**Praktiskais darbs Nr7**

**Dzelzceļa stacijas konteineru termināla funkcionēšanas efektivitātes pētīšana**

Железнодорожный вокзал контейнерного терминала имеет грузовой отсек вместимостью м контейнеров. Транспортные средства доставляют контейнеры в зоне терминала с интенсивностью λ контейнер / час. Предполагается, что временные интервалы между прибытием контейнеров распределены экспоненциально, поэтому поток контейнеров является пуассоновским. Документация и погрузочные работы проводятся n бригадами, в начале работы с контейнером бригада убирает контейнер с поля. Для каждого контейнера бригады потребляют случайное время, которое подвергается экспоненциальному распределению µ.

Эффективность контейнерного терминала должна быть оценена.

**Sākuma dati:**

λ - норма прибытия контейнеров, контейнеров / час,

μ - интенсивность обработки документов и загрузки контейнера одной бригадой на контейнер / час,

м - вместимость терминала (количество мест ожидания)

n - количество команд (количество сервисных каналов),

P0, P1,…, Pn - вероятности начального состояния системы (для всех вариантов P0 = 1, P1 = P2 =… = Pn = 0).

**Uzdevums:**

1. Izstrādāt konteineru termināla stāvokļu grafu VISIO vidē, eksportēt grafu MathCAD vidē.

2. Построить систему дифференциальных уравнений на графе состояний, решить систему.

3. Определите, используя инструменты MathCAD, используя формулы оценки производительности:

- вероятность отсутствия контейнеров на терминале - P0,

- вероятность отсутствия свободного места в контейнерном пространстве - patt,

- пропускная способность терминала - PPR,

- среднее количество экипажей, постоянно занятых контейнерами - NSR,

- среднее количество контейнеров в зоне ожидания - MSR,

- среднее количество контейнеров в терминале - ICR,

- среднее время контейнеров на площадке - ТСК,

- среднее время нахождения контейнера на контейнерном терминале - TST.

4. Вывести систему алгебраических уравнений из дифференциальных уравнений Эрланга и определить граничные вероятности состояний системы - P0, P1, P2, P3, P4,…, Pn.

5. Сравните результаты расчетов по дифференциальным и алгебраическим уравнениям.

варианты

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** |
| **λ** | 4 | 3 | 6 | 3 | 4 | 7 | 9 | 8 | 5 | 6 | 7 |
| **μ** | 3 | 1.5 | 3 | 2 | 1.5 | 3 | 5 | 3 | 1.5 | 4 | 3 |
| **n** | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| **m** | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 |
| **tk** | 4 | 2.5 | 3 | 2.2 | 5.5 | 6 | 3 | 5 | 6 | 7 | 4 |
| **h** | 0.05 | 0.025 | 0.03 | 0.02 | 0.1 | 0.2 | 0.05 | 0.25 | 0.01 | 0.02 | 0.02 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** |
| **λ** | 5 | 4 | 7 | 4 | 5 | 8 | 10 | 9 | 6 | 7 | 8 |
| **μ** | 2.5 | 2.5 | 3 | 2.5 | 1.5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 |
| **n** | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| **m** | 4 | 3 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| **tk** | 4 | 2.5 | 3 | 2.2 | 5.5 | 6 | 3 | 5 | 6 | 7 | 4 |
| **h** | 0.05 | 0.025 | 0.03 | 0.02 | 0.1 | 0.2 | 0.05 | 0.25 | 0.1 | 0.2 | 0.2 |

**Пример решения (18. variants)**

1. 

2. Из содержательного описания процесса функционирования системы можно сделать вывод, что математическая модель системы идентична модели системы ожидания очереди массового обслуживания. n = 3 - количество сервисных каналов, m = 4 - количество мест ожидания.

3. VISIO sistēmā konstruējam uzdotam vērtībām tādas sistēmas stāvokļu grafu un eksportējam grafu MathCAD vidē, rezultātā iegūstam:



4. Из графа состояний составляем систему дифференциальных уравнений Колмогорова.:



5. Мы решаем систему дифференциальных уравнений и определяем вероятности состояний как функции времени



Таблица вероятностей состояний, рассчитанная из расчетов системы дифференциальных уравнений:



6. Используя алгебраические уравнения, мы определили вероятности состояний в стационарном режиме:

Эти значения вероятностей состояний, которые рассчитываются с использованием алгебраических уравнений, должны совпадать с вероятностями, которые рассчитываются путем решения дифференциальных уравнений, когда $t=\infty $.

 Это совпадение можно проверить, сравнив вероятности алгебраических уравнений со значениями приведенной выше таблицы решений дифференциальных уравнений.





7. Мы построили вероятности состояний в зависимости от времени, проанализировали результаты и сформулировали выводы:



8. С помощью инструментов MathCAD мы использовали следующие формулы для оценки эффективности:

- вероятность отсутствия контейнеров на терминале - P0,

- вероятность отсутствия свободного места в контейнерном пространстве - патт,

- пропускная способность терминала - PPR,

- среднее количество экипажей, постоянно занятых контейнерами - NSR,

- среднее количество контейнеров в зоне ожидания - MSR,

- среднее количество контейнеров на терминале - SRK,

- среднее время контейнеров на площадке - ТСК,

- среднее время поиска контейнера на контейнерном терминале – TST

Исходные данные рассчитываются как:



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | вероятность того, что в терминале нет контейнеров |
|  |  | вероятность того, что в контейнере нет свободного места |
|  |  | пропускная способность терминала, контейнеров / час |
|  |  | среднее количество экипажей, постоянно занятых контейнерами |
|  |  | среднее количество контейнеров на площадь, ожидающих обработки |
|  |  | среднее количество контейнеров в терминале |
|  |  | среднее время нахождения контейнера в районе |
|  |  | среднее время нахождения контейнера в контейнерном терминале |