

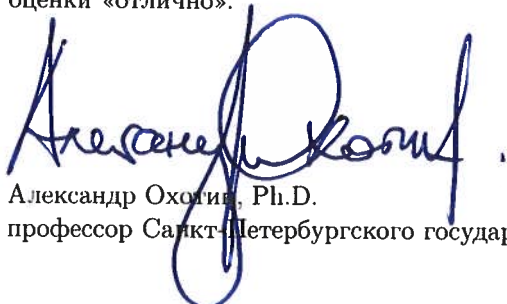
Отзыв научного руководителя  
на дипломную работу Ольги Мартыновой  
«Minimal strings and graphs accepted by automata»

В дипломной работе Ольги Мартыновой исследуются автоматы с конечным числом состояний, анализирующие поданный на вход объект. В общем случае автоматы обходят граф, перемещаясь по рёбрам, и называются графоходными (graph-walking automata, GWA); если граф — это дерево, то получается хорошо известная модель — древоходные автоматы (tree-walking automata, TWA); если же граф — это цепочка вершин, то модель вырождается в классические двухсторонние конечные автоматы (two-way finite automata, 2DFA). Также изучаются параллельные древесные автоматы (tree automata, TA). Всё это важные модели в теоретической информатике: 2DFA — это машина Тьюринга с конечной памятью; TWA и TA — модели анализа структурированных данных, а GWA общего вида моделируют исследование пространства автономным роботом.

В работе изучается вопрос о том, какой размер может иметь минимальный объект, на котором автомат с  $n$  состояниями выдаёт ответ «да» (если такой объект существует). Для двухсторонних автоматов ранее были известны примеры с кратчайшими строками длины порядка  $1.6^n$  — а в работе Ольги Максимовны строятся новые автоматы, для которых длина кратчайшей строки составляет  $\frac{3}{4}2^n - 1$  (при верхней оценке порядка  $4^n$ ). Для подкласса 2DFA, помнящих направление последнего перехода, максимальная длина кратчайшей строки определяется точно, она равна  $\binom{n}{\lfloor n/2 \rfloor} - 1$ . Для максимального размера наименьшего дерева, принимаемого древоходным автоматом, впервые устанавливается как нижняя оценка порядка  $2^{r \cdot 1.618^n}$ , где  $r$  — максимальная степень вершины, так и близкая к ней верхняя оценка порядка  $2^{r \cdot 3.572^n}$ . Для древесных автоматов максимальный размер наименьшего дерева установлен в точности, оценка имеет экспоненциальный порядок. Наконец, для графоходных автоматов впервые даётся верхняя оценка размера наименьшего принимаемого графа — как и в случае деревьев, двойная экспоненциальная от числа состояний.

Полученная в работе верхняя оценка размера наименьшего графа, принимаемого графоходным автоматом, позволяет заключить, что задача проверки данного автомата на пустоту распознаваемого множества графов разрешима (чего ранее не было известно). Автор идёт дальше и устанавливает её точную вычислительную сложность: доказывается, что задача NEXP-полна для графоходных автоматов, а для замощений графов подграфами-звездами (более мощной модели, чем графоходные автоматы) задача NP-полна.

В работе Ольги Мартыновой решено несколько задач, подчинённых общему замыслу, и каждой из них в отдельности было бы достаточно для превосходной магистерской работы. Вместе же они составляют законченное научное исследование, вносящее значительный вклад в теорию автоматов, которое могло бы быть кандидатской диссертацией. Все результаты получены автором самостоятельно, участие научного руководителя сводилось к обсуждению задач и общих подходов к решению; глава, посвящённая графоходным автоматам, написана вообще безо всякого участия научного руководителя. По результатам работы запланированы три статьи, одна из которых уже принята на конференцию (DCFS 2023), одна сдана в редакцию журнала, и ещё одна готовится к печати. Считаю, что работа Ольги Мартыновой значительно превосходит требования, предъявляемые к магистерским работам, и с большим запасом соответствует критериям оценки «отлично».



Александр Охогин, Ph.D.  
профессор Санкт-Петербургского государственного университета

9 июня 2023 г.