

Гальперинские Чтения
Центральная Геофизическая Экспедиция (ЦГЭ)
г. Москва, 11-14 октября 2016 г.

Сравнительный анализ геостатистических методов на площади с большим числом скважин

Волкова М.С., Перепечкин М.В., Ковалевский Е.В.
ООО «ГридПоинт Дайнамикс», г. Москва



A Comparative Analysis of Geostatistical Methods for a Field with a Large Number of Wells

Maria Volkova, Mikhail Perepechkin, Evgeniy Kovalevskiy*



Gridpoint Dynamics JSC,
Moscow, Russia



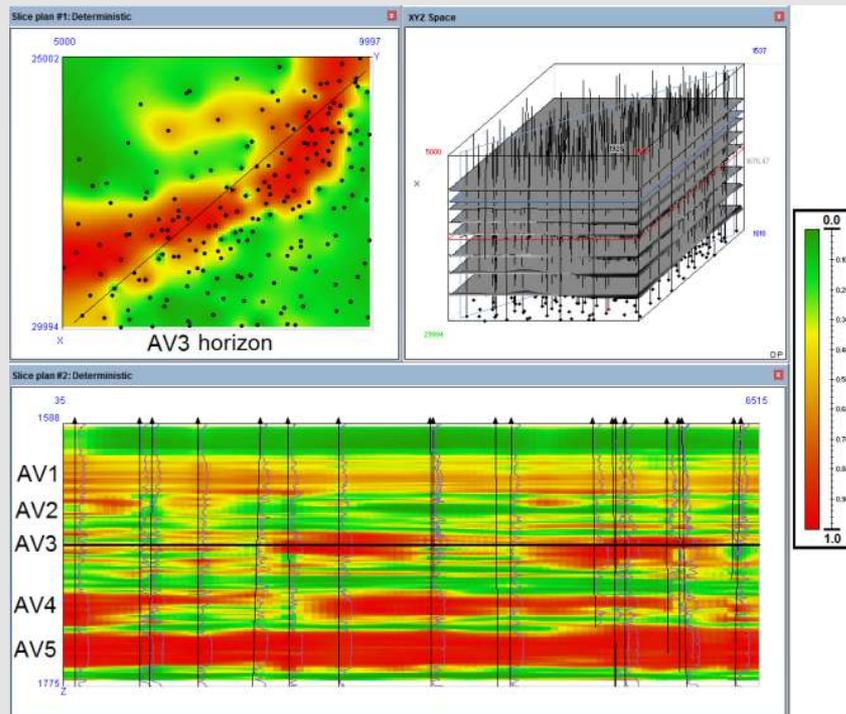
Исследуемая площадь

В качестве пробного участка использовался фрагмент реальной площади, расположенной в Западной Сибири. Выбранный фрагмент включает примерно 200 скважин.

Иллюстрация показывает не только пробный участок, но и геометрический каркас трехмерной геологической модели, построенной для этого участка. Каркас представляет собой стопку стратиграфических поверхностей, рассчитанных посредством интерполяции корреляционных отметок на скважинах. Стратиграфические поверхности показаны в условиях палеореконструкции.

В геометрический каркас вписана стратиграфическая сетка 100x100x170 (170 ячеек по вертикальной координате Z).

→ Пробный участок, включающий около 200 скважин



← Структурный каркас модели (показан в условиях палеореконструкции)

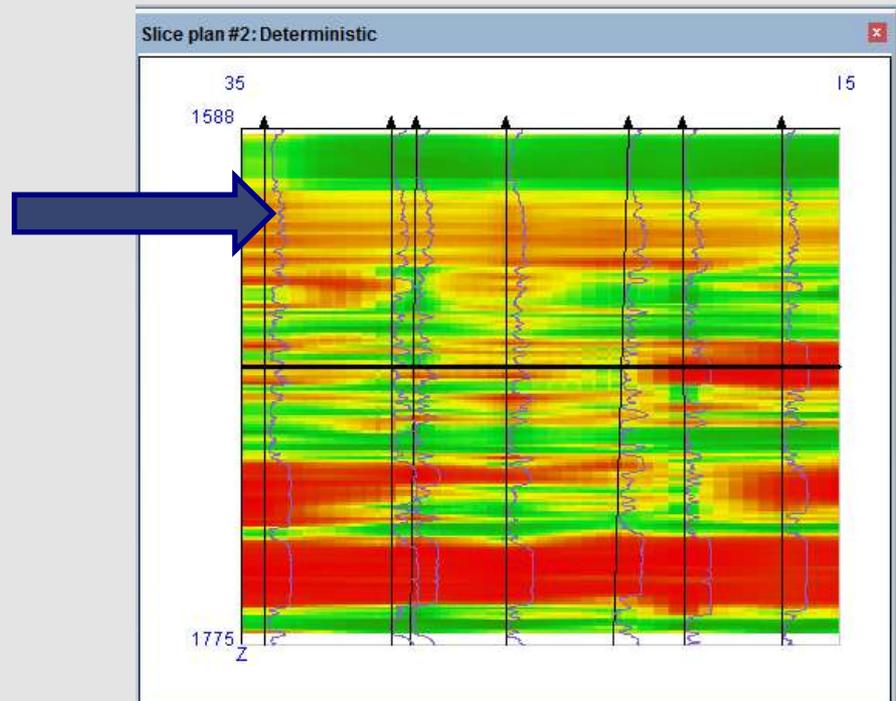
Исходные данные

Исходными данными для интерполяции служат каротажные кривые альфа-SP (ASP). Это нормализованные кривые SP. Значения ASP выбраны потому, что:

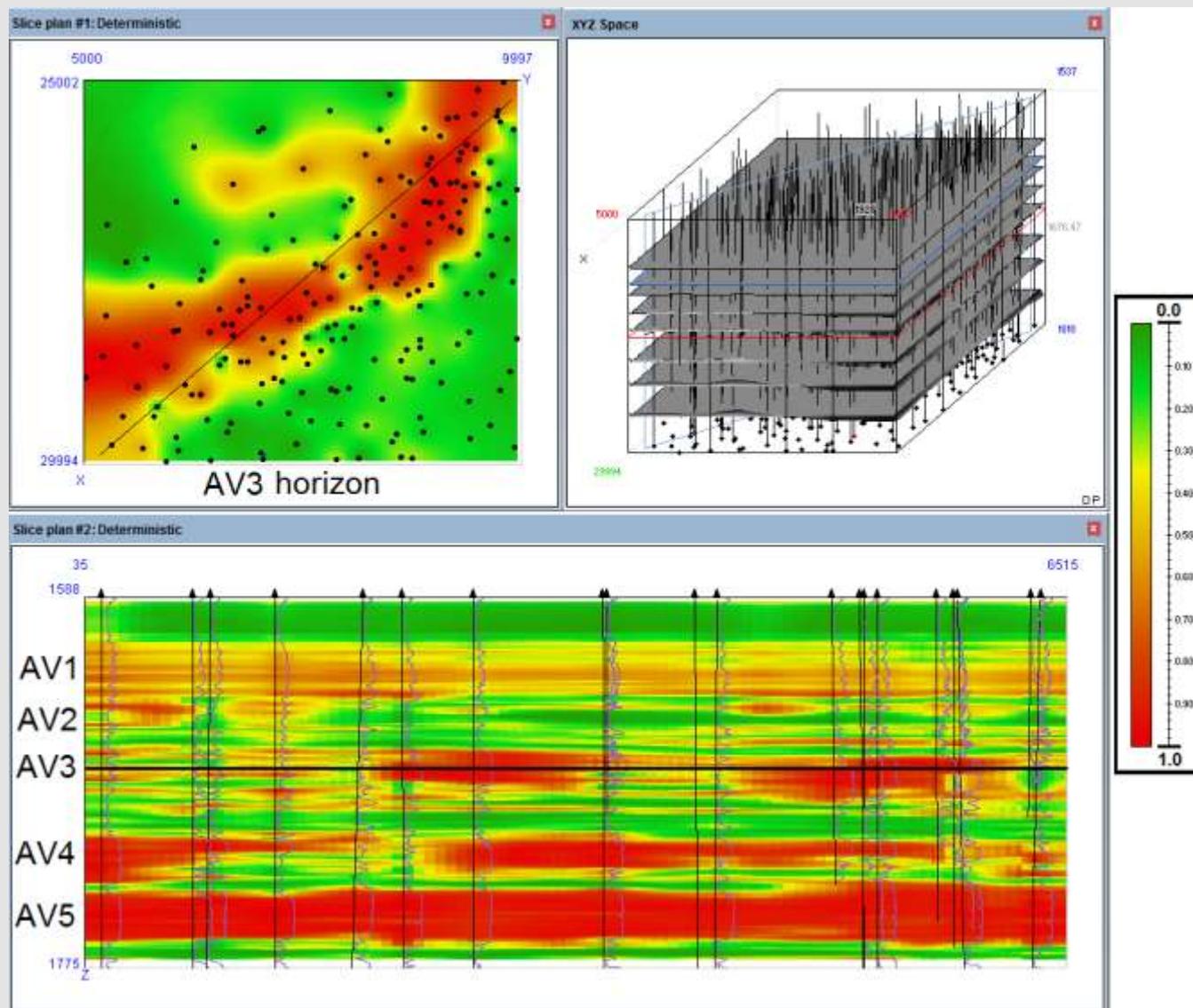
- они тесно связаны со значениями пористости;
- присутствуют на скважинах во всем исследуемом интервале.

Дальше стратиграфическая сетка и исходные скважинные данные меняться не будут. Будут меняться методы интерполяции скважинных данных.

Каротажные данные ASP
(нормализованные значения SP)

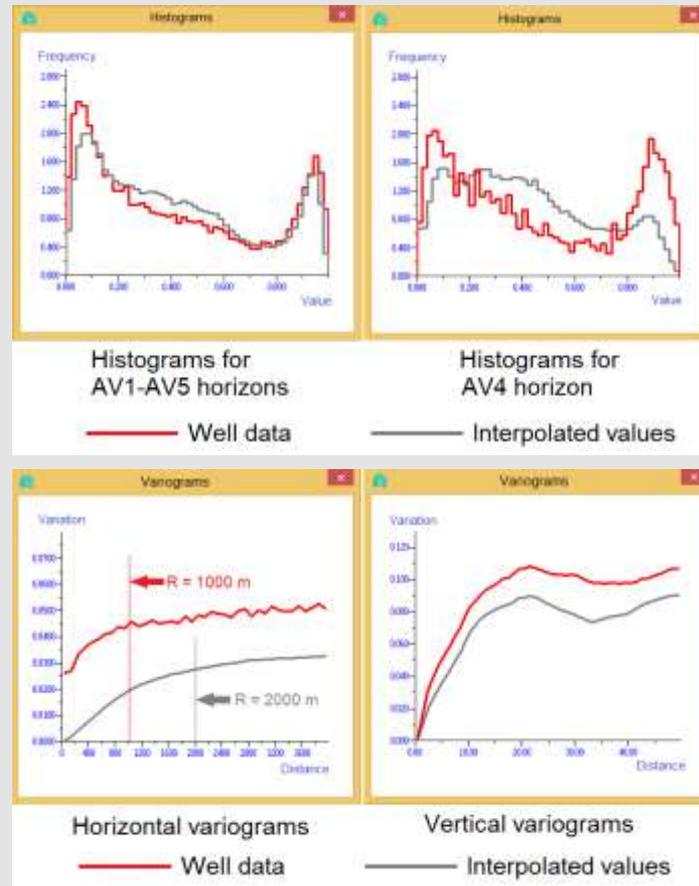
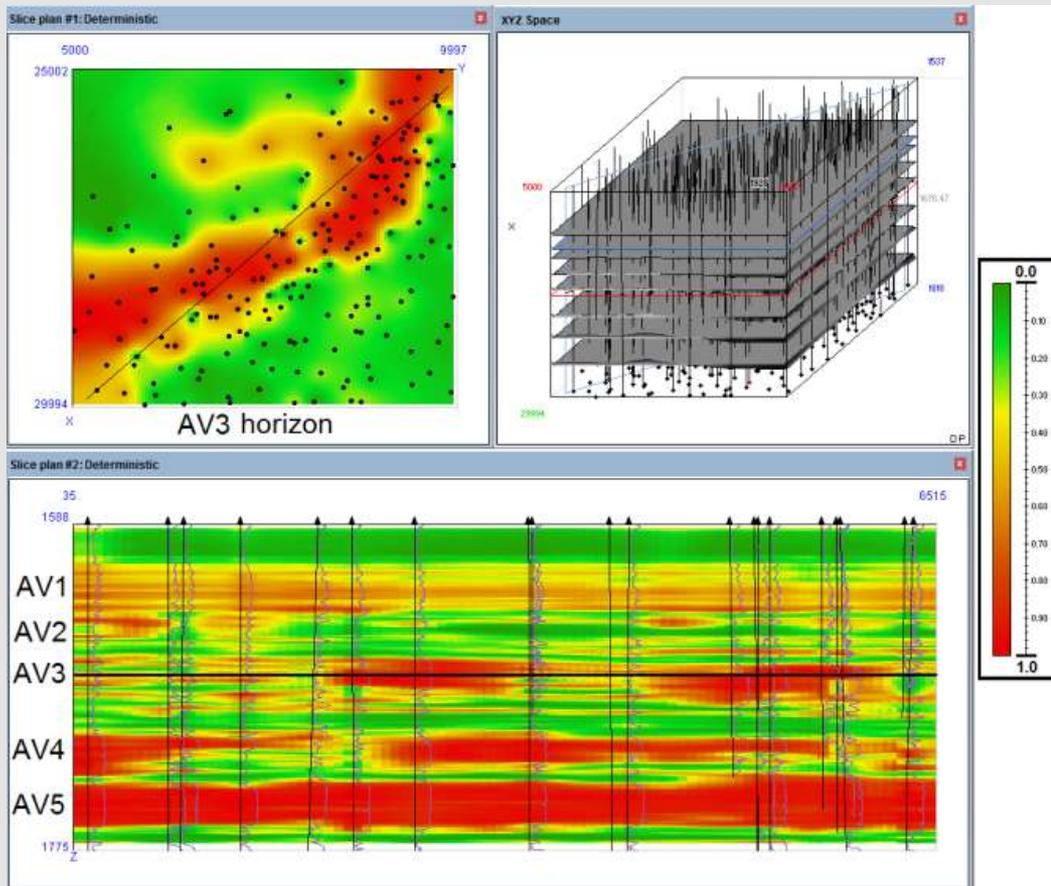


Исходная точка анализа: детерминированная интерполяция



Результат детерминированной квазитрехмерной (послойной) интерполяции каротажного параметра ASP методом обратных квадратов $1/R^2$. Красный цвет палитры примерно соответствует песчаникам, зеленый - глинам

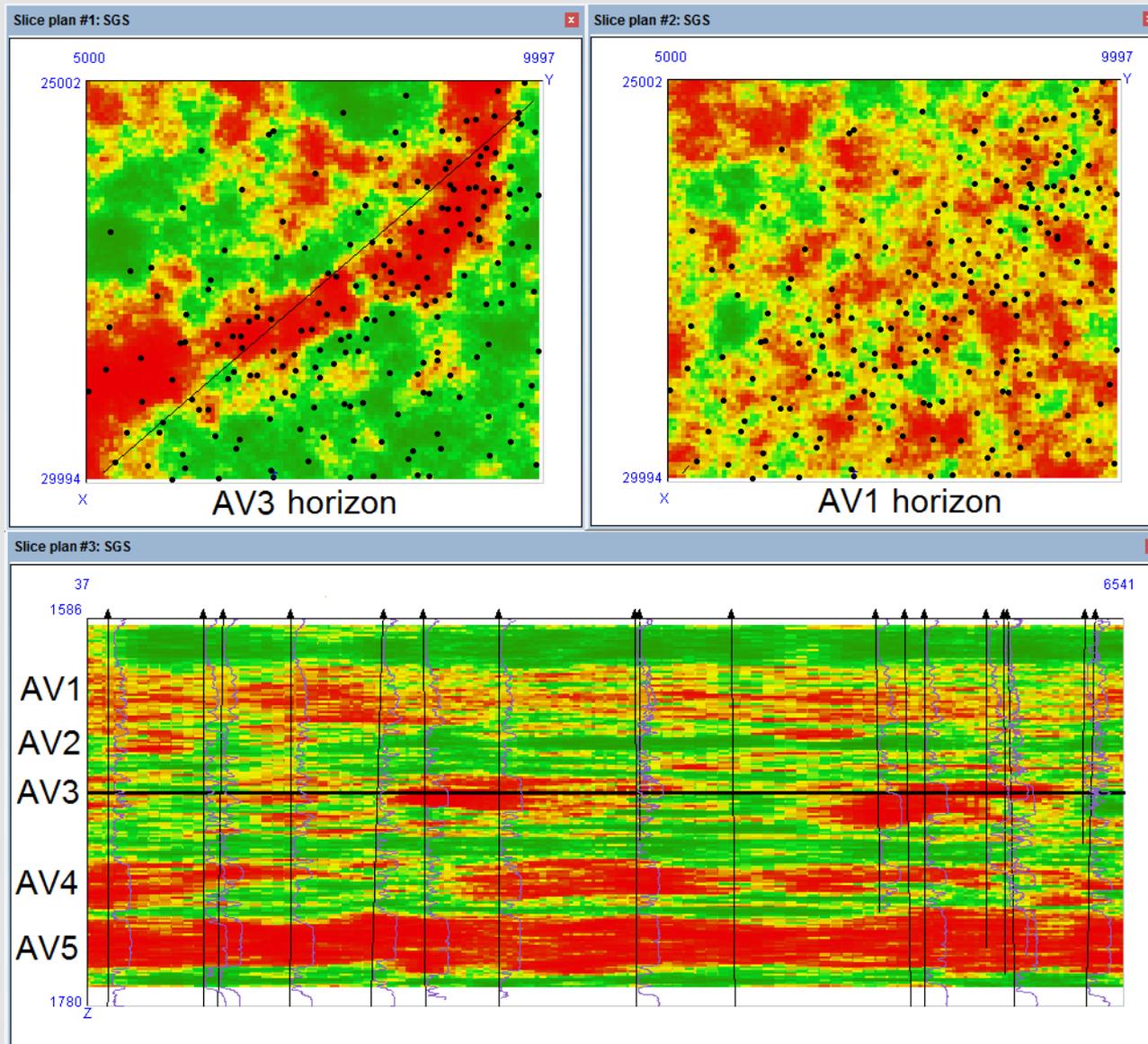
Детерминированная интерполяция: качество результата очень низкое



Во-первых, данная интерполяция не принимает во внимание категориальный характер геологической среды. Соответственно, она не воспроизводит гистограмму скважинных данных. Наибольшая ошибка имеет место для горизонта AV4.

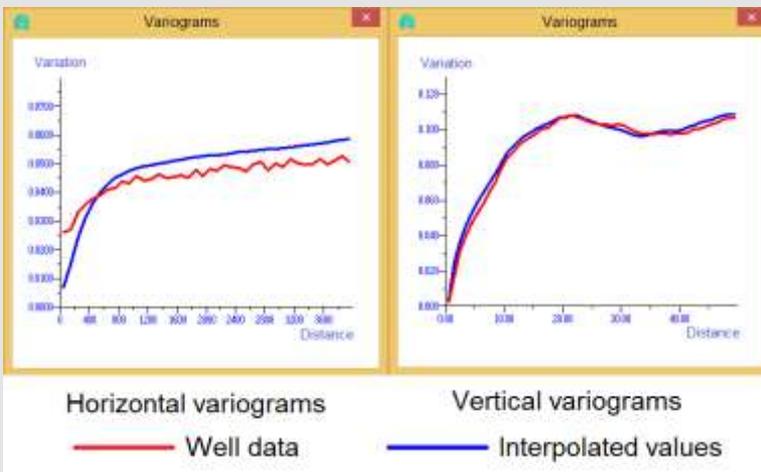
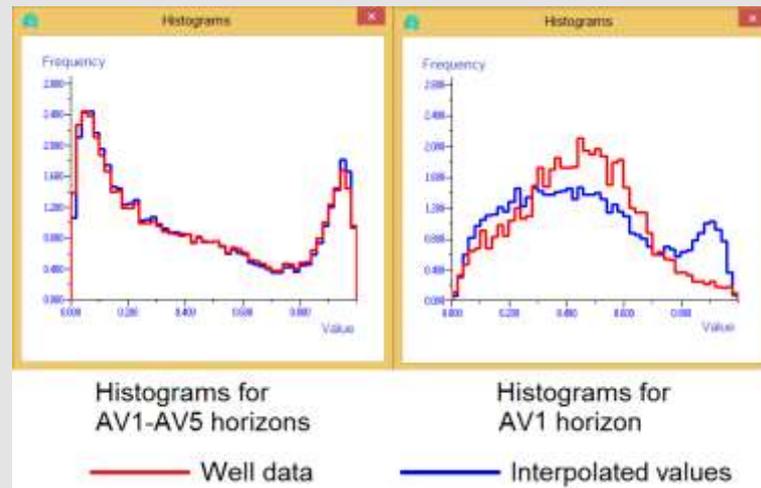
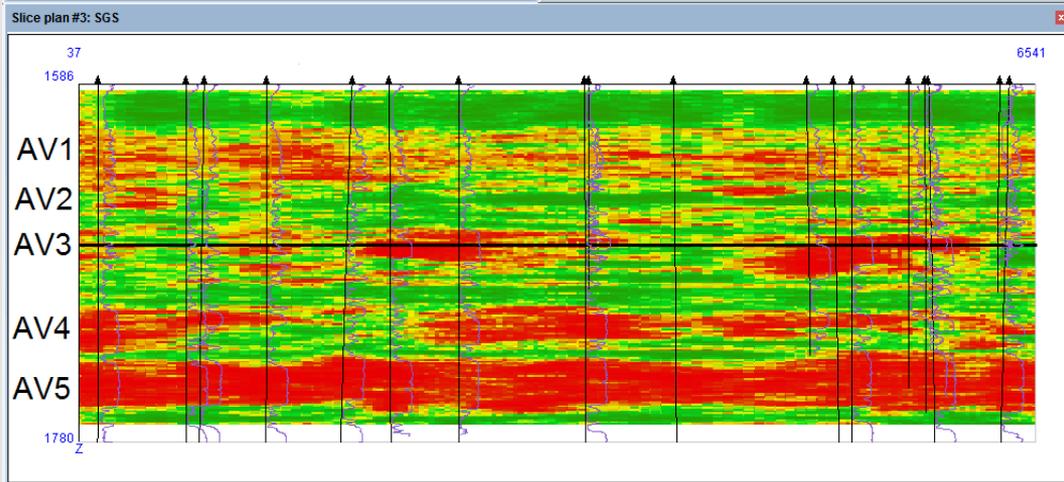
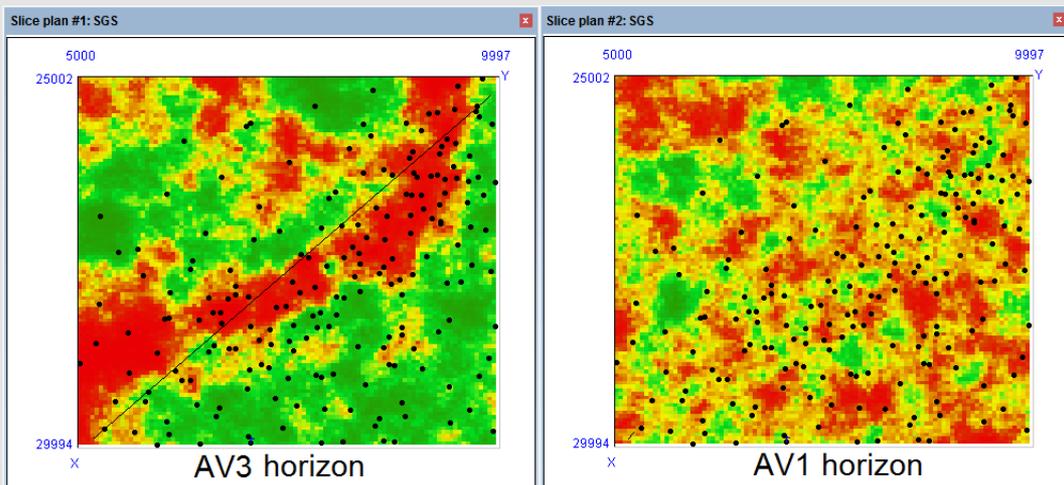
Во-вторых, данная интерполяция неверно воспроизводит изменчивость геологической среды. Если радиус горизонтальной вариограммы скважинных данных примерно 1000 м, то тот же радиус для вариограммы интерполированных значений - 2000 м. Вывод – детерминированная интерполяция дает нам ложное представление о геологической среде

Стохастическая интерполяция методом SGS (последовательного гауссовского моделирования) с преобразованием Normal Score



SGS с преобразованием NS позволяет точно воспроизвести гистограмму и вариограмму скважинных данных

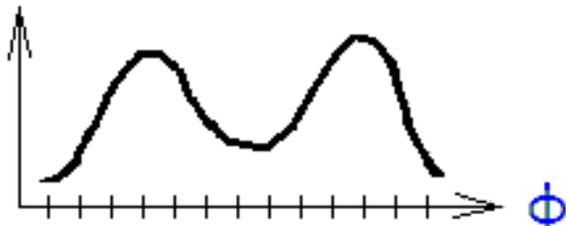
Стохастическая интерполяция методом SGS (последовательного гауссовского моделирования) с преобразованием Normal Score: качество высокое, но ...



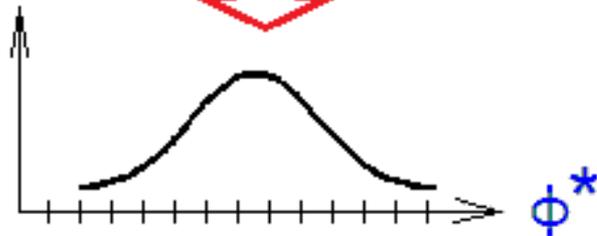
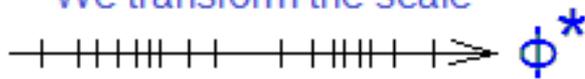
Данный метод воспроизводит интегральную гистограмму по всему кубу. Чтобы увидеть, что метод допускает серьезные ошибки, достаточно сравнить скважинные и пространственные гистограммы локально

Суть преобразования Normal Score

Histograms

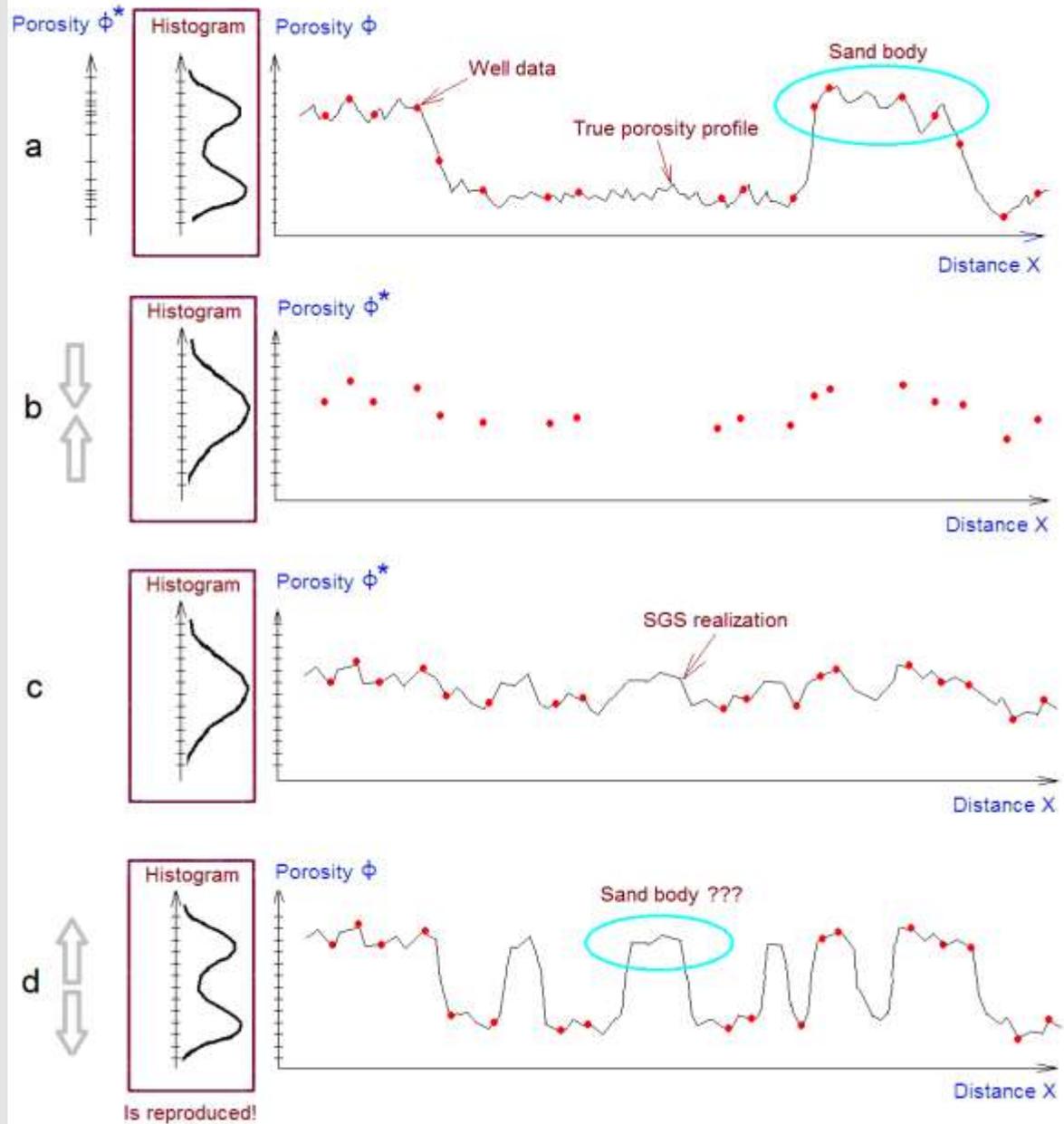


We transform the scale

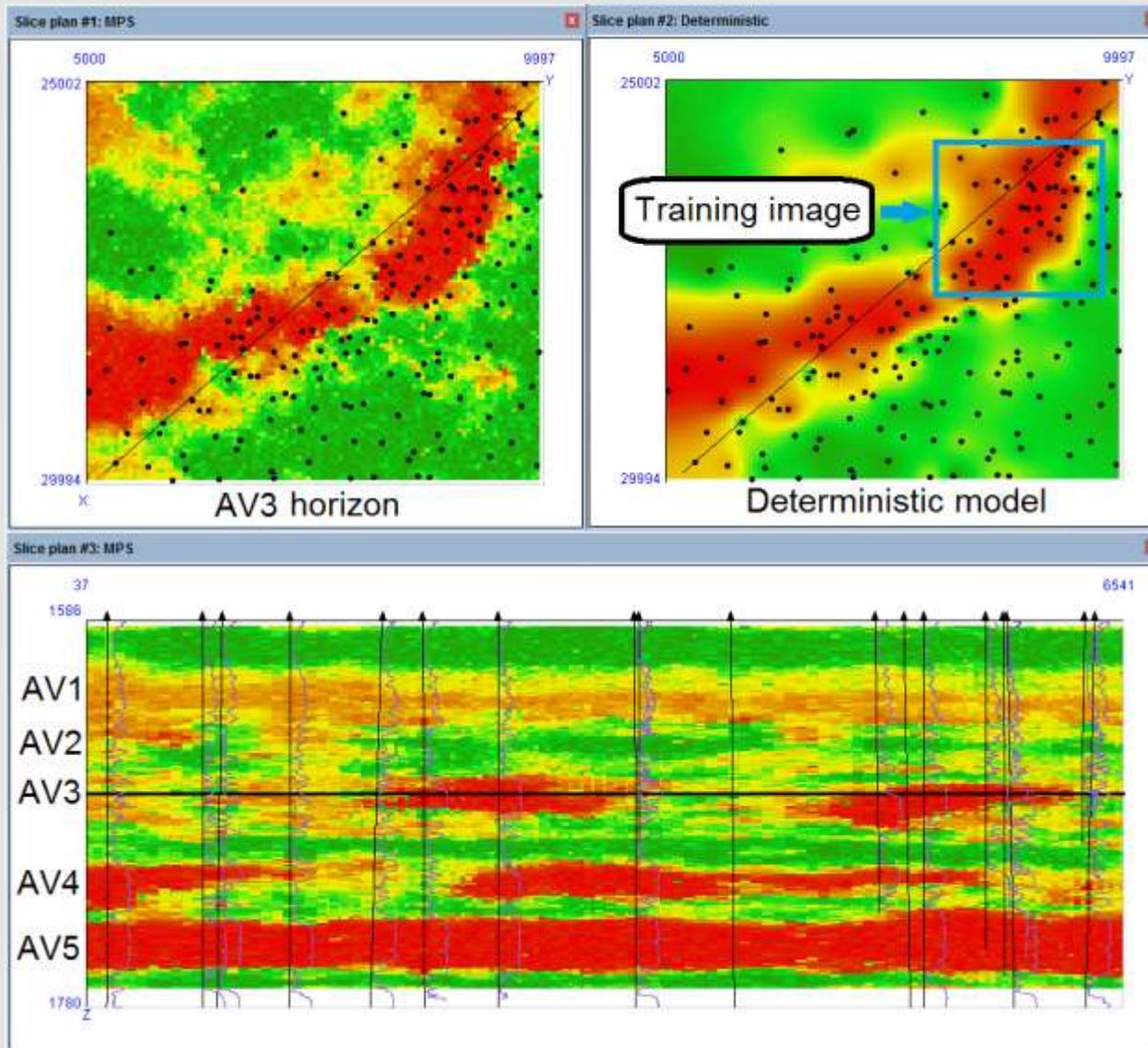


The transformed scale

The one-dimensional interpolation example

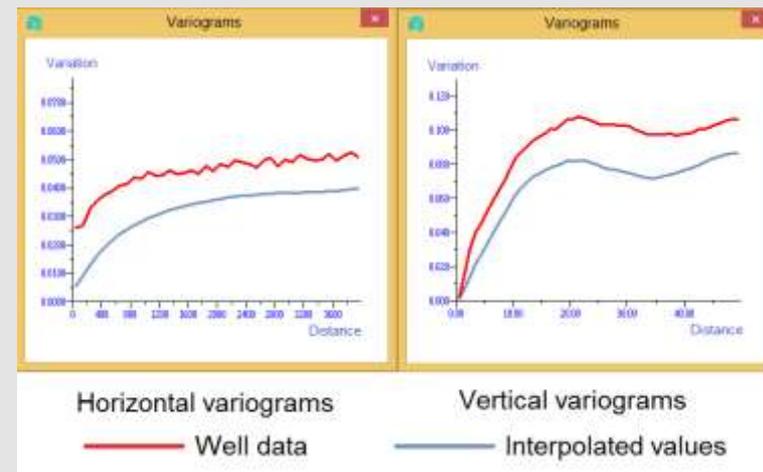
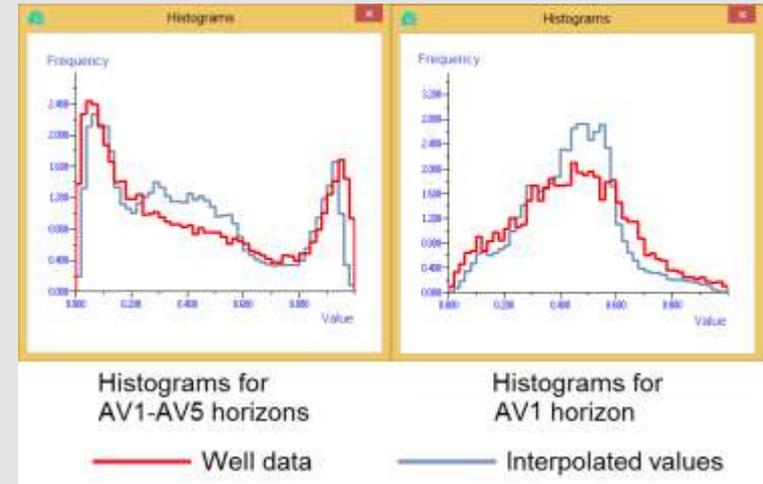
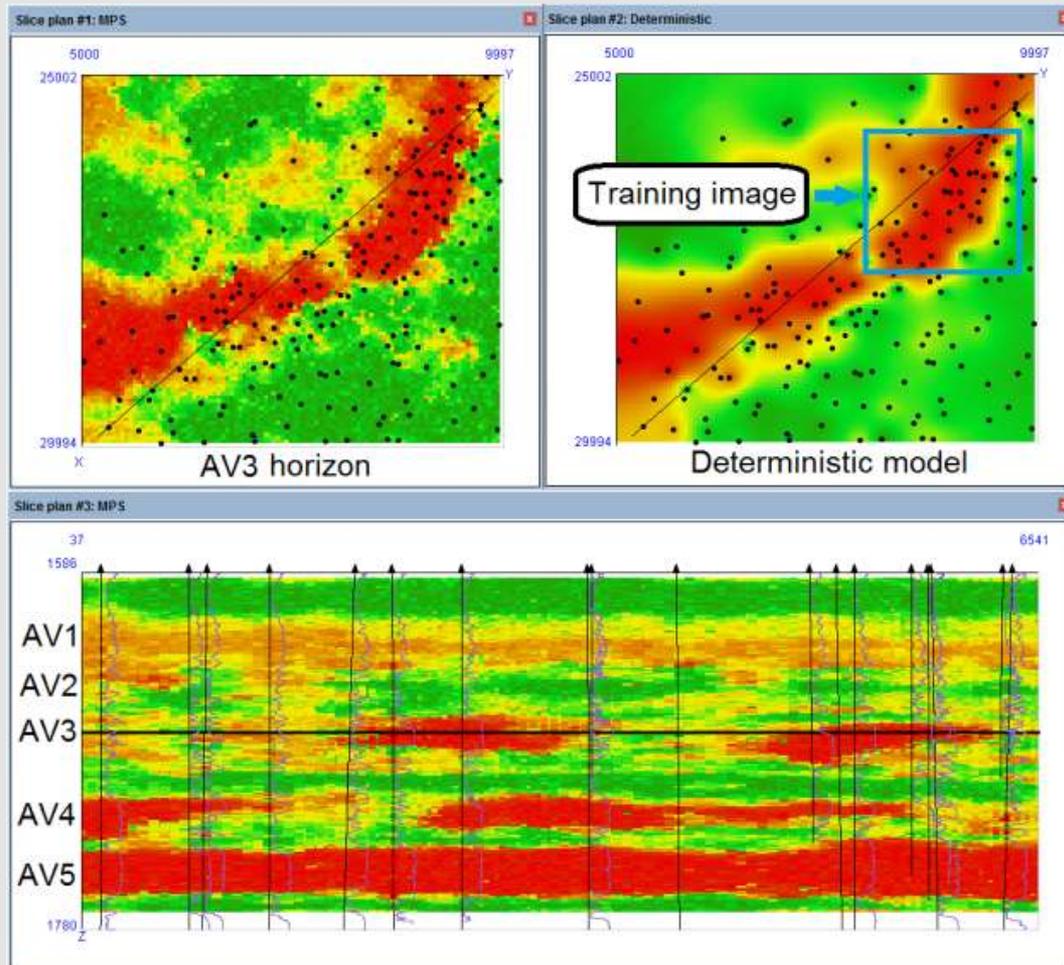


Стохастическая интерполяция методом Многоточечной статистики



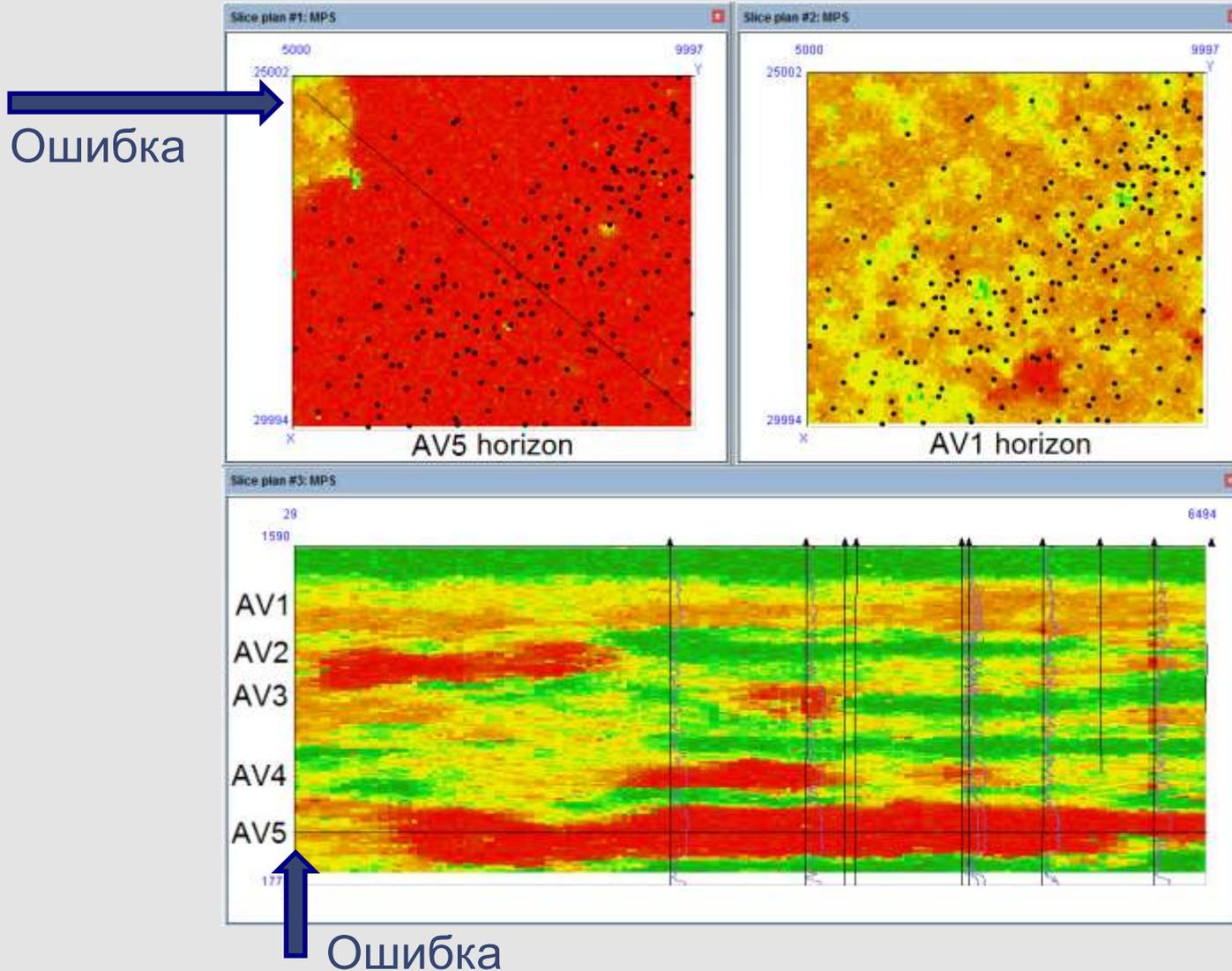
Расчет был выполнен по алгоритму Direct Sampling (Mariethoz G., Renard Ph., & Straubhaar J., 2010). В качестве обучающего образа был использован фрагмент детерминированной модели, имеющий наибольшую плотность скважин

Стохастическая интерполяция методом Многоточечной статистики : качество высокое, но...



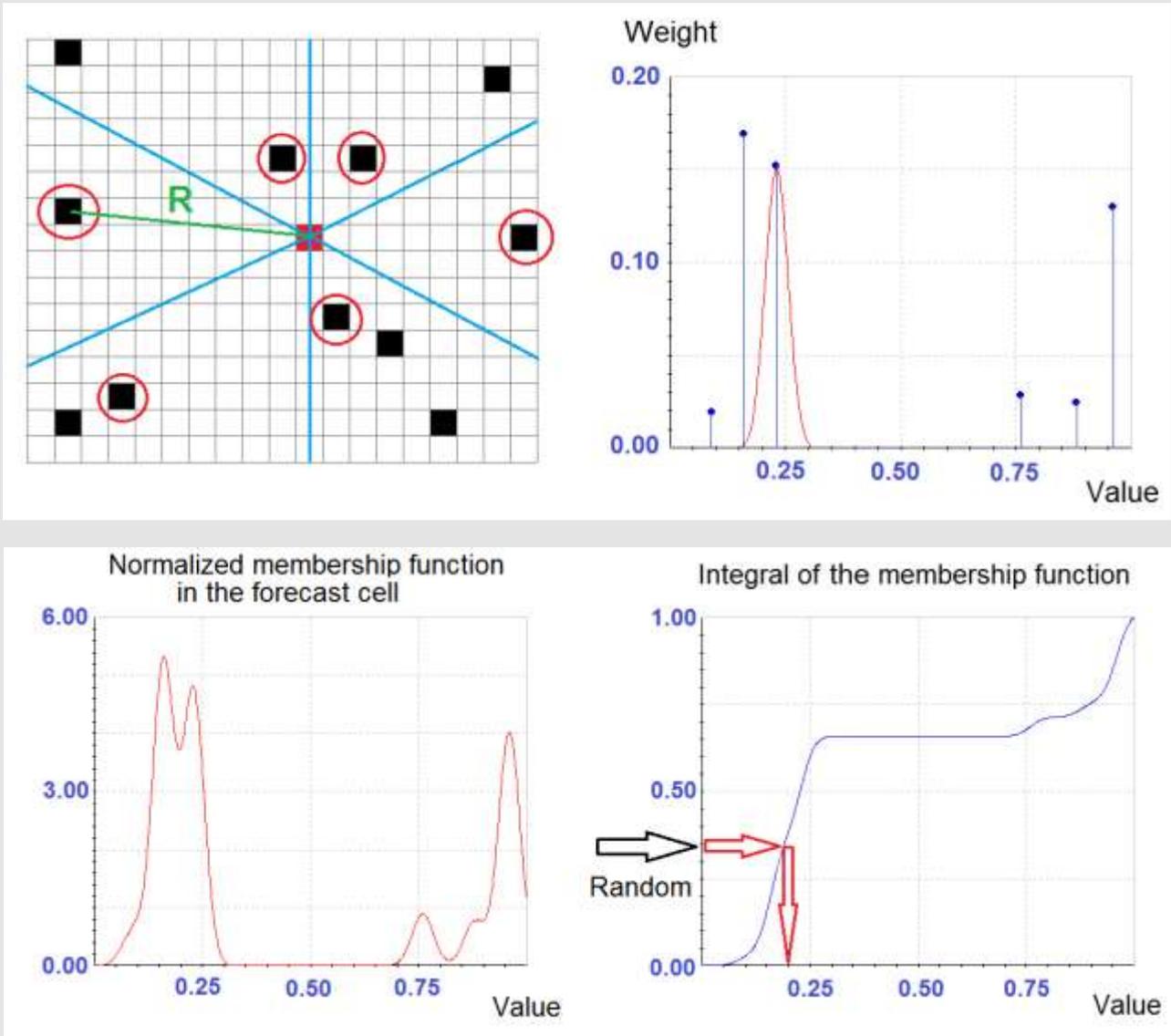
Данная интерполяция хорошо воспроизводит вариограммы и удовлетворительно воспроизводит гистограммы (даже локально). Качество интерполяции определяется качеством обучающего образа. О качестве нашего обучающего образа можно спорить, но это лучший образ, который мы смогли найти

Стохастическая интерполяция методом Многоточечной статистики : качество высокое, но...



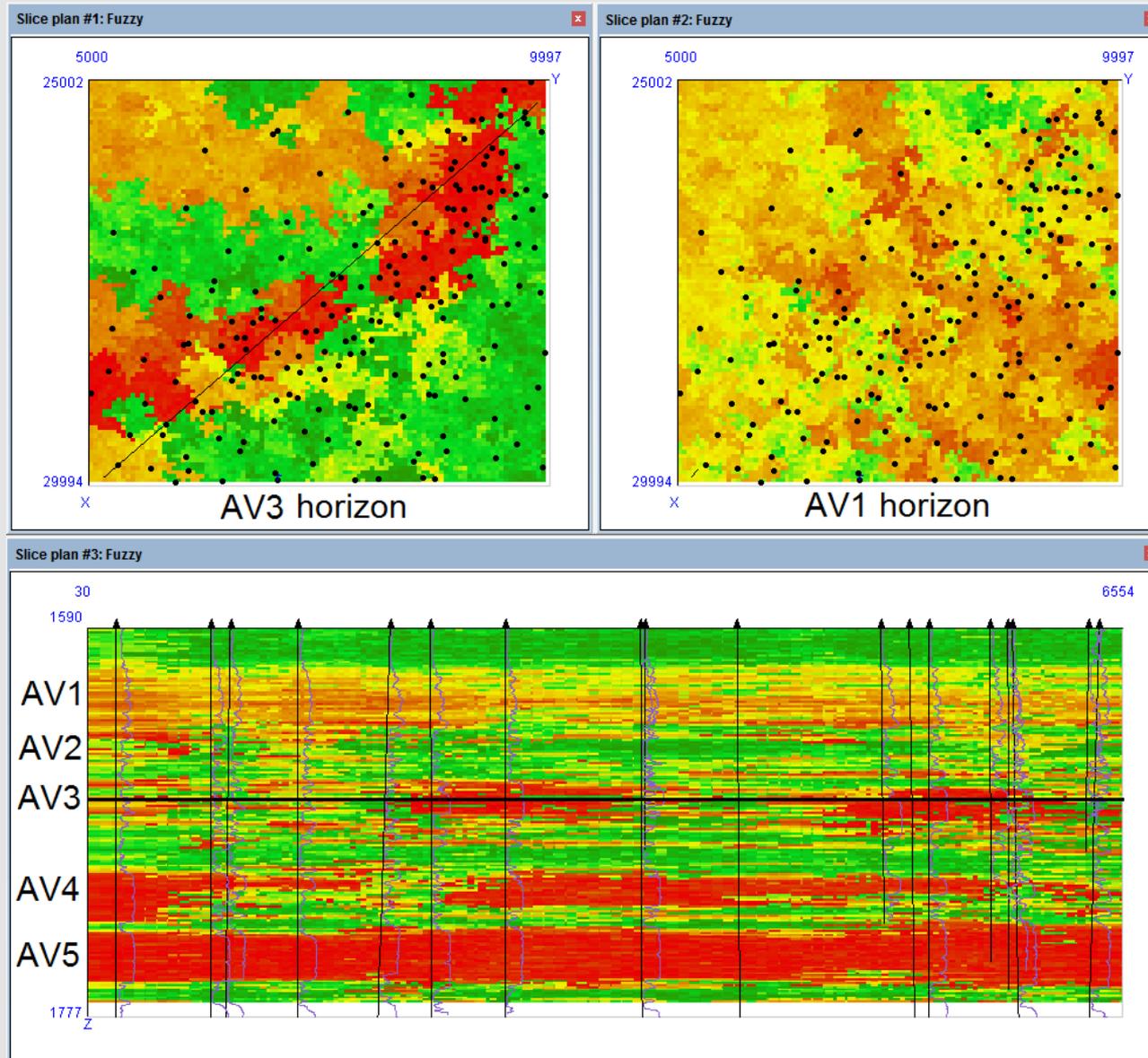
Горизонт AV1 моделируется почти корректно. Метод может использовать нестационарные данные и нестационарный обучающий образ. В то же время, метод допускает ошибки. В скважинных данных нет указаний на то, что на горизонте AV5 коллектор может иметь разрывы

Стохастическая интерполяция как реализации Нечеткой модели



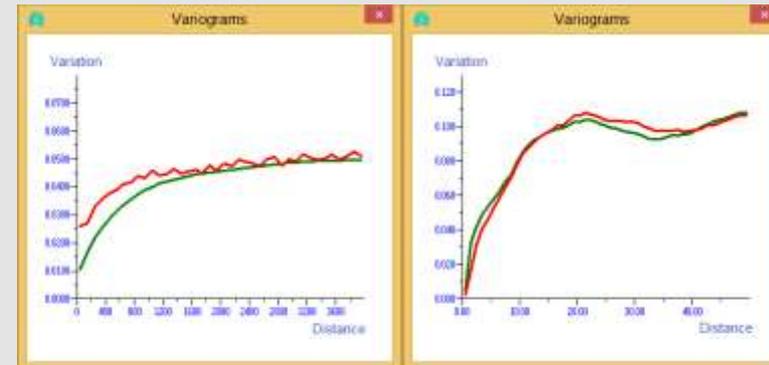
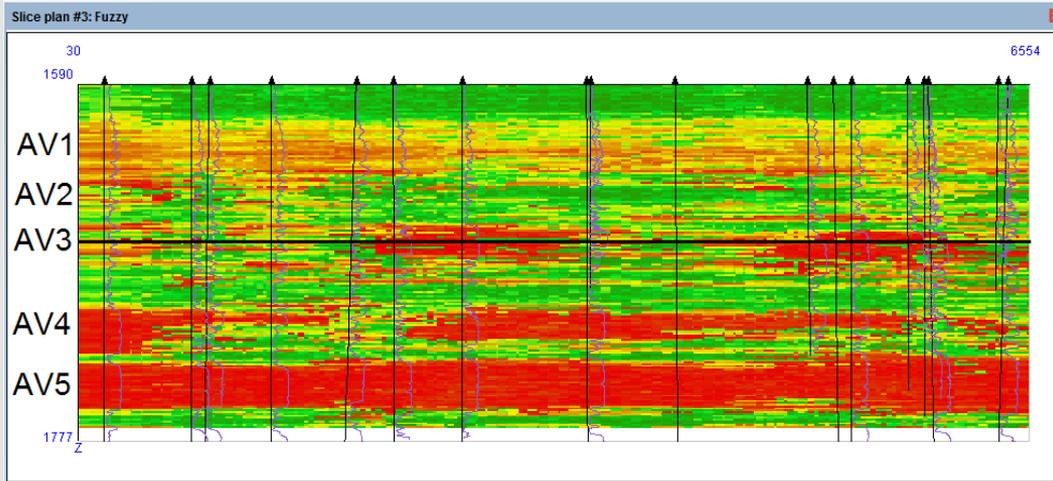
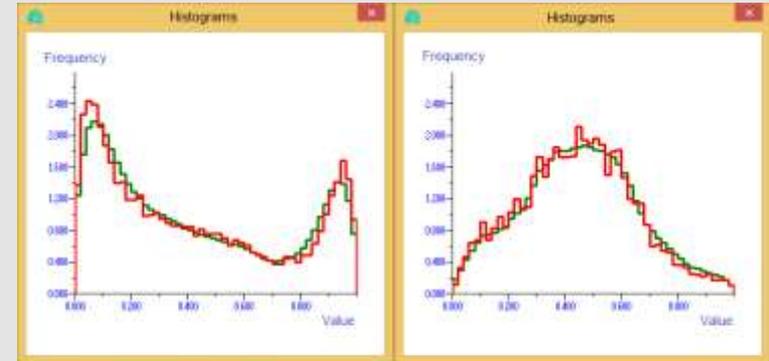
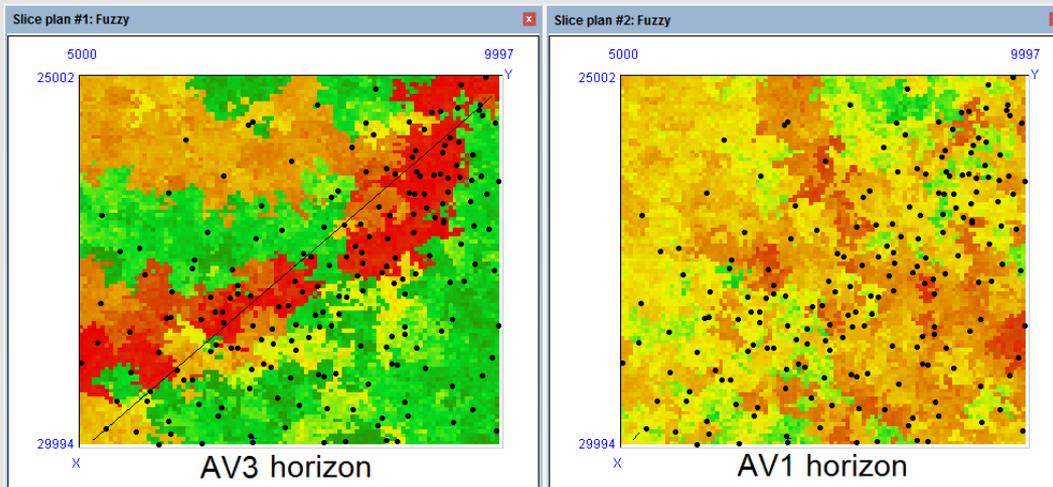
Неопределенность возникает там и тогда, где и когда имеет место противоречивость в скважинных данных. Во всем остальном алгоритм расчета стохастических реализаций Нечеткой модели повторяет алгоритм SGS

Стохастическая интерполяция как реализации Нечеткой модели

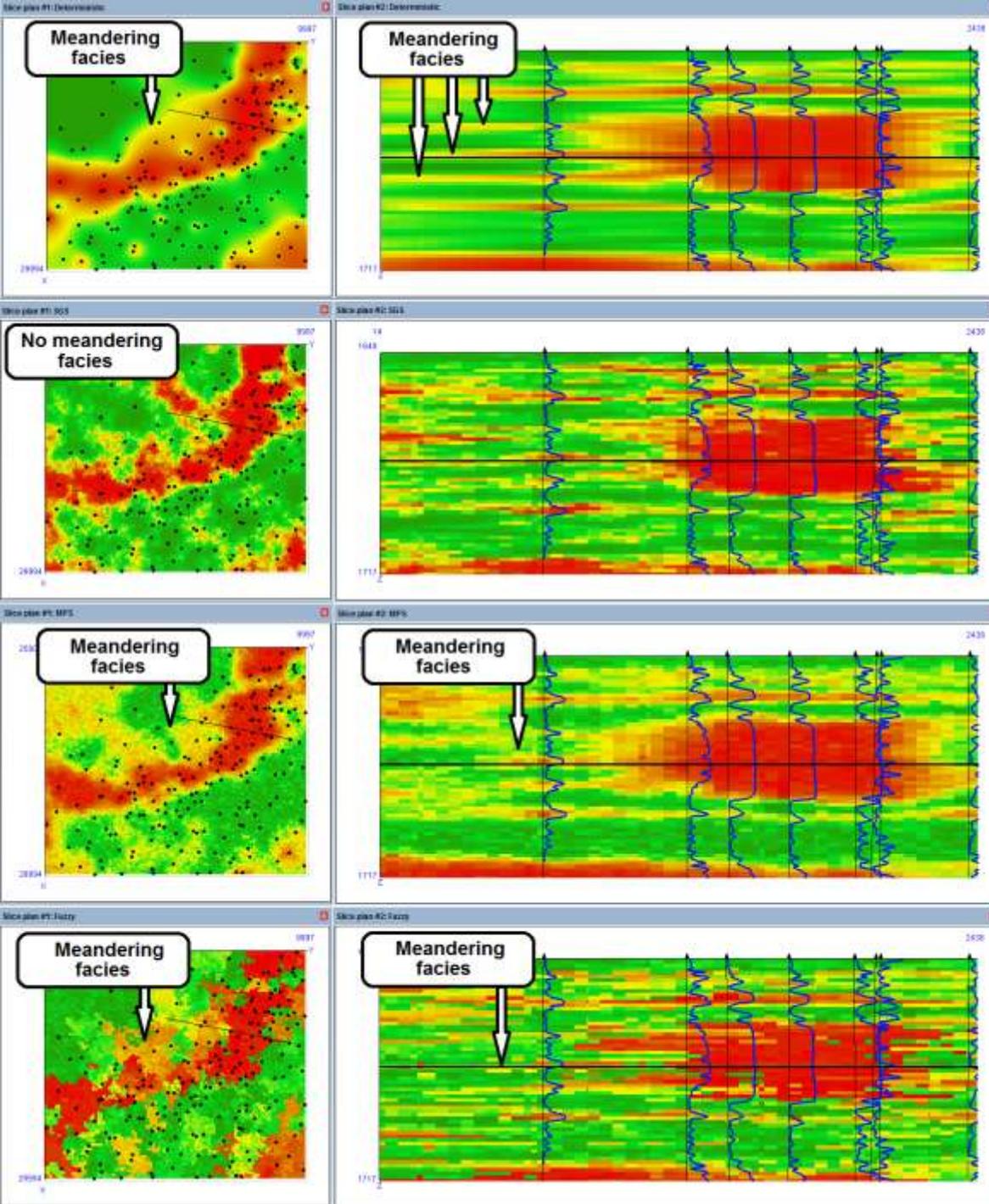


Реализации Нечеткой модели выглядят как “категориальная” интерполяция количественных данных. Обратите внимание, значения в пространстве не являются сглаженными

Стохастическая интерполяция как реализации Нечеткой модели: качество высокое, но...



Гистограммы и вариограммы скважинных данных воспроизводятся хорошо, даже локально. Проблема возникает тогда, когда скважины размещены сильно неравномерно. В этих обстоятельствах следует ограничивать радиус экстраполяции свидетельств



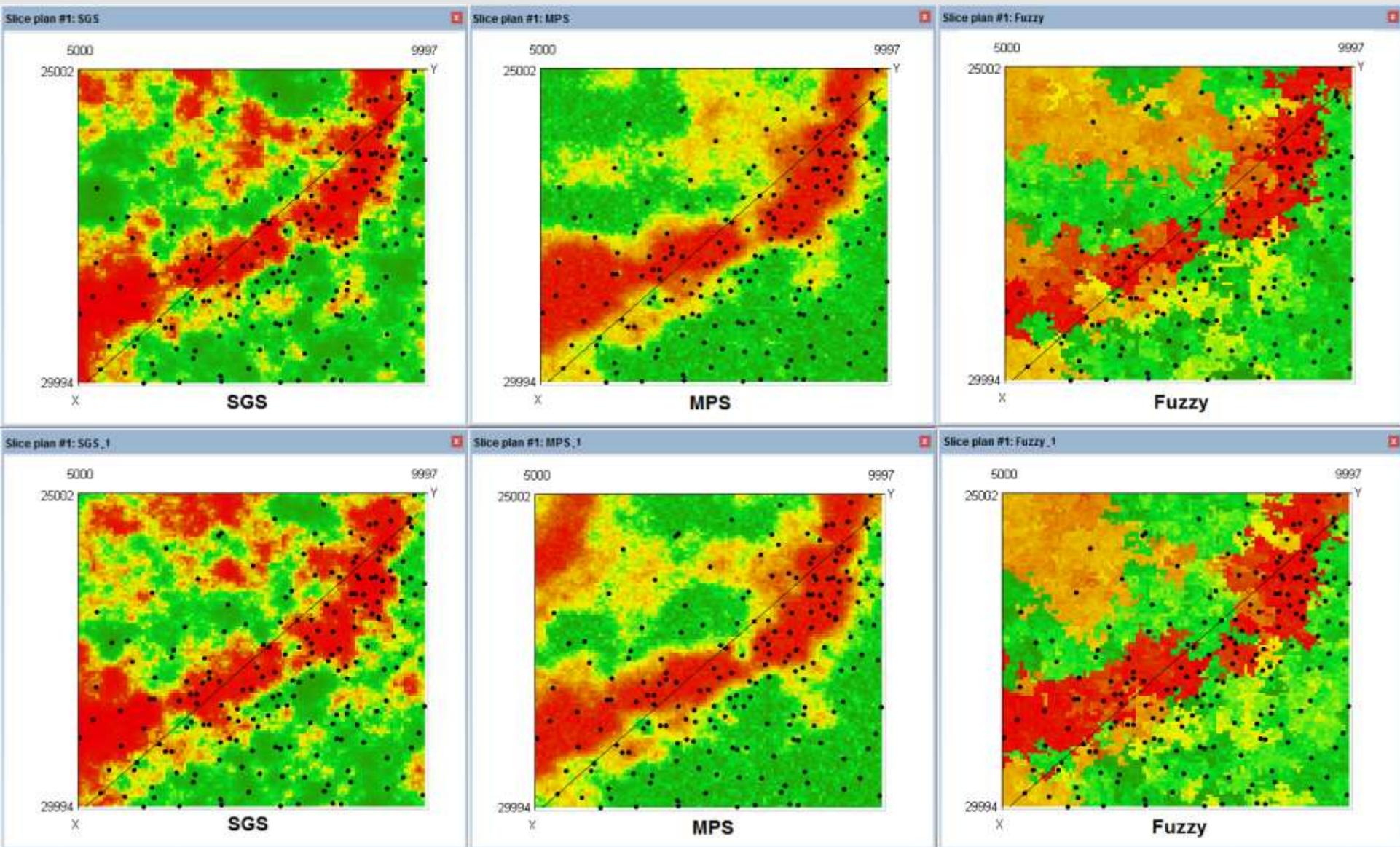
Детерминированная интерполяция.
Прирусловые фации видны.

Реализация SGS. Прирусловые фации не видны. Метод SGS стирает детерминированные особенности, присутствующие в данных. Реализации SGS «стерильны» в части детерминированных особенностей. Именно по этой причине их не любят геологи.

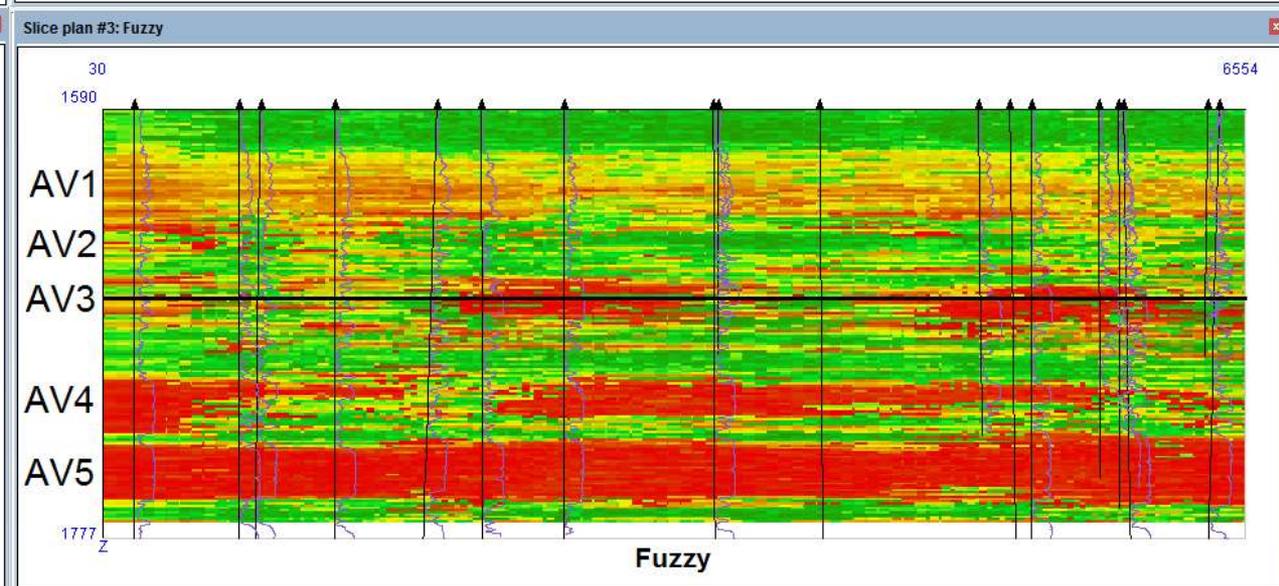
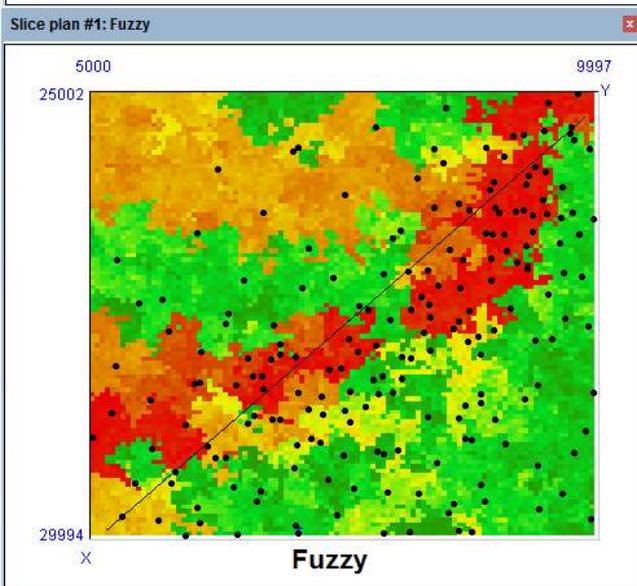
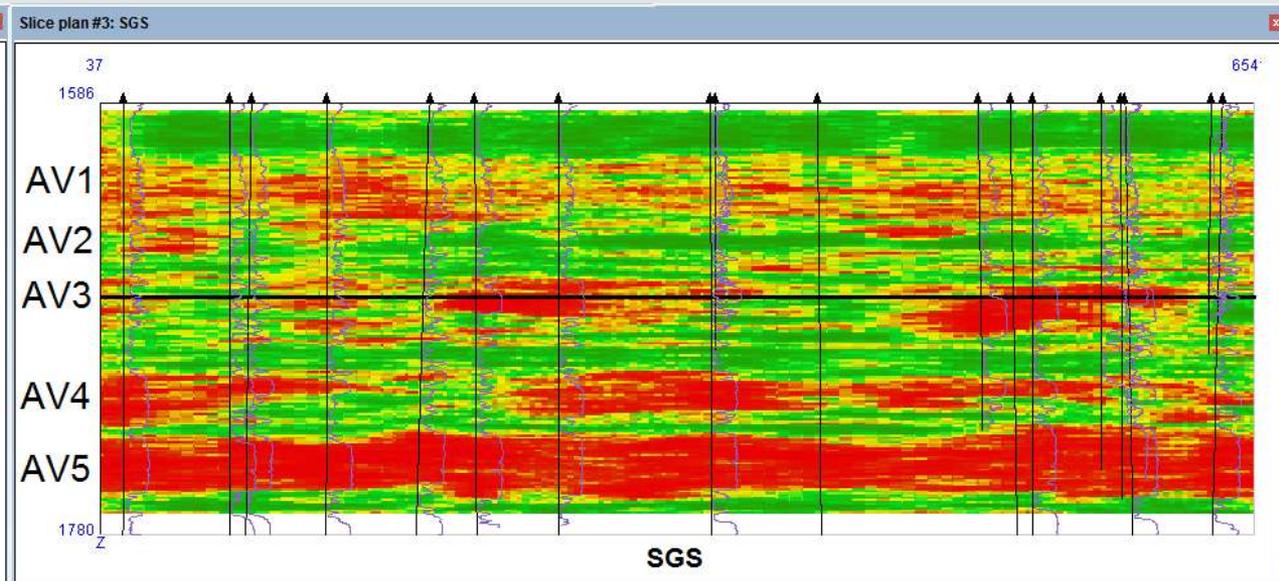
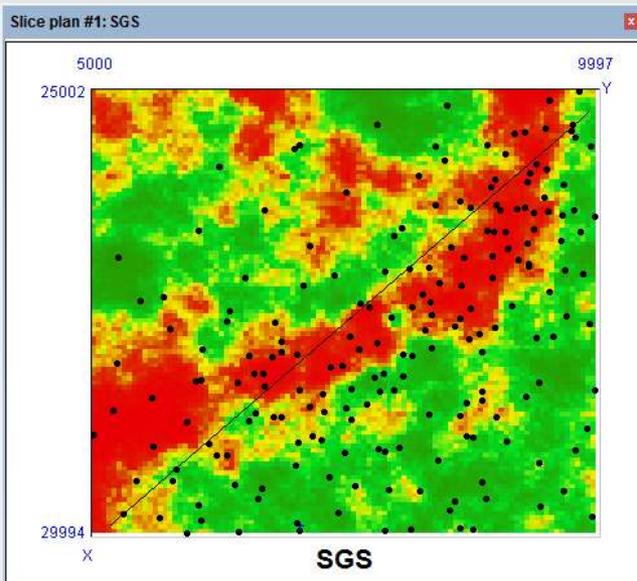
Реализация MPS. Прирусловые фации видны.

Реализация Нечеткой модели
Прирусловые фации видны. Также видно, что фации не являются статистически однородными.

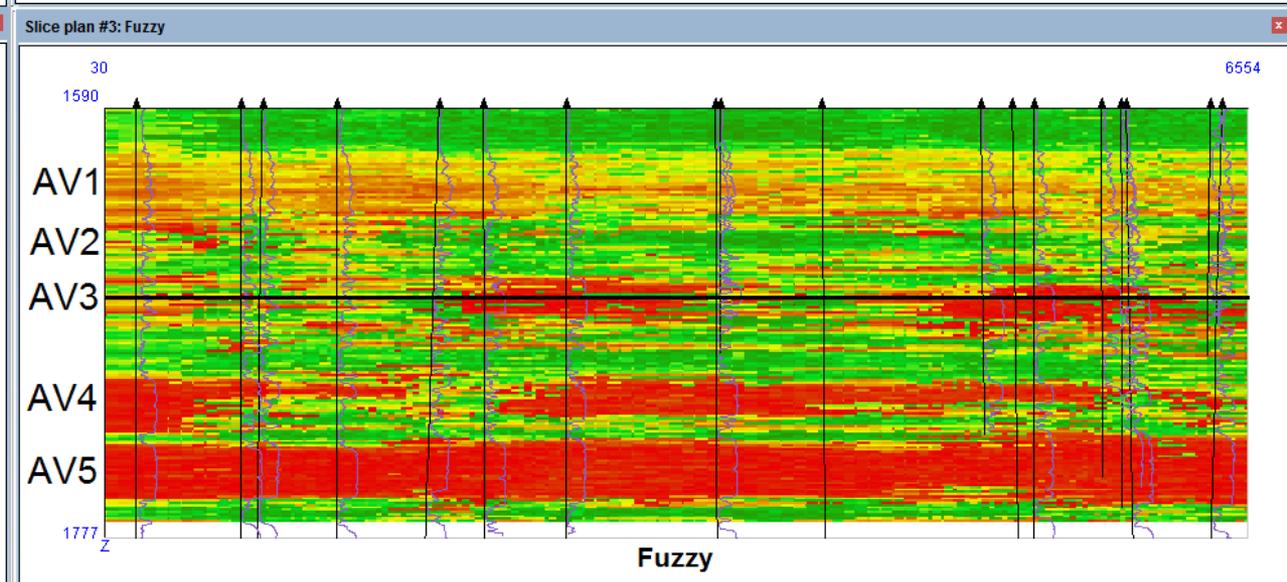
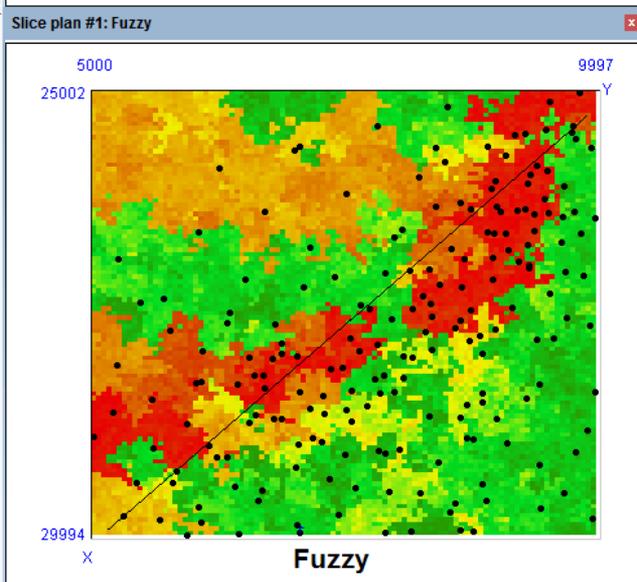
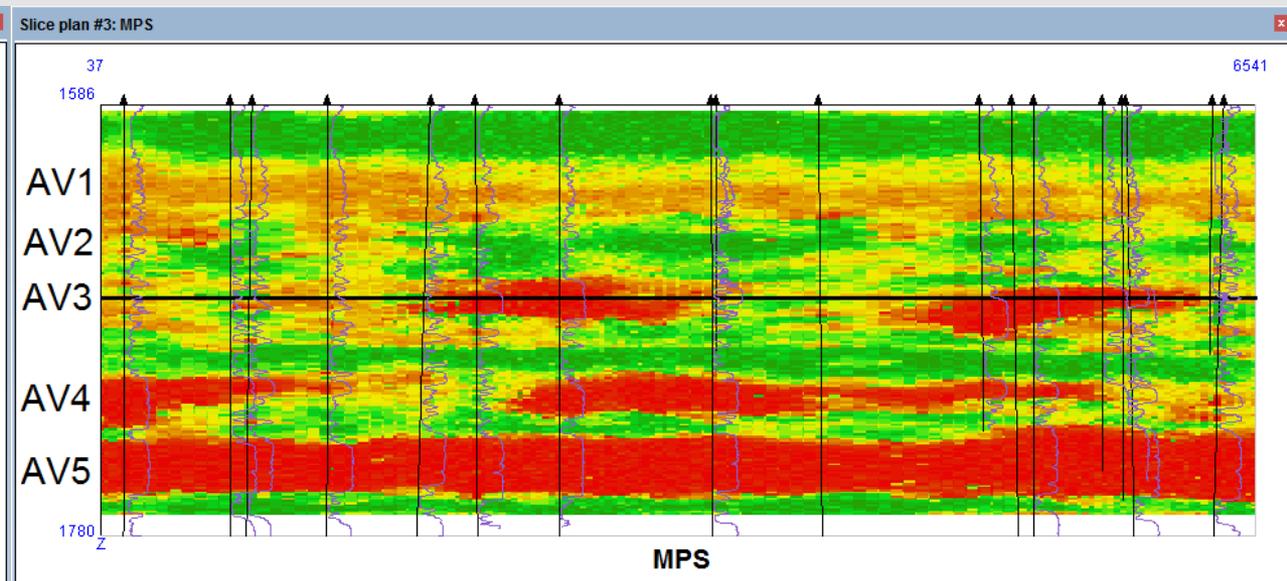
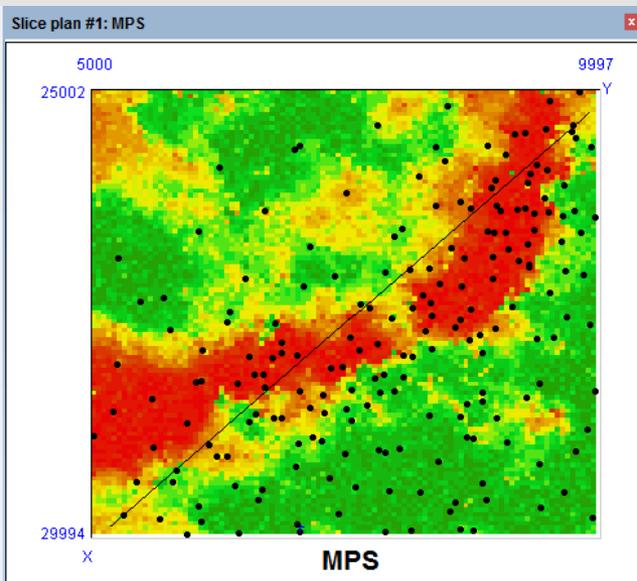
Две реализации каждого метода (SGS, MPS, Нечеткой модели)



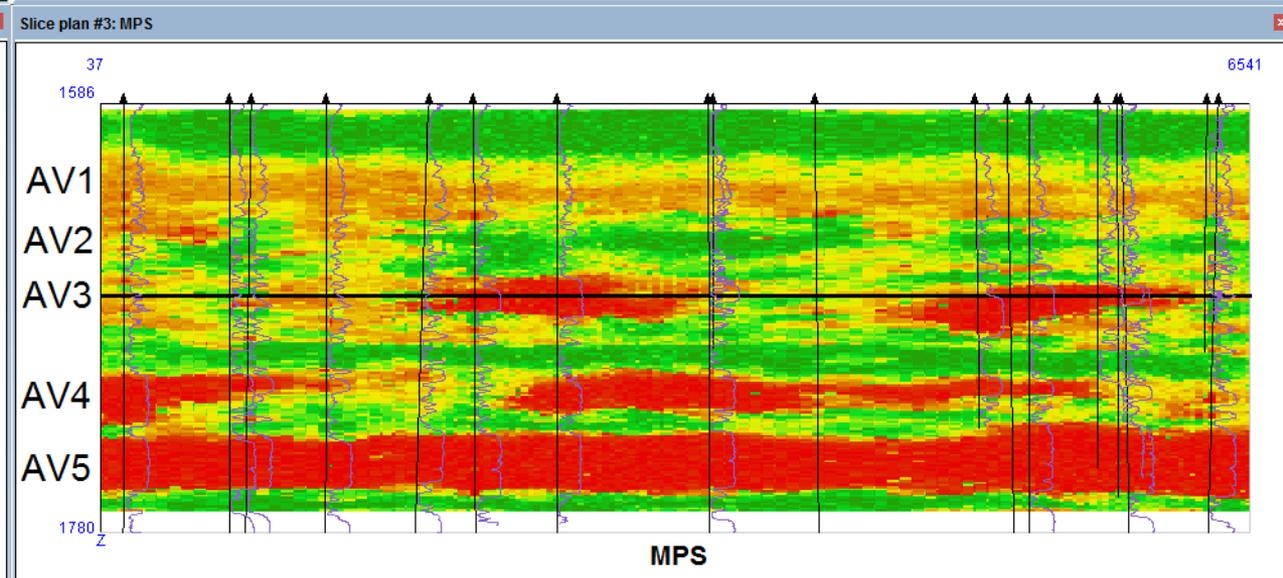
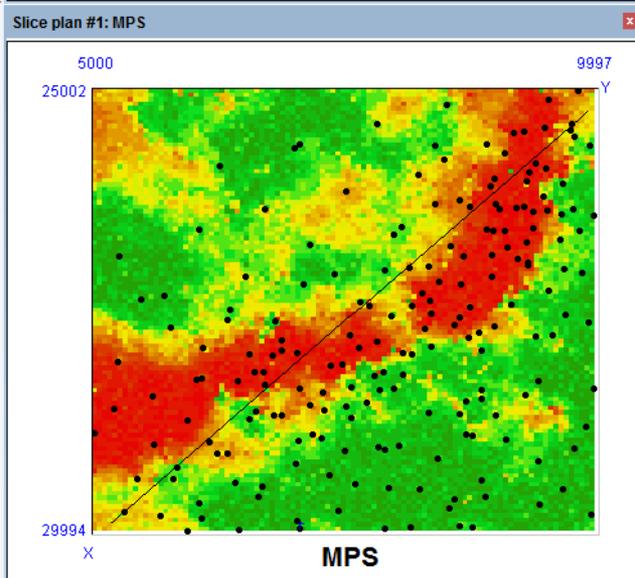
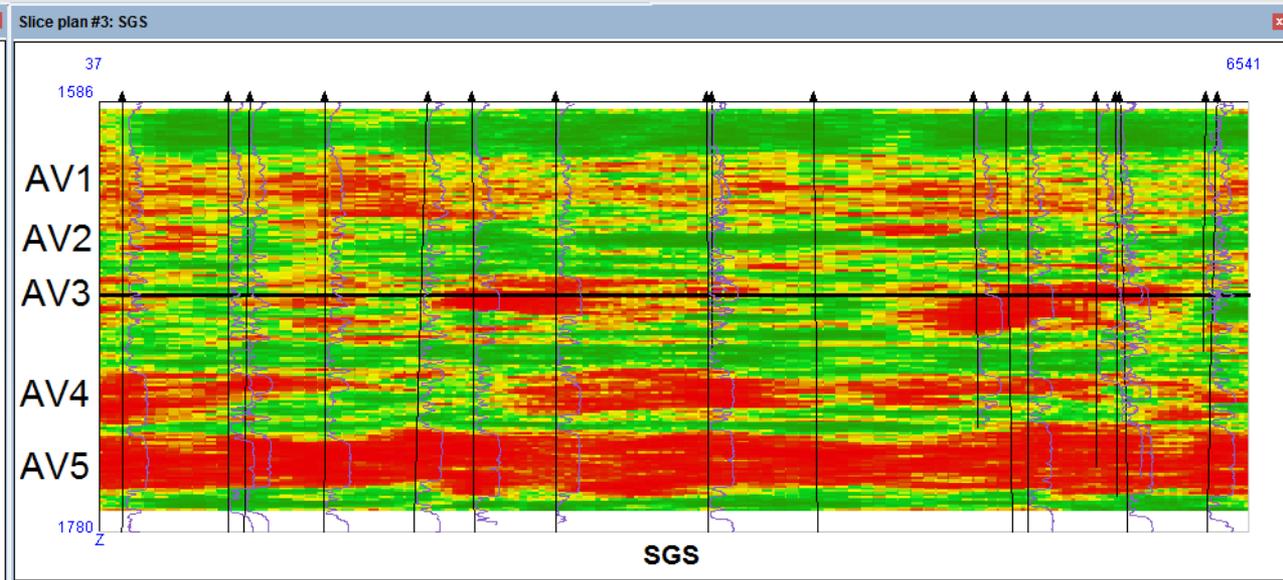
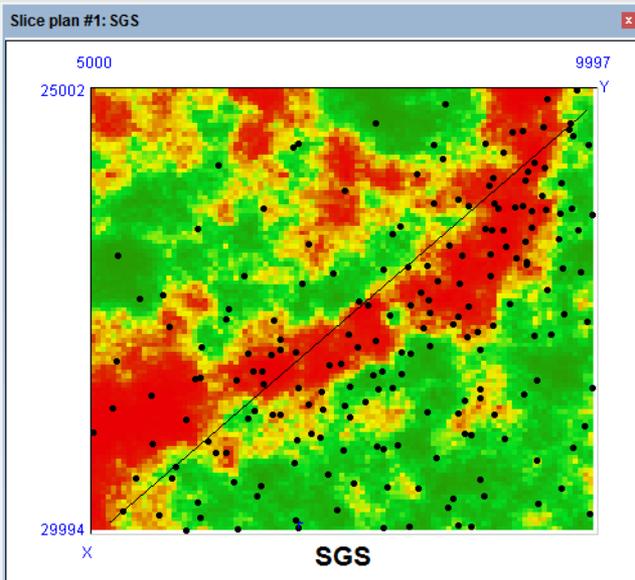
Реализация SGS и реализация Нечеткой модели



Реализация MPS и реализация Нечеткой модели



Реализация SGS и реализация MPS



Сравнительный анализ геостатистических методов на площади с большим числом скважин

Выводы

1. Детерминированная интерполяция не воспроизводит гистограммы и вариограммы скважинных данных.
2. Интерполяция методом SGS с преобразованием NS хорошо воспроизводит вариограммы и гистограммы скважинных данных, но только общие. Если локальные гистограммы отличаются от общей, то метод допускает ошибки.
3. Интерполяция методом MPS хорошо воспроизводит гистограммы и вариограммы обучающего образа, даже локальные. Качество интерполяции зависит от качества обучающего образа.
4. Интерполяция как реализации нечеткой модели хорошо воспроизводит вариограммы и гистограммы скважинных данных, даже локально. Метод представляется эффективным для площадей с большим числом равномерно размещенных скважин.

Гальперинские Чтения
Центральная Геофизическая Экспедиция (ЦГЭ)
г. Москва, 11-14 октября 2016 г.

Сравнительный анализ геостатистических методов на площади с
большим числом скважин

Волкова М.С., Перепечкин М.В., Ковалевский Е.В.
ООО «ГридПоинт Дайнамикс», г. Москва

Спасибо за внимание!

