

Semestrálna práca S3

Maximálny možný počet získaných bodov: 60 (z toho 15 za kontrolu rozpracovania)

Termín kontroly rozpracovania: 10. týždeň semestra na príslušnom cvičení

Termín na odovzdanie bez straty bodov: 12. 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 (priemerný plat 1100€), 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 pokým 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 so 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 a typom pracovníkov skupiny 2.

Pracovníci skupiny 2 majú možnosť získať dva typy certifikátov – 1. iba na výkon technika STK pre osobné autá a dodávky (priemerný plat 1500€), 2. na ľubovoľné vozidlo (priemerný plat 2000€). Úlohou simulačnej štúdie je aj určiť vhodný spôsob pridelovania práce pracovníkom zo skupiny 2.

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.
- Pracovníci majú čas na obednú prestávku od 11:00 do 13:00. Počas tohto času musí každý pracovník absolvovať 30 minútovú prestávku. Začiatok prestávky si volí pracovník, ale vždy tak, aby mu skončila do 13:00. Pracovník nemôže prerušiť práve vykonávanú prácu.
- Pracovná doba STK je od 9:00 do 17:00. Pracovný čas pracovníka je 7:30 hodín (prestávku na obed sa do tohto času nepočíta).
- Zákazníci chodia do STK len do 15:45. Do 17:00 musia byť všetky autá skontrolované a odovzdané zákazníkovi (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 **agentovo orientovaný model**, ktorý bude modelovať všetky vyššie popísané vlastnosti modelovaného systému (bez ohľadu na ich vplyv na výsledok) a bude orientovaný na použitie pre hore uvedené ciele. Funkčnosť simulačného programu preukážte jednoduchým a prehľadným priebežným zobrazovaním situácie v systéme počas behu programu. V priebehu simulácie vypisujte všetky sledované veličiny, stav systému (aktuálne dĺžky frontov, stavy jednotlivých osôb, vrátane personálu a pod.), **všetky** priebežné štatistiky atď.

Súčasťou dokumentácie riešenia je váš grafický návrh architektúry modelu. Agentový model nakreslite v nástroji ABABuilder a odovzdajte aj ako uložený súbor tohto nástroja. Súčasťou práce sú aj zdokumentované výsledky **všetkých** realizovaných experimentov.

S modelom vykonajte experimenty tak, aby ste boli schopní zodpovedne odporučiť taký počet personálu, aby priemerné mzdové náklady prevádzky boli čo najnižšie. Taktiež je potrebné aby priemerný čas strávený zákazníkovi 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. 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. Taktiež vypočítajte priemerný počet voľných pracovníkov zo skupiny 1 a zo skupiny 2.

Výsledky Vášho modelu S2 riešeného udalostnou simuláciou porovnajte s modelom S2 riešeným pomocou agentovej simulácie (vykonajte validáciu Vami implementovaného agentového modelu), pričom sa nebudú aplikovať prestávky personálu a v prevádzke budú iba technici školení na všetky vozidlá.

Firma plánuje investovať do reklamnej kampane a predpokladá, že počet zákazníkov sa zvýši o 24 %. Vyhodnoťte aký to bude mať dopad na vami navrhnuté fungovanie a odporučte zmeny (nové počty pracovníkov).

Ak sa rozhodnete implementovať aj animáciu, tak si vhodne a rozumne navrhnete jej rozloženie. Vzďialenosti si tiež navrhnete, rýchlosť pohybu vozidla bude 10 km/h. Zapnutá animácia v tomto prípade ovplyvní aj výsledky simulácie, ale dôležité je ukázať, že to viete realizovať. Pomocou animácie tiež zobrazte všetky prebiehajúce procesy. Napríklad na dobu platenia bude pre každého pracovníka pripravená čiara o rovnakej dĺžke po ktorej sa bude pohybovať kruh tak, aby po skončení činnosti bol na jej konci.

Ak sa rozhodnete využiť iné voľne dostupné simulačné jadro ako ABASim, je potrebné to pred začatím práce nahlásiť (dohodnúť). Musí ísť o dobre odladené a voľne dostupné knižnice.

Nezabudnite na všetky všeobecné požiadavky semestrálnych prác.

Pre zisk 15 bodov za priebežnú kontrolu je potrebné najneskôr v desiatom týždni predviesť:

- navrhnutý **kompletný** agentovo orientovaný model (odovzdáte aj váš súbor vytvorený ABABuilderom) spolu s podrobným popisom všetkých jeho častí (6 bodov),
- 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).

Pracujte každý samostatne!