

А. К. Горшенин, А. И. Зейфман, В. Ю. Королев, Е. С. Агафонов, В. В. Белоусов, Н. Ф. Дышкант (Москва, ФИЦ ИУ РАН, ВоГУ, ВМК МГУ, НИВЦ МГУ). **О применении метода скользящего разделения смесей для стохастической верификации времени выполнения программ.**

Важной задачей при разработке программного обеспечения, в том числе, критического по быстродействию, является контроль накладных расходов, возникающих из-за различных причин (в частности, из-за изменения среды окружения, в которой запускается программа). Одним из инструментов анализа системной производительности может выступать профилировщик. Однако он также может снижать показатели системы (из-за собственной деятельности).

Для анализа функционирования программы в среде выполнения со случайными факторами можно действовать по следующему алгоритму. Один и тот же программный код запускается достаточно большое количество раз для формирования тестовой выборки необходимого размера, которая содержит сведения о времени его работы. Затем эти данные используются в качестве входных для метода скользящего разделения смесей (см., например, [1]) для выявления структурных компонент неизвестного процесса. После этого результаты могут быть сопоставлены с результатами профилирования, в частности, для поиска соответствия между структурными компонентами, выявленными в процессе анализа, и конкретными элементами программного кода, на которые в процентном отношении тратилось время, эквивалентное весам соответствующих компонент в аппроксимирующей смеси. Отметим, что для решения подобной задачи удобно воспользоваться конечными сдвиг-масштабными смесями нормальных законов [1].

На рис. приведен пример данных, сформированных профилировщиком пакета MATLAB для запуска одной из встроенных функций (которая, в свою очередь, содержит вызовы других функций). Данный пример интересен тем, что пользователю доступна реализация встроенной функции. Как видно из рисунка, есть один участок в программном коде, работа которого составляет около 80% общего времени, еще один блок с 8% затрат и 3 участка с долей около 3% каждый. Стоит отметить, что эти данные весьма хорошо согласуются с результатами метода скользящего разделения смесей (уже для всей тестовой выборки), в котором явно присутствовала одна главная компонента с большим весом, одна компонента с умеренным весом, а также 2–3 «шумовые» компоненты. Таким образом, использование данных профилировщика позволяет нам интерпретировать выделенные структурные компоненты.

Такая методология может дать достаточно интересные результаты с точки зрения оценивания производительности программного кода и соответствующей структуры временных затрат, в частности, в рамках разработки вычислительной онлайн-системы для построения структурных моделей информационных потоков [2] для определения эффективности ее отдельных модулей.

Стоит отметить, что метод скользящего разделения смесей является одной из ключевых составляющих предлагаемой в работе [2] системы. При этом, помимо упомянутых выше конечных сдвиг-масштабных смесей, в системе предусматривается ре-

ализация и так называемых дисперсионно-сдвиговых смесей нормальных законов (с учетом использования ряда теоретических результатов, полученных разработчиками, см., например, статью [3]).

Line Number	Code	Calls	Total Time	% Time
88	<code>cax = newplot(cax);</code>	1	0.050 s	79.4%
101	<code>hh = double(graph3d.surfaceplo...</code>	1	0.005 s	7.9%
106	<code>grid(cax, 'on');</code>	1	0.002 s	3.2%
105	<code>view(cax, 3);</code>	1	0.002 s	3.2%
78	<code>error(surfchk(dataargs{:}));</code>	1	0.002 s	3.2%
All other lines			0.002 s	3.2%
Totals			0.063 s	100%

Рис. Анализ данных профилировщика для одного из запусков программного кода

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 15-07-05316а и 15-37-20851мол_а_вед).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Королев В. Ю.* Вероятностно-статистические методы декомпозиции волатильности хаотических процессов. М.: изд-во Московского ун-та, 2011.
2. *Gorshenin A., Kuzmin V.* Online system for the construction of structural models of information flows. — Proceedings of the 7th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems ICUMT-2015, October 6–8, 2015, Brno, Czech Republic. NJ, USA: IEEE, 2015, p. 216–219.
3. *Королев В. Ю., Корчагин А. Ю., Горшенин А. К.* Некоторые свойства дисперсионно-сдвиговых смесей нормальных законов. — Статистические методы оценивания и проверки гипотез, 2015, в. 26, с. 134–153.