

Simulácia supermarketu

Zadanie

Vedenie firmy prevádzkujúcej sieť supermarketov sa rozhodlo zadať vypracovanie simulačnej štúdie zameranej na modelovanie a optimalizáciu jeho novovznikajúcej prevádzky. Cieľom tejto štúdie je určiť počet pracovníkov, ktorí budú schopní zabezpečiť prevádzku obchodu na požadovanej úrovni, teda zabezpečiť vysokú spokojnosť zákazníkov s minimálnymi nákladmi na pracovnú silu.

Zákazníci prichádzajú do predajne, kde uskutočnia nákup. Dĺžka trvania nákupu závisí od počtu tovarov, ktoré chce zákazník nakúpiť. Najskôr nakúpi všetky tovary z iných oddelení ako zelenina a mäso. Na oddelení zeleniny zákazník čaká v rade (ak sú obsluhovaný iní zákazníci) a následne je obslužený pracovníkom. Rovnaký postup je aj na oddelení „mäsa a syrov“. Počet radov je rovný počtu pracovníkov na danom oddelení. Zákazníci nemedia rad v ktorom stoja, ale na začiatku sa vždy postavia do najkratšieho radu.

Po dokončení nákupu sa zákazník presunie k pokladniám. Z pokladní, ktoré sú práve v prevádzke (je v nich pokladník/níčka) si vyberie voľnú pokladňu. Ak nie je voľná žiadna pokladňa vyberie si zákazník tú pokladňu, kde čaká najmenej ľudí. Počas státia v rade pri pokladni už zákazník pokladňu nemení.

Vpredajni sú tri typy pracovníkov, ktorých počet je potrebné stanoviť pomocou simulačnej štúdie: pracovníci oddelenia „mäsa a syrov“ (skupina 1), pracovníci oddelenia zeleniny (skupina 2) a pracovníci v pokladniach (skupina 3).

Pre vypracovanie simulačnej štúdie sú k dispozícii nasledujúce informácie:

- Prúd zákazníkov prichádzajúcich do supermarketu je poissonovský prúd s intenzitou $\lambda = 11$ osôb za minútu.

- Počet tovarov, ktoré zákazník nakúpi sa riadi tabuľkou:

Počet nakúpených položiek	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-100
Pravdepodobnosť	0,1	0,2	0,22	0,16	0,12	0,11	0,09

Presný počet tovarov zdanej skupiny sa riadi rovnomerným diskretným rozdelením. (Napri.: Pravdepodobnosť, že zákazník kúpi 26-30 tovarov je 11%. presný počet sa vyberie z intervalu $<26, 30>$)

- Podľa zistení je 11% tovarov zakúpených zákazníkmi z oddelenia mäsa a syrov a 17% tovarov je z oddelenia zeleniny.

- Počet pracovníkov skupiny 1, 2 a 3 je premenná modelu.
- Čas na zakúpenie jednej položky tovaru, ktorý nie je z oddelenia zeleniny ani mäsa sa riadi trojuholníkovým rozdelením s parametrami $\min = 40$ s, $\max = 800$ s a $\text{modus} = 120$ s.

a) Časová náročnosť základných operácií pracovníkov je nasledujúca:

Čas potrebný na obsluhu jednej položky tovaru (nie zákazníka) pre pracovníkov zo skupiny 1 sa riadi rozdelením:

b) Čas potrebný na obsluhu jednej položky tovaru (nie zákazníka) pre pracovníkov zo skupiny 2 sa riadi rozdelením:

diskrétné empirické	$T_{\min} = 2, T_{\max} = 10; p = 0.1$
	$T_{\min} = 11, T_{\max} = 20; p = 0.2$
	$T_{\min} = 21, T_{\max} = 34; p = 0.3$
	$T_{\min} = 35, T_{\max} = 41; p = 0.25$
	$T_{\min} = 42, T_{\max} = 50; p = 0.1$
	$T_{\min} = 51, T_{\max} = 100; p = 0.05$

c) Čas potrebný na obsluhu jednej položky tovaru (nie zákazníka) pre pracovníkov zo skupiny 3 (pokladníkov) sa riadi trojuholníkovým rozdelením s

diskrétné empirické	$T_{\min} = 2, T_{\max} = 5; p = 0.3$
	$T_{\min} = 6, T_{\max} = 10; p = 0.5$
	$T_{\min} = 11, T_{\max} = 21; p = 0.1$
	$T_{\min} = 22, T_{\max} = 25; p = 0.09$
	$T_{\min} = 26, T_{\max} = 100; p = 0.01$

parametrami $\min = 1$ s, $\max = 90$ s a $\text{modus} = 7$ s.

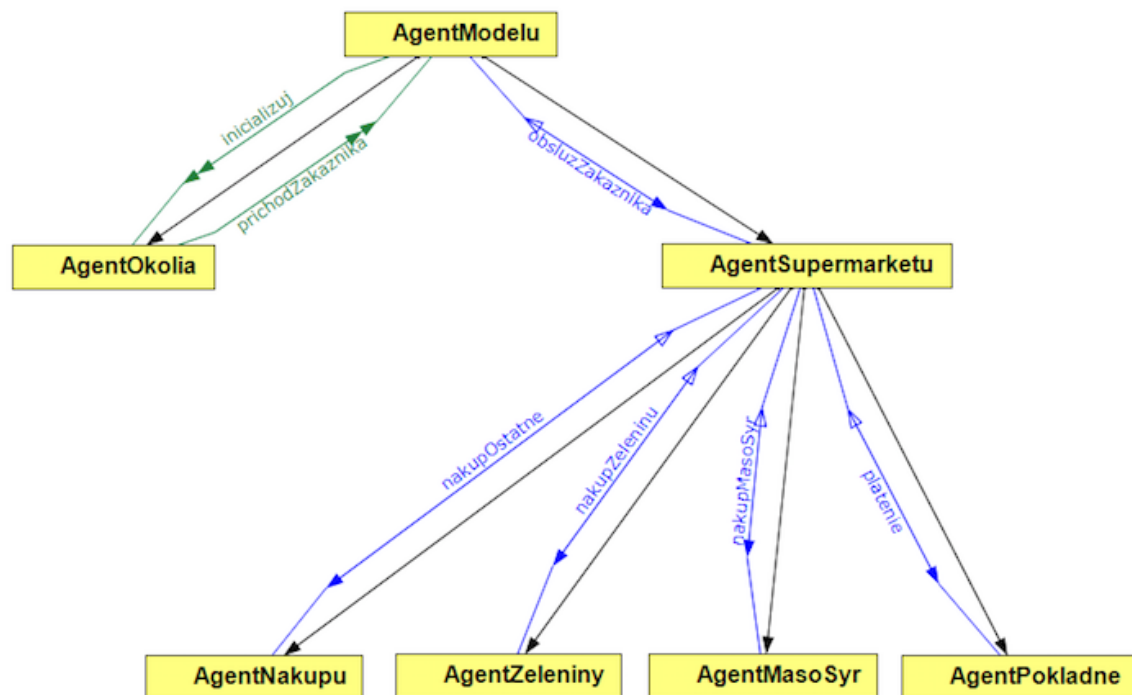
- Objednávky preberajú pracovníci od zákazníkov (čakajúcich v rade) systémom FCFS (first-come, first-served).
- Pracovná doba supermarketu je od 7:00 do 22:00.

Vedenie supermarketu uvažuje aj nad novým spôsobom riadenia práce pokladní. V prípade, že je pri každej pokladni rad dlhý aspoň 3 zákazníkov (jeden zákazník je obsluhovaný a traja čakajú) otvorí sa ďalšia pokladňa (príde do nej nový pokladník). Ak je pokladník aspoň 3 minúty bez zákazníka opustí pokladňu, ale minimálne jedna pokladňa je vždy otvorená. Pomocou simulácie otestujte tento nový spôsob práce pokladníkov. Zodpovedajte na všetky

vyššia položené otázky aporovnajzte obidva spôsoby minimálne z hľadiska: priemerného celkového času stráveného zákazníkom čakaním na obsluhu, počtu potrebného personálu a využitia personálu.

Riešenie

Simulácia je realizovaná pomocou agentovej hierarchie na obrázku Obr.1.



Obr.1: Hierarchia agentov

AgentOkolia plánuje príchody zákazníkov do systému a notifikuje o tom agenta AgentModelu. Ten požiada agenta AgentSupermarketu o obsluhu zákazníka. AgentSpuermarketu zákazníka postupne posiela do jednotlivých oddelení a nakoniec ku pokladni.

Popis agentov

AgentModelu

Potomok triedy Agent. Je agentom na vrchole hierarchie (boss). Inicializuje agenta okolia, od ktorého dostáva správy o príchode zákazníkov do systému, a posiela o tom notifikácie agentovi supermarketu. Takisto uchováva štatistiky o časoch čakania zákazníkov a dĺžke frontov. Má manažéra ManazerModelu. Manažér na začiatku simulácie posiela správu

Mc.init agentovi AgentOkolia, čím spustí plánovanie príchodov zákazníkov do systému. Od agenta AgentOkolia dostáva správu Mc.prichodZakaznika, na čo reaguje poslaním požiadavky Mc.obsluzZakaznika agentovi AgentSupermarketu. Ten mu po ukončení obsluhy posíla správu Mc.odchodZakaznika, o ktorom manažér zaznamená štatistiky.

AgentOkolia

Agent reprezentujúci okolie systému z ktorého do systému prichádzajú zákazníci. Je potomkom triedy Agent. Skladá sa z komponentov ManazerOkolia (potomok triedy Manager) a kontinuálneho asistenta PlanovacPrichoduZakaznika (potomok triedy ContinualAssistant). PlanovacPrichoduZakaznika posíla správy o príchode zákazníkov manažérovi agenta v časových intervaloch ktoré sú generované z exponenciálneho rozdelenia. Po prijatí tejto správy o tom notifikuje agenta modelu.

AgentSupermarketu

Agent reprezentujúci celý supermarket. Je potomkom triedy Agent. Supermarket sa skladá z niekoľkých oddelení, pričom pre každé oddelenie má podriadeného agenta ktorý dané oddelenie spravuje. Po príchode zákazníka do supermarketu, manažér agenta supermarketu postupne posíla zákazníka do jednotlivých oddelení a k pokladni. Po ukončení nákupu je odchod zákazníka oznámený agentovi modelu.

AgentNakupu

Reprezentuje oddelenia supermarketu, v ktorých môžu zákazníci nakupovať súčasne (t.j. nemusia čakať vo fronte na obsluhu pracovníkom). AgentNakupu je potomkom triedy Agent a má kontinuálneho asistenta ProcesNakupu. Nákup zákazníkom trvá istý čas, ktorý závisí od počtu položiek, ktoré chce zákazník nakúpiť, pričom čas potrebný na nákup jednej položky je generovaný z trojuholníkového rozdelenia.

AgentOddeleniaSPracovnikom

Potomok triedy Agent. Je abstraktnou triedou oddelenia v ktorých musia zákazníci čakať na obsluhu pracovníkom. Oddelenie môže mať ľubovoľný počet pracovníkov, pričom každý má vlastný front zákazníkov. Trieda zabezpečuje správu frontov a zber štatistík. Agent neimplementuje metódu processMessage(), ale poskytuje metódy zacniObsluhu() a ukonciObsluhu(), ktoré môže potomok použiť na implementáciu metódy processMessage().

Metóda `zacniObsluhu()` najskôr nájde pracovníka s najkratším frontom, na čo využije promptného asistenta `DotazNajkratsiFront`. Môžu nastať dva prípady:

1. Našiel sa pracovník, ktorý nikoho neobsluhuje: pracovník okamžite začne obsluhu zákazníka.

2. Našiel sa pracovník, ktorý už niekoho obsluhuje: zákazník je zaradený do frontu.

Na obsluhu zákazníka sa použije kontinuálny asistent, ktorý musí dodať trieda ktorá dedí od tejto triedy (napríklad `AgentPokladne`, `AgentZeleniny`, ...). Metóda `ukonciObsluhu()` ukončí obsluhu aktuálne obsluhovaného zákazníka, a v prípade že front pracovníka nie je prázdny, začne obsluhu ďalšieho zákazníka.

AgentZeleniny

Potomok triedy `AgentOddeleniaSPracovnikom`. Predstavuje oddelenie kde zákazníci nakupujú zeleninu.

AgentMasoSyr

Potomok triedy `AgentOddeleniaSPracovnikom`. Predstavuje oddelenie kde zákazníci nakupujú mäso a syr.

AgentPokladne

Potomok triedy `AgentOddeleniaSPracovnikom`. Prdstavuje pokladne, pri ktorých zákazníci zaplatia za nákup.

Popis ostatných tried

SimulaciaSupermarketu

Je potomkom triedy `Simulation`. Spravuje riadiacich agentov simulácie a spúšťa simuláciu. Poskytuje metódy pre zistenie celkového počtu zákazníkov v systéme, počet už obslužených zákazníkov a počet vygenerovaných zákazníkov.

Sprava

Potomok triedy `MessageForm`. Reprezentuje správy ktoré sú posielané v rámci simulácie. Môže niesť informácie o konkrétnom zákazníkovi a pracovníkovi supermarketu ktorým je zákazník obsluhovaný.

Zákazník

Je potomkom triedy Entity. Zákazník vie, koľko položiek chce nakúpiť (presný počet je generovaný s empirického rozdelenia pravdepodobnosti pri jeho vytvorení). Pamätá si tiež čas, kedy bol naposledy zaradený do frontu. Tento čas je následne použitý pri zbere štatistík o dĺžke čakania vo fronte.

Pracovník

Je potomkom triedy Entity. Pracovník je zdroj, ktorý vykonáva obsluhu zákazníkov. Má front zákazníkov. Môže sa nachádzať v dvoch stavoch: pracuje (v prípade že obsluhuje zákazníka) a nepracuje. Ak pracovník pracuje, každý nový zákazník, ktorý by chcel byť obslužený týmto pracovníkom, je zaradený do frontu.

Id

Trieda Id obsahuje identifikátory komponentov simulácie (agentov, asistentov, manažérov).

Mc

Trieda Mc (Message code) obsahuje kódy všetkých správ ktoré môžu byť zaslané v rámci simulácie. Je odvodená od triedy IdList ktorá obsahuje dodatočné kódy správ používané simulačným jadrom (start, finish, ...).