

Semestrálna práca S2

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

Termín kontroly rozpracovania: 6. týždeň semestra na príslušnom cvičení (práca musí byť nahratá na e-learning do štvrtku 10:00)

Termín na odovzdanie bez straty bodov: 7. týždeň semestra na príslušnom cvičení (práca musí byť nahratá na e-learning do štvrtku 10:00)

Vedenie stolárskej dielne *Najlepší nábytok, s.r.o* potrebuje optimalizovať svoje prevádzkové náklady a preto sa rozhodlo objednať si vypracovanie jednoduchej simulačnej štúdie zameranej na modelovanie prevádzky stolárskej dielne. Cieľom tejto štúdie je určiť počet stolárov potrebných na efektívne zabezpečenie výroby nábytku s čo najnižšími personálnymi nákladmi.

Stolárska dielňa vyrába nábytok na mieru podľa potrieb jednotlivých zákazníkov a to na základe objednávky. Objednávky prichádzajú do dielne počas každého dňa. Zákazníci si môžu objednať tri typy nábytku a to stoly, stoličky a skrine. Jednotlivé objednávky prichádzajú do elektronického systému a stolárom, ktorí dokončili predchádzajúcu prácu je ďalšia objednávka pridelená na základe času jej príchodu do systému. (FIFO front nezačatých objednávok)

V stolárskej dielni pracujú 3 rôzne skupiny stolárov. **Skupina A**, ktorá sa zaoberá donesením materiálu zo skladu a rezaním jednotlivých dielov. **Skupina B**, ktorá sa zaoberá skladaním jednotlivých kusov nábytku. **Skupina C**, ktorá sa zaoberá lakovaním nábytku, morením nábytku a montovaním kovaní na skrine.

Novú objednávku, ktorá obsahuje vždy iba jeden kus nábytku, prevezme vždy stolár zo **skupiny A** a začne s jej prípravou. Prvým krokom je, že stolár zo **skupiny A** donesie materiál (dosky) zo skladu dreva a vyreže potrebné diely na stoly, stoličky a skrine. Vyrezané diely následne stolár zo **skupiny C** namorí a prípadne nalakuje podľa požiadaviek zákazníka. Po dokončení tejto fázy stolár zo **skupiny B** zloží jednotlivé diely do finálneho stavu. V prípade skrine je potrebné zabezpečiť po zložení aj montáž kovaní, čo zabezpečujú stolári zo **skupiny C**. Takto vyrobený nábytok sa považuje za pripravený na expedíciu k zákazníkovi a objednávka je dokončená.

Dokončenie objednávky (montáž kovaní) má prednosť pred inými činnosťami. Jednotlivé kusy nábytku sa vyrábajú na montážnych miestach (rezanie kusov, morenie, skladanie... jednotlivých kusov nábytku prebieha pre každý kus na jednom mieste) a stolári sa pri tomto mieste striedajú podľa toho, v akej výrobnej fáze sa kus nábytku práve nachádza. Stolár, ktorí skončil svoju prácu na jednom kuse nábytku začne ďalšiu prácu na tom kuse nábytku, ktorého predchádzajúci technologický krok bol dokončený najskôr. V dielni sa nachádza dostatočný počet montážnych miest. Miesta sú číselne označené. Po prevzatí objednávky sa nábytok začne vyrábať na prvom voľnom pracovnom mieste s najnižším číslom.

Pre vypracovanie simulačnej štúdie sú k dispozícii nasledujúce informácie:

- Počet stolárov skupín A, B a C je premenná modelu.
- Prúd prichádzajúcich objednávok je poissonovský prúd s intenzitou $\lambda = 2$ objednávky za hodinu.
- 50 % objednávok tvoria stoly, 15 % tvoria stoličky, zvyšok tvoria objednávky na skrine.

- Pracovná doba dielne je od 6:00 do 14:00. Pracovný čas jedného stolára je 8 hodín (obed neberieme do úvahy).
- Stolár na konci pracovnej doby môže prácu kedykoľvek prerušiť a pokračovať v nej na druhý deň.
- Čas potrebný na presun stolára medzi montážnym miestom a sklado sa riadi spojitým trojuholníkovým rozdelením s parametrami $\min = 60s$, $\max = 480s$ a $\text{modus} = 120s$.
- Čas potrebný na prípravu materiálu v sklade sa riadi spojitým trojuholníkovým rozdelením s parametrami $\min = 300s$, $\max = 900s$ a $\text{modus} = 500s$.
- Čas potrebný na presun stolára medzi jednotlivými montážnymi miestami sa riadi spojitým trojuholníkovým rozdelením s parametrami $\min = 120s$, $\max = 500s$ a $\text{modus} = 150s$.
- Stolár, ktorý aktuálne nemá prácu čaká na mieste, kde skončil svoju predchádzajúcu prácu.
- Pri spustení simulácie sa všetci stolári nachádzajú v sklade s drevom.
- Všetky rady v systéme sú typu FIFO.
- Každý kus nábytku musí byť namorený a prípadne nalakovaný.
- Jednotlivé časy trvania jednotlivých technologických krokov zobrazuje nasledujúca tabuľka:

Typ nábytku	Technologický krok	Doba trvania	
		Typ rozdelenia	Čas v minútach
Stôl	Rezanie	Spojité empirické	$U = <10, 25); p = 0.6$ $U = <25, 50); p = 0.4$
	Morenie a lakovanie	Spojité rovnomerné	$U = <200, 610)$
	Skladanie	Spojité rovnomerné	$U = <30, 60)$
Stolička	Rezanie	Spojité rovnomerné	$U = <12, 16)$
	Morenie a lakovanie	Spojité rovnomerné	$U = <210, 540)$
	Skladanie	Spojité rovnomerné	$U = <14, 24)$
Skriňa	Rezanie	Spojité rovnomerné	$U = <15, 80)$
	Morenie a lakovanie	Spojité rovnomerné	$U = <600, 700)$
	Skladanie	Spojité rovnomerné	$U = <35, 75)$
	Montáž kovaní	Spojité rovnomerné	$U = <15, 25)$

Navrhните a implementujte **udalostne** orientovaný simulačný model stolárskej dielne *Najlepší nábytok, s.r.o.* Implementujte a využite vlastné univerzálne simulačné jadro a univerzálne generátory na generovanie potrebných rozdelení pravdepodobnosti.

S modelom vykonajte experimenty tak, aby ste boli schopní zodpovedne odporučiť taký **minimálny** počet stolárov jednotlivých skupín, pri ktorom priemerný **pracovný** čas (čas kedy je dielňa zatvorená sa nepočíta) od zaznamenania objednávky do systému po vyhotovenie posledného kusu nábytku z danej objednávky (v S2 má každá objednávka iba jediný kus) nebude vyšší ako 16 hodín (dva pracovné dni). Pripravte aj graf ustáľovania tejto hodnoty s rastúcim počtom replikácií. Vyčísľte tiež priemerný počet objednávok, na ktorých sa ešte nezačalo pracovať.

Všetky závery stanovte na základe štatisticky vyhodnotených replikácií. Dĺžku jednej replikácie nastavte na 12 mesiacov (249 pracovných dní). Zahrievanie a chladenie sim. modelu nie je potrebné vykonávať.

Nezabudnite na všetky všeobecné požiadavky semestrálnych prác. V priebehu simulácie vypisujte všetky sledované veličiny, stav systému (aktuálne dĺžky frontov, stavy jednotlivých objednávok, stav personálu, stav a činnosť vykonávaná na jednotlivých montážnych miestach), priebežné štatistiky atď. Taktiež vypočítajte priemerné percentuálne vytťaženie jednotlivých stolárov aj celkové priemerné vytťaženie všetkých stolárov z každej skupiny. **Pre všetky štatistiky určite aj 95% interval spoľahlivosti.**

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) (4 body),
- naprogramované a **otestované pomocou štat. testov** generátory pre exponenciálne a trojuholníkové rozdelenie pravdepodobnosti (1 bod),
- naprogramované všeobecné udalostné sim. jadro, ktoré využíva Vaše Monte Carlo sim. jadro, (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 objednávok, stav personálu, stav a činnosť vykonávaná na jednotlivých montážnych miestach).

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

Pracujte každý samostatne!