

# ТЕСТОВАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСА БИБЛИОТЕК ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ РЕШАТЕЛЕЙ

А. Н. Стаканов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Комплекс библиотек параллельных решателей LParSol [1]:

– состоит из различных библиотек решателей с унифицированным интерфейсом;

– реализован на основе библиотеки PMLP/ParSol, которая используется при проведении расчетов на больших параллельных машинах для решения разреженных систем линейных алгебраических уравнений (сокращенно СЛАУ);

– включает в себя представительный набор последовательных и параллельных предобуславливателей, прямых и итерационных решателей и графовые функции для оптимизации работы с матрицами.

В данном докладе содержится описание тестовой системы (сокращенно ТС) комплекса библиотек LParSol, позволяющей путем перебора всевозможных параметров решать СЛАУ методами LParSol и выбирать оптимальные параметры для решения как отдельной СЛАУ, так и ее серии.

Основные цели использования ТС:

– помощь пользователям в подборе оптимальных методов решения трудных СЛАУ;

– верификация решателей, входящих в LParSol, которая заключается в проверке работоспособности и скорости работы решателей;

– тестирование построенных библиотек в автоматическом режиме.

Тестовая система написана на языке Fortran-90; распараллеливание производится с использованием технологии MPI.

Общий алгоритм работы ТС заключается в считывании СЛАУ из файлов, многократного решения с различными параметрами – и так для всех СЛАУ, указанных в файле с параметрами.

Входные параметры задаются в специальном файле с названием «test\_params.txt», который разделен условно на две части: в первой содержатся списки перебираемых параметров, а во второй – списки путей к файлам СЛАУ.

Параметры решения задаются числовыми списками и состоят из двух строк. В первой указывается количество перебираемых значений, а во второй – сам список из значений. Строки-комментарии начинаются с символа «#».

Каждому параметру LparSol соответствует некоторое число, например, предобуславливателю Блочный Якоби – число 259. Эти значения и указываются в списках параметров. В данном примере осуществляется перебор четырех предобуславливателей.

```
#-----  
# 4) Parallel preconditioner (% dprecond % precond)  
#-----  
# 256 - DPIdentity 257 - DPJacobi 259 - DPJacobiBlock  
# 266 - DPILU0p9 276 - DPAXB 298 - DPtwiced  
# 295 - DD_PGaussSeidel_3d 298 - DPATF 299 - DPILU0p3  
# 301-324 - DP_mt 325-339 - DP_one_node_mt  
# 401 - DP_TPARFBSS 402- DP_HYPRE_BOOMER_AMG  
4  
256 259 276 401  
#-----  
# 5) Inner preconditioner (inner_solver % precond)  
#-----
```

Рис. 1. Отрывок из первой части файла входных параметров

Во второй части «test\_params.txt» указывается список путей к файлам СЛАУ, включая имена файлов. Для решения надо указать:

– путь к файлу с матрицей линейной системы;

– путь к файлу с элементами вектора правой части;

– путь к файлу с элементами вектора начального приближения.

Если начальное приближение отсутствует, будет взято нулевое. Если отсутствует вектор правой части, будет взят единичный вектор.

```
#-----  
# SECOND PART:  
# contains paths to matrices A and vectors b and vectors x0  
#-----  
  
#SLAE1  
D:/Matrices/test/a1.txt  
D:/Matrices/test/b1.txt  
D:/Matrices/test/appri1.txt  
  
#SLAE2  
D:/Matrices/test/a2.bin  
  
#SLAE3  
D:/Matrices/test/a3.bin  
D:/Matrices/test/b3.txt
```

Рис. 2. Пример второй части файла входных параметров

Для корректного считывания СЛАУ должны быть записаны в бинарные или текстовые файлы специальной структуры. В комплексе LParSol есть соответствующие функции записи СЛАУ для пользователей. Текстовые файлы обладают свойством наглядности (элементы в виде текста); запись в бинарные файлы позволяет точно воспроизвести ситуацию расчетов пользователя (исключив ошибки округления).

После каждого решения очередной линейной системы в специальный файл отчета «out\_test.txt» записывается статистическая информация, включающая основные данные о результатах решения каждой СЛАУ, такие как:

- число выполненных итераций решателя;
- код ответа решателя (0 – если успешно решено);
- время построения предобусловливателя (timeDP) в секундах;
- время решения СЛАУ (timeSlv) в секундах;
- общее время решения СЛАУ (timeDP + timeSlv) в секундах;
- относительная точность полученного решения и другие данные.

На рис. 3 показана выдача по решению двух распределенных на 500 процессов СЛАУ с точностью  $10^{-6}$  (параметр Toler). Осуществлялся перебор внутриобластного предобусловливателя (параметр InPrec) при решении методом Блочный Якоби (DPrec = 259) и решателем BiCGStab (Solver = 512).

```
SLAE: Matrix_E_000001.txt
PMLP: Max_iter= 400, Criteria= 1025, Toler =1.E-06, Solver=512, DPREC =259

MPI InPrec Iters Error CritRhs CritOP CritMax timeDP timeSlv timeAll
500 1 2 0 3.7E-09 4.4E-04 1.2E-07 2.24 0.07 2.31
500 6 2 0 3.7E-09 4.4E-04 1.2E-07 0.19 0.03 0.22
500 7 2 0 3.7E-09 4.4E-04 1.2E-07 0.19 0.03 0.22
500 70 2 0 1.6E-09 4.6E-04 1.3E-07 1.52 0.10 1.62
500 71 3 0 6.1E-08 5.1E-02 1.9E-06 0.76 0.16 0.92
500 72 3 0 6.1E-08 5.1E-02 1.9E-06 0.64 0.13 0.77

SLAE: Matrix_K_000001.txt
PMLP: Max_iter= 400, Criteria= 1025, Toler =1.E-06, Solver=512, DPREC =259

MPI InPrec Iters Error CritRhs CritOP CritMax timeDP timeSlv timeAll
500 1 2 0 2.1E-08 6.9E-04 4.9E-07 1.02 0.03 1.06
500 6 2 0 2.1E-08 6.9E-04 4.9E-07 0.20 0.03 0.23
500 7 2 0 2.1E-08 6.9E-04 4.9E-07 0.20 0.03 0.23
500 70 2 0 9.0E-09 6.5E-04 5.0E-07 0.92 0.10 1.03
500 71 3 0 6.1E-07 1.6E-01 1.5E-05 0.79 0.17 0.95
500 72 3 0 6.1E-07 1.6E-01 1.5E-05 0.66 0.14 0.80
```

Рис. 3. Пример файла вывода «out\_test.txt»

Выводная таблица информативна: видно, что все методы решают обе СЛАУ (Error = 0), решения удовлетворяют критерию сходимости (CritRhs = 1025), также видно, на что тратится основное время (построение предобусловливателя, timeDP) и с какими параметрами получено лучшее время решения для каждой СЛАУ: timeAll = 0,22 с и 0,23 с для соответствующей СЛАУ при InPrec = 6 и 7. Этот метод будет рекомендован пользователю как оптимальный для решения задачи.

Таким образом, может быть проверен любой решатель, входящий в состав LParSol, с перебором внутренних параметров решателя.

Например, для комплекса ЛОГОС с помощью ТС путем перебора многочисленных параметров решателя BoomerAMG были подобраны универсальные параметры, позволившие существенно сократить время решения СЛАУ (более чем в 10 раз).

В таблице представлены данные по решению блочной СЛАУ из методики ЛОГОС TVD методами Блочный Якоби (DPrec=259) и TParFBSS (DPrec = 401), входящими в состав LParSol.

#### Результаты решения блочной СЛАУ методами LParSol

MPI	Solver	DPrec	Iters	Error	CritRhs	timeDP	timeSlv	timeAll
1	512	259	12	0	$1,8 \cdot 10^{-7}$	0,51	1,27	1,79
1	549	401	8	0	$1,7 \cdot 10^{-7}$	2,03	0,79	2,83

При помощи ТС также осуществляется верификация решателей, входящих в LParSol, которая заключается в проверке работоспособности и скорости работы решателей на наборе характерных СЛАУ.

Построенные на больших параллельных машинах библиотеки могут быть проверены на первичную работоспособность (отказывают или нет) при помощи автоматического запуска ТС. В этом случае несколькими типичными методами решаются три типичные СЛАУ. В результирующий файл выдается сообщение об успешном завершении или о завершении с ошибками, на основании чего разработчик делает первые выводы о построенной библиотеке.

В качестве дополнительных возможностей ТС выступают:

- поиск минимального/среднего времени решения;
- поиск минимальной степени точности решения;
- опция продолжения перебора (для случаев исчерпания лимитов по времени);
- вывод в отдельный файл параметров и результатов работы наиболее быстрых решателей заданных СЛАУ.

Тестовая система является востребованным инструментом анализа эффективности входящих в LParSol решателей и развивается, дополняется новыми возможностями. Использование ТС полезно как для разработчиков решателей, так и для пользователей, сталкивающихся с трудными СЛАУ в поиске оптимальных методов решения.

## Литература

1. Бартепов Ю. Г., Бондаренко Ю. А., Ерзунов В. А. и др. Комплекс LParSol для решения СЛАУ: Доклад на конференции по математике «КВМ-2011», Новосибирск, 2011.