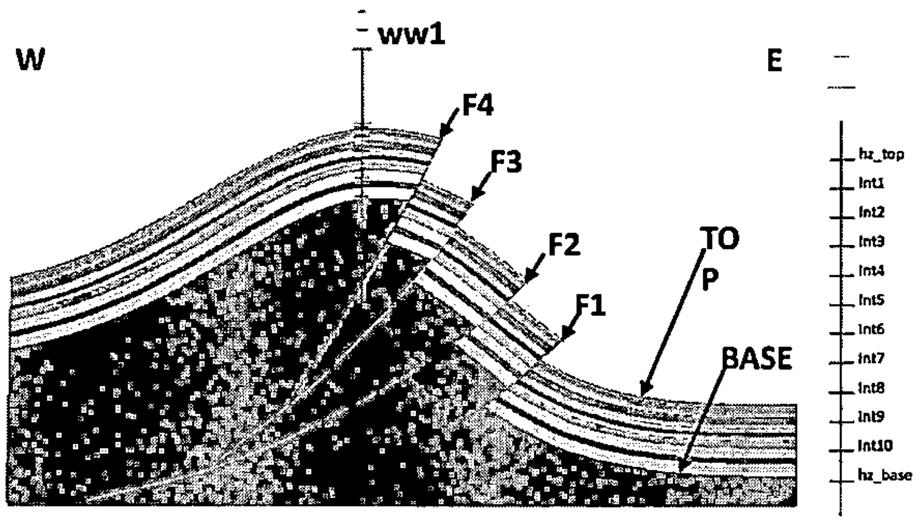


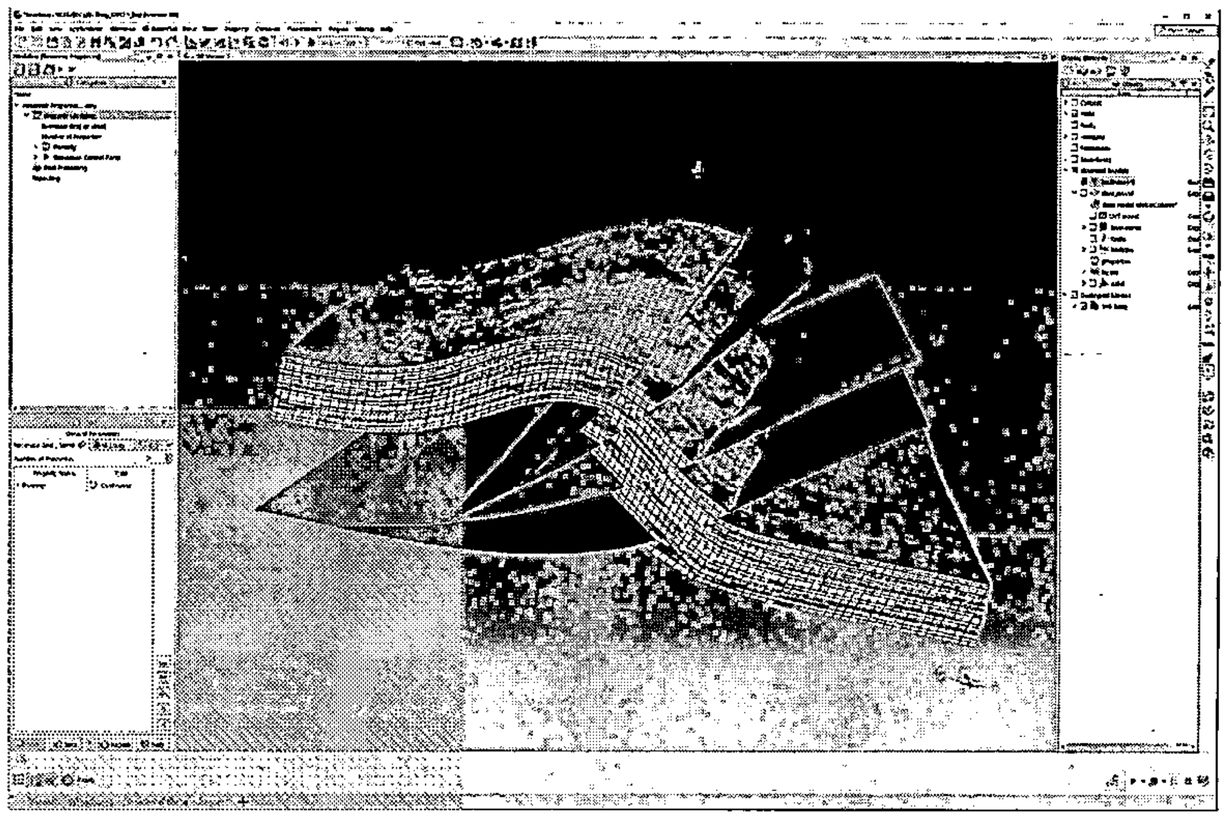
Baselap/Eroded (Transgression)



KIGAM

Exercise #12: implicit modeling & model3d

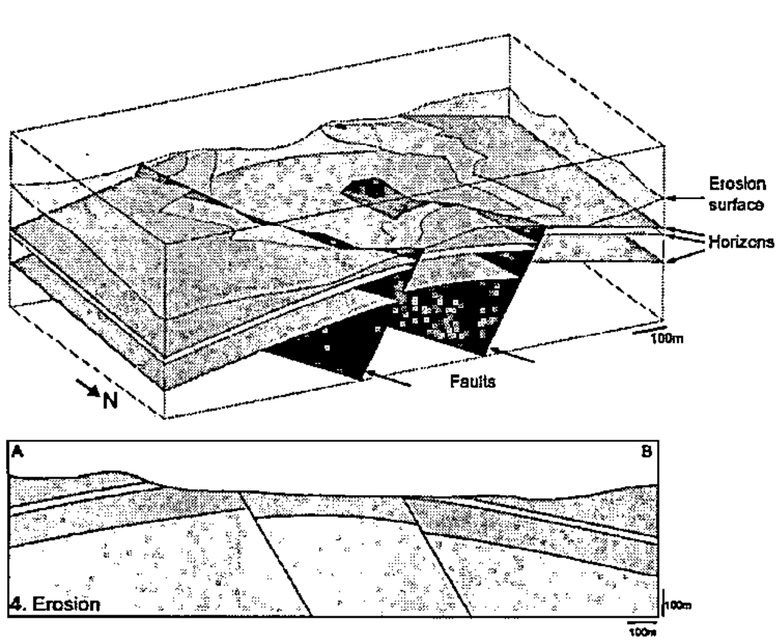




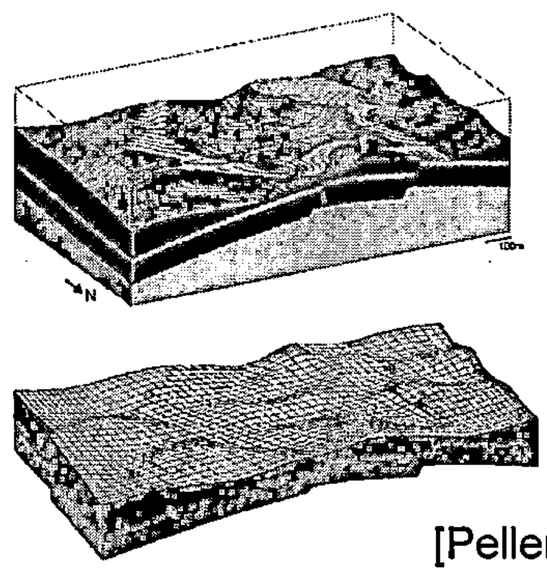
KIGAM

Geological Solid Model

- Sealed Geological Model (Model3D)
  - sealed structural model (Caumon, 2004)
  - volume is defined by Boundary Representation (B-Rep) mesh
  - boundaryies: geological interfaces (horizon, fault), model boundary, intrusives



sealed geological model

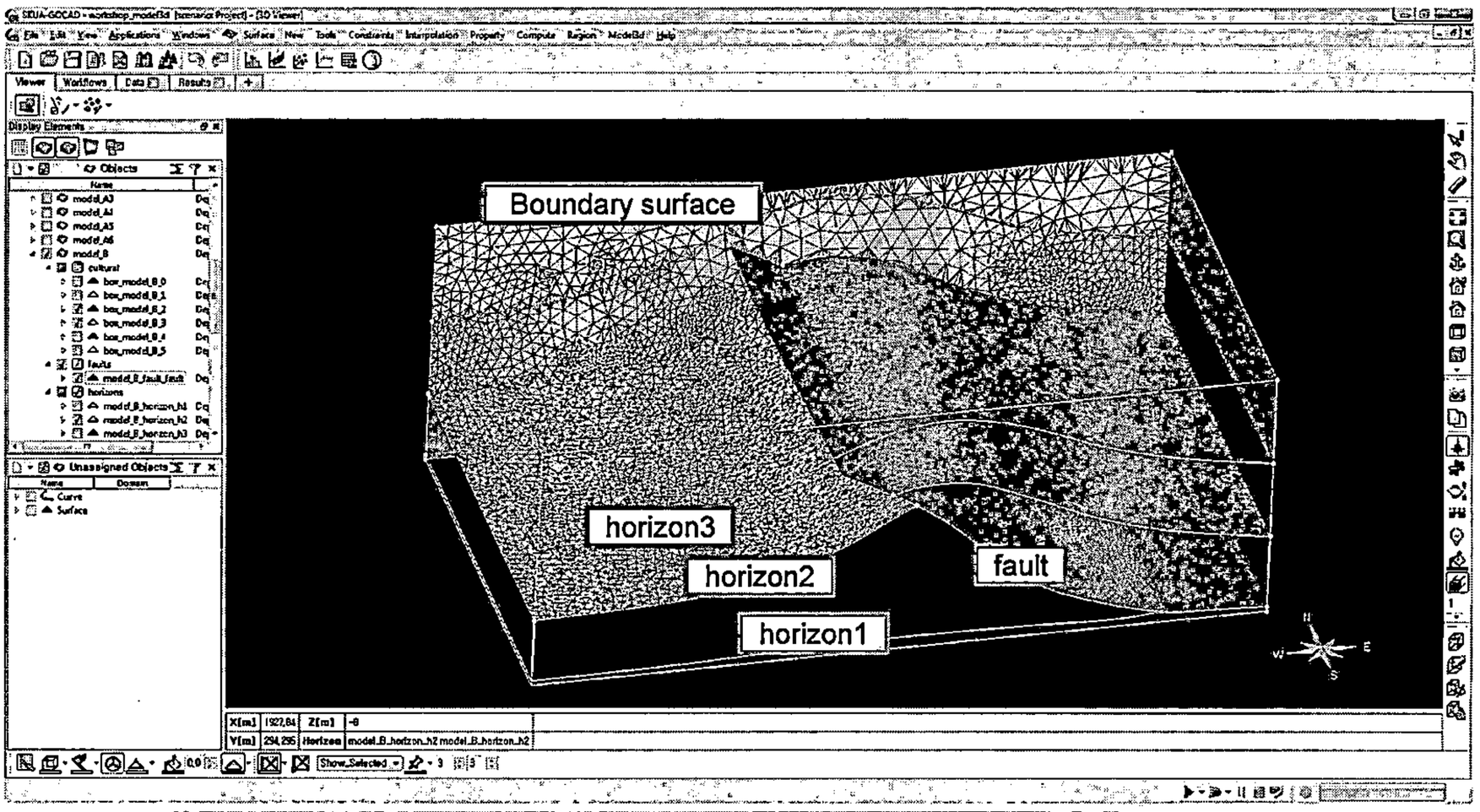


[Pellerin, 2014]

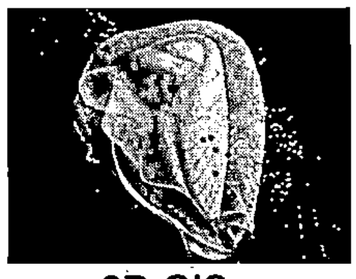
cell based representation

GOCAD Model3D (Sealed Geological Model)

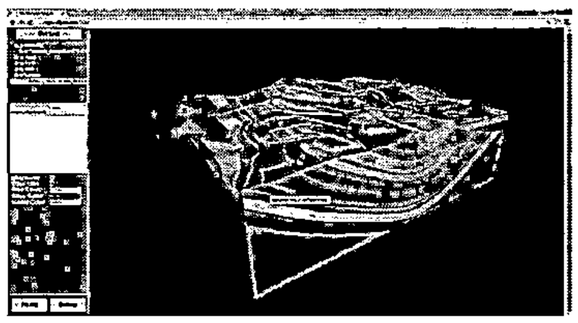
- 3 horizon, 1 fault surface (RING team free 3D synthetic structural model, built using SKUA structure module)



Application area of sealed geological model

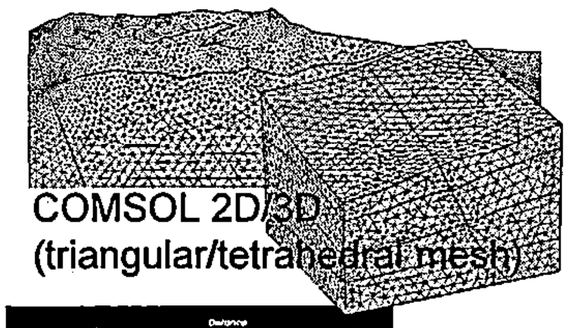


3D GIS

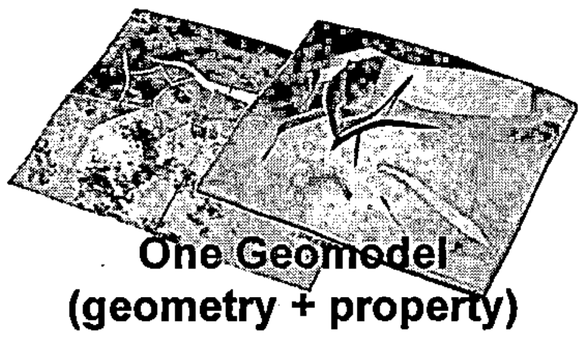


share 3D geological model

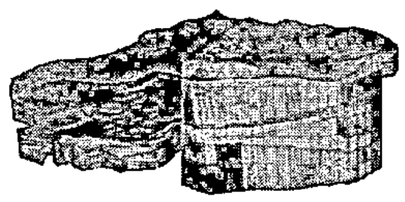
Structural restoration



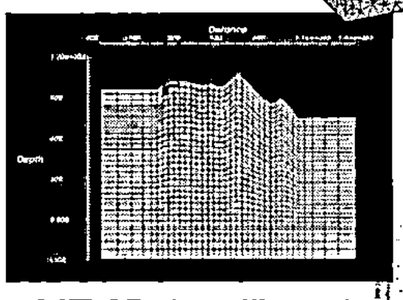
COMSOL 2D/3D
(triangular/tetrahedral mesh)



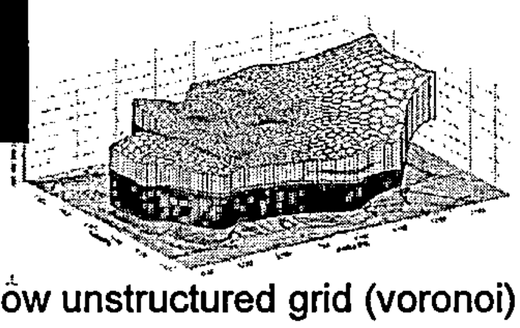
One Geomodel
(geometry + property)



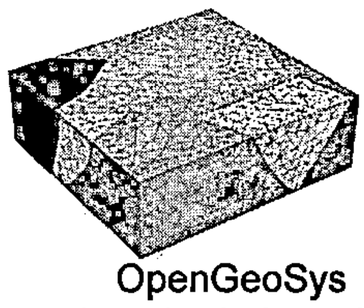
FEFLOW (prism)



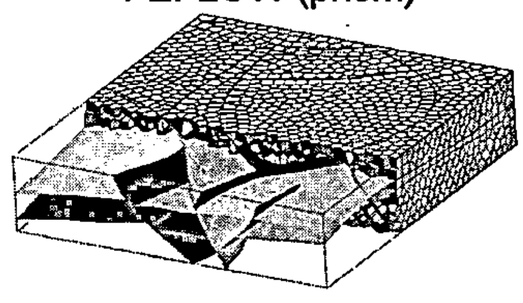
MT 2D (rectilinear)



modflow unstructured grid (voronoi)



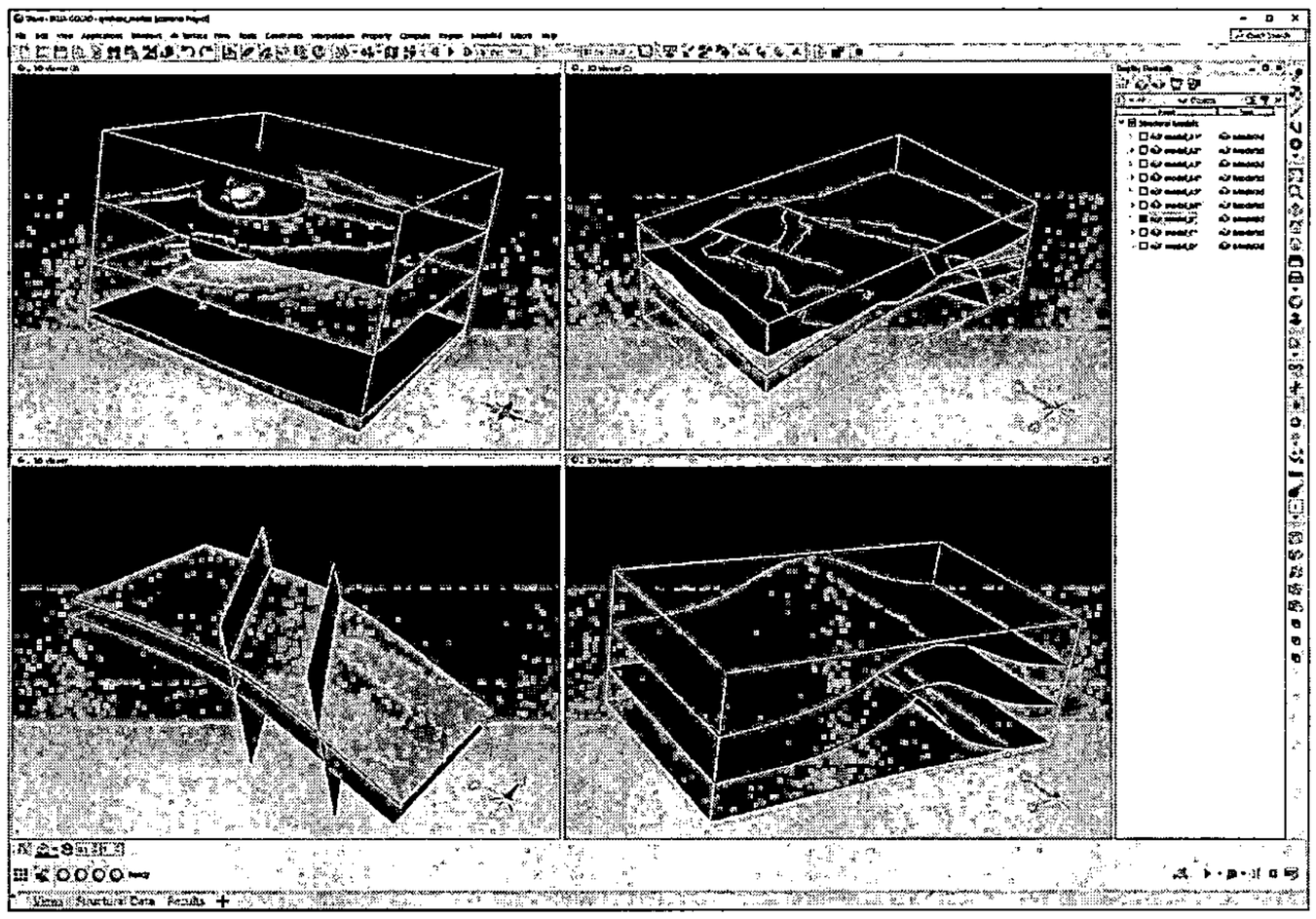
OpenGeoSys
(tetrahedral mesh)



TOUGH2 (polyhedra)

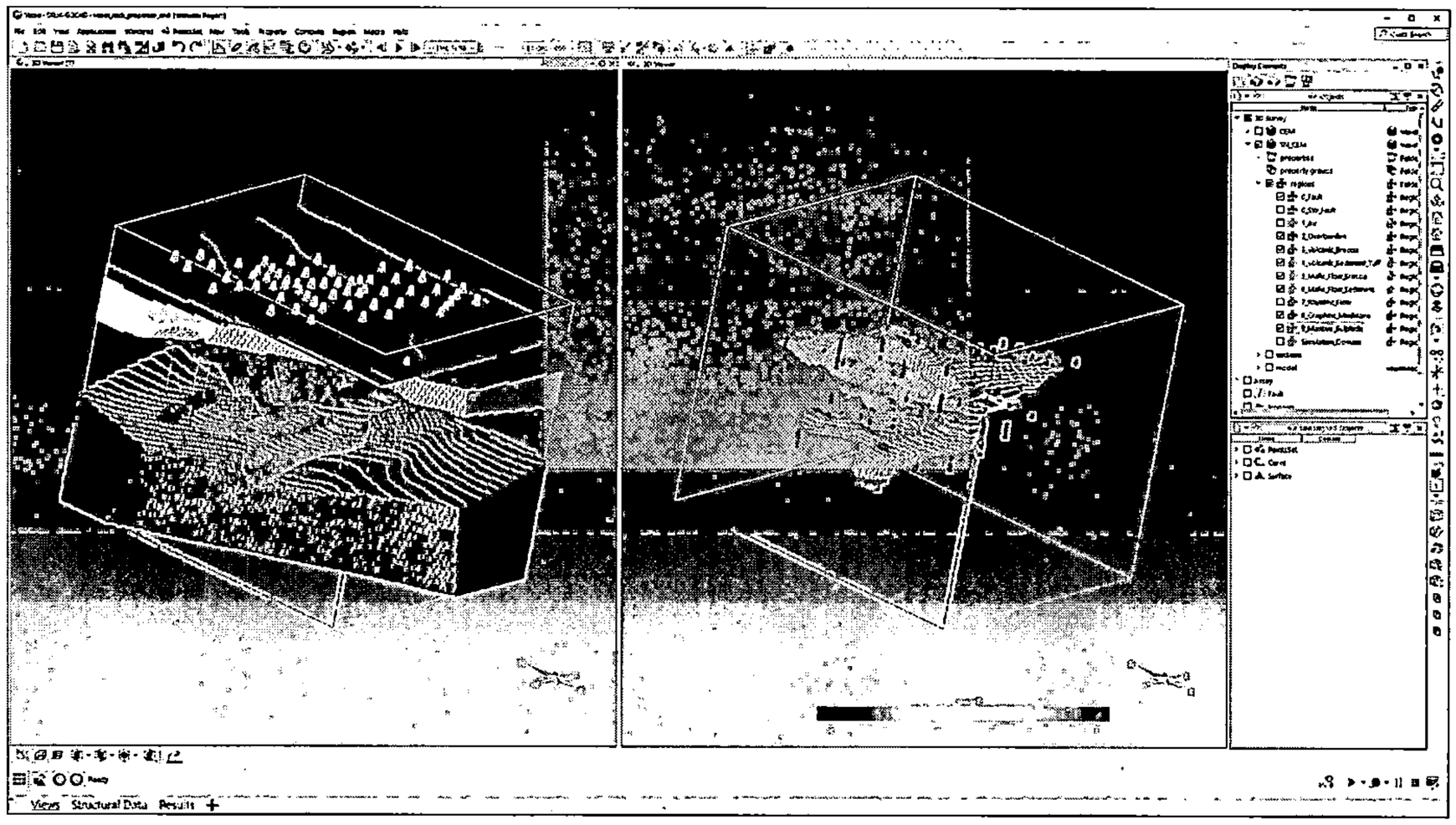
KIGAM

Exercise #13: synthetic structural model



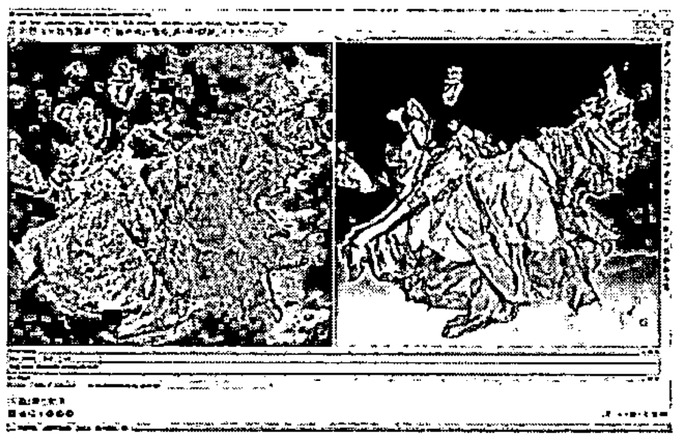
KIGAM

Exercise #14: building voxet region & property modeling

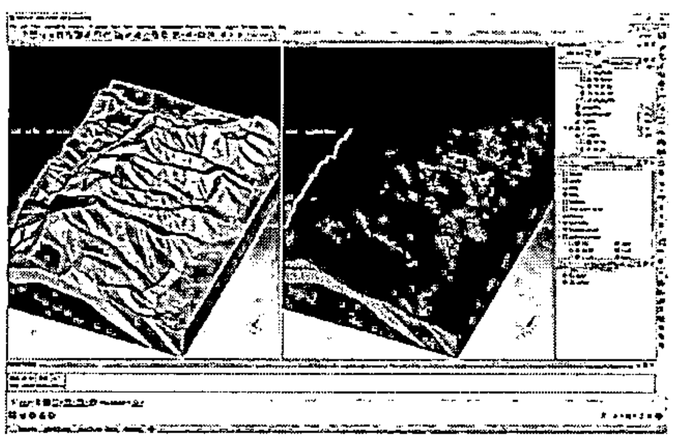


KIGAM

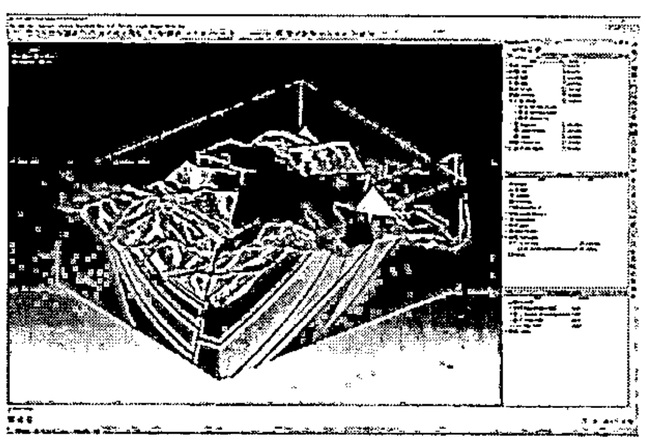
Exercise #15: examples of geological models



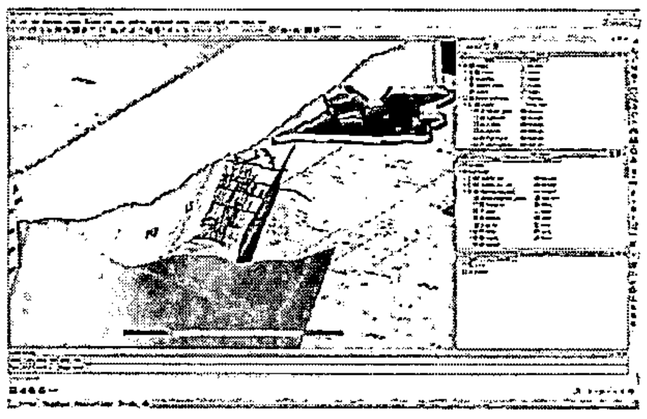
DOM (Dokdo Island)



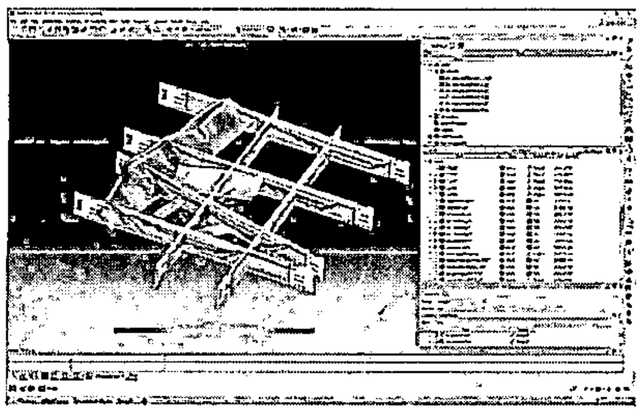
limestone mine geohazard mapping



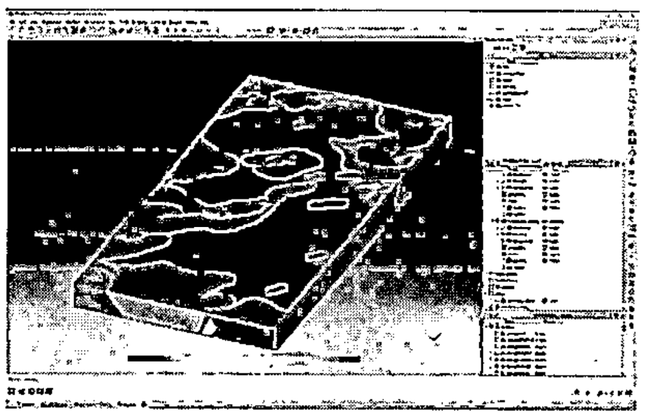
skarn deposits



mine tunnel modeling



sedimentary basin



regional geological model

KIGAM

Summary

- introduction to geomodeling and general geomodeling workflow
- data integration (data import & visualization)
- implicit/explicit surface modeling & building sealed geological model (model3d)
- gridding & property modeling
- review geological model examples built for various purposes

รทธ. (สุวภาคย์)
เลขรับ 1197
วันที่ ๒ พย ๒๕๖๕
เวลา 13.13 น.

ส่วนช่วยอำนวยการ
เลขรับ 17306
วันที่ 2 พ.ย. 2565
เวลา 11.25 น.

สำนักงานเลขานุการกรม
เลขรับ 18738
วันที่ 2 พ.ย. 2565
เวลา 11:19 น.

ด่วนที่สุด **บันทึกข้อความ**

ส่วนราชการ กทร. ส่วนบริหารจัดการทรัพยากรแร่ โทร. ๐ ๒๖๒๑ ๙๗๖๙ โทรสาร ๐ ๒๖๒๑ ๙๗๗๓

ที่ กทร.๐๑/ ๓๖๓๐ **วันที่** ๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุมัติเข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร "3D Geological Modelling - SKUA GOCAD" โดยหน่วยงาน Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM) สาธารณรัฐเกาหลี

เรียน อทธ.

ตามที่ อทธ. เห็นชอบให้ นางสาววรรณชนก จิตรกล้า นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ กทร. สมัครเข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร "3D Geological Modelling - SKUA GOCAD" ระหว่างวันที่ ๒๗ พฤศจิกายน - ๓ ธันวาคม ๒๕๖๕ ณ เมือง Daejeon สาธารณรัฐเกาหลี ซึ่งจัดขึ้นโดยหน่วยงาน Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM) โดยผู้จัดออกค่าใช้จ่ายให้ทั้งหมด ความละเอียดแจ้งแล้ว นั้น

กทร. ขอเรียนว่า หน่วยงาน KIGAM ซึ่งเป็นผู้จัดการฝึกอบรม ได้แจ้งตอบรับทางอีเมลให้นางสาววรรณชนก จิตรกล้า นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ กทร. เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรดังกล่าวข้างต้นแล้ว รายละเอียดตามเอกสารแนบ กทร. พิจารณาแล้ว เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมด้านบุคลากรเพื่อยกระดับการสำรวจศึกษาวิจัยและการบริหารจัดการทรัพยากรแร่ของประเทศไทยให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นำไปสู่การพัฒนาทรัพยากรธรณีอย่างยั่งยืน จึงเห็นควรอนุมัติให้ นางสาววรรณชนก จิตรกล้า นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ กทร. เดินทางไปเข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร "3D Geological Modelling - SKUA GOCAD" ระหว่างวันที่ ๒๖ พฤศจิกายน - ๓ ธันวาคม ๒๕๖๕ (รวมวันเดินทาง) ณ หน่วยงาน KIGAM เมือง Daejeon สาธารณรัฐเกาหลี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หากเห็นชอบขอได้โปรด

๑. อนุมัติให้ นางสาววรรณชนก จิตรกล้า นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ กทร. เดินทางไปเข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร "3D Geological Modelling - SKUA GOCAD" ระหว่างวันที่ ๒๖ พฤศจิกายน - ๓ ธันวาคม ๒๕๖๕ (รวมวันเดินทาง) ณ หน่วยงาน KIGAM เมือง Daejeon สาธารณรัฐเกาหลี

๒. ลงนามบันทึกเรียน ปกท.ทส. เพื่อลงนามหนังสือถึงกระทรวงการต่างประเทศ เพื่อขอให้ออกหนังสือเดินทางราชการให้แก่ นางสาววรรณชนก จิตรกล้า

๓. ลงนามในแบบใบลาไปศึกษา อบรม ณ ต่างประเทศ ของนางสาววรรณชนก จิตรกล้า ตามที่แนบ

(นางสาวกฤตยา ปัทมาลัย)
ผู้อำนวยการกองทรัพยากรแร่

- อนุมัติ
- ลงนามแล้ว

(นายสุวภาคย์ อึ่มสมุทร)
รองอธิบดีกรมทรัพยากรธรณี
ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมทรัพยากรธรณี
- ๒ พ.ย. ๒๕๖๕

ส.๑๓ 1261