

# РЕЦЕНЗИЯ

на статью В.В. Рыбакова  
«Multi-agent Logics with Frozen States,  
Admissibility via Projectivity»

## Общая характеристика работы

В работе исследуются мульти-агентные темпоральные логики, семантика которых обогащена так называемыми «замороженными состояниями» (frozen states). Основная идея заключается в том, что в моделях Крипке допускаются состояния, в которых информационные каналы между агентами «разорваны». Это позволяет более адекватно моделировать реальные ситуации в распределённых сетях, где возможны сбои или временная недоступность информации.

Автором рассматриваются алгоритмические проблемы, связанные с построенной логикой  $L$ : разрешимость, унифицируемость и допустимость правил вывода. Для их решения автор применяет технику проективных формул и унификации, восходящую к работам С. Гиларди. Основным результатом состоит в том, что в этой логике любая унифицируемая формула является проективной, что влечёт разрешимость проблемы допустимости правил вывода.

Тематика мульти-агентных логик и их алгоритмических свойств является активно развивающейся областью современной математической логики и теоретической информатики. Предложенное автором расширение семантики за счёт «замороженных состояний» обладает новизной и мотивировано практическими задачами моделирования информационных взаимодействий. Метод проективных унификаторов, адаптированный к сложной логике, демонстрирует высокий уровень исследования. Кроме того, автор является известным специалистом, работающим в этой области.

Считаю, что работу можно принять к публикации после некоторой доработки текста.

При чтении статьи я столкнулся с рядом технических трудностей, о которых скажу ниже. Несмотря на то, что работа, скорее всего, будет понятна узкому специалисту, на мой взгляд было бы уместным внести некоторую корректировку в текст: это позволило бы как расширить круг читателей, так и прояснить особенности предмета исследования.

## Комментарии и замечания

Я разделю свои комментарии и замечания по тексту на группы. Моя цель — проявить возможные трудности читателя. Полагаю, автор сам решит, как лучше поступить в каждом из случаев.

1. **Язык и стиль.** В тексте имеются грамматические ошибки, опечатки и неидиоматичными выражениями (например, «in seems», «less as a page», «to be in previous time cluster»). Это затрудняет чтение и создаёт впечатление небрежности. Статья нуждается в тщательной лингвистической правке. Увы, я не владею английским достаточно хорошо, чтобы предлагать конкретные изменения, и здесь было бы уместно обратиться за консультацией к кому-то с хорошим знанием языка.
2. **Обозначения.** Неясно, в чём разница между некоторыми обозначениями. Например, в чём разница между  $\mathbf{C}(\mathbf{i})$ ,  $C(i)$  и  $C_i$ , между  $Prev$  и  $\mathbf{Prev}$ , между  $R_j$  и  $\mathbf{R}_j$ , между  $J$  и  $\mathbf{J}$ ? Насколько я вижу, в каждом из случаев имеется в виду одно и то же, и тогда неясно, для чего автору понадобилось заботиться об использовании разных шрифтов. Если всё-таки разница есть, то её стоит пояснить читателю. В целом, стоит внимательно «вычитать» формулы и привести к единообразию все используемые обозначения. Например, список переменных от  $p_1$  до  $p_n$  обозначается в тексте и « $p_1, \dots, p_n$ », и « $p_1, \dots p_n$ », и « $p_1 \dots p_n$ ». Некоторые обозначения нестандартны: например,  $p_j \Rightarrow \psi_j$  означает не строгую импликацию формул, как можно было бы предположить, а описание функции, задаваемой правилом  $p_j \mapsto \psi_j$ .
3. **Определения.** Важные понятия определены неаккуратно. Приведённые определения, возможно, будут понятны узкому специалисту;

но как раз ему они не требуются. Для читателя, который знаком с областью не так глубоко, определения требуют корректировки. Так, в определении 3.1 не объясняется, что такое  $\leq$ ,  $\mathbf{Prev}$  и  $\mathbf{R}_j$ ; по всей видимости, следующий за этим определением абзац должен быть частью этого определения (но нужно согласовать обозначения, см. выше). Ключевое понятие «замороженных состояний» (определение 3.2) введено крайне запутанно. Имеющееся сейчас использование обозначений  $P_n[C(i)]$ ,  $Pos_n$ ,  $Y_n$ ,  $Y_m$  без поясняющих примеров делает его трудновоспринимаемым. Желательно переформулировать определение более ясно и, возможно, проиллюстрировать его на конкретном примере. Так,  $Y_n \in Pos_n$  предполагает, что числу  $n$  сопоставлено одно  $Y_n$ , но по тексту видим «ану  $Y_n \in Pos_n$ ». Тогда либо таких  $Y_n$  несколько, и в этом случае использование того же индекса  $n$  вводит в заблуждение, либо «ану» относится неявно к  $n$ , и тогда это лучше написать явно. Потом возникает  $Y_m$ , где про  $m$  ничего не сказано, и в итоге смысл определения ускользает.

4. **Конструкция проективной подстановки.** В доказательстве Теоремы 3.4 приводится громоздкая формула для проективной подстановки  $\sigma$ , занимающая несколько строк. Отсутствует какое-либо объяснение её структуры, мотивация выбора её компонентов. Это делает доказательство практически нечитаемым и значительно затрудняет проверку. Хорошо бы разбить конструкцию на логические блоки, пояснить назначение каждого дизъюнкта и, возможно, предварительно сформулировать и доказать вспомогательные утверждения.
5. **Пробелы в доказательствах.** Доказательства Лемм 3.5 и 3.6 помечены как «стандартная индукция по длине формулы». Однако в контексте столь сложной подстановки и нетривиальной семантики модальностей этого недостаточно. Было бы уместным хотя бы наметить ключевые шаги индукции для модальных операторов  $\diamond$  и  $\diamond_{Prev}$ .
6. **Неполнота сравнения.** Автор не проводит сравнительного анализа предложенной логики с известными мульти-агентными темпоральными логиками. Не обсуждается, какие именно формулы становятся общезначимыми (или, наоборот, опровержимыми) из-за условия «замороженности». Кроме того, у автора имеются близкие работы, которых нет в списке цитируемой литературы. Например, на мой взгляд, было бы уместно дать сравнение представленных результатов с результа-

тами недавней работы автора [В.В. Рыбаков. Мульти-агентные логики с взаимодействием, унифицируемость и проективность // СЭМИ, 21(2):1370–1384, 2024], где, как мне кажется, затрагиваются близкие вопросы.

Текст содержит и другие мелкие неаккуратности. Прикрепляю файл с исходным текстом статьи, где имеются некоторые пометки, возникшие по ходу чтения. Надеюсь, они помогут при подготовке окончательной версии статьи.