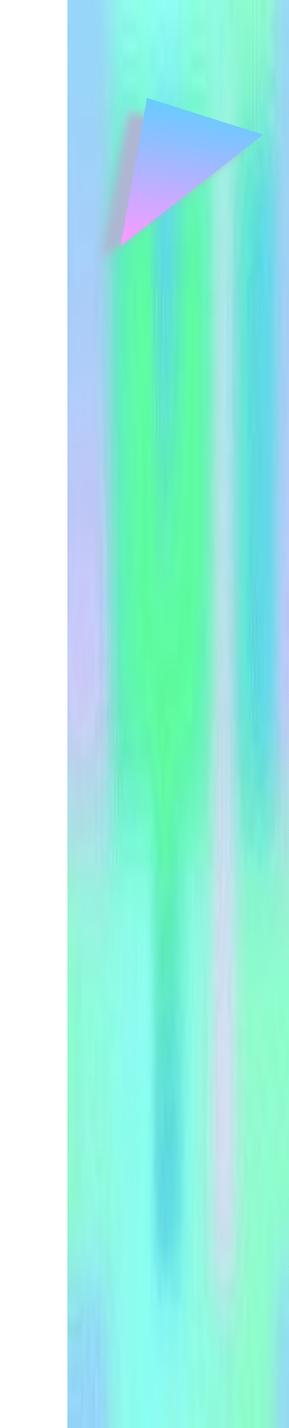


Ставропольский государственный университет



**Моделирование сетевого
взаимодействия астрономических
роботизированных комплексов**

Дмитриев Николай Владимирович



Задачи:

Учебно-эстетические

- ❖ **Астрофотография**

Учебно-научные

- ❖ **Мониторинг ИСЗ**
- ❖ **Поиск новых и сверхновых звезд**
- ❖ **Изучение атмосферных явлений**
- ❖ **Обнаружение и расчет траекторий астероидов, сближающихся с Землей и объектов «косм. мусора»**

Научные

- ❖ **Поиск оптических ореолов GRB**
- ❖ **Поиск экзопланет**
- ❖ **Фотометрия и спектроскопия**



Сеть малых телескопов – сеть массового обслуживания

Обслуживающие аппараты - телескопы малого и среднего диаметра.

Транзакты (обслуживаемые заявки)

- *Заявки на активные виртуальные наблюдения:*

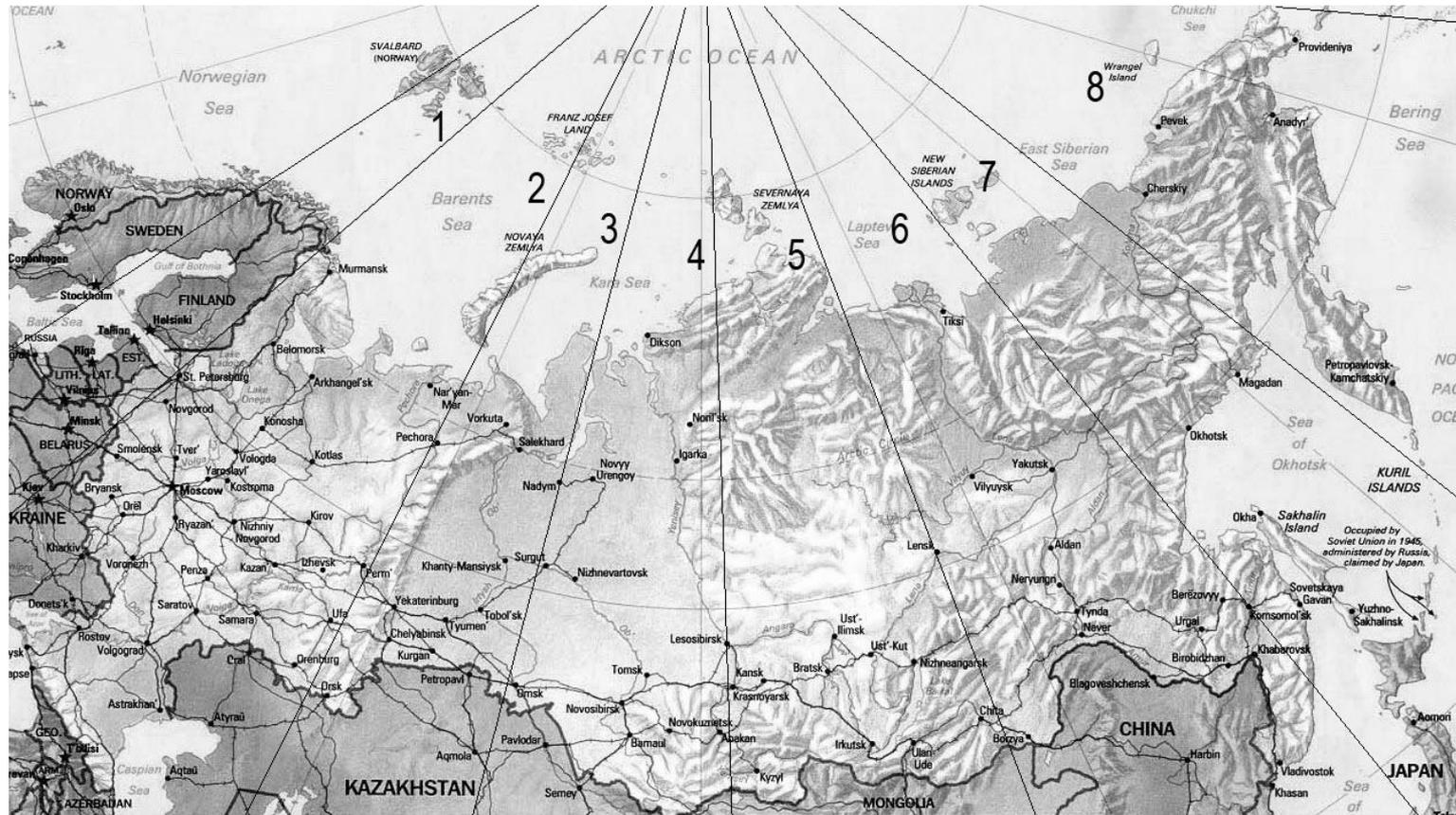
- ❖ удаленный доступ
- ❖ роботизированный мониторинг
- ❖ браузерное наблюдение с указанием параметров

- *Заявки на пассивные виртуальные наблюдения:*

- ❖ мониторинг текущих задач, без возможности контроля
- ❖ получение астрофизических данных ранее прошедших наблюдений

Каналы связи – общедоступные сети и Internet

Географическая распределенность



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|------------|
| Зона (В. Д.) | до 30° | до 55° | до 75° | до 95° | до 115° | до 135° | до 155° | свыше 155° |
| Число узлов | 8 | 46 | 14 | 13 | 4 | 3 | 3 | 1 |
| Потери, % | 19 | 17 | 25 | 25 | 6 | 33 | 0 | 0 |

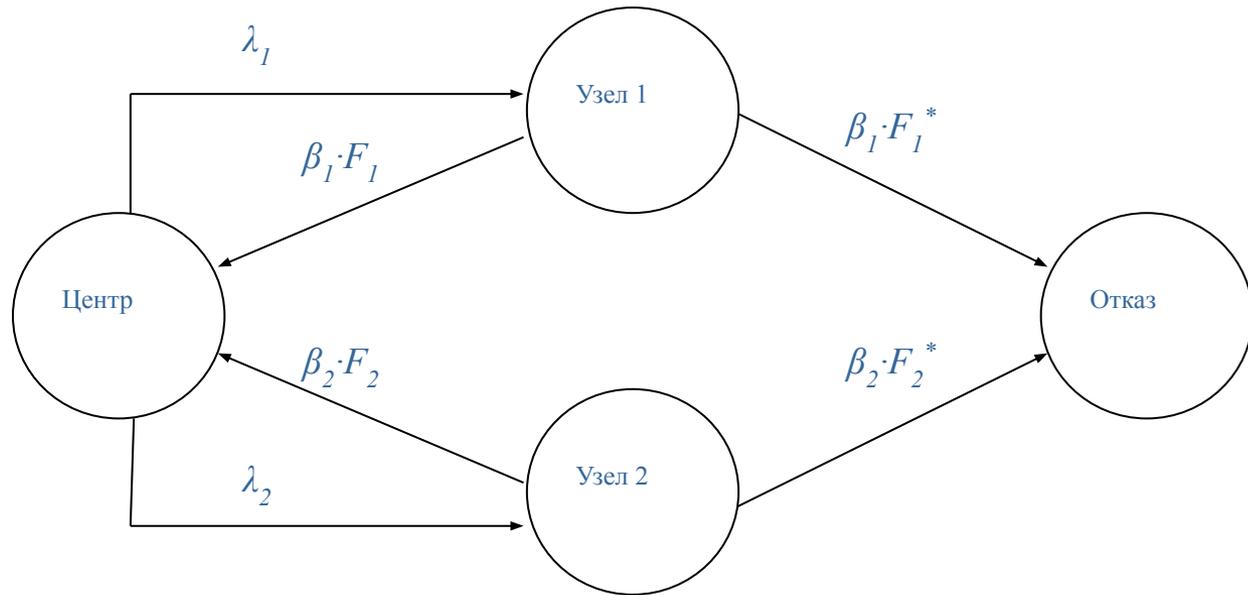
Этапы разработки и внедрения

- Поиск потенциальных участников (университетские центры и научные организации)
- Разработка, либо приобретение телескопов, имеющих базовые средства автоматизации, стандартизация
- Единоначальное либо иерархическое управление сетью из центра, отвечающего за прием заявок и принятие решений (контролируется оператором)
- Автоматизация процесса принятия решений
- Делегирование ряда функций центра конечным узлам сети (стратегия коллективного управления)
- Ведение отдельных очередей заявок

Модель сети с runtime-потерями

- ❖ $\lambda_i \leq \beta_i$ (все входящие заявки обслуживаются)
- ❖ *Runtime-потери – неудовлетворительный результат, получившийся вследствие аппаратного сбоя, ошибок в процессе наблюдений либо из-за изменившихся погодных условий*
- ❖ *Взаимодействие узлов сети целесообразно рассматривать как марковский процесс с непрерывным временем*
- ❖ *Входящий поток заявок - простейший*

Граф состояний сети (N=2)



- ◆ $P_0(t)$ – вероятность перехода в состояние 0 (обслуженная заявка поступила в центр, или заявок нет). Считаем, что в случае поступления в центр новой заявки, она немедленно отправляется на один из узлов
- ◆ $P_1(t), P_2(t)$ – вероятности переходов в состояния 1 или 2 (заявка обслуживается на телескопе 1 или 2)
- ◆ $P_3(t)$ – поглощающее состояние (неудачное обслуживание)

Решение, полученное для N=2

$$\alpha_{11} = (p + \beta_1)(p + \beta_2)p,$$

$$\alpha_{12} = \lambda_1(p + \beta_2)p,$$

$$\alpha_{13} = \lambda_2(p + \beta_1)p,$$

$$\alpha_{14} = \lambda_2\beta_2F_2^*(p + \beta_1) + \lambda_1\beta_1F_1^*(p + \beta_2).$$

$$\det A = (p(p + \beta_1)(p + \beta_2) + \lambda_1(p + \beta_2)(p + \beta_1F_1^*) + \lambda_2(p + \beta_1)(p + \beta_2F_2^*))p$$

$$G_0 = \frac{\alpha_{11}}{\det A}$$

$$G_1 = \frac{\alpha_{12}}{\det A}$$

$$G_2 = \frac{\alpha_{13}}{\det A}$$

$$G_3 = \frac{\alpha_{14}}{\det A}$$

$$P_i(t) = L^{-1}(G_i(p))(t)$$

- ❖ Решение получено с использованием уравнения Колмогорова, преобразований Лапласа, методов матричной алгебры

Решение, полученное для N-узлов

$$\det A = p \left[p \prod_{i=1}^n (p + \beta_i) + \sum_{i=1}^n \left[\lambda_i \cdot \frac{\prod_{k=1}^n (p + \beta_k)}{(p + \beta_i)} \cdot (p + \beta_i F_i^*) \right] \right],$$

$$\alpha_{11} = p \prod_{i=1}^n (p + \beta_i),$$

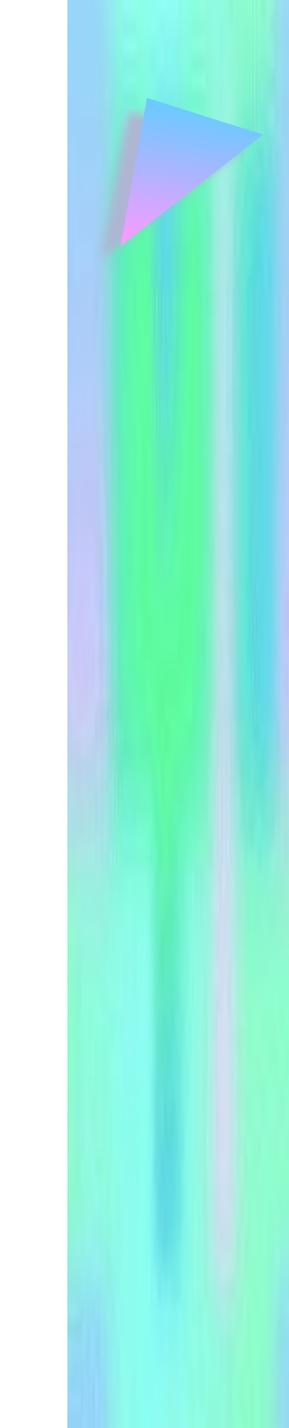
$$\alpha_{1j} = p \lambda_j \cdot \frac{\prod_{k=1}^n (p + \beta_k)}{(p + \beta_j)}, j = \overline{2, n-1},$$

$$\alpha_{1n} = \sum_{i=1}^n \left[\lambda_i \beta_i F_i^* \cdot \frac{\prod_{k=1}^n (p + \beta_k)}{(p + \beta_i)} \right],$$

$$G_{l-1} = \frac{\alpha_{1l}}{\det A}, l = \overline{1, n+1}.$$

$$P_i(t) = L^{-1}(G_i(p))(t)$$

Параметры F^* можно будет оценить, исходя из статистических данных о погоде, а также путем накопления и анализа данных об аппаратных сбоях



Модель сети с явными потерями

- ❖ В реальных условиях возникают ситуации, когда заявка не может быть исполнена, ввиду того, что все узлы сети заняты
- ❖ Астрономический прибор может выполнять в определенный момент времени только одну заявку (телескоп может осуществлять мониторинг только одной области неба)
- ❖ Далеко не каждую заявку можно поставить в очередь (мониторинг скоротечного, быстропеременного события и тд)

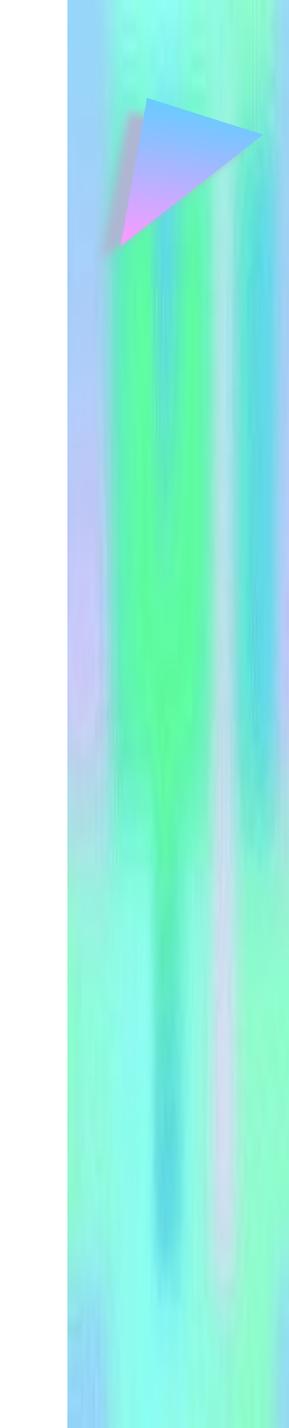
Имитационная модель сети типа M/G/m/L

- ❖ M – время прихода заявки распределено экспоненциально
- ❖ G – длительность обслуживания произвольная (для расчета промежутков длительности обслуживания используется гиперэкспоненциальное распределение)
- ❖ m – сеть с кол-вом узлов, равным m
- ❖ L – дисциплина обслуживания с явными потерями

Разработана программная реализация модели:

Входные данные: число телескопов, продолжительность этапа наблюдений, параметр, характеризующий входящий поток и ряд параметров, характеризующий длительность обслуживания, число итераций.

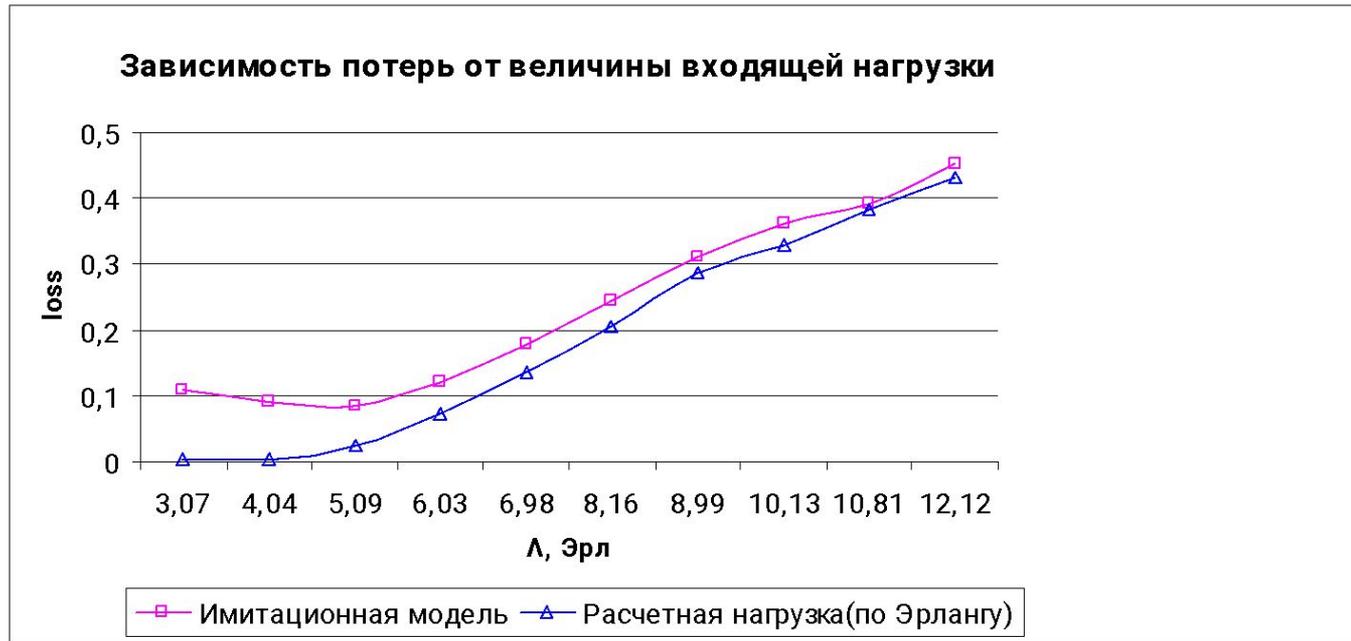
Выходные данные: файл с информацией, необходимой для статистической обработки. Особенно важной является информация, характеризующая качество обслуживания (потери по числу заявок, длительность интервалов простоя).



Численные эксперименты с моделью

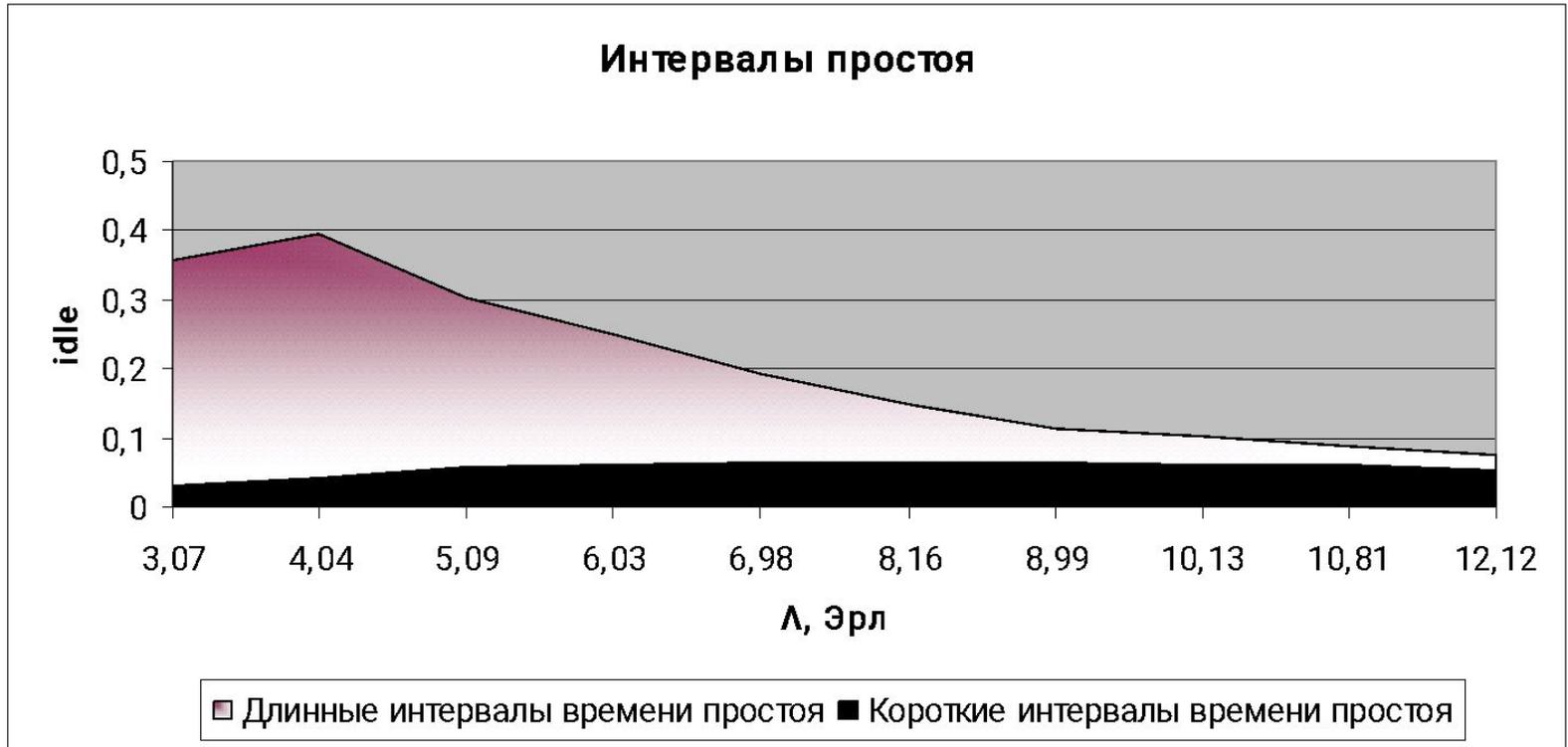
- ❖ Входящая нагрузка (представлена на графиках далее)
- ❖ Длительность этапа обслуживания – 600мин (10 ч)
- ❖ Продолжительность обслуживания 1 заявки – от 10 до 70 мин. При заданных параметрах, коэффициент вариации составил 113%
- ❖ Число телескопов – 20
- ❖ Каждая точка графика усреднена по 10 итерациям

Потери по числу заявок

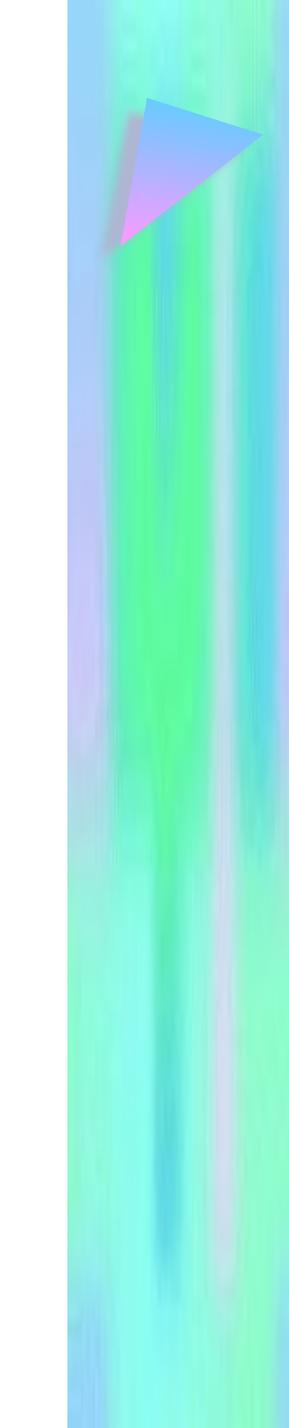


- ❖ Расхождения обусловлены тем, что формула Эрланга не учитывает потери, вызванные остановкой системы вследствие окончания периода обслуживания (в данном случае – восхода Солнца и прекращения наблюдений)
- ❖ Целесообразно использовать имитационное моделирование

Оптимизация времен простоя



При простое телескопы сети целесообразно занять неприоритетными задачами.



Спасибо за внимание