



**advangeo – применение методов
искусственного интеллекта для
комплексного моделирования
природных явлений:**

**эрозии, провалы, месторождения,
содержания элементов в почвах**



Thomas Hertwig, Andreas Barth



IV072061



1. Мотивация
2. Подходы к решению
3. Искусственные нейрональные сети
4.  программа
5. Примеры применения
6. Резюме



Мотивация

Где месторождение ?



Где нужно бурить ?



IW072061

advangeo®
Prediction Software

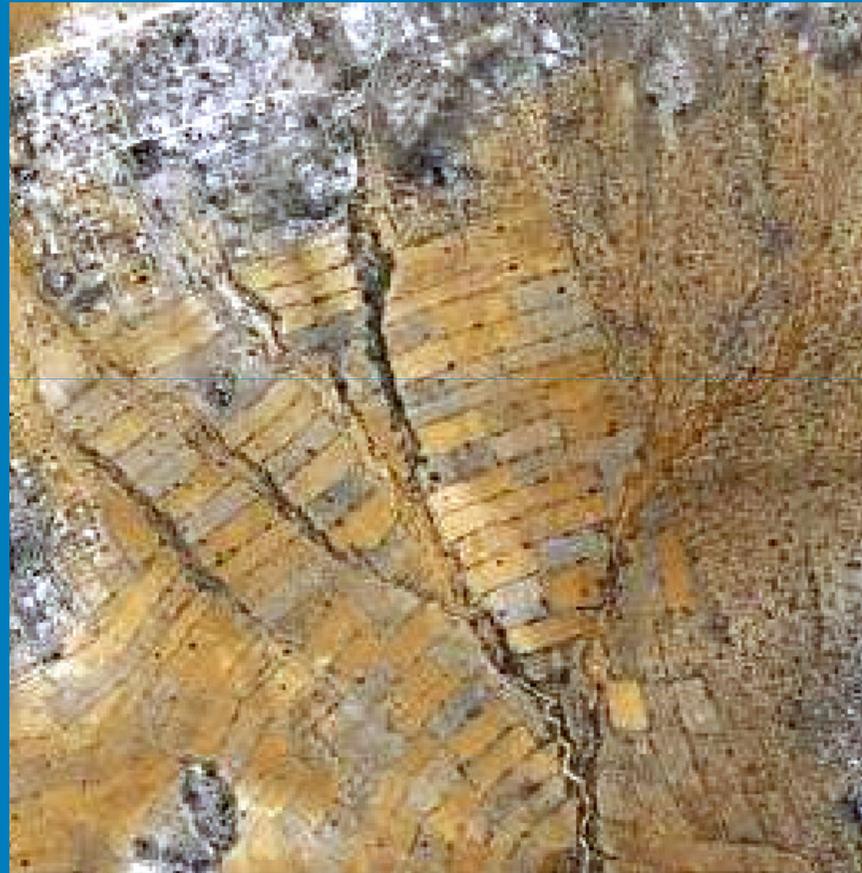
beak
CONSULTANTS

Мотивация

Где образуются оползни?



Где образуются овраги ?



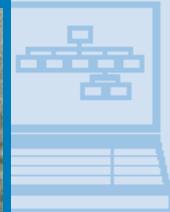
IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

Мотивация

Где образуется карст ?



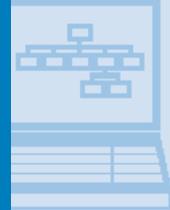
IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

Мотивация

Где образуется провалы?



IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

Мотивация

Где горит уголь ?



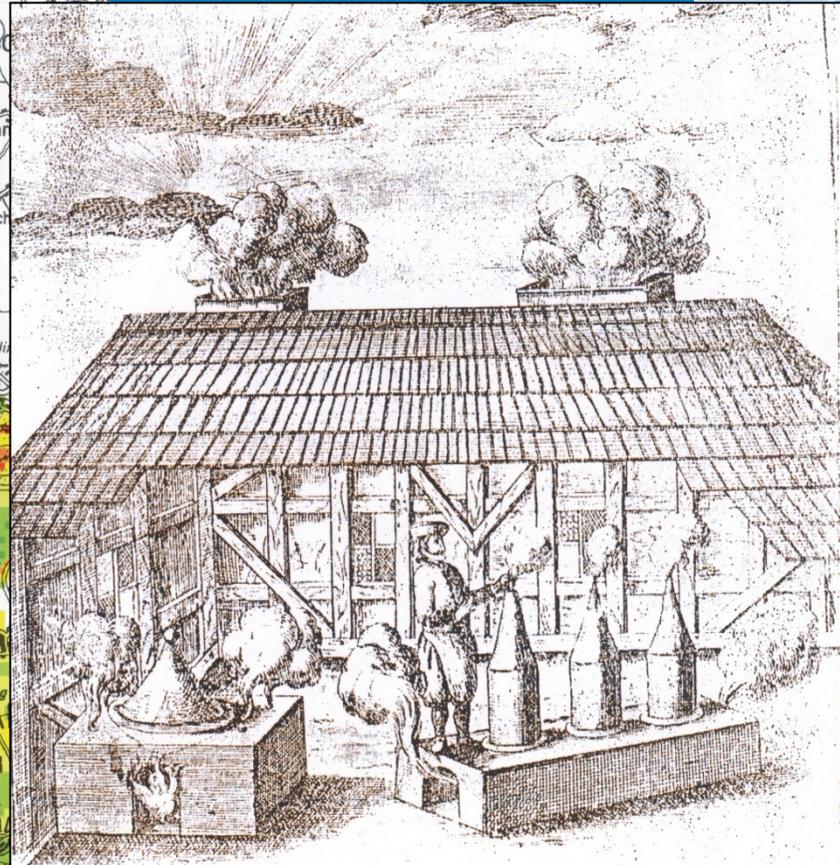
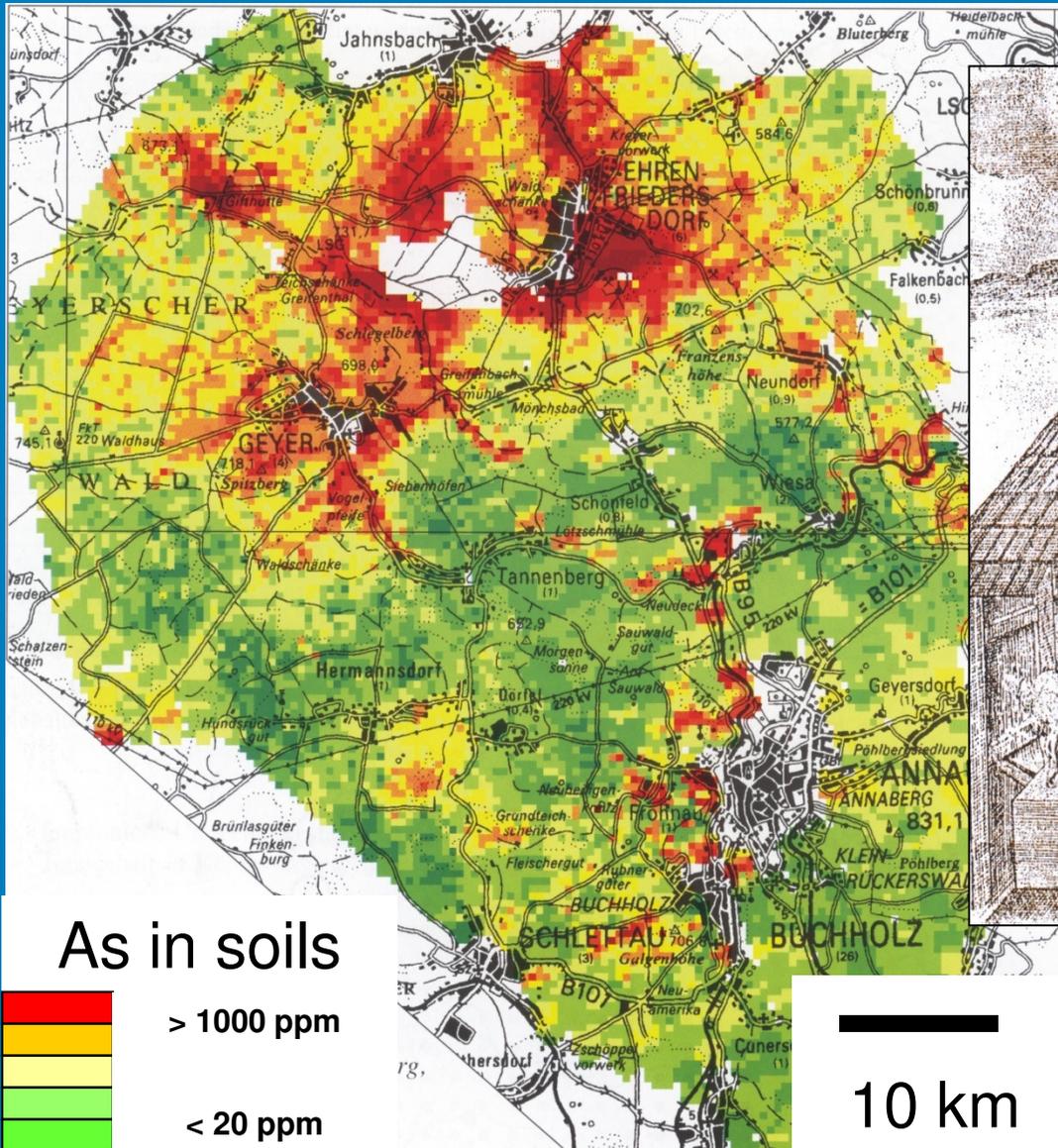
IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

Мотивация

Где находятся повышенные содержания?



As in soils



> 1000 ppm

< 20 ppm

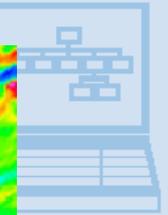
10 km

advangeo®
Prediction Software

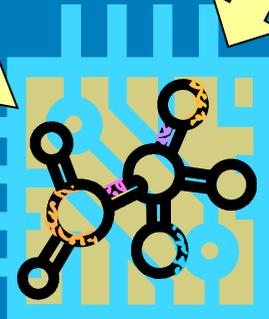
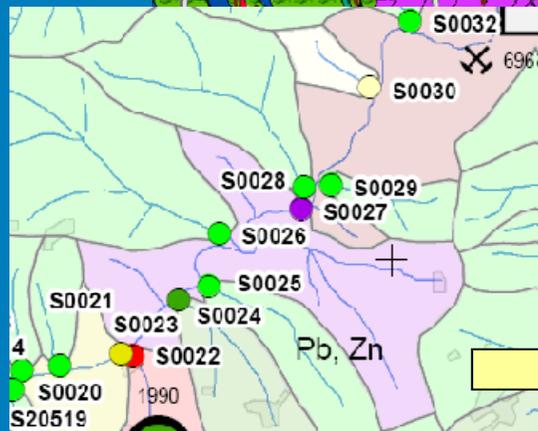
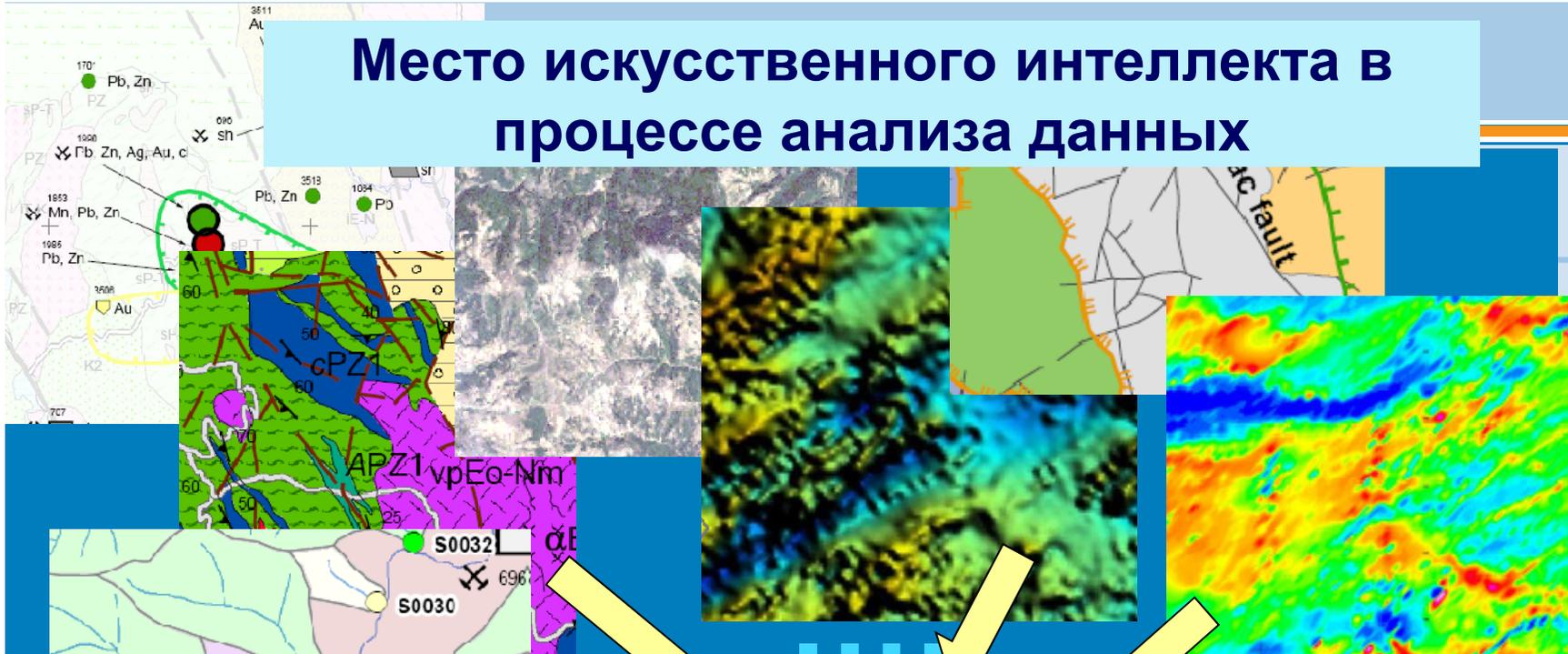
beak
CONSULTANTS

Традиционный научный подход

9



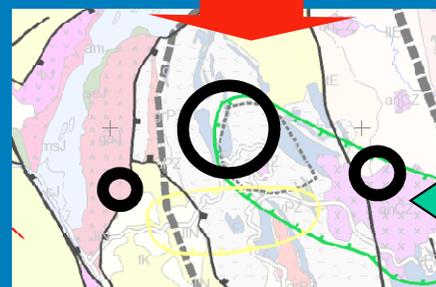
Место искусственного интеллекта в процессе анализа данных



Pre-Processing

Искусственные нейронные сети «заменяют» эмпирический анализ данных специалиста

Это верно ?
Может это быть ?



INNO-WATT
072061
rangeo®
software

Peak CONSULTANTS

Подходы к моделированию

Аналитический подход: математическое моделирование

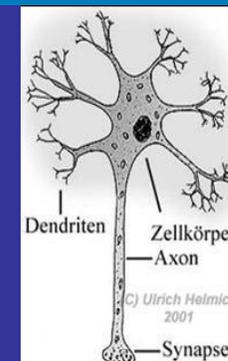
$$E = f(a, b, c, d, g, \dots)$$

- Понимание связей
- Полевые исследования, калибровка модели
- стоимость + затрата времени: высокие
- Необходимы многие, в действительности часто не наличные данные

Статистический подход: напр. регрессия, дискриминантный анализ, ...

Искусственные нейрональные сети

анализ комплексных, нелинейных связей возможен



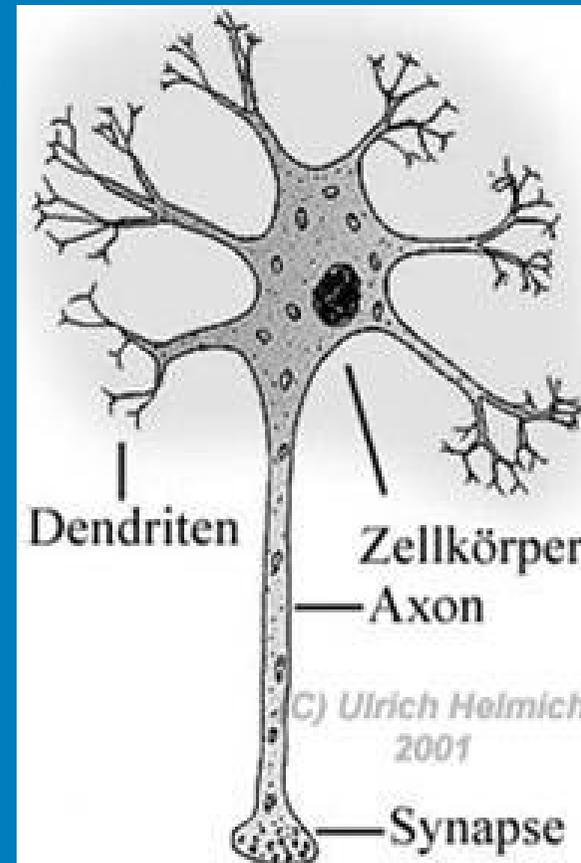
IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

Прообраз - природа

- функциональность: берет пример с биологических нервных систем
- Состоит из нервных клеток (нейронов)
- Симуляция биохимических процессов с помощью подходящих вычислительных операций



IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

→ Искусственные нейроны служат «процессорами»

→ связи между нейронами

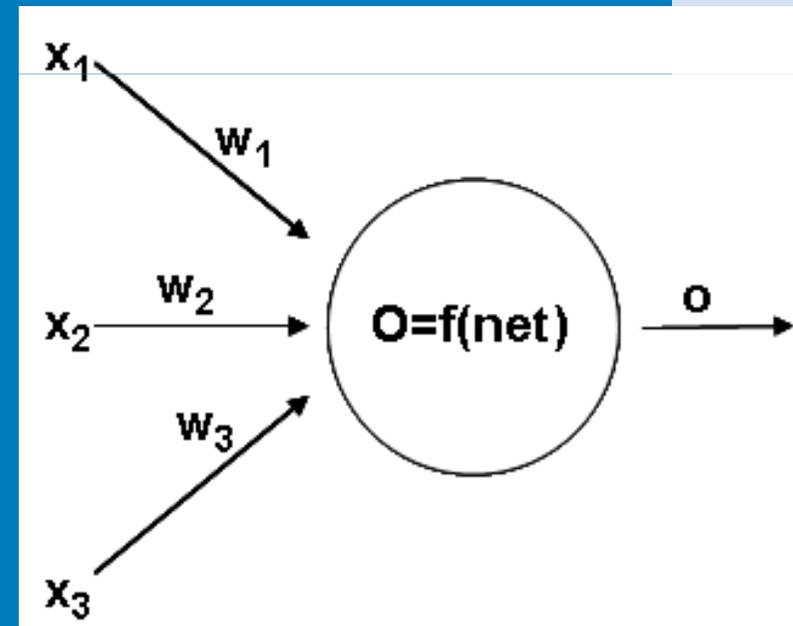
→ Увеличивают или ослабляют уровень входной информации

→ Они направлены

→ Они тренируются

→ Входной сигнал

→ Превращается вычислениями в единственный входной сигнал



MLP: важные параметры

Использованная сетевая парадигма

MLP → Multi Layer Perceptron

(многослойный перцептрон)

- послойная организация нейронов
- связь между нейронами: направленные веса w_{xj} , они тренируются

Сетевая топология

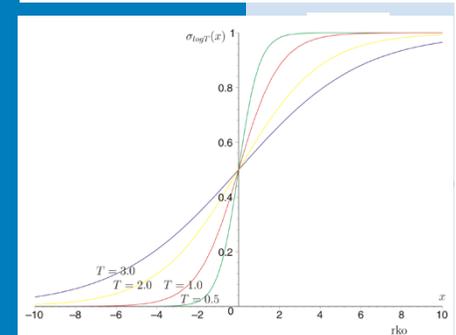
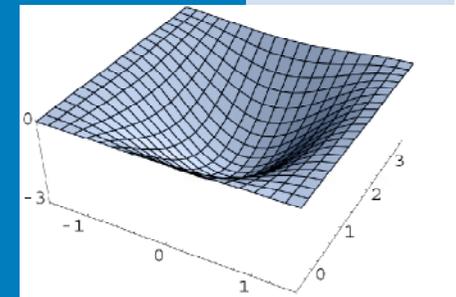
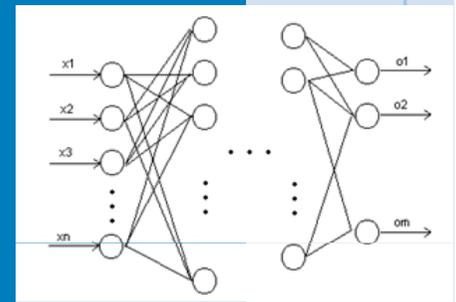
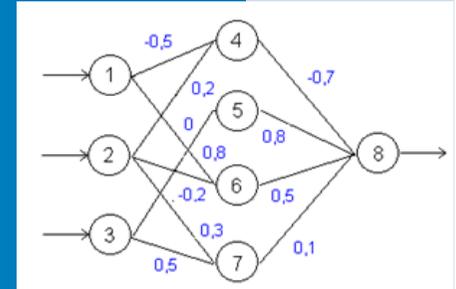
- направление + степень связей
- число замаскированных слоев + нейроны

Алгоритм обучения

- Backpropagation-алгоритм и производные

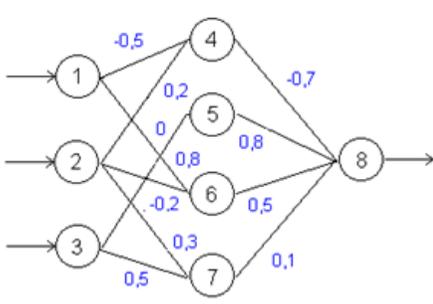
Функция активирования

- дифференцируема, часто сигмоидная функция



Как учит сеть?

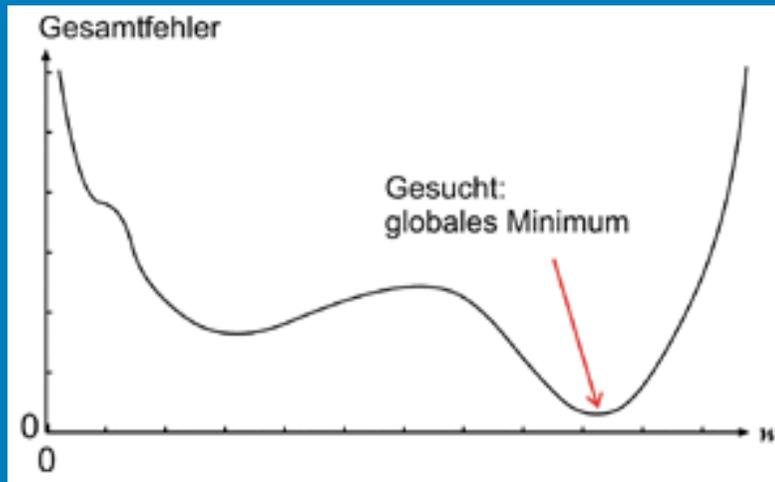
Повторный ввод тренировочных данных



Модификация весов

Цель :

Минимизация отклонения между ожидаемыми и реальными выводными данными сети



IW072061

advangeo®
Prediction Software

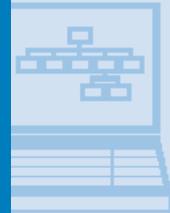
beak
CONSULTANTS

Преимущества

- обучаемость
- способность к обобщению
- работа с имеющимися данными
- допускает количественные и качественные анализы

Недостатки

- местами трудная параметризация
- в зависимости от данных длинное время обучения
- Black-Box



IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

Программа:



- Простой доступ к методам искусственного интеллекта для пространственного прогноза
- Документация рабочих шагов
- Запись и обслуживание метаданных для геоданных
- Инструменты для подготовки данных, заключительной обработки данных и картографических представлений
- Интеграция в стандартную ГИС программу



IW072061



advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

Рабочие шаги

- 1. Формулировка задания
- 2. Разграничение модельной территории
- 3. Составление данных (сбор данных)
- 4. Обработка данных (технически, геонаучно)
- 5. Создание и подсчет модельных сценарий
- 6. Представление прогнозных результатов



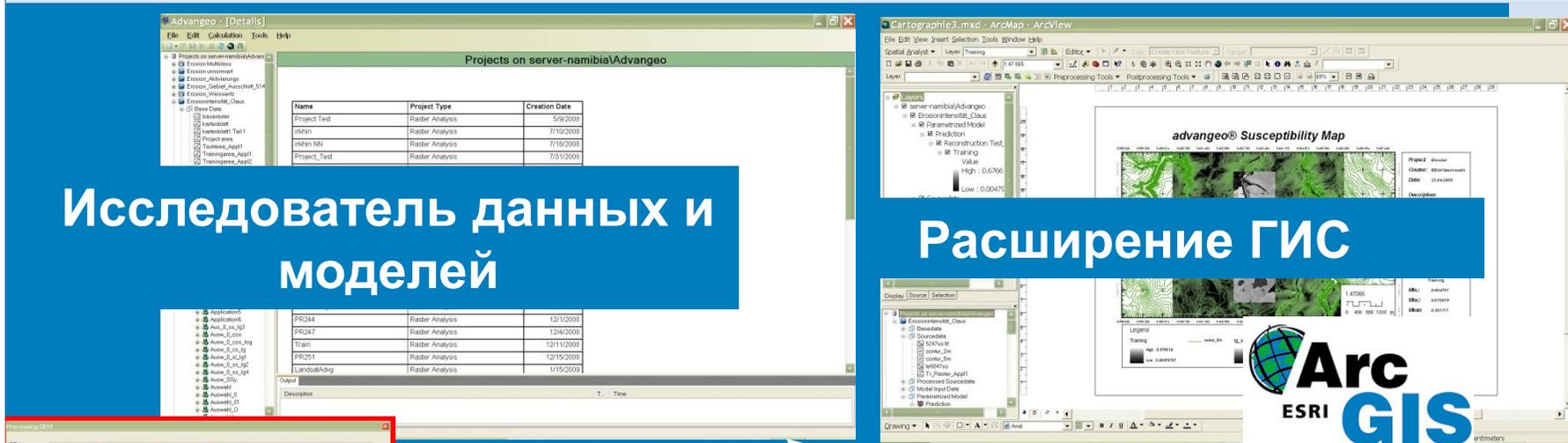
IW072061

advangeo®
Prediction Software

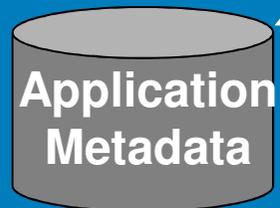
beak
CONSULTANTS

Исследователь данных и моделей

Расширение ГИС



+



INNO-WATT
IW072061
advangeo®
Prediction Software
beak
CONSULTANTS

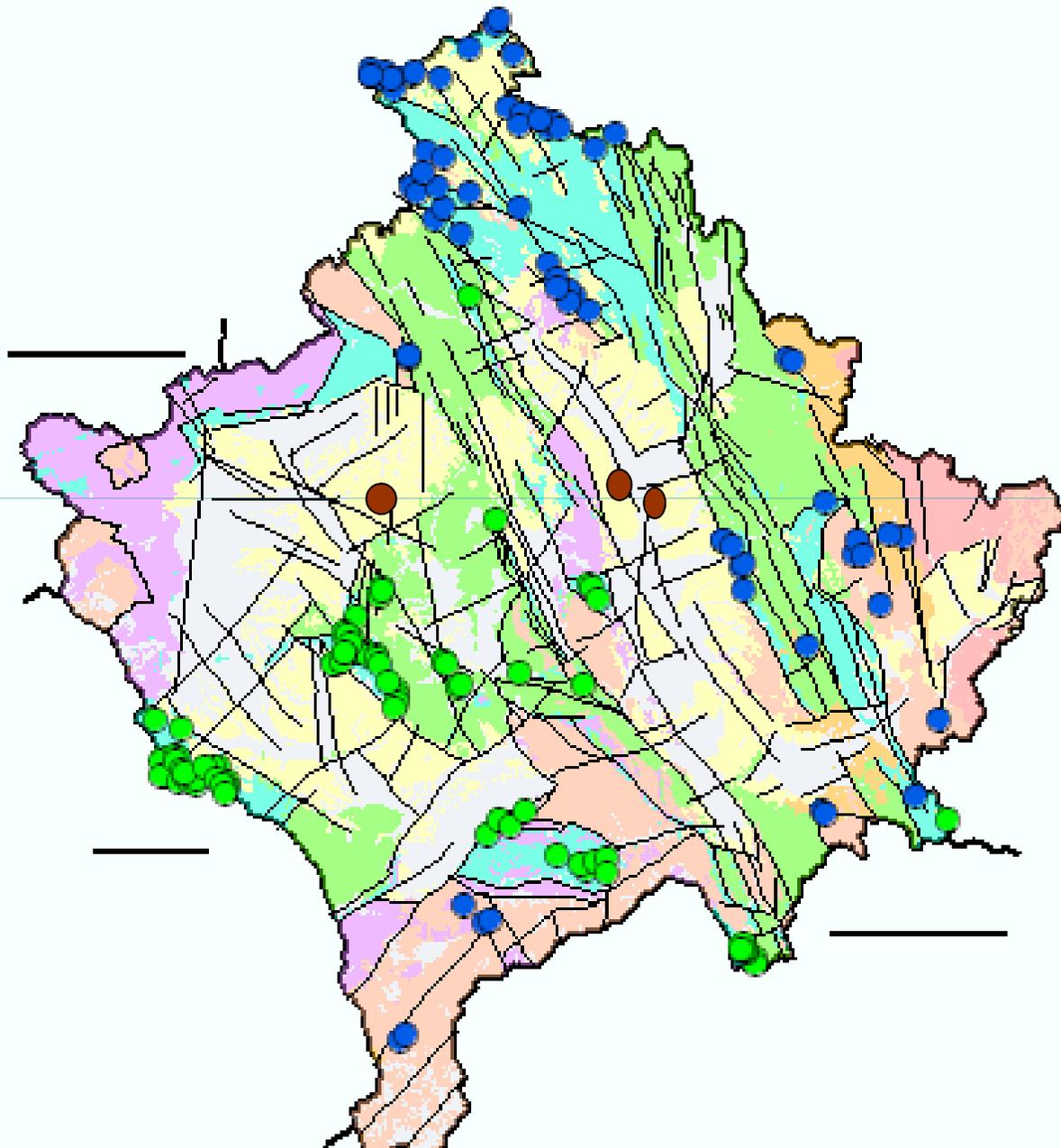
Разведка минерального сырья, направленная при помощи нейронных сетей

20



2006 11 26

Геология & полезные ископаемые Косово



- base metals, silver
- chromite
- lignite



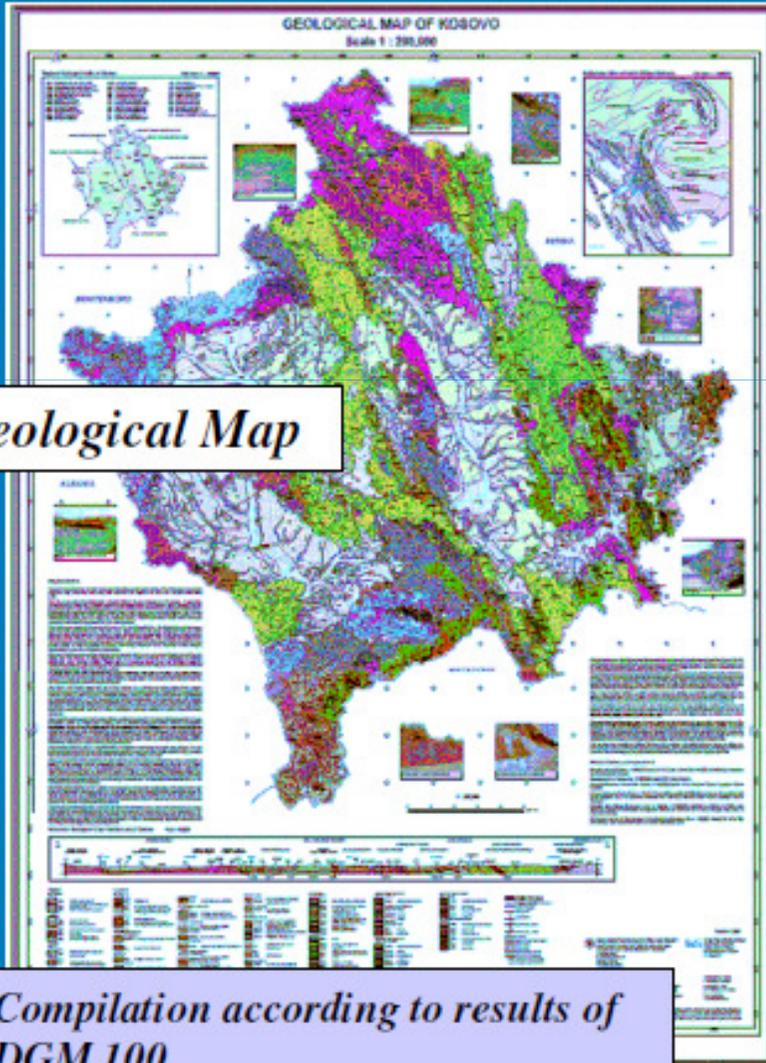
IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

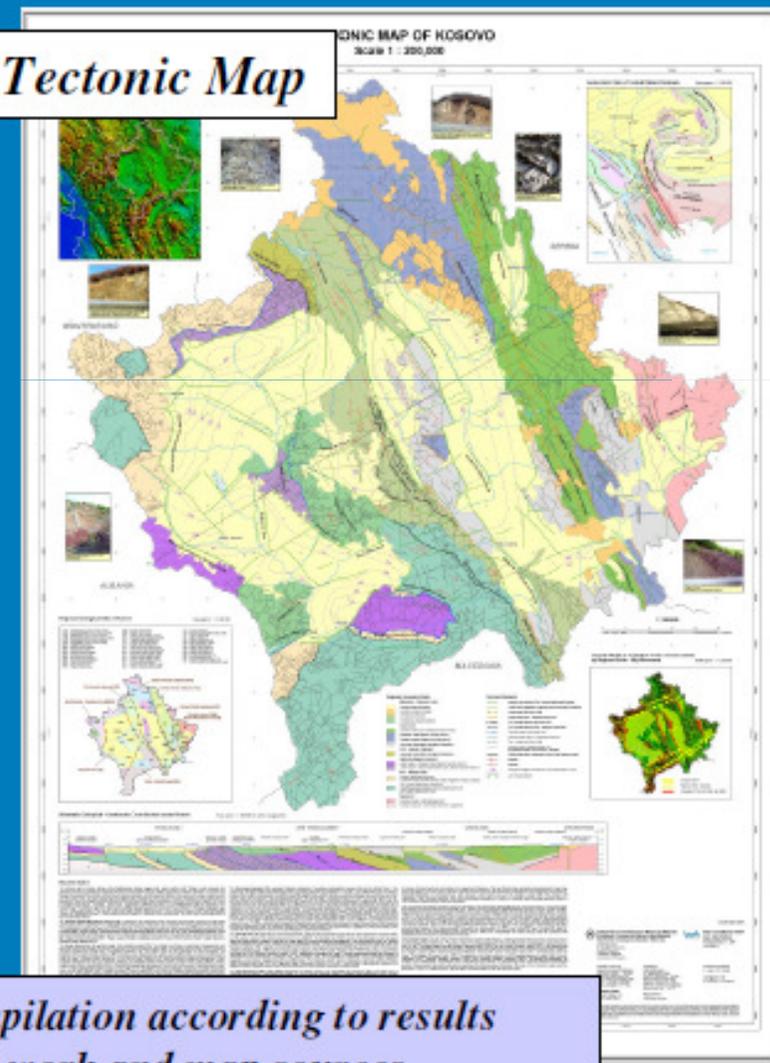


Geoscientific Map Set of Kosovo



Geological Map

Compilation according to results of DGM 100

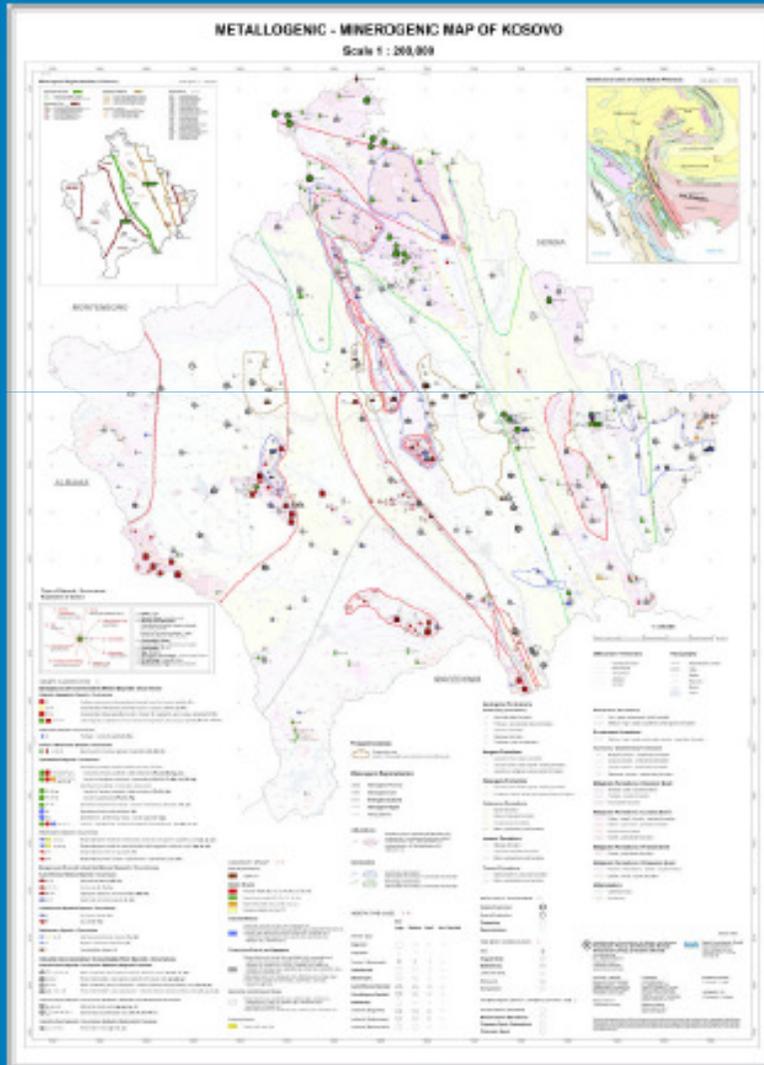


Tectonic Map

Compilation according to results field work and map sources



Geoscientific Map Set of Kosovo



Endogenous (Ore and Industrial) Mineral Deposits / Occurrences

Magnetite (Segregation Deposits / Occurrences)

- Fe Postform massive and disseminated chrd.
- Fe, Ni Disseminated PGM-bearing chromite (m)
- Fe, Ni Disseminated ferromagnetite bound to
- Ni, Cu, Fe Late-magmatic sulphide bound to Triassic rth magmatism and Jurassic ophiolite (Ni, Cu, Co, Fe)

Pegmatite Deposits / Occurrences

- Pegmatite - muscovite pegmatite (K)

Cinnabar - Melassembler Deposits / Occurrences

- Cu, Zn, Fe Skarn bound to Cenozoic granitic magmatism (Cu, Zn, Fe)

Hydrothermal Deposits / Occurrences

Hydrothermal rupture related sulphide veins and veins

- Pb, Zn, Mn, Ag, Au Bound to Cenozoic andesite - latite volcanism (Pb, Zn, Mn, Ag, Au)
- Pb, Zn, Cu, Sn, Ag, Bi, Ni Bound to Mesozoic reactivation (epurization) (Pb, Zn, Cu, Mn, Ag, Bi, Ni)

Hydrothermal sulphide in carbonate replacement

- Pb, Zn, Ag Bound to Cenozoic andesite - latite volcanism (Pb, Zn, Ag)
- Pb, Zn, Ag Bound to paleozoic (Pb, Zn, Ag)

Hydrothermal replacement strata - bound to Cretaceous carbonate (Pb, Zn)

- Pb, Zn Hydrothermal veins with talcoidite (Ni)
- Ni Hydrothermal - sedimentary strata - bound magmatic (Ag)
- Ni, Cu, Fe Volcanic - hydrothermal - sedimentary deposit with manganese, talc (Ni, Cu, Fe)

Metamorphic Deposits / Occurrences

- Fe, Ni, Cr Metamorphogens related to metamorphic processes with garnet, graphite, quartz (Fe, Ni, Cr)
- Ni, Cu, Fe Metamorphogens related to sericitization with magnetite, adobeite, coal (Fe, Ni, Cu, Fe)
- Fe Metamorphosed with iron quartzite (Fe)
- Fe Metamorphosed with volcanic - hydrothermal - sedimentary pyrite (Fe)

Exogenous (Ore and Industrial) Mineral Deposits / Occurrences

Autochthonous Residual Deposits / Occurrences

- Ni, Cr Hydrothermal laterite (Ni, Cr)
- Ni, Cr, Fe Laterite (Ni, Cr, Fe)
- Ni, Fe Supergene alteration and concentration (Ni, Fe)
- Ni, Fe Kallit and bentonite deposits (Ni, Fe)

Allochthonous Residual Deposits / Occurrences

- Al, Fe Aluminum laterite (Al, Fe)
- Fe Iron laterite (Fe)

Sedimentary Deposits / Occurrences

- Al, Si Mechanical sediments (placers) (Al, Si)
- Al Diagenetic sediments (siderite) (Al)
- Si Carbonaceous (siderite) (Si)

Industrial (Unconsolidated / Consolidated) Rock

Industrial Rock Deposits / Occurrences Related to Magnetite

- Fe, Ni, Cu, Zn Mafic (ultramafic) (basic) gneiss (Fe, Ni, Cu, Zn)
- Fe, Ni, Cu, Zn Felsic (felsic) mafic - acid (igneous) (Fe, Ni, Cu, Zn)
- Fe, Ni, Cu, Zn Mafic (ultramafic) (basic) subvolcanic (Fe, Ni, Cu, Zn)
- Fe, Ni, Cu, Zn Felsic (felsic) mafic - acid subvolcanic (Fe, Ni, Cu, Zn)

Industrial Rock Deposits / Occurrences Related to Sediment

- Fe, Ni, Cu, Zn Sediments (base rock) (Fe, Ni, Cu, Zn)
- Fe, Ni, Cu, Zn Sedimentarily (consolidated) rocks (Fe, Ni, Cu, Zn)

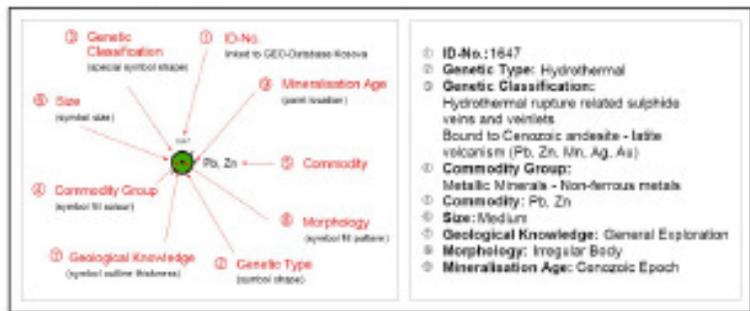
Industrial Rock Deposits / Occurrences Related to Metabase

- Fe, Ni, Cu, Zn Metamorphic rocks (Fe, Ni, Cu, Zn)

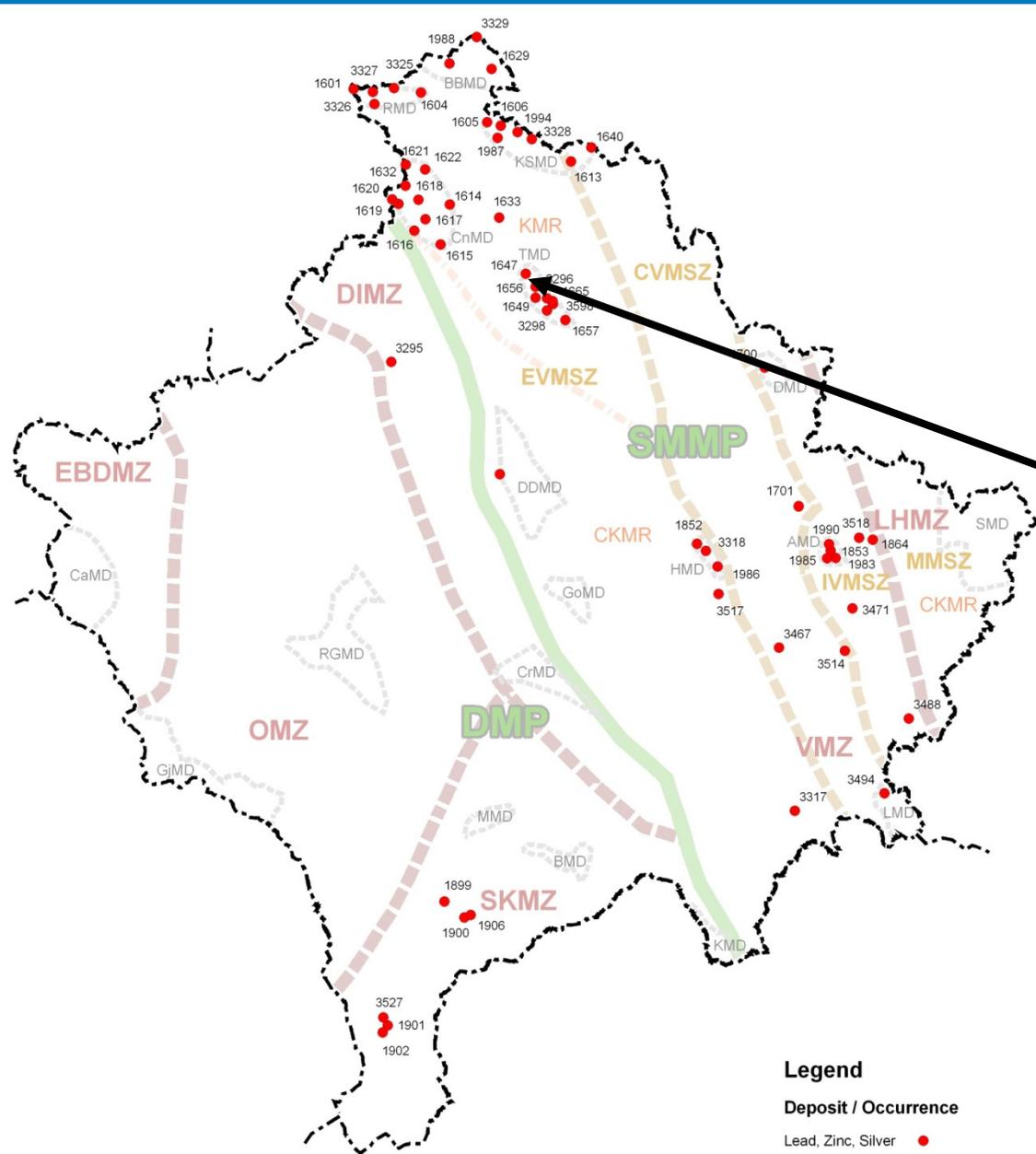
Metallogenic-Minerogetic Map



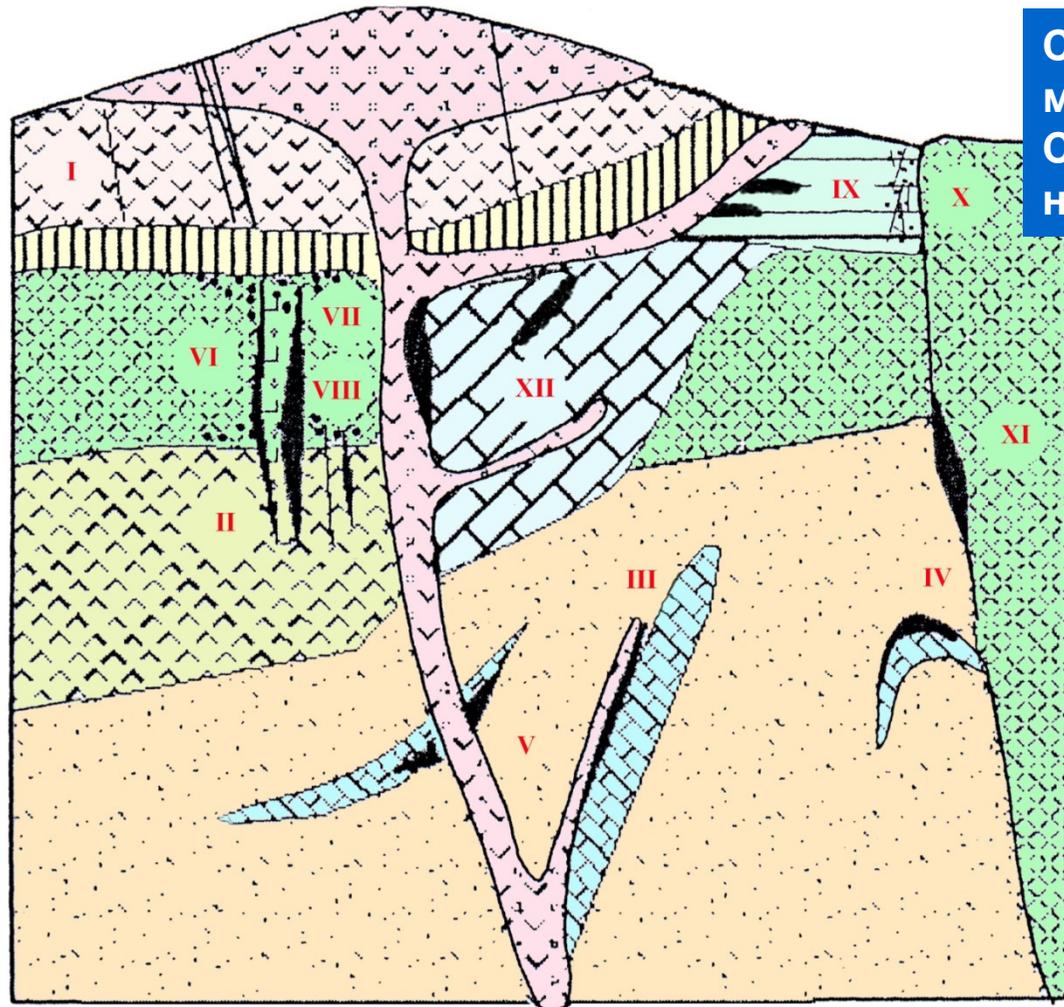
Type of Deposit / Occurrence Explanation of Symbol



Прогноз месторождений Pb/Zn



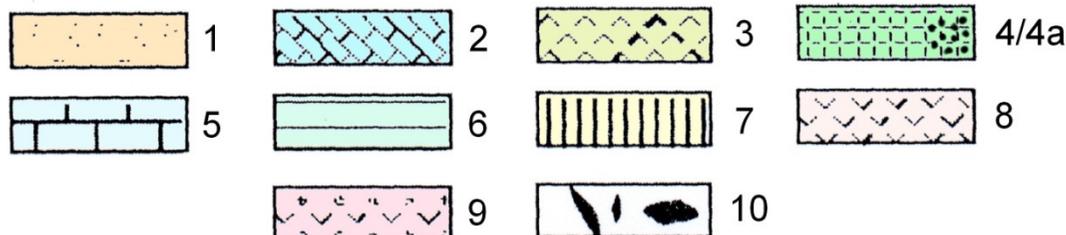
Наличные знания: модель месторождений



Структурная контроль известных месторождений Pb/Zn: звязаны к СЗ-ЮВ простирающим нарушениям и вулканитам

1 – Palaeozoic and Triassic Crystalline Schists, 2 – Upper Palaeozoic Marbles, 3 – Amphibolite and Amphibole schist, 4 – Serpentinite and 4a - Listvenite, 5 – Upper Cretaceous Limestones, 6 – Upper Cretaceous Carbonatic Flysch, 7 – Miocene “Red Series”: Conglomerates, Sandstones, Slates and Marlstones, 8 – Andesitic Lavas and Pyroclastic Rocks, 9 – Subvolcanic and Volcanic Quartz Latite and Trachyte incl. Pipe Breccias, 10 – Pb-Zn Ore Bodies

I – Belo Bërdë / Belo Brdo, II – Crnac / Crnac, III – Staritërg / Stari Trg, IV – Hajvali / Ajvalija, V – Novo Bërdë / Nove Brdo, VI – Koporiç / Koporiç, VII – Shuta Prlina / Žuta Prlina, VIII – Jelakse / Jelakce, IX – Shatoriza / Šatorica, X – Kishnicë / Kišhnica, XI – Badovc / Badovac, XII – Crepulja / Crepulja

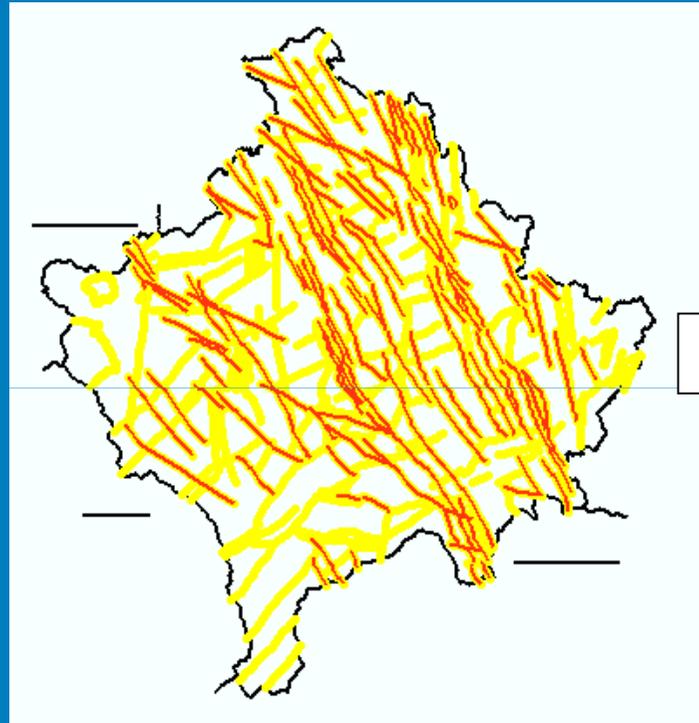


072061

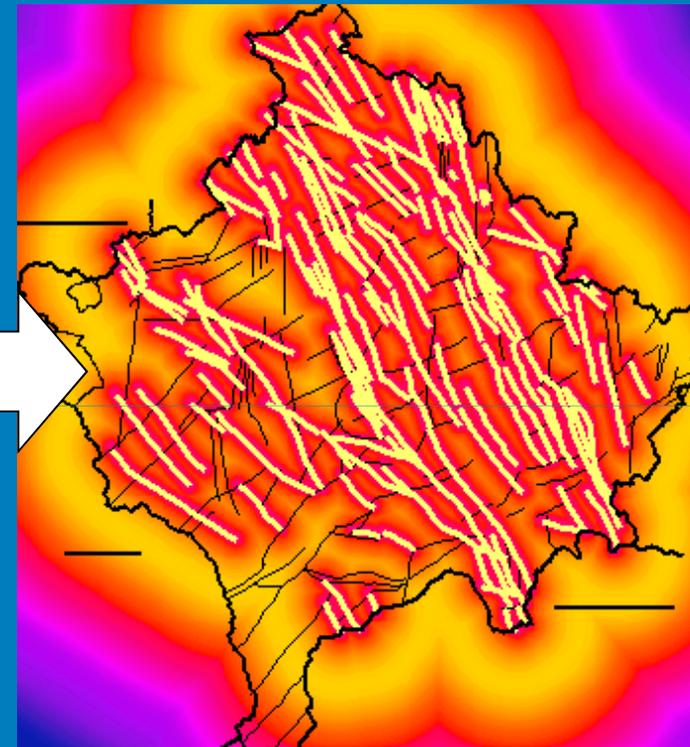
vangeo®

Software

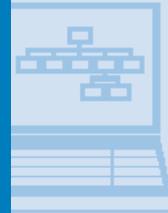
beak
CONSULTANTS



Выбор нарушений, которые контролируют руды



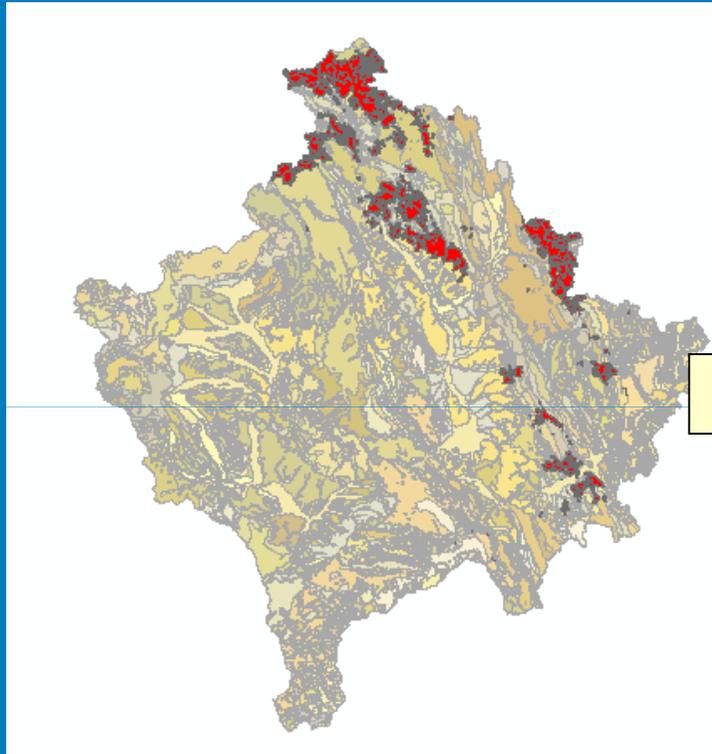
Каждой ячейке присваивается значение: расстояние к ближайшей из выбранных нарушений



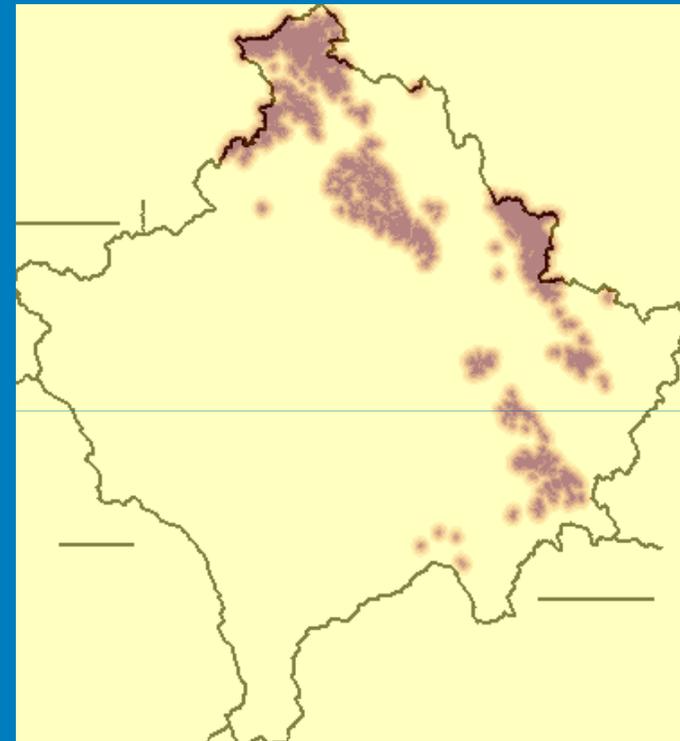
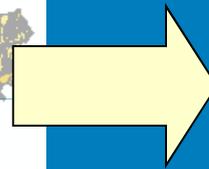
IW072061

advangeo®
Prediction Software

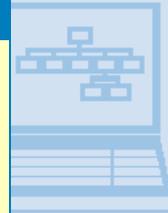
beak
CONSULTANTS



Выбор вулканитов, которые контролируют руды



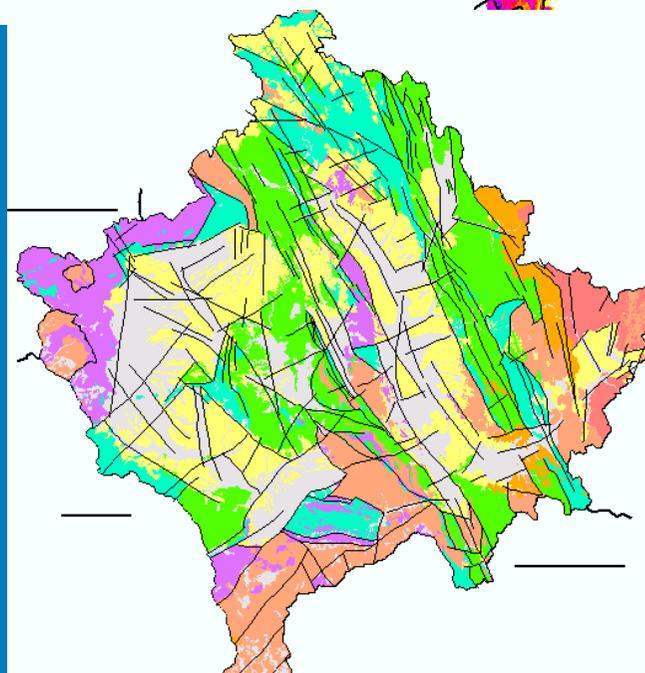
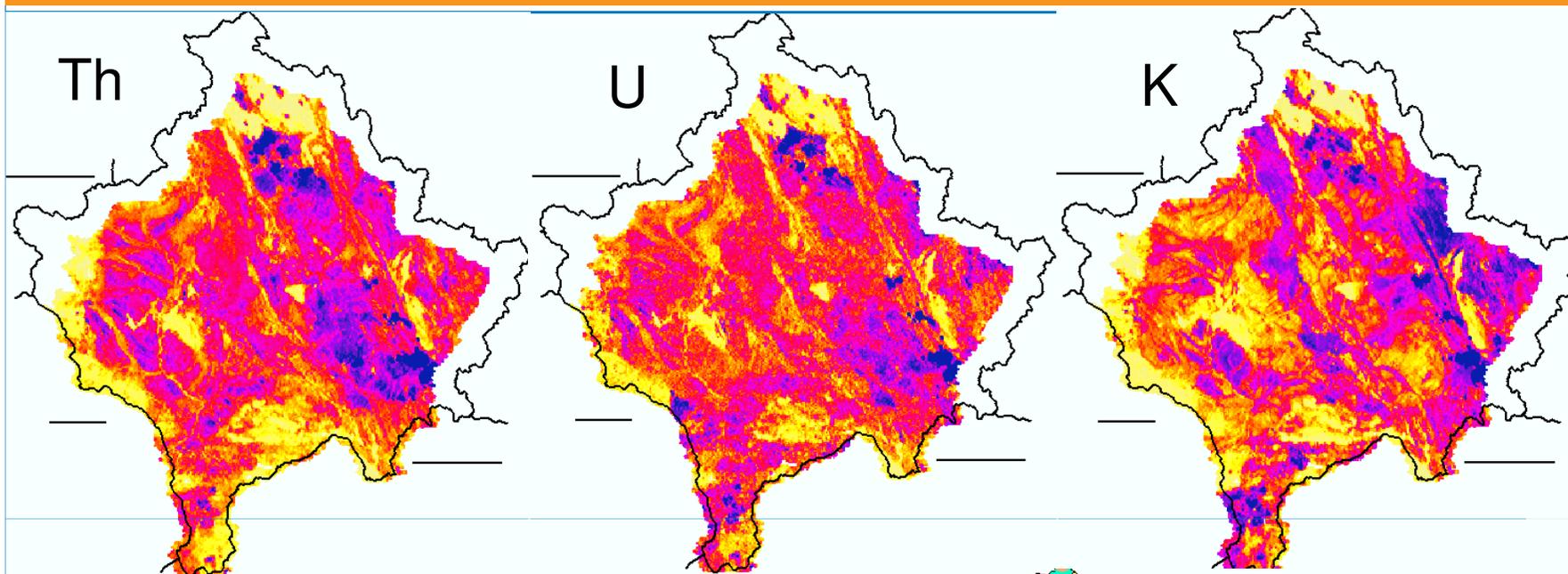
Каждой ячейке присваивается значение: расстояние к ближайшей из выбранных вулканитов



IW072061

advangeo®
Prediction Software

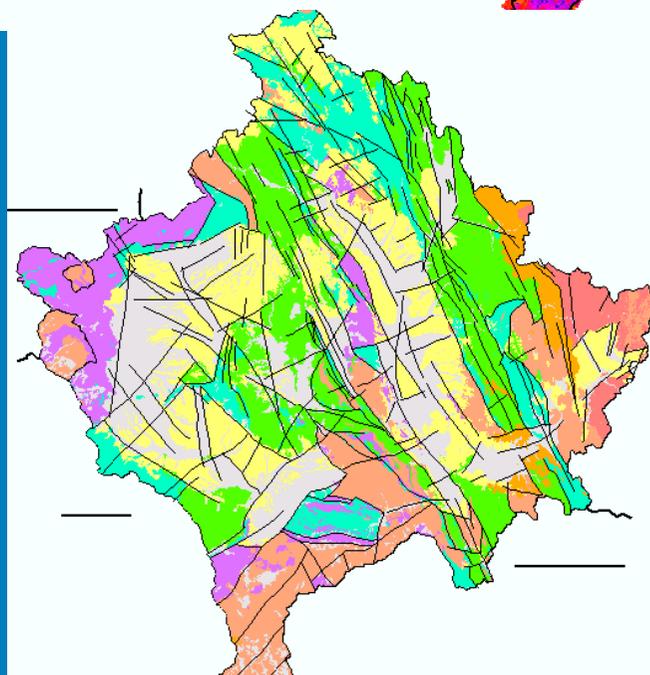
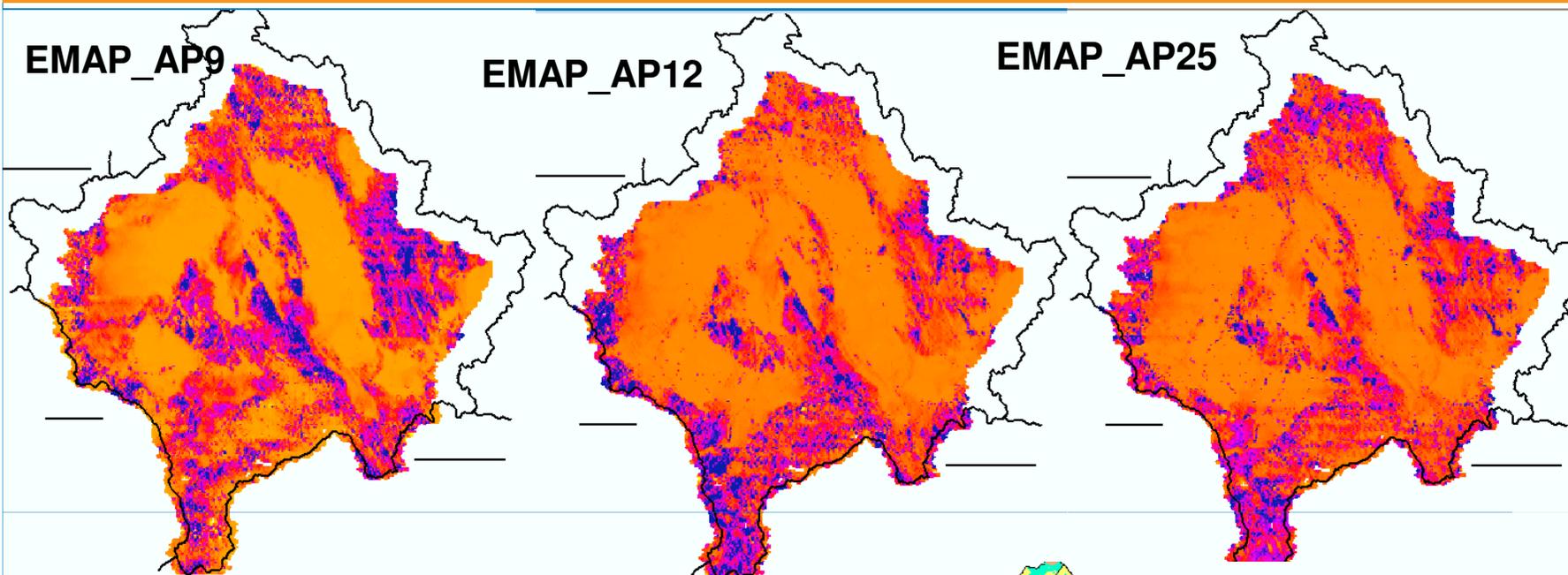
beak
CONSULTANTS



IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

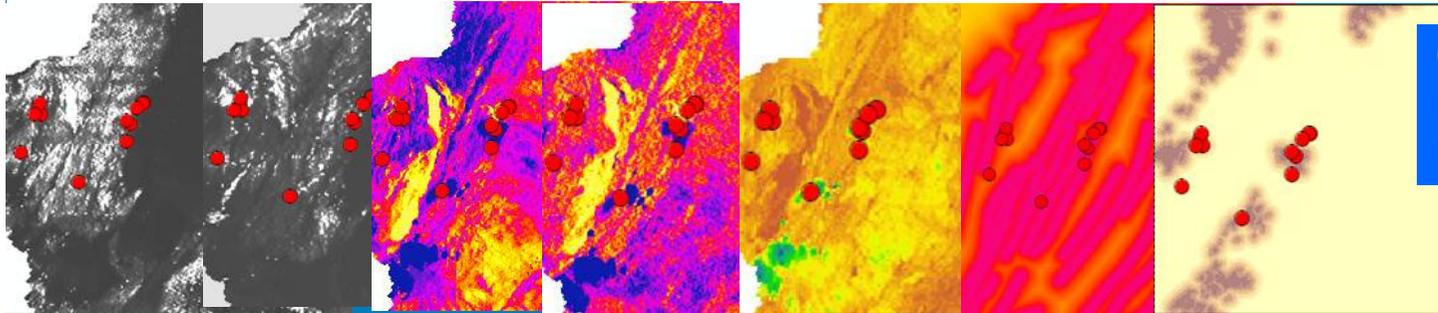


IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

Поток данных: прогноз месторождений Pb/Zn

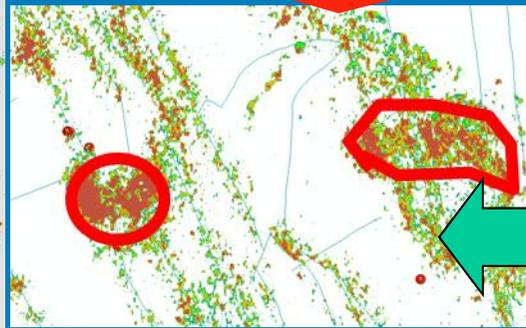
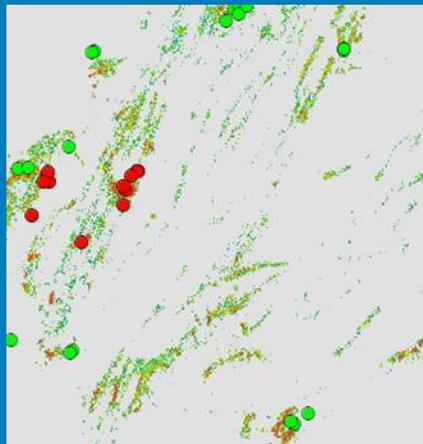
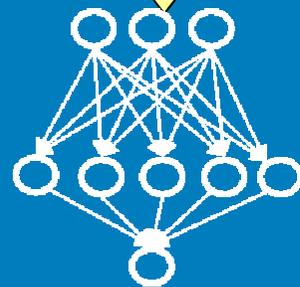


Обучение с известными данными, напр. месторождениями



Прогноз месторождений в Косово

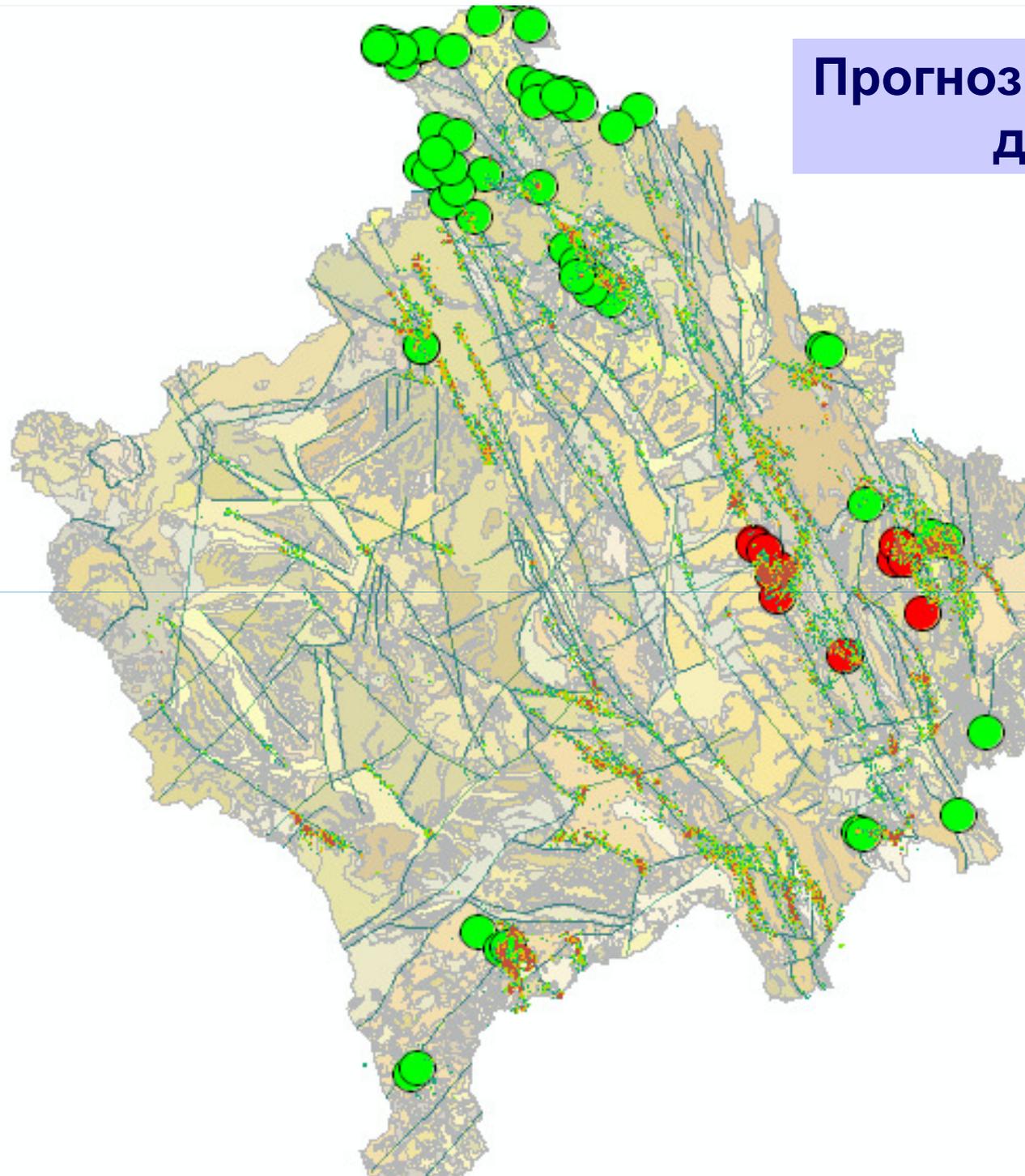
Источник:
Independent Commission for
Mines and Minerals,
Prishtina, Kosovo



IW072061
advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

Прогнозные результаты для Pb, Zn



- Zn_Pb_trainings points
 - Zn_Pb_all_known_deposits
 - Pb_Zn_prediction
 - K_U_TH_tect_Volc_mag_2emag_g08102_1312
<VALUE>
- | |
|-----------|
| 0 - 0.5 |
| 0.5 - 0.6 |
| 0.6 - 0.7 |
| 0.7 - 0.8 |
| 0.8 - 1 |

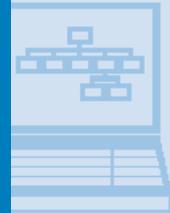


IW072061

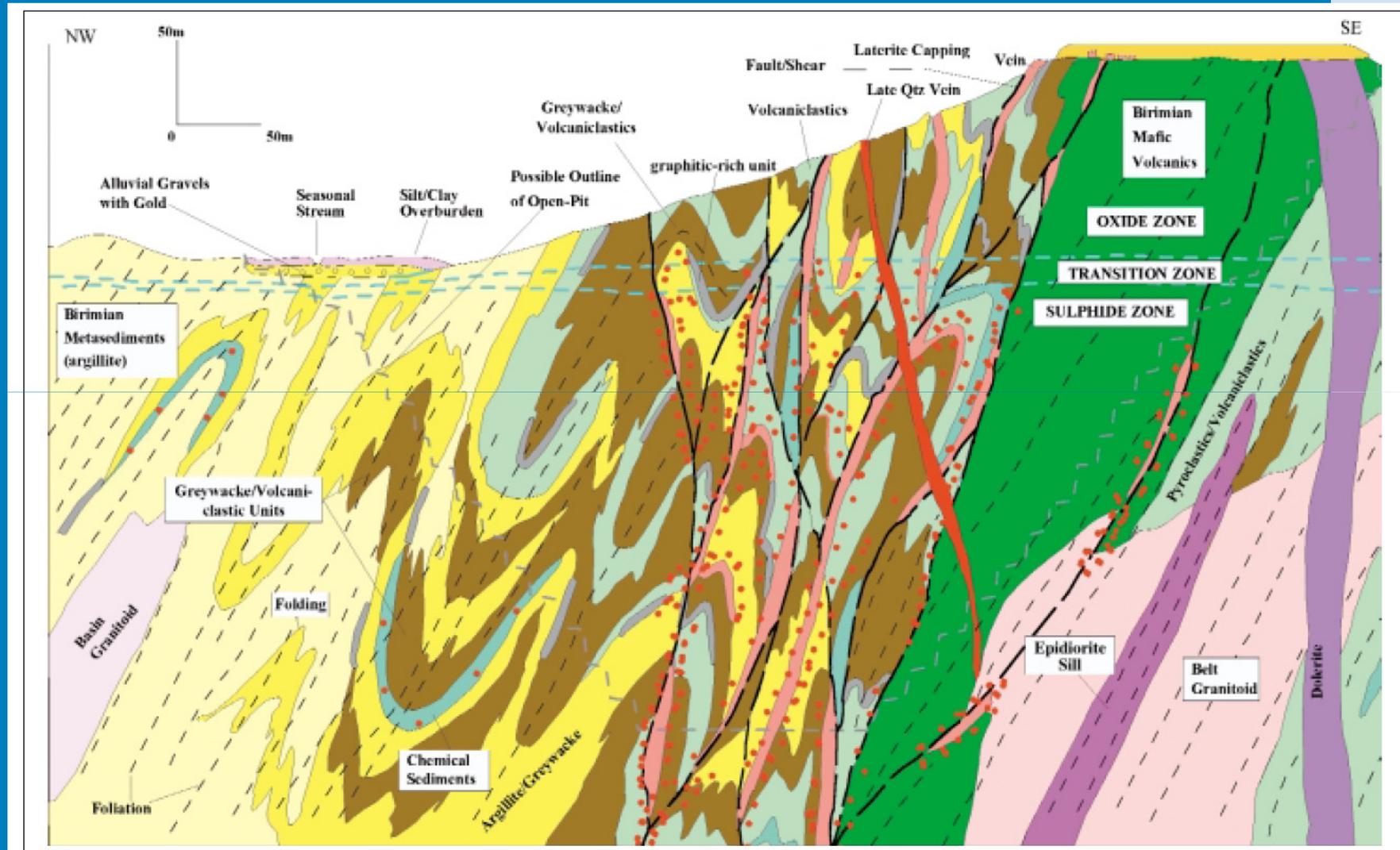
advangeo®
Prediction Softwarebeak
CONSULTANTS

Пример из Гана

1. Задний план проекта
2. Гана богата минеральными ресурсами
3. Geodatabase Ghana
4. Прогнозные карты на золото на СЗ Ганы
5. Результаты



Мы следим за металлогенетической моделью месторождений

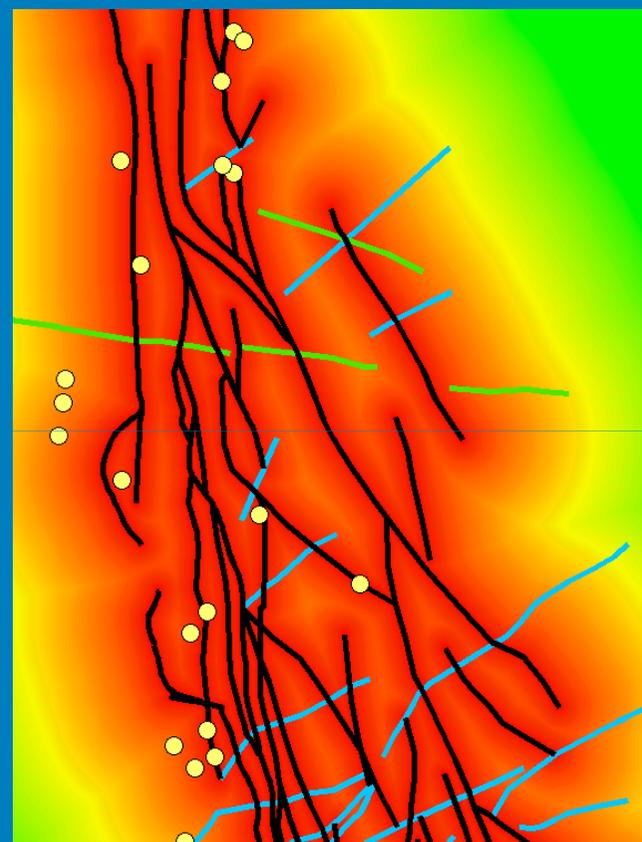
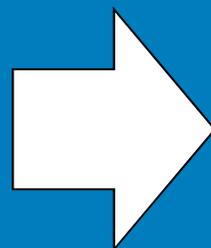


Source: Gold deposits of Ghana, Minerals Commission, Ghana, ROBERT J. GRIFFIS, KWASI BARNING, FRANCIS L. AGEZO, FRED K. AKOSAH, 2002



2061

ngeo®



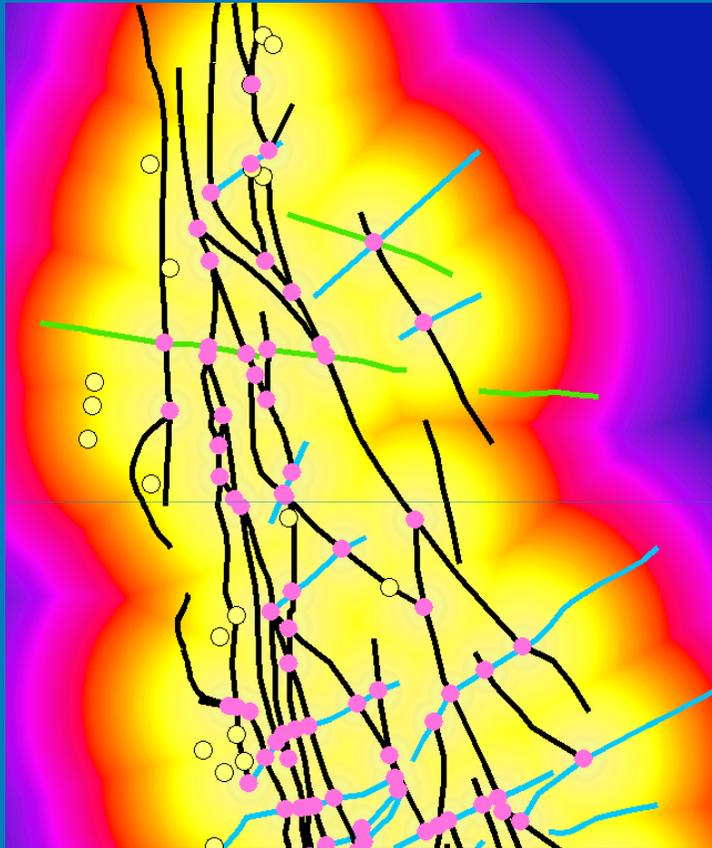
Подсчет дистанционного слоя; расстояние каждой точки от структуры



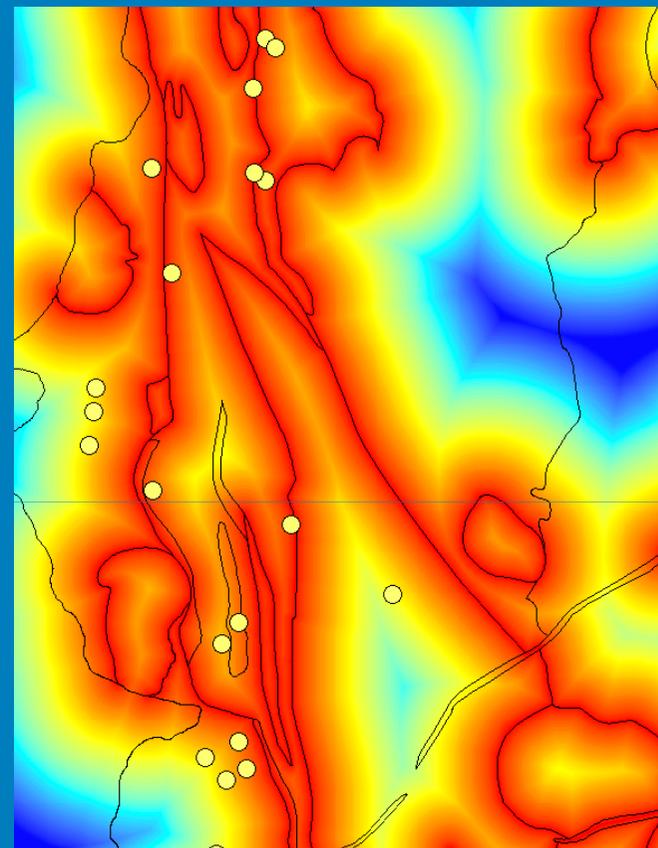
IW072061

advangeo®
Prediction Software

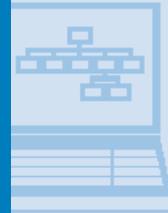
beak
CONSULTANTS



Пересечения
тектонических
структур



Важные контакты
горных пород



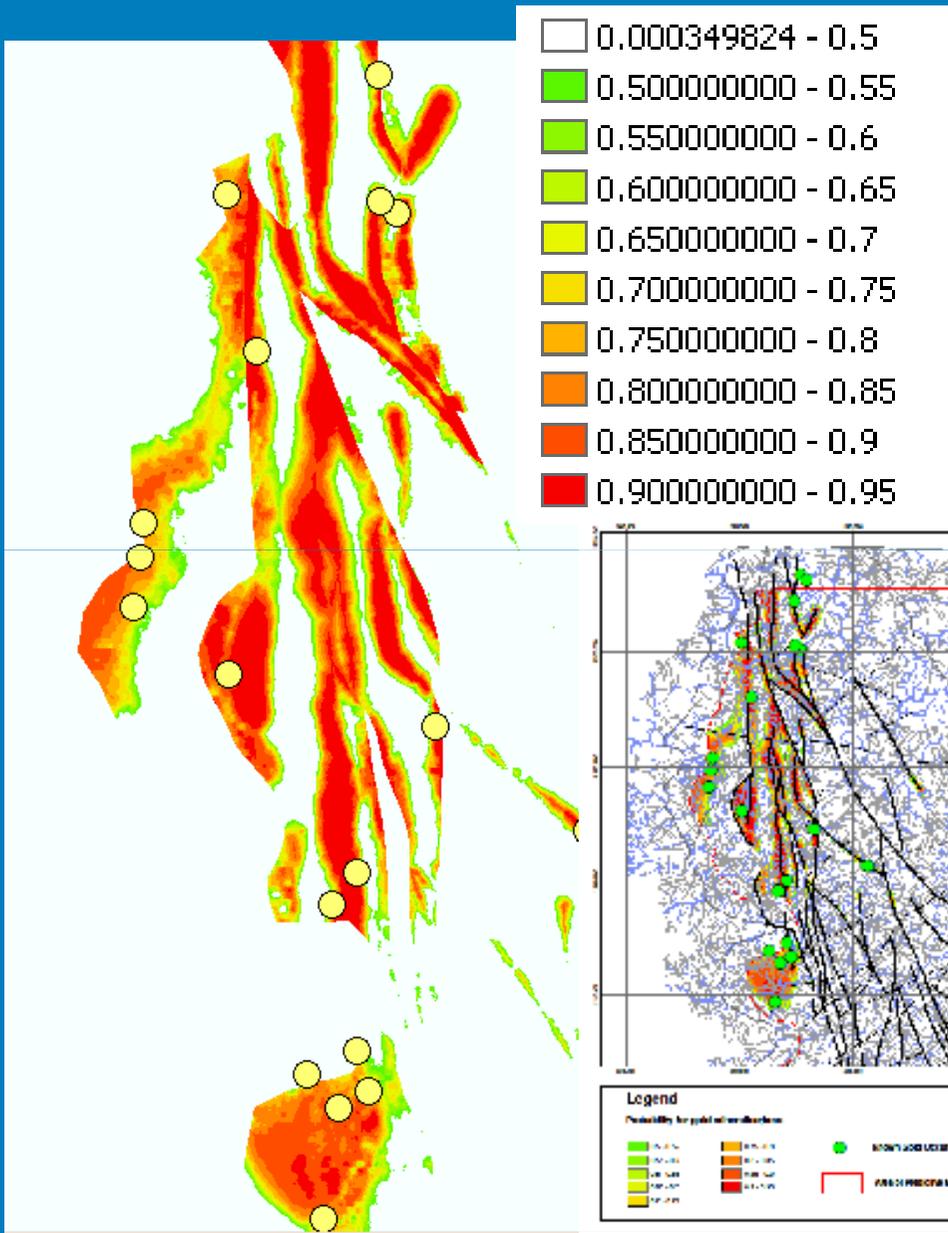
IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

Модель

U, Th, K, total,
магнитка,
структуры, породы,
пересечения,
контакты пород



Gold mineralization prospectivity of NW Ghana

beak

INNO-WATT

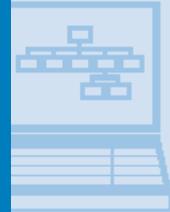
IW072061

advangeo
Prediction Software

beak
CONSULTANTS

Further Case Studies

- **Soil Creeping, Formation of Erosion Gullies: Freital / Germany (2009)**, надвигка грунта, образование оврагов
- **Extensive Soil Erosion: Weißeritz Catchment (2008)** эрозия почв
- **Erosion Gullies: Limpopo Area / South Africa (2009)**
- **Coal Fires: China (TUBAF, 2010)** пожары угольных пластов
- **Manganese Nodules Coverage Density: Clarion-Clipperton Zone / Pacific Ocean (BGR, 2010)** плотность покрова марганцовых конкреций
- **Mineral Deposits / Occurrences - Pb/Zn, Au, Cr: Kosovo (ICMM, 2003 – 2009)**
- **Regolith Classification: Burkina Faso (Vaclav Metelka, 2010)**
- **Soil Contaminations in Urban Areas: Germany (LfULG, 2010)**
- **Spread of Forest Pests: Tharandter Wald / Germany (Sachsenforst, 2009)** распространение лесных вредителей (короед)
- **Агрессивность почв против водопроводов – г. Leipzig/ GEOmontan**



IW072061

advangeo®
Prediction Software

beak
CONSULTANTS