

Towards information management for the synoptic interpretation of complex geoscientific models – the virtual CO₂ storage project “CO₂-MoPa” as an example

Auf dem Weg zur Informationsverwaltung für die synoptische Interpretation komplexer geowissenschaftlicher Modelle – am Beispiel des Projektes „CO₂-MoPa“ eines virtuellen CO₂-Speichers

ANDREAS THOMSEN, HANS-JÜRGEN GÖTZE & KERSTIN ALTENBRUNN, Kiel

Key words: Geoinformation, process modeling, carbon dioxide capture and storage, data integration, semantic web, spatiotemporal DBMS, visualization, synoptic interpretation.

Abstract

Analysis, simulation and interpretation of complex subsurface processes involve a considerable number of different types of models, which are developed by cooperating research groups of different disciplines of the Earth Sciences. Whereas for the individual processes, theories, methods, algorithms, and modeling software are well established and documented, there is no canonical set of methods for the integration of process simulations from a network of different disciplines into one complex model. Within the scope of the virtual CO₂ storage research project “CO₂-MoPa”, we consider modern methods of information handling, namely Semantic Web, spatiotemporal DBMS, and visualization technology, which can be employed in the workflow of a multi-disciplinary cooperation of participating research groups. This approach enhances the information exchange, documentation, and finally the analysis and synoptic interpretation of the obtained results.

Zusammenfassung

Zur Analyse, Simulation und Interpretation komplexer physikalischer und chemischer Prozesse des Untergrundes wird eine Vielzahl unterschiedlicher Modelle verwendet, die von Forschungsgruppen aus verschiedenen Disziplinen der Erdwissenschaften in Zusammenarbeit entwickelt werden. Während Theorie, Methodik, Algorithmen und Modellier-Software für die einzelnen Prozesse gut entwickelt und dokumentiert sind, gibt es kein kanonisches System von Methoden für die Integration in ein komplexes Modell von Prozess-Simulationen aus verschiedenen vernetzten Disziplinen. Im Rahmen des Forschungsprojektes “CO₂-MoPa” zur Simulation eines virtuellen CO₂-Speichers betrachten wir moderne Methoden der Informationsverarbeitung – Semantisches Web, raumzeitliche DBMS, und moderne Visualisierungstechnik, um sie für einen Workflow einer interdisziplinären Zusammenarbeit der einzelnen Forschungsgruppen einzusetzen. Dieser Ansatz soll den Austausch von Information, die Dokumentation und schließlich die Analyse und synoptische Interpretation der Ergebnisse verbessern.

Nach einer Einführung in die Fragestellung (CCS: CO₂ Capture and Storage) der im Gesamtprojekt untersuchten digitalen Simulation eines virtuellen CO₂-Speichers in einem salinen Aquifer werden die Teilprojekte M1-M6 kurz vorgestellt, die sich um die Aufgaben „Parametrisierung“, „Numerische Modellierung“, „Monitoring“ und „Interpretation“ gruppieren (Abb. 1). Das Teilprojekt M3 soll dabei eine Querschnittsaufgabe erfüllen, nämlich die im Projekt erzeugten Informationen verwalten und verfügbar machen, ihre Visualisierung unterstützen, und sie für die synoptische Interpretation aufbereiten. Hierfür wurde eine 3-Ebenen-Architektur entwickelt (Abb. 2):

Auf der Ebene 1, der „Datenebene“, werden die Daten und Dokumente der Einzelprojekte dezentral durch vernetzte Server mit Dateisystemen und problemspezifischen Datenbanken - darunter die 3D/4D-Datenbank DB4GeO der AG Breunig am KIT Karlsruhe - verwaltet. Auf der Ebene 2, der „Meta-Information“, werden die heterogenen Daten und Dokumente der Einzelprojekte als „Ressourcen“ in einheitlicher Weise durch ihre Beschreibungen in einer XML-Datenbank repräsentiert, welche neben erläuternden Kommentaren Hyperlinks zu den eigentlichen Daten, deren Dokumentation, sowie zu externen Ressourcen im World Wide Web umfassen. In einer bisher experimentellen Ebene 3 werden die Beziehungen zwischen den Ressourcen mit Methoden des „Semantic Web“ als „Topic Maps“ dargestellt und analysiert. In einer Topic Map wird die semantische Struktur eines Themengebietes in einem Graphen- bzw. Hypergraphenmodell aus „Topics“ als Knoten und „Associations“ als (Hyper-)Kanten dargestellt, die jeweils mit weiteren Attributen versehen sind. Im vorliegenden Projekt CO₂-MoPa bilden die Ressourcen der Einzelprojekte die Topics, und ihre inhaltlichen Beziehungen die Associations. Klassifizierung, Auswahl, Durchmusterung, graphische Darstellung und Zugriff auf die Ressourcen und deren Datenbestände bilden die wichtigsten Methoden zur Auswertung der Topic Maps.

Verschiedene Anwendungsbeispiele werden vorgestellt: eine Ontologie zur Klassifikation von Dokumenten über CCS (Abb. 3); eine Petri-Netz-ähnliche Darstellung des Informationsflusses zwischen Prozessen und Daten im Projekt auf verschiedenen Skalen von der Berechnung eines einzelnen Parameters bis zum Datenfluss im Gesamtprojekt (Abb. 4 und 5); schließlich die Beschreibung der notwendigen Datentransformationen zwischen verwendeten Modellen und Programmen am Beispiel von GOCAD und IGMAS+ (Abb. 6 bis 8). In jedem Falle werden die Zusammenhänge graphisch als ein semantisches Netz dargestellt, dessen Knoten und Kanten mit Hyperlinks zu Textdokumenten und Abbildungen, sowie zu den Ressourcen und Datenbeständen der Projekte versehen sind.

Mit Hilfe dieser verlinkten graphischen Darstellungen kann Hintergrundwissen über Entstehung und Struktur der Einzelergebnisse und ihre Beziehungen zueinander in die Visualisierung (Abb. 9) eingebracht, und damit die synoptische Interpretation der Projektergebnisse unterstützt werden: so können zusätzlich zur räumlichen Stereo-Darstellung des geologischen Modells, der raumzeitlichen Ergebnisse der numerischen Modellierung des virtuellen CO₂-Speichers, und der Ergebnisse der geophysikalischen (seismischen, geoelektrischen, gravimetrischen) Modellierung des Monitoring je nach Bedarf Informationen zu Struktur, Eigenschaften und Entstehung der zu interpretierenden Modelle abgerufen, dargestellt und in die gemeinsame synoptische Interpretation einbezogen werden.