

## Рецензия

На выпускную квалификационную работу Мальковского Николая Владимировича  
«Построение оптимальных потоковых процессов в задачах распределения загрузки  
вычислительной сети»

В работе рассматриваются методы оптимизации, относящиеся к потоковым задачам на графах, и их применение к задачам распределения загрузки в вычислительной сети. Предлагаемые методы во многом опираются на классические результаты в области алгоритмов решения потоковых задач на графах.

В работе не предлагаются новые методы решения традиционных задач как таковые, однако обосновывается возможность применения подобных методов в ситуациях, для которых они не были предназначены изначально (в условиях внешних воздействий на систему / неопределенностей окружающей среды). Целью работы является построение таких потоковых процессов, которые приводят систему из указанного состояния в желаемое за наименьшее возможное время.

Основной теоретический результат работы заключается в утверждении, что может быть построена асимптотически оптимальная адаптация традиционных методов решения потоковых задач для различных задач с неопределенностями. Предложен способ построения потокового процесса в сети (в виде математической функции), основанный на решении «задачи о параметрическом потоке» в условиях динамически изменяющихся функций пропускных способностей. Доказано, что это построение является асимптотически оптимальным по времени работы системы. Показано, как с помощью этого подхода можно решить две задачи: выполнить распределенный произвольным образом набор независимых заданий в вычислительной сети за минимальное время и собрать информацию группы БПЛА на одном конкретном БПЛА за наименьшее время. Для первой задачи предполагается, что известно среднее время выполнения задания на вычислительном узле и размер контекста каждого задания, но при этом не известно, сколько именно будет выполняться каждое задание. Во второй задаче неопределенностями являются динамически изменяющиеся пропускные способности: БПЛА могут передавать информацию между собой не в любой момент времени, а только тогда, когда находятся близко друг к другу.

Для указанных случаев приведены вероятностные оценки запаздывания построенного процесса по сравнению с оптимальным процессом. Также реализован пакет прикладных программ, состоящий из интерфейса для построения описанных методов, симулятора работы сетевой вычислительной системы и реализации методов решения «задачи о параметрическом потоке».

Работа содержит широкий обзор существующих методов оптимизации потоковых процессов в сетях. Представлен интересный математический результат, который может быть использован на практике. Тем не менее, к работе имеются следующие замечания:

- В работе четко не прописано, как именно на практике реализуется адаптация процесса (5.19) на практике.

- Оценки, предложенные в разделе 5 для стохастического случая, являются консервативными. Из этих оценок для заданной вероятности  $p$  можно получить такую величину, что с вероятностью  $p$  в канале связи не произойдет задержки из-за стохастических неопределенностей, превосходящих эту величину. Такого рода оценки скорее всего очень грубы и на практике бесполезны. Более того, для этих оценок в явном виде не проведен переход от задержек в одном канале связи до всей системы.

- В работе отсутствует сравнение реализации потоковых задач оптимизации со стандартными пакетами решения задач линейного программирования.

- Практические примеры описаны в очень общем виде. Сами эксперименты не описаны и никаких данных по ним не приведено, что говорит о том, что на практике описанные

методы не использовались. Поэтому такие примеры могут восприниматься лишь как возможные области применения.

- На рисунках с графами (Рис.6 и Рис.7) все термины приведены на английском языке, в то время как для них есть общепринятые русскоязычные названия.

В целом выпускная квалификационная работа Мальковского Николая Владимировича выполнена на высоком уровне и заслуживает оценки «отлично».

кандидат физико-математических наук

Шалымов Дмитрий Сергеевич

