

## Semestrálna práca S2

**Maximálny možný počet získaných bodov: 30 (z toho 10 za kontrolu rozpracovania)**

**Termín kontroly rozpracovania: 6. týždeň semestra na príslušnom cvičení**

**Termín na odovzdanie bez straty bodov: 7. týždeň semestra na príslušnom cvičení**

Vedenie firmy prevádzkujúcej sieť salónov krásy sa rozhodlo objednať si vypracovanie jednoduchej simulačnej štúdie zameranej na modelovanie a optimalizáciu prevádzky jedného z jej salónov. Cieľom tejto štúdie je určiť počet pracovníkov, ktorí budú schopní zabezpečiť poskytovanie služieb na požadovanej úrovni s čo najmenšími nákladmi na pracovnú silu.

Zamestnancov v salóne krásy je možné rozdeliť do troch skupín. Skupinu 1 tvoria zamestnanci na recepcii, ktorí zabezpečujú prvý kontakt so zákazníkom, skupinu 2 kaderníčky zabezpečujúce úpravu účesu a skupinu 3 kozmetičky, ktoré sa starajú o líčenie.

Zákazníci prichádzajúci do prevádzky sa postavia do radu na recepcii, kde počkajú pokým nie sú vyzvaní na zadanie objednávky. Recepčný prevezme objednávku – zapíše do informačného systému o aké konkrétne služby má zákazník záujem. Po zapísaní objednávky sa zákazník postaví do radu, kde čakajú zákazníci na úpravu účesu. V prípade, že zákazník nemá záujem o úpravu účesu, postaví sa do radu, kde čakajú zákazníci na líčenie. Úprava účesu má vždy prednosť pred líčením. Časť zákazníkov, ktorí majú záujem o líčenie, má záujem aj o hĺbkové čistenie pleti. Toto hĺbkové čistenie je realizované kozmetičkami a je realizované pred líčením.

Priestory salónu sú kapacitne obmedzené, preto v prípade, že v rade na úpravu účesu a v rade na líčenie stojí dokopy viac ako 10 zákazníkov, recepčný neprevezme objednávku ďalšieho zákazníka stojaceho v rade na recepcii. V prípade, že je voľný viac ako jeden zamestnanec z danej skupiny, prácu vykoná ten, ktorý v daný deň pracoval najmenej.

Ak je úprava účesu zákazníka dokončená podľa požiadaviek, postaví sa tento do radu na líčenie. Ak zákazník nemá záujem o líčenie postaví sa do radu pre zaplatenie, aby zaplatil za poskytnuté služby. Ak je líčenie dokončené podľa požiadaviek zákazníka, postaví sa tento do radu pre zaplatenie. Platba je realizovaná recepčným, pričom platenie je vybavované prednostne, pred zapisovaním nových objednávok.

Pre vypracovanie simulačnej štúdie sú k dispozícii nasledujúce informácie:

- Prúd zákazníkov prichádzajúcich do salónu je poissonovský prúd s intenzitou  $\lambda = 8$  zákazníkov za hodinu.
- 20 % zákazníkov má záujem len o úpravu účesu, 15 % zákazníkov nemá záujem o úpravu účesu, ale má záujem o líčenie, ostatní zákazníci majú záujem o obidva typy služieb.
- Zo zákazníkov, ktorí majú záujem o líčenie má 35 % záujem o hĺbkové čistenie pleti. Títo zákazníci čakajú v rovnakom rade ako zákazníci, ktorí majú záujem len o líčenie a po vykonaní hĺbkového čistenia pleti sa opäťovne postaví do tohto radu.
- Počet recepčných, kaderníčov a kozmetičiek je premenná modelu.
- Časová náročnosť základných operácií zamestnanca je nasledujúca:

- a.) Čas potrebný na prevzatie objednávky od zákazníka sa riadi rovnomerným spojitým rozdelením  $\sigma = 200s \pm 120s$
- b.) Čas potrebný na hĺbkové čistenie pleti sa riadi trojuholníkovým rozdelením s parametrami  ~~$\min = 540s$ ,  $\max = 900s$  a  $\text{modus} = 360s$~~   $\min = 360s$ ,  $\max = 900s$  a  $\text{modus} = 540s$ .
- c.) Čas potrebný na realizáciu platby sa riadi rovnomerným spojitým rozdelením  $s = 180s \pm 50s$ .
- Objednávky preberajú zamestnanci od zákazníkov (čakajúcich v rade) systémom FCFS (first-come, first served).
  - Pri realizácii úpravy účesu kaderníčkami, ako aj líčenia kozmetičkami, je uplatňovaný systém FIFO frontu.
  - Otváracia doba salónu krásy je od 9:00 do 17:00. Po 17.00 už nie sú prijímané žiadne ďalšie objednávky, čakajúci v rade na objednanie odchádzajú neobslužení. Obsluha zákazníkov, ktorých objednávky sa začali spracovávať pred 17.00 je dokončená podľa požiadaviek, aj napriek ukončenej otváracjej dobe salónu.
  - Recepční uprednostňujú realizáciu platby pred prijatím novej objednávky.

Pravdepodobnosti jednotlivých typov úprav účesu a ich trvanie sú v tabuľke:

Typ účesu	Doba trvania úpravy účesu		Pravdepodobnosť
	Typ rozdelenia	Čas v minútach	
Jednoduchý	Diskrétno rovnomerné	$T_{\min} = 10, T_{\max} = 30$ ,	0.4
Zložitý	Diskrétno empirické	$T_{\min} = 30, T_{\max} = 60, p=0.4$ $T_{\min} = 61, T_{\max} = 120, p=0.6$	0.4
Svadobný	Diskrétno empirické	$T_{\min} = 50, T_{\max} = 60, p=0.2$ $T_{\min} = 61, T_{\max} = 100, p=0.3$ $T_{\min} = 101, T_{\max} = 150, p=0.5$	0.2

Pravdepodobnosti jednotlivých typov líčenia a ich trvanie sú v tabuľke:

Typ líčenia	Doba trvania líčenia		Pravdepodobnosť
	Typ rozdelenia	Čas v minútach	
Jednoduché	Diskrétno rovnomerné	$T_{\min} = 10, T_{\max} = 25$	0.3
Zložené	Diskrétno rovnomerné	$T_{\min} = 20, T_{\max} = 100$	0.7

Navrhните a implementujte **udalostne** orientovaný simulačný model salónu krásy. Implementujte a využite vlastné univerzálne simulačné jadro a univerzálny generátor na generovanie exponenciálneho a diskrétno empirického rozdelenia.

S modelom vykonajte experimenty tak, aby ste boli schopní zodpovedne odporučiť taký počet personálu, pri ktorom priemerný čas strávený zákazníkom v salóne krásy (čas začína plynúť okamihom postavenia sa do radu na recepcii a končí zrealizovaním platby za poskytnuté služby) nebude vyšší ako 3 hodiny. Zároveň nesmie priemerný čas čakania v rade na zadanie objednávky prekročiť 4 minúty.

Pre hodnotu času stráveného zákazníkom v salóne krásy určite aj 90% interval spoľahlivosti. Ďalej graficky (na grafe) v programe dokumentujte závislosť priemerného počtu čakajúcich v rade na

recepčii na počte kaderníčov  $<1, 10>$  (počet recepčných a kozmetičiek nastavte na vami odporúčanú hodnotu).

Všetky závery stanovte na základe štatisticky vyhodnotených replikácií. Nezabudnite na všetky všeobecné požiadavky semestrálnych prác. V priebehu simulácie vypisujte všetky sledované veličiny, stav systému (aktuálne dĺžky frontov, stavy jednotlivých osôb, vrátane personálu), priebežné štatistiky atď.

**Pre zisk 10 bodov za priebežnú kontrolu je potrebné najneskôr v šiestom týždni predviesť:**

- navrhnutý udalostný diagram nakreslený vo zvolenej aplikácii (nie perom na papier) (1 bod),
- naprogramované a **otestované** generátory pre exponenciálne a diskkrétne empirické rozdelenie pravdepodobnosti (2 body),
- simulačný model, ktorý je možné spustiť prostredníctvom GUI aplikácie s aspoň čiastočným sledovaním simulačného behu (mení sa aspoň simulačný čas a stavy jednotlivých osôb, vrátane personálu).

Nie je potrebné mať pripravené štatistiky a model môže vykazovať chyby, ktoré budú neskôr odladené.

**Pracujte každý samostatne!**