

Semestrálna práca S2

Maximálny možný počet získaných bodov: 30

Termín na odovzdanie bez straty bodov: 7. týždeň semestra

Vedenie firmy prevádzkujúcej veľký autoservis sa rozhodlo objednať si vypracovanie jednoduchej simulačnej štúdie zameranej na modelovanie a optimalizáciu jeho prevádzky. Cieľom tejto štúdie je určiť počet pracovníkov, ktorí budú schopní zabezpečiť prevádzku servisu na požadovanej úrovni, teda zabezpečiť rýchlu opravu automobilu s minimálnymi nákladmi na pracovnú silu.

V servise je potrebné sa objednať, ale niektoré opravy vykonávajú aj bez objednania. Keďže časy na ktoré sú zákazníci objednaní sú len orientačné, túto skutočnosť je možné v simulačnej štúdii zanedbať.

Pracovníkov autoservisu môžeme rozdeliť na dve skupiny. Skupinu 1 tvoria zamestnanci, ktorí prichádzajú do kontaktu so zákazníkom. Skupinu 2 tvoria automechanici pracujúci v dielni.

Zákazníci prichádzajú do servisu, kde počkajú v rade pokým nie sú vyzvaní na zadanie objednávky. Pracovník (z prvej skupiny) prevezme objednávku na opravu (zapiše do informačného systému údaje o aute, popis poruchy a pod.) a ide so zákazníkom prevziať auto. Po prevzatí auta ho pracovník preparkuje do dielne. Po skončení opravy je auto preparkované späť na parkovisko pred servisom pracovníkom zo skupiny 1. Keďže zákazníci sú vopred informovaní o čase skončenia opravy a cenu opravy vyplatili ešte pred týmto časom, je auto okamžite prevzaté zákazníkom a zákazník odchádza. Zaplatenie ceny opravy teda nemodelujeme.

V dielni prevezme auto jeden z voľných pracovníkov skupiny 2 a zabezpečí opravu. Po skončení opravy je auto dielni pokým ho pracovník z prvej skupiny nepríde preparkovať. Keďže servis sídli v nových priestoroch s dostatočnou kapacitou nie je počet áut v dielni limitovaný. Pracovník skupiny 2 po skončení opravy začne okamžite pracovať na ďalšom pristavenom aute. Ak nie je v dielni pristavené žiadne auto na opravu, tak čaká.

Pre vypracovanie simulačnej štúdie sú k dispozícii nasledujúce informácie:

- Prúd zákazníkov prichádzajúcich do autoservisu je poissonovský prúd s intenzitou $\lambda = 12$ *zákazníkov za hodinu*.
- Zákazník môže požadovať viacero opráv. Pravdepodobnosti počtu opráv ktoré bude zákazník požadovať sú v tabuľke:

Počet opráv	1	2	3	4	5	6
Pravdepodobnosť	0,4	0,15	0,14	0,12	0,1	0,09

- Počet pracovníkov skupiny 1 a 2 je premenná modelu.
- Časová náročnosť základných operácií pracovníka je nasledujúca:
 - Čas potrebný na prevzatie objednávky od zákazníka: $o = 190s \pm 120s$
 - Čas potrebný na prevzatie auta od zákazníka: $p = 120s \pm 40s$
 - Preparkovanie auta z parkoviska do dielne alebo späť sa riadi trojuholníkovým rozdelením s parametrami $\min = 120$ s, $\max = 540$ s a $\text{modus} = 240$ s.
 - Prevzatie opraveného auta trvá $s = 190s \pm 67s$.
- Objednávky preberajú pracovníci od zákazníkov (čakajúcich v rade) systémom FCFS (first-come, first-served).
- Pri odovzdávaní auta do dielne a späť sa uplatňuje systém FIFO frontu. Teda pristavené autá sú pracovníkmi dielne opravované postupne.
- Pracovná doba servisu je od 7:00 do 15:00. Pracovný čas pracovníka je 8 hodín (prestávku na obed neberieme do úvahy).
- Pracovníci skupiny 1 uprednostňujú vrátenie opraveného auta zákazníkovi pred prijatím novej objednávky.

- Jednotlivé opravy môžu trvať viac ako 8 h a rozrobenú opravu je možné prerušiť a pokračovať na druhý deň.
- Pravdepodobnosti jednotlivých opráv a ich trvanie sú v tabuľke:

Typ opravy	Doba opravy		Pravdepodobnosť
	Typ rozdelenia	Čas v minútach	
Jednoduchá	diskrétno rovnomerné	$T_{\min} = 2, T_{\max} = 20$	$p = 0.7$
Stredne ťažká	diskrétno empirické	$T_{\min} = 10, T_{\max} = 40; p = 0.1$ $T_{\min} = 41, T_{\max} = 61; p = 0.6$ $T_{\min} = 62, T_{\max} = 100; p = 0.3$	$p = 0.2$
Zložitá	diskrétno rovnomerné	$T_{\min} = 120, T_{\max} = 260$	$p = 0.1$

Navrhňte a implementujte **udalostne** orientovaný simulačný model autoservisu. Implementujte a využite vlastné univerzálne simulačné jadro a univerzálny generátor na generovanie diskrétno empirického rozdelenia. Nepoužívajte žiadne knižnice na generovanie čísel okrem štandardných knižníc jazyka.

S modelom vykonajte experimenty tak, aby ste boli schopní zodpovedne odporučiť taký počet personálu, pri ktorom priemerný čas strávený zákazníkom čakaním na opravu (čas začína plynúť okamihom ukončenia prevzatia auta do servisu a končí prevzatím opraveného auta) nebude vyšší ako **päť hodín**. Zároveň nesmie priemerný čas čakania v rade na zadanie objednávky prekročiť **3 minúty**.

Pre hodnotu času stráveného zákazníkom čakaním na opravu určite aj 90% interval spoľahlivosti.

Ďalej graficky (na grafe) v programe dokumentujte závislosť:

1. priemerného počtu čakajúcich v rade na počte pracovníkov skupiny 1 $<1, 10>$ (počet pracovníkov skupiny 2 nastavte na Vami odporúčanú hodnotu),
2. priemerného času stráveného zákazníkom v servise na počte pracovníkov skupiny 2 $<16, 26>$ (počet pracovníkov skupiny 1 nastavte na Vami odporúčanú hodnotu).

Všetky závery stanovte na základe štatisticky vyhodnotených replikácií. Dĺžku jednej replikácie nastavte na 90 dní. Nezabudnite na všetky všeobecné požiadavky semestrálnych prác. V priebehu simulácie vypisujte všetky sledované veličiny, stav systému, priebežné štatistiky atď. **Pracujte každý samostatne!**