После этапов подготовки к сбору информации (то есть написания план-программы экспериментов), сбора информации (то есть наполнения журнала исследователя точечными измерениями в рамках непосредственного проведения экспериментов) и обработки полученной информации (которая может быть поделена на предварительную (вычисление статистических метрик и возможное переделывание экспериментов) и окончательную (вычисление косвенных величин и составление диаграмм)) идет этап анализа полученной информации, который по табличным и графическим данным предполагает описание выводов на языке предметной области (то есть должны быть описаны возможные зависимости, тенденции таким образом, чтобы читателю не нужно было обращаться к графическим и тем более менее информативным табличным данным, но фактура присутствовать должна).

По нашим экспериментальным выходным данным можно сделать следующие выводы:

1. Как и ожидалось, понижение значения γ (процента работающих клиентов, ниже которого считаем, что сеть отказала) повышает рассчитываемый коэффициент готовности (Кг\_s12>=Кг\_s1), значит, повышает надежность сети. Поэтому выбор γ должен быть осознанным.
2. Понижение надежности сети приводит к понижению времени исполнения физической модели. Это можно объяснить тем, что интенсивность кадров в этом случае сильно колеблется и “время жизненного цикла кадра” ниже обычного, поэтому тратится меньше памяти и времени на работу модели. Например, отказывает узел, а трафику некуда идти, тогда те кадры, которые успели прийти в этот узел, просто удалятся. В рамках AnyLogic моделируется непрерывный поток кадров, и они просто удаляются в узле назначения, если не было резервных – главное, что интенсивность приходящих кадров упадет.
3. Повышение интенсивности кадров от клиентов повышает время исполнения и выделяемую память. Например, при высокой надежности сети (с учетом определенных значений параметров и всех обозначенных в план-программе условий) на суперкомпьютере 1 модельный час на 1-ом прогоне для [10;20] кадр/с длится примерно 3 минуты, для [100;200] кадр/с – 23 минут, для [1000;2000] кадр/с – более 3.5 часов (последний случай в список итоговых серий (красным) не попал, но проверялся потом отдельно), что явно требует пересмотра ресурсов, которые может предоставить суперкомпьютер, и/или пересмотра работы модели (оптимизация кода по времени и памяти).
4. Для работы на суперкомпьютере мы взяли следующие лимиты (в заявке): 140 ГБ памяти из СХД, 10000 CPU-часов и 2000 GPU-часов – это максимум, который предоставляет отдел суперкомпьютерного моделирования для образовательного проекта. Этих ресурсов для наших задач хватило сполна. Памяти занято меньше 1 ГБ, а машинное время израсходовано менее 10%. Также стоит отметить, что, согласно анализу задач в HPC TaskMaster, для большинства задач физического моделирования зафиксирована низкая средняя загрузка на CPU, а также низкая загрузка отдельных ядер CPU; кроме того, низкая средняя загрузка на GPU и малое использование графической памяти. Это может сигнализировать о том, что ряду задач выделено больше ядер CPU и GPU, чем необходимо. GPU будет работать многократно быстрее, если все необходимые для расчёта данные уже загружены в её высокоскоростную память. Работа с оперативной памятью намного быстрее работы с диском.

Дополнительные замечания к итоговой методике:

1. В работе модели можно дополнительно ввести периодические возможные (согласно определенной вероятности) повышения нагрузки на сеть, связанные с определенными плановыми мероприятиями (событиями), требующими от компьютерной сети повышенной надежности. Например, проведение экзаменов с прокторингом, большая распродажа товаров.
2. Сеть должна моделироваться модельными годами, так как предметная область предполагает длительную работу сети с высокой надежности ее объектов. В то же время нужно быть достаточно уверенным, что к концу времени наблюдения за моделью структура сети и ее параметры не поменяются. При этом некоторые параметры сети могу меняться в зависимости от текущей обстановки работы сети (например, меняться стратегия разгрузки оборудования), но это должно быть учтено в работе модели.
3. Если нормированное значение коэффициента готовности оказывается больше получившегося значения, нужно по возможности рассмотреть другие варианты построения сети, стратегий технического обслуживания и ремонта, а также предоставляемых услуг связи. Не исключено, что потребуется сравнивать несколько вариантов одновременно и в конечном счете выбрать оптимальный по ряду критериев (например, близость коэффициента готовности к нормированному значению (max; а абсолютная погрешность- min), израсходованный бюджет (min)).

Дополнительные сферы исследований:

1. Проведенные эксперименты показали, что наши модели способны выполнять оценку надежности высоконагруженной компьютерной сети, рассчитывая коэффициент готовности, причем надеемся, что все возможные причины сбоев в их работе были выявлены и устранены в процессе отладки. Поэтому верификация моделей требованиям технического задания выполнена. Но в идеале также необходимо пройти валидацию моделей на предмет их соответствия надежности реальных сетей, чтобы доказать адекватность (компромисс между легкостью и сложностью) созданных моделей.