

## Компютърно моделиране чрез системи за масово обслужване

Системи за масово обслужване (СМО) се използват за построяване на вероятностни аналитични модели. Те се базират на теорията на масовото обслужване (ТМО).

### 1. Същност и основни понятия.

За основоположник на теорията на масовото обслужване (ТМО) се счита датският учен Агнер. К. Ерланг, който в началото на XX в. използва методи от теорията на вероятностите, за да изследва и оценява процесите на проектиране и експлоатация на телефонните станции.

#### Същност на ТМО

Обособена научна дисциплина, чийто предмет са методите и средствата за изучаване и изследване на процесите на обслужване, протичащи ежедневно в обкръжаващата ни действителност.

ТМО изучава протичането на процесите при които:

- постоянно възникват искания за изпълнение на някаква работа;
- протича процес на постоянно удовлетворяване на тези искания

#### Цел на ТМО

Чрез прилагане на метода на моделирането да изследва процесите на обслужване, за да се:

- оцени качеството на процесите;
- да препоръча действия и мероприятия за подобряването на процесите.

#### Основни елементи на система за масово обслужване (СМО) са:

- **заявка (клиент)** - всяко предявено искане за изпълнение на дадена работа (предявено искане за обслужване);
- **входящ поток** - съвкупност от предявяваните едновременно или последователно заявки за обслужване;
- **канал за обслужване** (обслужващ апарат или обслужващо устройство) - съвкупност от технически средства и персонала, осъществяващи обслужването;
- **изходящ поток** - съвкупност от обслужените заявки;
- **опашка** - съвкупност от постъпилите искания за обслужване, които очакват да бъдат обслужени.

#### Характеристики на СМО

- **пропускателна способност** - максималният брой заявки, които могат да се обслужват едновременно;
- **време за обслужване** - периодът, в който се удовлетворява искането за обслужване (периодът от началото на обслужването до неговото завършване);
- **време за чакане** - периодът между момента на постъпване на заявката в СМО до началото на обслужването;
- **време за престой** - периодът, включващ чакането и обслужването.

### 2. Класификация на системите за масово обслужване

СМО се могат да се класифицират по следните признаци:

- ✓ Според броя на каналите за обслужване;
- ✓ Според пропускателната си способност;
- ✓ В зависимост от етапността на обслужването;
- ✓ Според поведението на заявките;
- ✓ Според броя на източниците на заявки;
- ✓ Според дисциплината на опашката.

#### Според броя на каналите за обслужване

- едноканални;

- многоканални.

#### Според пропускателната си способност

- Еднолинейни системи - пропускателната им способност е равна на единица (в тях в определен момент може да се обслужва само една заявка);
- Многолинейни - пропускателната им способност е по-голяма от единица (едновременно могат да се обслужват толкова на брой заявки, колкото е броят на каналите им)

#### В зависимост от етапността на обслужването

Според това, дали отделната заявка се обслужва само от едно обслужващо устройство, или от повече (дали обслужването протича наведнъж, или на отделни етапи), системите биват:

- еднофазни;
- многофазни.

#### Според поведението на заявките

Според поведението на заявките, постъпили на входа на системата, когато всички канали са заети, системите се делят на:

- системи със загуба (отказ);
- системи с чакане (с опашка).

#### Според броя на източниците на заявки

- Системи с ограничен брой източници на заявки (с ограничен поток от заявки);
- Системи с неограничен брой източници на заявки (с неограничен входящ поток).

#### Дисциплина на опашката представлява:

- съвкупност от правила, съобразно които заявките, постъпили при заетост на всички канали, биват удовлетворявани;
- съвкупност от правила за избор на заявка (от опашката) и за заемане на освободените канали

Според дисциплината на опашката СМО се класифицират на:

- Системи с приоритет (с предимство);
- Системи без приоритет (без предимство).

При обслужване на заявките в системите без приоритет не се извършва класиране на заявките. Някоя заявка не се възприема като притежаваща приоритет. Обслужването се извършва на базата на един от следните принципи:

- обслужване по реда на постъпване;
- обслужване по ред, обратен на реда на постъпване;
- обслужване в случаен ред.

#### Обслужване по реда на постъпване

Този принцип е известен като принцип "първ постъпил - първ обслужен" (FIFO-first in-first out). Системите, в които се прилага, са известни като системи FIFO.

#### Обслужване по ред, обратен на реда на постъпване

Този принцип е известен като "последен постъпил - първ обслужен" (LIFO-last in-first out). Системите, в които се прилага, са известни като системи LIFO.

#### Обслужване в случаен ред

Заявките се обслужват в случаен ред. Най-често се среща в сферата на техническото обслужване.

### **3. Математическо моделиране на СМО.**

#### Математическият модел

Математическият модел (ММ) на СМО е съвкупност от математически изрази и средства, с помощта на които се описват и изследват количествено:

- входящият поток на системата;
- времето за обслужване;

- тяхното взаимодействие при определена дисциплина на опашката.

#### Методи за моделиране

В СМО протичат процеси със случаен характер (постъпването на заявките, времетраенето на обслужването и др.). Основните характеристики на системите не се проявяват при обслужването на една заявка, а се формират като средни величини при обслужването на много заявки.

- Моделирането на СМО използва статистически методи и методи от теорията на Вероятностите.

#### Видове модели при моделиране на СМО

- Аналитични модели;
- Числови модели.

#### Аналитични модели

Показателите, характеризиращи качеството на функциониране на дадена система, се изчисляват по предварително изведени общи за даден клас (вид) системи формули. За да се използват тези модели, е необходимо изследваната система да отговаря на определени условия:

- входящият поток на системата да бъде от типа на т.нар. "прости" потоци;
- времето за обслужване да е разпределено по показателен закон за разпределение на случайни величини;
- системата да се намира в стационарен т.е. устойчив режим на работа.

#### Числови модели

Използват се в случаите, когато за изследваните системи за обслужване не са налице условия за използване на аналитични модели. Същността им се състои във възпроизвеждане на функционирането на системата с помощта на моделиращ алгоритъм и компютър (Монте Карло)

*П.С. Числовите модели не са обект на разглеждане в тази лекция.*

### **4. Изследване и моделиране на СМО**

Изследването на СМО се осъществява чрез тяхното математическо моделиране. Промените на функционирането на СМО в резултат на моделирането и изследването им, се оценяват от гледна точка на предварително формулирани критерии

#### Етапи при изследване и моделиране

- ✓ Изследване и моделиране на входящия поток;
- ✓ Изследване на времето за обслужване;
- ✓ Изследване на устойчивостта на работа на СМО.

#### Изследване и моделиране на входящия поток

Входящият поток е съвкупност от постъпващи едновременно или последователно заявки за обслужване. Негова основна характеристика е интензивността му, която се измерва със средния брой заявки, постъпващи за обслужване в дадена СМО за единица време (минута, час и т.н.).

За да могат да бъдат използвани аналитични модели за изследване на СМО, е необходимо входящият поток да бъде прост поток, т.е. да притежава следните характеристики:

- Стационарност;
- Ординарност;
- Без последствие.

Стационарност - свойство, при което вероятността през даден интервал от време в дадена СМО да постъпят определен брой заявки зависи само от ширината на интервала от време, а не от началния момент на интервала. На практика стационарността на потока означава, че неговата интензивност остава постоянна величина.

Ординарност - вероятността за много малък интервал от време (клонящ към нула) да постъпят повече от една заявки е равна на нула. • На практика наличието на това свойство означава, че заявките постъпват последователно, една по една, а не групово, защото вероятността да постъпят две и повече заявки едновременно е равна на нула.

Без последствие - вероятността да постъпят определен брой заявки за определен интервал от време зависи само от ширината на интервала и не зависи от това, колко заявки са постъпили преди началото на този интервал.

#### **Изследване на времето за обслужване**

Законът за разпределение на времето за обслужване се определя на базата на качествен анализ и статистическа обработка на резултати от наблюдения. Целта на изследването е да се докаже типът на вероятностно разпределение на величината “продължителност на обслужването”

#### **Изследване на устойчивостта на работа на СМО**

Аналитичните модели за изследване на СМО са приложими в случаите, когато съответната система се намира в стационарен (устойчив) режим на работа - вероятностните характеристики на СМО не се променят с течение на времето. Една СМО се намира в стационарен режим на работа, когато отношението между интензивността на входящия поток и интензивността на обслужването е число, което е по-малко от броя на каналите в системата.

#### **5. Показатели за оценка на състоянието на СМО.**

Принципно съществуват три възможни състояния, в които дадена СМО има вероятност да се намира в даден момент от време:

- В системата да няма нито една заявка;
- В системата да има  $k$  на броя заявки;
- В системата да има  $k$  на броя заявки, в случай, че броят на заявките е по-голям от броя на каналите.

#### **Показатели за оценка на качеството на функциониране на СМО**

- Средна дължина на опашката;
- Средно време за чакане;
- Среден брой на незаети канали;
- Вероятност опашката да не надвишава определен брой заявки.

Оценката на качеството на функциониране на СМО е свързана с изчисляването на стойностите на показателите качеството на функциониране за целта. Получените резултати дават да се прецени дали то е задоволително, или не. Ако качеството на функциониране е незадоволително, се пристъпва към промени в организацията на обслужване с цел подобряване на функционирането. Като такива могат да бъдат:

- Промени в интензивността на входящия поток
- Промени в интензивността на обслужването
- Промени в пропускателната способност на системата

#### **Промени в интензивността на входящия поток**

- Промени в графика на работното време на СМО, чрез удължаване на работното им време;
- Поява конкурентна система за обслужване, която да отклони част от заявките;

#### **Промени в интензивността на обслужването**

- Рационализирането на структурата на работното време на СМО;
- Повишаването на коефициента на използване на работното време;
- Подобряването на организацията на труда;
- Рационализирането на организацията на работните места
- Оборудването на работните места с високопроизводително оборудване

- Повишаването на квалификацията и производителността на персонала, осъществяващ обслужването.

#### Промени в пропускателната способност на системата

На базата на подобряване на обслужването се намалява престоят на заявките за обслужване в системата

- ✓ Вземане на решение за оборудването на нови канали

За да се вземе решение за оборудването на нови канали и за конкретния брой на новите канали, е необходимо да се съпоставят:

- разходите на обслужващата подсистема;
- разходите на време на заявките, формиращи обслужваната подсистема.

Доказва се, че за оптимална организация на процеса на обслужване може да се приеме тази, при която двата вида разходи се балансират, т.е. са приблизително равни помежду си.

*П.С. Разходи на обслужващата подсистема се изчисляват по определена методика, която не е предмет на разглеждане в настоящата лекция.*