

УДК 681.518:622.276

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ «GMUPSCALE» ДЛЯ РЕМАСШТАБИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

А.А. Захарова, М.А. Иванов

Институт «Кибернетический центр» ТПУ
E-mail: alen@cc.tpu.edu.ru, ivanovma@tpu.ru

Представлено программное обеспечение «GMUpscale» и реализуемые в нем алгоритмы для автоматизации процесса ремасштабирования цифровых трехмерных геологических моделей месторождений нефти и газа при переходе к гидродинамической модели. Указанное программное средство позволяет сократить время и повысить точность получаемых гидродинамических моделей, что подтверждено результатами тестирования и апробации на реальных данных

Ключевые слова:

3D-модель, месторождения нефти, программные средства, информационные технологии, методы, алгоритмы, программное обеспечение, оптимизация.

Современные информационные технологии (ИТ) в области нефтегазодобычи в настоящее время применяются на всех этапах разведки и разработки месторождений, а применение трехмерных цифровых геологических и гидродинамических моделей при составлении проектной документации является требованием нормативных регламентирующих документов [1].

В процессе проектирования можно выделить три основных этапа, на которых применяются специализированные программные средства [2]:

- построение геологической модели (ГМ);
- построение гидродинамической модели (ГДМ);
- формирование проектных документов.

При переходе от первого этапа ко второму, из-за больших объемов данных ГМ, осуществляется ее ремасштабирование или так называемый апскейлинг — объединение ячеек модели с целью загробления и снижения размерности модели, что может значительно влиять на результаты гидродинамического моделирования и получаемых прогнозных показателей разработки месторождений.

Таким образом, проводится группировка отдельных слоев (по вертикальной оси куба данных ГМ), либо ремасштабирование модели по горизонтали (за счет укрупнения размера ячеек по горизонтальным осям), но для большей эффективности применяют оба метода одновременно.

Наиболее распространенным средством моделирования месторождений нефти и газа является программный комплекс (ПК) «Eclipse» компании «Schlumberger» [3], который предоставляет пользователю возможность провести гидродинамический расчет модели, а также позволяет осуществлять загробление исходной геологической модели до необходимого уровня детализации. В ПК «Eclipse» известны четыре метода осреднения слоев модели в вертикальном направлении [4]:

1. Пропорциональный. Толщина получаемого слоя прямо пропорциональна заданному весовому коэффициенту и обратно пропорциональна количеству слоев конечной модели.

2. Относительно кровли пласта. Формируется модель со слоями фиксированной толщины. Отсчет слоев ведется относительно кровли исходной модели.
3. Относительно подошвы пласта. Аналогичен предыдущему, но отсчет слоев ведется относительно подошвы исходной модели.
4. Относительно свойств модели. Пользователь задает границы формируемых слоев, осуществляя анализ фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) исходной ГМ. По умолчанию метод предлагает равномерное разбиение в соответствие с количеством заданных слоев ГДМ.

В ПК «Eclipse» присутствует ряд методов загробления геологической модели, однако отсутствуют методы и инструменты, дающие представление о том, каким способом выделить максимально однородные участки для вертикального осреднения. Данная процедура является трудоемкой и требует высокой квалификации специалиста в том случае, если не применяются средства автоматизации процесса. В качестве такого средства предлагается программное обеспечение (ПО) «GMUpscale», в рамках которого для повышения точности загробления исходной геологической модели и ускорения процесса выбора отдельных участков для осреднения был предложен алгоритм, основанный на комбинированном применении методов средневзвешенных характеристик ФЕС пласта, а так же расчета корреляции между соседними геологическими слоями.

Для решения поставленных задач в первом методе используется итерационный подход для сравнения показателей средневзвешенных значений. Второй метод базируется на оценке коэффициентов корреляции значений фильтрационно-емкостных свойств соседних слоев исходной модели. Применение обоих методов одновременно является неотъемлемой частью процесса загробления, так как использование каждого метода по отдельности приведет к получению некорректных результатов.

При этом сначала рассчитываются средневзвешенные величины по каждому пласту для выбранного свойства (геологические параметры модели:

пористость, проницаемость, насыщение, песчанность), затем рассчитываются коэффициенты корреляции между соседними слоями по тому же свойству залежи. Далее необходимо установить критерий, определяющий возможность объединения слоев для уменьшения размерности. Физический смысл данного критерия заключается в определении границы, при превышении которой слои не объединяются, и, наоборот, в случае, если величина установленного критерия в допустимых диапазонах, то слои объединяются. Таким критерием для каждого из методов будет служить коэффициент схожести. Этот коэффициент варьируется в пределах от 0 до 1. Физический смысл данного коэффициента заключается в том, что изменение его значения влечет изменение количества конечных слоев, получаемых соответствующим методом. Так, в ходе экспериментов было выявлено, что эта зависимость носит экспоненциальный характер для обоих методов. В качестве экспериментальных использовались данные реальных месторождений Томской области, рис. 1.

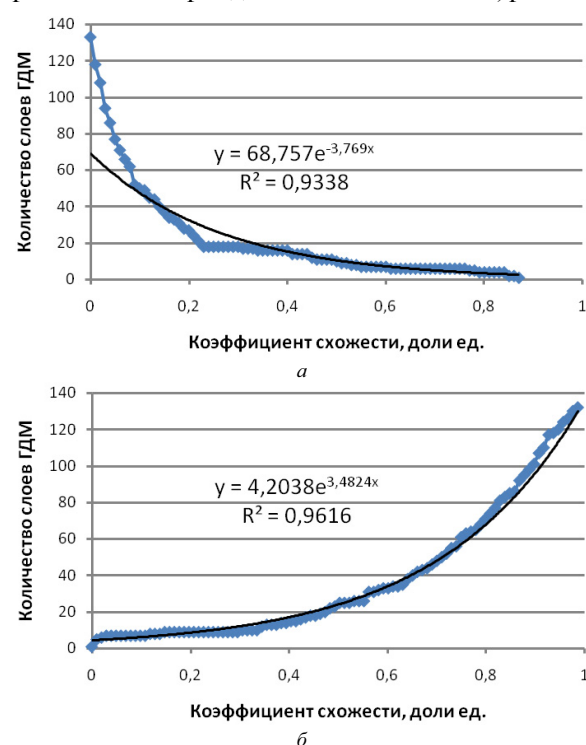


Рис. 1. Зависимость количества слоев ГДМ от коэффициента схожести для метода: а) средневзвешенных величин и б) корреляций

В табл. 1 и 2 приведены примеры разбиения и группировки исходных слоев геологической модели. В результате объединения разбиений по песчанности на основе средних значений и корреляции получается итоговое разбиение. Группировка разбиений осуществляется таким образом, чтобы разбиение, выполненное одним способом, не выходило за границы другого. В табл. 2 приведен пример соответствия исходной последовательности слоев геологической модели итоговому разбиению слоев загрубленной гидродинамической модели.

Таблица 1. Разбиения, полученные в результате расчета средних величин и корреляции

Свойство	Песчанность		
	Средневзвешенных величин	Корреляций	Сумма
Номера слоев для объединения	1-1	1-1	1-1
	2-16	2-7	2-7
	17-24	8-8	8-8
	25-25	9-9	9-9
	26-27	10-11	10-11

	120-130	125-130	125-130

Таблица 2. Соответствие интервалов загрубления ГМ и ГДМ

Номер слоя ГМ	Номер слоя ГДМ
1-1	1
2-2	2
3-7	3
8-8	4
9-9	5
...	...
129-130	32

На рис. 2 представлена схема алгоритма, описывающая способ сокращения количества слоев исходной геологической модели на основе рассчитанных показателей корреляции между слоями. Данный алгоритм применяется совместно с алгоритмом, уменьшающим размерность модели по вертикали на основе рассчитанных средних показателей свойств по слоям. В результате комбинации алгоритмов получается итоговое разбиение гидродинамической модели по вертикали.

Рассмотренный подход был реализован в ПО «GMUpscale», разработанном в программной среде «Delphi». Пример работы программы и один из основных алгоритмов приведены на рис. 2, 3.

ПО «GMUpscale» является универсальным продуктом, так как может использоваться с различными программными средствами для гидродинамического моделирования, представленными на российском и зарубежном рынках, такими, как «Eclipse», «Rohar», «TimeZYX» и др.

Для оценки качества выполнения загрубления исходной ГМ при помощи ПО «GMUpscale» был проведен сравнительный анализ. В табл. 3 приведены результаты работы встроенных методов ПК «Eclipse» и метода, реализованного в программном модуле «GMUpscale».

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что ПО «GMUpscale» выполняет ремасштабирование исходной ГМ с точностью, достаточной для проведения гидродинамических расчетов. ГДМ считается подготовленной для расчетов в том случае, если расхождение ее запасов относительно ГМ составляет менее 5 %. Более того, полученные результаты говорят о том, что предложенный метод позволяет с наибольшей точностью сохранить свойства параметров трехмерных цифровых ГМ при ремасштабировании.

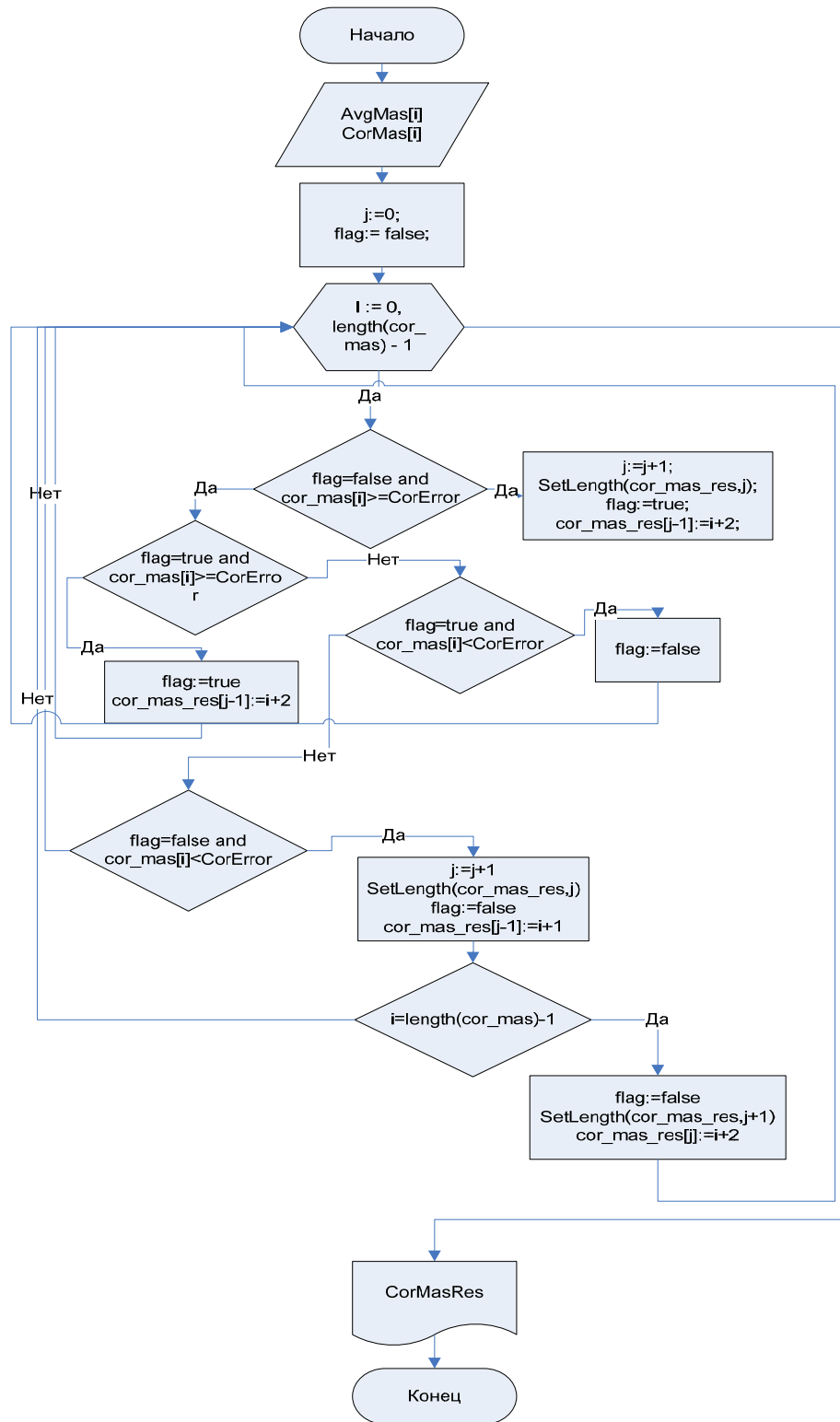


Рис. 2. Алгоритм сокращения количества слоев ГМ при использовании корреляционного метода

Дополнительным преимуществом разработанного авторского метода является экономия времени ремасштабирования исходной ГМ. Экономия времени достигается за счет автоматизации процесса определения слоев для осреднения. Практи-

чески полностью исключается ручной труд на данном этапе. Метод дает возможность задать точность ремасштабированной модели, это позволит получить необходимый результат с первого раза, без необходимости повторных расчетов.

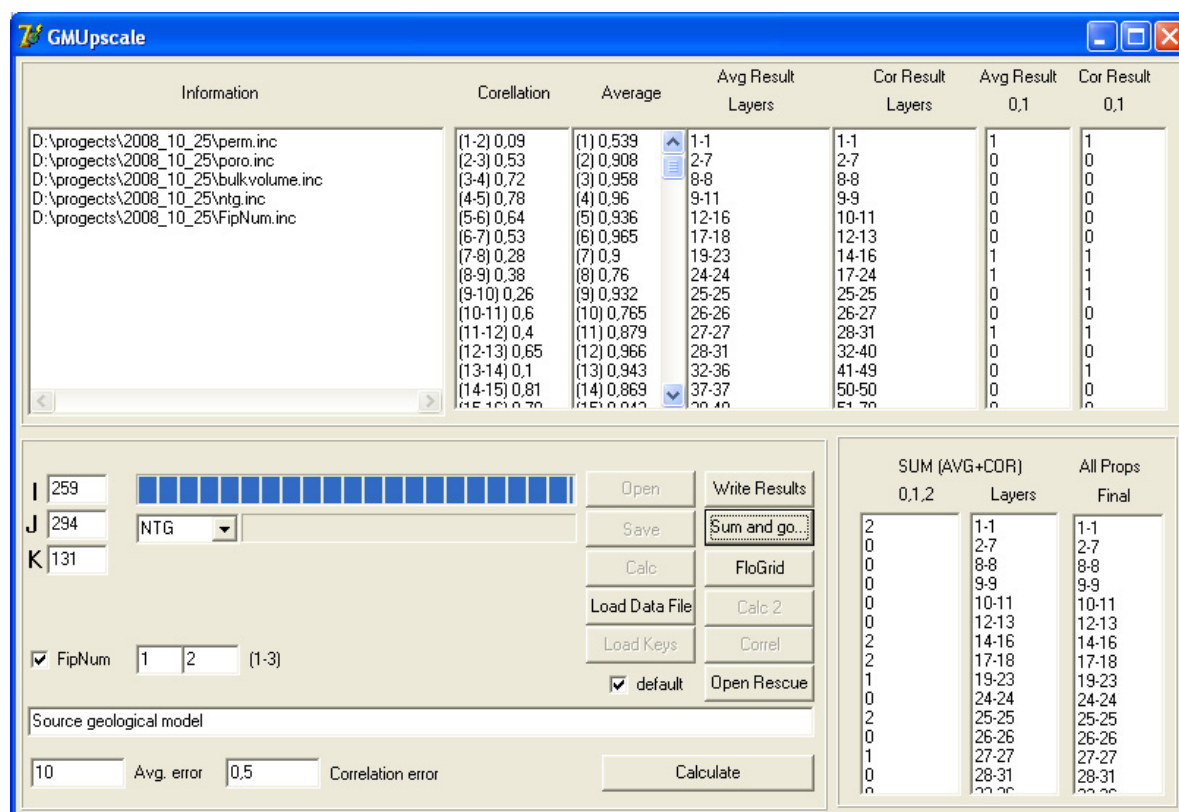


Рис. 3. Пример интерфейса пользователя ПО «GMUpsilon»

Таблица 3. Сравнение результатов работы различных методов

Метод	Пропорциональный	Относительно кровли	Относительно подошвы	Относительно свойств (равномерно)	GMUpsilon
Погрешность запасов относительно исходной ГМ, %	10	12	16	8	4

ПО «GMUpsilon» производит оценку исходной геологической модели и в автоматическом режиме

определяет слои, которые можно совместить друг с другом без существенной потери исходных геологических данных. При этом непосредственно сам процесс осреднения слоев возлагается на комплекс гидродинамического моделирования, который применяется специалистом в дальнейшем. Простота использования, экономия времени, повышение точности результатов и возможность применения с различными программными комплексами являются основными преимуществами разработанного ПО. ПО «GMUpsilon» прошло апробацию при выполнении четырех проектов разработки месторождений Томской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лысенко В.Д., Грайфер В.И. Разработка малопродуктивных нефтяных месторождений. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. – 562 с.
2. Каневская Р.Д. Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. – 212 с.
3. Захарова А.А. Минимизация размерности трехмерных моделей нефтегазовых месторождений // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 7. – С. 57–59.
4. Бердин Т.Г. Проектирование разработки нефтегазовых месторождений системами горизонтальных скважин. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. – 199 с.

Поступила 21.04.2009 г.