

УДК 519.681.2

AMS MSC2020: 68Q85

## О системах переписывания процессов высокого уровня

Ломазова И. А.

НИУ «Высшая школа экономики»

**АННОТАЦИЯ.** Системы переписывания процессов (Process Rewrite Systems — PRS) Ричарда Майра представляют собой систему переписывания термов специального вида и задают унифицированное представление для конечных и магазинных автоматов, сетей Петри и некоторых классов алгебр процессов. В докладе рассматривается (P,P)-подкласс систем переписывания процессов, соответствующий классическим сетям Петри, и его расширение HPRS для моделирования систем с динамической структурой. Обсуждаются вопросы выразительности и разрешимости.

**Ключевые слова:** модели распределенных вычислений, системы переписывания процессов, выразительность, разрешимость.

Формальные модели распределенных систем остаются актуальной темой для исследования в связи с их важностью для приложений, например, для моделирования и анализа поведения сетевых агентов, а также распределенных информационных и технологических систем. При этом очень актуальной является разработка формализмов для моделирования сложных систем с динамической структурой, в частности, для моделирования адаптивных систем.

Системы переписывания процессов (Process Rewrite Systems — PRS) Ричарда Майра [2] представляют собой систему переписывания термов специального вида и задают унифицированное представление для конечных и магазинных автоматов, сетей Петри и некоторых классов алгебр процессов.

Пусть  $Act = \{a, b, \dots\}$  — бесконечное множество имен действий,  $Atom = \{\varepsilon, A, B, \dots\}$  — бесконечное множество атомов. В PRS-системах термы строятся из атомов с помощью операций параллельной (обозначается  $\_||\_$ ) и последовательной композиции (обозначается  $\_.\_$ ). При этом считается, что операция параллельной

композиции ассоциативна и коммутативна, операция последовательной композиции ассоциативна.

PRS-система определяется как пара  $(t_0, \Delta)$ , где  $t_0$  — терм, задающий начальное состояние,  $\Delta$  — множество правил (подстановок) вида  $(t_1 \xrightarrow{a} t_2)$ , где  $t_1$  и  $t_2$  — термы,  $a$  — имя действия из  $Act$ .

(P,P)-подкласс систем переписывания процессов, когда в термах используется только операция параллельной композиции, соответствует классическим сетям Петри.

Отношение перехода  $\xrightarrow{a}$ , где  $a \in Act$ , задается тогда правилами вывода:

$$\mathbf{R}_1 : \frac{(t_1 \xrightarrow{a} t_2) \in \Delta}{(t_1 \xrightarrow{a} t_2)} \quad \mathbf{R}_2 : \frac{t_1 \xrightarrow{a} t'_1}{t_1 \parallel t_2 \xrightarrow{a} t'_1 \parallel t_2} \quad \mathbf{R}_3 : \frac{t_2 \xrightarrow{a} t'_2}{t_1 \parallel t_2 \xrightarrow{a} t_1 \parallel t'_2}$$

Соответственно, семантика PRS-системы задается с помощью системы помеченных переходов, в которой состояния представлены PRS-термами, а переходы помечены именами действий.

В докладе рассматривается расширение (P,P)-подкласса систем переписывания процессов для моделирования систем с динамической структурой — системы переписывания процессов высокого уровня (HPRS-системы) [1].

В HPRS-системах термы наряду с атомами содержат переменные и подтермы вида  $(t_1 \xrightarrow{a} t_2)$  — процедура  $a$ , соответствующая замене подтерма  $t_1$  на  $t_2$ .

Конкретизацией процесса  $P$  называется процесс  $P'$ , полученный из  $P$  одновременной подстановкой термов вместо некоторых переменных в  $P$  (обозначение:  $P' \sqsubseteq_c P$ )

Отношение перехода в HPRS определяется правилами вывода  $\mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2, \mathbf{R}_3$ , а также правилом вызова процедуры:

$$\mathbf{R}_4 : \frac{(P_1 \xrightarrow{a} P_2) \sqsubseteq_c (P'_1 \xrightarrow{a} P'_2)}{((P_1 \xrightarrow{a} P_2) \parallel P'_1) \xrightarrow{a} ((P_1 \xrightarrow{a} P_2) \parallel P'_2)}$$

В докладе обсуждаются вопросы выразительности HPRS-систем и разрешимости для них некоторых семантических свойств.

Заметим, что HPRS-системы действительно позволяют гибко менять структуру системы. Например, правило  $X \parallel X \rightarrow X$  удаляет все кратные вхождения атомов в терме. Правило  $(X \mapsto Y) \rightarrow e$

удаляет из программы описания процедур. Правило  $(X \mapsto Y) \rightarrow X$  извлекает формальный параметр процедуры.

### Список литературы

- [1] *Ломазова, И. А.* Универсальные сети Петри и системы переписывания процессов, дополненные процедурами // Доклады Академии наук. — 2005. — Т. 401, № 1. — С. 30–33.
- [2] *Mayr, R.* Process Rewrite Systems // Information and Computation. — 2000. — Vol. 156, № 1. — P. 264–286.

### Библиографическая ссылка

*Ломазова, И. А.* О системах переписывания процессов высокого уровня // Всероссийская научная конференция «Математические основы информатики и информационно-коммуникационных систем». Сборник трудов. — Тверь : ТвГУ, 2021. — С. 42–44.

<https://doi.org/10.26456/mfcsics-21-4>

### Сведения об авторах

**Ирина Александровна ЛОМАЗОВА**

НИУ «Высшая школа экономики». Профессор

Россия, 109028, Москва, Покровский бульвар, 11, НИУ ВШЭ

E-mail: [ilomazova@hse.ru](mailto:ilomazova@hse.ru)