Fakulta riadenia a informatiky

Informačné systémy

**Semestrálna práca 3**

Diskrétna simulácia

Michal Stupka

Študijná skupina: 5ZIS11

Akademický rok: 2022/2023

# Agentovo orientovaný model

Obrázok, na ktorom je kruh, diagram, snímka obrazovky, rad

Automaticky generovaný popis

Obrázok 1 Hierarchia agentov a správy, ktoré si agenti posielajú

## AgentModelu

AgentModelu je na vrchole hierarchie, zodpovedný za spustenie a beh celej simulácie. Má dvoch podriadených agentov - AgentOkolia a AgentElektra. Na začiatku simulácie vysiela do oboch podriadených agentov správu Mc.inicializuj, ktorá slúži na inicializáciu príchodov zákazníkov do systému, inicializáciu schedulerov PlanovacZatvoreniaAutomatu, PlanovacZaciatkuObedu a PlanovacKoncuObedu. Od agenta okolia preberá nových zákazníkov (kód správy Mc.prichodZakaznika) ktorých posiela agentovi prevádzky AgentElektra správou typu request Mc.obsluhaZakaznika. Po prijatí odpovede (response) správy Mc.obsluhaZakaznika od AgentElektra, posiela správu Mc.odchodZakaznika do AgentOkolia.

## AgentOkolia

Obrázok, na ktorom je kruh, text, diagram, animák

Automaticky generovaný popis

Agent reprezentujúci okolie systému, z ktorého do systému prichádzajú zákazníci. Príchody rôznych typov zákazníkov sú modelovane pomocou objektov typu scheduler – PlanovacPrichodovZakaznikovValidMod (používaný pri validácii), PlanovacPrichodovBeznychZakaznikov, PlanovacPrichodovZmluvnychZakaznikov, PlanovacPrichodovOnlineZakaznikov. Tieto objekty posielajú správy o príchode zákazníkov manažérovi agenta v časových intervaloch ktoré sú generované z exponenciálneho rozdelenia. Po prijatí tejto správy o príchode zákazníka notifikuje agenta modelu správou Mc.prichodZakaznika. Pri prijatí správy Mc.odchodZakaznika manažér agenta spracuje odchod zákazníka zo systému.

## AgentElektra

Agent reprezentujúci celú pobočku elektra. Má štyroch podriadených agentov – AgentAutomatu, AgentObsluznychMiest, AgentObed a AgentPokladni. Úloha agenta je zabezpečenie obsluhy zákazníkov ktorú deleguje najskôr agentovi automatu (správou request Mc.vydanieListku), agentovi obslužných miest (správou request Mc.pripravaObjednavky) a nakoniec agentovi pokladni (správou request Mc.platenie). Taktiež zabezpečuje komunikáciu medzi agentom automatu a agentom obslužných miest pomocou sprav request-response Mc.dajPocetMiestVCakarni a správou notice Mc.uvolniloSaMiesto. Tieto správy slúžia pre správne využívanie automatu. Ďalšími správami, ktoré tento agent dokáže spracovať sú Mc.jeCasObedu a Mc.jeKoniecObedu, ktorými informuje ďalších agentov o obedňajšej prestávke. Počas obedňajšej prestávky zabezpečuje výmenu pracovníkov medzi AgentPokladni a AgentObsluznych miest pomocou sprav Mc.dajPracovnika a Mc.vrateniePracovnika.

## AgentAutomatu

Obrázok, na ktorom je kruh, text, diagram, dizajn

Automaticky generovaný popis

Predstavuje automat na vydávanie poradových lístkov. Pri obdŕžaní správy Mc.vydanieListku zabezpečí zaradenie zákazníka do radu alebo jeho interakciu s automatom. Časové trvanie interakcie s automatom je modelovaný pomocou objektu typu process – ProcesInterakciaAutomat. Po dokončení trvania interakcie posiela response Mc.vydanieListku do AgentElektra a tým sa interakcia s automatom konci a zákazník sa presúva do predajne. Na rozhodovanie o začiatku interakcie s automatom používa informácie o pocte ľudí pred obslužnými miestami, ktoré získava pomocou správy Mc.dajPocetMiestVCakarni posielanej do AgentObsluznychMiest skrz AgentElektra.

## AgentObsluznychMiest

Obrázok, na ktorom je text, kruh, diagram, snímka obrazovky

Automaticky generovaný popis

Reprezentuje obslužné miesta kde zákazníci podľa svojho typu nadiktujú objednávku a čakajú na jej pripravenie. Agent taktiež obsahuje zoznam zákazníkov čakajúcich na obsluhu, ktorý ma obmedzenú kapacitu 9 ľudí. V prípade, že je voľný príslušný pracovník, po obdŕžaní správy Mc.pripravaObjednavky začne príprava zákazníkovej objednávky. V opačnom prípade zákazník ostáva čakať v miestnosti pred obslužnými miestami. Časové trvanie je modelovane pomocou procesov – ProcesDiktovanieObjednavky a ProcesPripravaObjednavky. Po dokončení zmienených procesov agent odosiela response Mc.priprvaObjednavky do AgentElektra a tým ukončuje prípravu objednavky. Informácie o počte miest a uvoľnení miesta v čakárni poskytuje správami Mc.dajPocetVolnychMiestVCakarni a Mc.uvolniloSaMiesto. V prípade, že zákazník mal nadrozmernú objednávku vracia sa naspäť po tuto objednávku na blokovane obslužné miesto, tato situácia je zabezpečená správou Mc.vyzdvihnutieVelkejObjednavky. Trvanie vyzdvihnutia je modelovane pomocou procesu ProcesVyzdvihnutieVelkehoTovaru a spojitého rovnomerného rozdelenia. Po ukončení posiela agent správu response Mc.vyzdvihnutieVelkejObjednavky a zákazník môže odisť z elektra. Počas obedňajšej prestávky agent prijme správu typu request Mc.dajPracovnika, ktorá reprezentuje požiadavku AgentPokladni na presun pracovníka z prvého obslužného miesta na prvú pokladňu. V momente kedy je pracovník z prvého obslužného miesta voľný je odoslaná sprava typu response a požiadavke na presun pracovníka je tým vyhovene. Pri skončení prestávky agent môže prijať správu Mc.vrateniePracovnika, ktorá zabezpečuje vrátenie pracovníka na svoje obslužné miesto. Sprava Mc.jeKoniecCasuObedu informuje agenta o skončení obedňajšej prestávky.

## AgentPokladni

Obrázok, na ktorom je text, kruh, diagram, kompaktný disk

Automaticky generovaný popis

Tento agent reprezentuje poklade, pred ktorými zákazníci tvoria samostatne rady. Pri obdŕžaní správy request platenie agent rozhodne o zákazníkovom zaradení do radu alebo o začatí platby. Časové trvanie platby je modelovane procesom ProcesPlatba. Po jeho ukončení je platba skončená a je zasielaná sprava response Mc.platenie do AgentElektra. O začatí času obedňajšej prestávky je agent informovaný správou Mc.jeCasObedu a v tomto momente sú voľní pracovnici poslaní na obed a pomocou správy request Mc.dajPracovnika je zaslaná požiadavka na pracovníka obslužného miesta, aby sa dostavil k prvej pokladni. Počas trvania prestávky pracovnici, ktorí pravé dokončili obsluhu zákazníka sa postupne taktiež presúvajú na obedňajšiu prestávku. O skončení prestávky je agent informovaný správou Mc.jeKoniecCasuObedu. Náhradný pracovník z prvej pokladne je po skončení prestávky a svojej obsluhy vrátený na svoje pôvodné obslužné miesto pomocou správy Mc.vrateniePracovnika, zaslanej skrz AgentElektra k AgentObsluznychMiest.

## AgentObed

Obrázok, na ktorom je kruh, text, diagram, animák

Automaticky generovaný popis

AgentObed slúži na informovanie ostatných agentov o začatí a skončení obedňajšej prestávky. K tomu používa dva objekty typu scheduler – PlanovacZaciatkuObedu a PlanovacKoncaObedu a správy Mc.JeCasObedu a Mc.jeKoniecObedu.

# Validácia voči semestrálnej práci č.2

V tejto časti práce je vykonaná validácia výsledkov semestrálnej prace č.3 voči semestrálnej práci č.2. Postupne budú porovnané všetky štatistiky zbierané v rámci druhej semestrálnej práce s výsledkami príslušných štatistik v tretej semestrálnej práci. Porovnané budú postupne varianty od najmenej vyhovujúcich variantov po optimálny variant, ktorý bol určený v rámci výsledkov druhej semestrálnej prace.

Výsledné štatistiky sú priemerom zo 100 000 replikácii a označenie v nasledujúcich tabuľkách variant[X,Y] značí X obslužných miest a Y pokladni.

## Variant [3;1]

* Priemerný čas prevádzky medzi oboma prácami je veľmi podobný, s rozdielom len niekoľkých sekúnd, pričom interval spoľahlivosti (IS) ukazuje prekrytie.
* Čas vo fronte a dĺžka fronty pred automatom sa taktiež mierne líšia.
* Percentuálne vyťaženie automatu, obslužných miest a pokladni sa takmer nelíši, čo naznačuje konzistenciu.
* Priemerný čas odchodu posledného zákazníka je takmer identický.
* Celkový počet obslúžených zákazníkov je totožný.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| **Štatistika** | **Semestrálna práca 2** | **Semestrálna práca 3** |
| **Priemerný čas - prevádzka** | **12296,819 sekúnd / 204,947 minút** | **12299,249 sekúnd / 204,987 minút** |
| **95% IS priemerný čas - prevádzka** | **<12290,523 ; 12303,114>** | **<12292,961; 12305,538>** |
| **Priemerný čas vo fronte pred automatom** | **7461,918 sekúnd / 124,365 minút** | **7463,767 sekúnd / 124,396 minút** |
| **Priemerná dĺžka frontu pred automatom** | **75,032** | **75,381** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie automatu** | **20,36%** | **20,36%** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie obslužných miest** | **78,26%** | **78,25%** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie pokladní** | **63,32%** | **63,32%** |
| **Priemerný čas odchodu posledného zákazníka** | **18:58:54** | **18:58:56** |
| **Priemerný počet obslúžených zákazníkov** | **77,344** | **77,344** |

## Variant [6;2]

* Priemerný čas prevádzky je taktiež pomerne blízky, rozdiel sa pohybuje v rozmedzí niekoľkých sekúnd.
* Čas vo fronte a dĺžka fronty pred automatom majú medzi sebou mierne rozdiely.
* Dĺžka fronty pred automatom a percentuálne vyťaženie automatu, obslužných miest a pokladní sa zhodujú.
* Priemerný čas odchodu posledného zákazníka a priemerný počet obslúžených zákazníkov je takmer identický.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| **Štatistika** | **Semestrálna práca 2** | **Semestrálna práca 3** |
| **Priemerný čas - prevádzka** | **7578,265 sekúnd / 126,304 minút** | **7583,159 sekúnd / 126,386 minút** |
| **95% IS priemerný čas - prevádzka** | **<7571,456 ; 7585,074>** | **<7576,327 ; 7589,991>** |
| **Priemerný čas vo fronte pred automatom** | **4604,998 sekúnd / 76,750 minút** | **4609,323 sekúnd / 76,822 minút** |
| **Priemerná dĺžka frontu pred automatom** | **42,665** | **42,844** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie automatu** | **37,39%** | **37,39%** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie obslužných miest** | **76,25%** | **76,25%** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie pokladní** | **63,33%** | **63,33%** |
| **Priemerný čas odchodu posledného zákazníka** | **18:13:06** | **18:13:04** |
| **Priemerný počet obslúžených zákazníkov** | **142,944** | **142,911** |

## Variant [12;3]

* Priemerný čas prevádzky aj s intervalom spoľahlivosti sú takmer rovnaké.
* Čas vo fronte a dĺžka fronty pred automatom sú tiež veľmi blízke, čo odráža konzistenciu v meraniach.
* Percentuálne vyťaženie jednotlivých obslužných miest sa odlišuje len minimálne.
* Priemerný čas odchodu posledného zákazníka je identický.
* Počet obslúžených zákazníkov je takmer rovnaký.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| **Štatistika** | **Semestrálna práca 2** | **Semestrálna práca 3** |
| **Priemerný čas - prevádzka** | **1840,845 sekúnd / 30,681 minút** | **1841,074 sekúnd / 30,685 minút** |
| **95% IS priemerný čas - prevádzka** | **<1838,065 ; 1843,624>** | **<1838,291 ; 1843,857>** |
| **Priemerný čas vo fronte pred automatom** | **180,136 sekúnd / 3,002 minút** | **180,122 sekúnd / 3,002 minút** |
| **Priemerná dĺžka frontu pred automatom** | **1,599** | **1,601** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie automatu** | **61,81%** | **61,79%** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie obslužných miest** | **68,57%** | **68,58%** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie pokladní** | **74,60%** | **74,60%** |
| **Priemerný čas odchodu posledného zákazníka** | **17:39:11** | **17:39:11** |
| **Priemerný počet obslúžených zákazníkov** | **237,145** | **237,106** |

## Variant [13;4]

* Priemerný čas prevádzky a interval spoľahlivosti sú v podstate rovnaké.
* Čas vo fronte pred automatom je takmer rovnaký a dĺžka frontu je identická.
* Percentuálne vyťaženie obslužných miest sa len mierne líši.
* Priemerný čas odchodu posledného zákazníka a priemerný počet obslúžených zákazníkov sa takmer nelíši.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variant [13;4]** |  |  |
| **Štatistika** | **Semestrálna práca 2** | **Semestrálna práca 3** |
| **Priemerný čas - prevádzka** | **1423,472 sekúnd / 23,725 minút** | **1423,827 sekúnd / 23,730 minút** |
| **95% IS priemerný čas - prevádzka** | **<1422,553 ; 1424,392>** | **<1422,907; 1424,746>** |
| **Priemerný čas vo fronte pred automatom** | **75,468 sekúnd / 1,258 minút** | **75,360 sekúnd / 1,256 minút** |
| **Priemerná dĺžka frontu pred automatom** | **0,646** | **0,646** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie automatu** | **62,34%** | **62,35%** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie obslužných miest** | **62,13%** | **62,17%** |
| **Priemerné percentuálne vyťaženie pokladní** | **57,44%** | **57,46%** |
| **Priemerný čas odchodu posledného zákazníka** | **17:30:15** | **17:30:14** |
| **Priemerný počet obslúžených zákazníkov** | **239,276** | **239,318** |

## Záver validácie

Celkovo sú rozdiely medzi výsledkami semestrálnej práce č. 2 a č. 3 pre všetky varianty zanedbateľné, čo svedčí o konzistencii medzi týmito dvoma prácami.

# Implementácia prestávky

Ako už bolo spomenuté v popise agentového modelu, AgentObed je zodpovedný za riadenie obednej prestávky. Obsahuje 2 objekty typu scheduler – PlanovacZaciatkuObedu a PlanovacKoncaObedu, pomocou ktorých modeluje začiatok, časové trvanie a koniec obednej prestávky. Pri začatí prestávky AgentObed pošle správu Mc.jeCasObedu do AgentPokladni cez AgentElektra.

Po prijatí správy Mc.jeCasObedu AgentPokladni pošle voľných pracovníkov na prestávku a následne pošle správu typu request Mc.dajPracovnika do AgentObsluznychMiest cez AgentElektra. Pracovníci pokladne, ktorí v čase začiatku prestávky obsluhujú zákazníka, dokončia svoju obsluhu a potom sú poslaní na prestávku. Zákazníci čakajúci v rade pred pokladňou, ktorá bola práve zatvorená, sa presunú na koniec radu pred prvou pokladňou v rovnakom poradí, v akom čakali v pôvodnom rade.

Po prijatí správy Mc.dajPracovnika v AgentObsluznychMiest, ak pracovník z prvého obslužného miesta práve nepripravuje objednávku, je tento pracovník odoslaný k pokladniam prostredníctvom správy typu response Mc.dajPracovnika. Pracovník, ktorý je zaneprázdnený veľkou objednávkou, túto objednávku necháva na obslužnom mieste pre neskoršie vyzdvihnutie zákazníkom, ktorý čaká na platbu, ale taktiež odchádza k pokladni ako náhradník za pracovníka prvej pokladne. V prípade, že pracovník z prvého obslužného miesta práve pripravuje objednávku, najprv dokončí svoju prácu a potom je poslaný k pokladniam správou response Mc.dajPracovnika.

Po prijatí správy Mc.dajPracovnika agentom AgentPokladni, v prípade, že pôvodný pracovník z prvej pokladne ešte nie je na prestávke, náhradník počká a až po ukončení platby sa vymenia. Ak je pôvodný pracovník pokladne už na obednej prestávke, náhradník buď začne novú platbu, alebo sa stane voľným pracovníkom prvej pokladne.

Po prijatí správy Mc.jeKoniecCasuObedu agentom AgentObsluznychMiest sa prípadná nevyriešená požiadavka na poslanie pracovníka zruší.

Po prijatí správy Mc.jeKoniecCasuObedu agentom AgentPokladni sú pracovníci vrátení na svoje pôvodné miesta pri pokladniach. Ak náhradný pracovník ešte nedokončil svoju obsluhu, pôvodný pracovník počká na jej dokončenie. Po dokončení sa pôvodný pracovník vráti na svoje miesto k prvej pokladni a môže začať novú platbu. Náhradný pracovník je vrátený na svoje obslužné miesto prostredníctvom správy Mc.vrateniePracovnika, ktorá je poslaná do AgentObsluznychMiest cez AgentElektra.

# Výsledky experimentov

Cieľom experimentov bolo zistiť finančne najvýhodnejší počet personálu, pri ktorom priemerný čas strávený zákazníkom v prevádzke nebude vyšší ako 25 minút a priemerný čas čakania v rade pred automatom neprekročí 3 minúty.

Pre nižšie popisované experimenty bolo zvolene množstvo replikácii 100 000.

## Experimenty so základným systémom

Pri týchto experimentoch bol použitý systém s upravenými tokmi zákazníkov oproti semestrálnej práci č.2 a aplikovanou obedňajšou prestávkou pre pracovníkov pokladni.

* Prúd bežných zákazníkov prichádzajúcich do predajne je poissonovský prúd s intenzitou zb = 15 zákazníkov za hodinu.
* Prúd zmluvných zákazníkov prichádzajúcich do predajne je poissonovský prúd s intenzitou zz = 5 zákazníkov za hodinu.
* Prúd online zákazníkov prichádzajúcich do predajne je poissonovský prúd s intenzitou zo = 10 zákazníkov za hodinu.
* Medzi 12:00 – 12:30 majú všetci pokladníci obednú prestávku. V tomto čase funguje len

prvá pokladňa a to tak, že v nej pracuje zamestnanec z prvého obslužného miesta pre bežných

a zmluvných zákazníkov.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Priemerný čas vo fronte pred automatom (minúty)** | | | | | | |
|  |  | Počet obslužných miest | | | | |
|  |  | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | |
|  | **3** | **2,120** | **2,072** | **1,568** | **1,356** | **1,348** | |
|  | **4** | **1,482** | **1,461** | **1,251** | **1,189** | **1,180** | |
| Počet pokladní | **5** | **1,414** | **1,405** | **1,230** | **1,176** | **1,174** | |
|  | **6** | **1,390** | **1,381** | **1,225** | **1,174** | **1,171** | |
|  | **7** | **1,391** | **1,370** | **1,226** | **1,171** | **1,166** | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Priemerný čas strávený zákazníkom v prevádzke (minúty)** | | | | | | |
|  |  | Počet obslužných miest | | | | |
|  |  | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** |
|  | **3** | **30,662** | **30,575** | **29,373** | **28,852** | **28,820** |
|  | **4** | **26,080** | **26,048** | **25,034** | **24,597** | **24,565** |
| Počet pokladní | **5** | **25,270** | **25,262** | **24,326** | **23,908** | **23,894** |
|  | **6** | **25,030** | **25,014** | **24,103** | **23,704** | **23,682** |
|  | **7** | **24,948** | **24,921** | **24,054** | **23,619** | **23,607** |

## Experimenty so systémom po 30% zvýšení počtu zákazníkov

Pri týchto experimentoch bolo zvýšené množstvo zákazníkov prichádzajúcich do prevádzky o 30%.

# Grafické zobrazenie závislostí