

### 0.1. Кондратьев Д.А. На пути к дедуктивной верификации C-программ, расширенных циклами языка Cloud Sisal

В ИСИ СО РАН разрабатывается система верификации C-lightVer [1]. Это система дедуктивной верификации C-программ. Промежуточным языком верификации в данной системе является C-kernel [2]. Для языка C-kernel была разработана аксиоматическая семантика. Система C-lightVer основана на трансляции входных программ на язык C-kernel и дедуктивной верификации полученных C-kernel программ.

Также в ИСИ СО РАН разрабатывается система облачного параллельного программирования (CPPS) [3]. Входным языком данной системы является Cloud Sisal [3]. Главной особенностью системы CPPS является неявный параллелизм, реализованный как векторизация циклических выражений языка Cloud Sisal. Специальная форма задания таких выражений позволяет эффективно векторизовать их.

Также основой языка Cloud Sisal являются выражения создания массивов и выражения замещения элементов массивов. Выражение создания массива позволяет создать массив, значения элементов которого определены с помощью итераций специального вида. Выражение замещения элементов массива позволяет создать массив, отличающийся от исходного значениями элементов, соответствующих определенным итерациям.

Ранее была разработана аксиоматическая семантика для подмножества языка Cloud Sisal, называемого Cloud-Sisal-kernel [4]. Эта семантика включает правило вывода для циклических выражений. Это правило основано на замене действия цикла на специальную рекурсивную функцию. Такая замена позволяет избежать задания инварианта цикла. Аналогичная семантика была разработана для выражений создания массивов и выражений замещения элементов массивов, также входящих в язык Cloud-Sisal-kernel.

Для повышения эффективности вычислений возникла задача расширить язык C циклами языка Cloud Sisal. Первым результатом представленного исследования является расширение языка C-kernel циклическими выражениями языка Cloud-Sisal-kernel. Аналогичным образом язык C-kernel был расширен выражениями создания массивов и выражениями замещения элементов массивов. Полученный язык назван C-Sisal-kernel.

Вторым результатом представленного исследования является расширение аксиоматической семантики языка C-kernel правилом вывода для циклических выражений языка Cloud-Sisal-kernel. Кроме того, аксиоматическая семантика языка C-kernel была расширена правилами вывода для выражений создания массивов и выражений замещения элемен-

тов массивов. Полученная семантика является аксиоматической семантикой языка C-Sisal-kernel. Также в данном исследовании представлен эксперимент по верификации программы на языке C-Sisal-kernel. Данная программа суммирует элементы матрицы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (код проекта № 18-11-00118).*

*Научный руководитель — к.ф.-м.н. Промский А. В.*

#### Список литературы

- [1] КОНДРАТЬЕВ Д.А. Расширение системы C-light символическим методом верификации конечных итераций // Вычислительные технологии. 2017. Т. 22. XVII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям. С. 44–59.
- [2] NEPOMNIASCHY V. A., ANUREEV I. S., PROMSKIY A. V. Towards Verification of C Programs: Axiomatic Semantics of the C-kernel Languages // Programming and Computer Software. 2003. Vol. 29. N. 6. P. 338–350.
- [3] KASYANOV V., KASYANOVA E. Methods and System for Cloud Parallel Programming // Proceedings of the 21st International Conference on Enterprise Information Systems, Heraklion, 2019 Setubal: SciTePress, 2019. P. 623–629.
- [4] KONDRATYEV D. A., PROMSKIY A. V. Towards verification of scientific and engineering programs. The CPPS project // Computational Technologies. 2020. Vol. 25. N. 5. P. 91–107. (To appear)