

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 plánuje vybudovať novú stanicu technickej kontroly (STK) automobilov a preto 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 STK na požadovanej úrovni, teda zabezpečiť čo najplynulejší chod prevádzky s minimálnymi nákladmi na pracovnú silu.

Na servisnú prehliadku je potrebné sa objednať, ale čas objednania je len orientačný. Z tohto dôvodu je túto skutočnosť možné v simulačnej štúdii zanedbať.

Pracovníkov STK môžeme rozdeliť na dve skupiny. Skupinu 1 tvoria zamestnanci, ktorí prichádzajú do kontaktu so zákazníkom (prijímací technici). Skupinu 2 tvoria automechanici pracujúci v dielni.

Zákazníci prichádzajú do prevádzky, kde počkajú v rade na odovzdanie auta pokiaľ nie sú vyzvaní. Pracovník (z prvej skupiny) prevezme auto na kontrolu (zapíše do systému informácie o aute a pod.). Po prevzatí auta ho tento pracovník preparkuje do dielne a zaparkuje na jedno z piatich parkovacích miest. V dielni prevezme auto jeden z voľných pracovníkov skupiny 2 a zabezpečí vykonanie kontroly. Po skončení kontroly je auto preparkované týmto pracovníkom pred dielňu. Kapacita parkoviska pred dielňou nie je limitovaná. Následne sa môže zákazník presunúť do radu na zaplatenie za STK. Platenie vykonávajú pracovníci skupiny 1, ktorí uprednostňujú obsluhu zákazníkov čakajúcich na zaplatenie pred prevzatím auta na kontrolu. Auto je po zaplatení okamžite prevzaté zákazníkom a ten s ním odchádza.

V dielni môže byť maximálne 5 áut čakajúcich na kontrolu, ktoré nie sú pridelené žiadnemu pracovníkovi zo skupiny 2. Ak je v dielni už 5 áut čakajúcich na kontrolu a všetci pracovníci skupiny 2 sú obsadení, pracovníci skupiny 1 dočasne nepreberajú ďalšie autá. Počet áut na ktorých súčasne prebieha kontrola je limitovaný počtom pracovníkov skupiny 2.

Pracovník skupiny 2 po skončení kontroly začne okamžite pracovať na ďalšom pristavenom aute. Ak nie je v dielni pristavené žiadne auto na kontrolu, tak čaká.

Pre vypracovanie simulačnej štúdie sú k dispozícii nasledujúce informácie:

- Prúd zákazníkov prichádzajúcich na STK je poissonovský prúd s intenzitou $\lambda = 23$ zákazníkov za hodinu.
- Čas potrebný na prevzatie auta od zákazníka a jeho preparkovanie do dielne sa riadi trojuholníkovým rozdelením s parametrami $\min = 180$ s, $\max = 695$ s a $\text{modus} = 431$ s.
- Čas potrebný na zaplatenie sa riadi rovnomerným spojitým rozdelením $(65, 177)$ s.
- Objednávky aj platby preberajú pracovníci od zákazníkov (čakajúcich v rade) systémom FCFS (first-come, first-served).
- Pri odovzdávaní auta do dielne sa uplatňuje systém FIFO frontu. Teda pristavené autá sú pracovníkmi dielne preberané postupne.
- Pracovná doba STK je od 9:00 do 17:00. Pracovný čas pracovníka je 8 hodín (prestávku na obed neberieme do úvahy).
- Zákazníci chodia do STK len do 15:45. Do 17:00 musia byť všetky autá skontrolované a odovzdané zákazníkom (STK bude prázdna). Priemerný počet áut v prevádzke na konci dňa nesmie byť väčší ako 1.

- Trvanie kontroly a výskyt jednotlivých automobilov sú v tabuľke:

Typ auta	Trvanie kontroly		Pravdepodobnosť
	Typ rozdelenia	Čas v minútach	
Osobné	diskrétno rovnomerné	$T_{\min} = 31, T_{\max} = 45$	$p = 0.65$
Dodávka	diskrétno empirické	$T_{\min} = 35, T_{\max} = 37; p = 0.2$	$p = 0.21$
		$T_{\min} = 38, T_{\max} = 40; p = 0.35$	
		$T_{\min} = 41, T_{\max} = 47; p = 0.3$	
		$T_{\min} = 48, T_{\max} = 52; p = 0.15$	
Nákladné	diskrétno empirické	$T_{\min} = 37, T_{\max} = 42; p = 0.05$	$p = 0.14$
		$T_{\min} = 43, T_{\max} = 45; p = 0.1$	
		$T_{\min} = 46, T_{\max} = 47; p = 0.15$	
		$T_{\min} = 48, T_{\max} = 51; p = 0.4$	
		$T_{\min} = 52, T_{\max} = 55; p = 0.25$	
		$T_{\min} = 56, T_{\max} = 65; p = 0.05$	

Navrhните a implementujte **udalostne** orientovaný simulačný model prevádzky STK. 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 prevádzke (čas začína plynúť okamihom príchodu zákazníka do prevádzky a končí prevzatím skontrolovaného auta, je to teda čas pobytu zákazníka v systéme) nebude vyšší ako 70 minút. Zároveň nesmie priemerný čas čakania v rade na odovzdanie auta pracovníkovi zo skupiny 1 prekročiť 10 minút.

Pre hodnotu času stráveného zákazníkom v prevádzke určite aj 90% interval spoľahlivosti. Pre hodnotu priemerného počtu zákazníkov (ide o priemerný počet zákazníkov v systéme) v prevádzke určite aj 95% interval spoľahlivosti.

Ďalej graficky (na grafe) v programe dokumentujte závislosť:

1. priemerného počtu čakajúcich v rade na odovzdanie auta na počte pracovníkov skupiny 1 $<1, 15>$ (počet pracovníkov skupiny 2 nastavte na Vami odporúčanú hodnotu)
2. priemerného času stráveného zákazníkom v prevádzke na počte pracovníkov skupiny 2 $<10, 25>$ (počet pracovníkov skupiny 1 nastavte na Vami odporúčanú hodnotu)

Všetky závery stanovte na základe štatisticky vyhodnotených replikácií. Nezanedbajte 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. Taktiež vypočítajte priemerný počet voľných pracovníkov zo skupiny 1 a zo skupiny 2.

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) (3 body),
- naprogramovaný a **otestovaný** generátor pre exponenciálne rozdelenie pravdepodobnosti (1 bod),
- 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!