

Simulation: Kassen im Supermarkt

Adem Pokvic und Mario Strohmeier

FB Computerwissenschaften,
Jakob-Haringerstr. 2, 5020 Salzburg, Österreich
<http://www.cosy.sbg.ac.at>

Zusammenfassung. Ein Supermarkt hat n Kassen.
Zu Beginn wird eine Kasse geöffnet und dann nach folgender Strategie vorgegangen:
jedes Mal wenn w Kunden bei einer Kasse warten, wird eine neue Kasse eröffnet (solange möglich).
Eine Kasse wird geschlossen, wenn m Minuten kein Kunde bedient wird (mindestens eine Kasse muss jedoch offen bleiben).
Ziel der Simulation: wie sieht eine möglichst optimale Wahl der Parameter w und m aus, sodass die Kunden nicht zu lange warten müssen, aber auch die Kosten für besetzte Kassen nicht zu hoch werden.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-----------------------------|---|
| Zusammenfassung | 1 |
| Generell | 1 |
| 1 Modell | 2 |
| 1.1 NeuerKundeProcess | 2 |
| 1.2 KundenProcess | 2 |
| 1.3 KassaProcess | 2 |
| 1.4 KundenAnkunft | 3 |
| 1.5 KassaAuswahl | 3 |
| 2 Ergebnisse | 3 |
| 2.1 Kommentar | 4 |

Generell

Die Dauer unserer Simulation haben wir auf 4140 minuten festgelegt. Dies bedeutet, dass eine Woche von Montag-Samstag von 7:30-19:00 simuliert wird. Unsere Simulation haben wir Prozessorientiert umgesetzt.
Wir haben uns einen mittelgroßen Supermarkt mit 4 Kassen genauer angesehen.

1 Modell

In der `Supermarkt_Model` Klasse befindet sich die Exponentialverteilung für die Kundenankunftszeit, sowie diverse Gleichverteilungen für verschiedene Tageszeiten für Kundenanzahl und Artikelanzahl.

Außerdem gibt es Gleichverteilungen für die Artikel pro Minute, die ein Kassierer bearbeiten kann, die Eintippzeit, falls ein Artikel nicht gescannt werden kann und die Bezahldauer für Bargeld und Karte.

Desweiteren haben wir noch einen Randomwert zwischen 0 und 1 mit Desmo-j umgesetzt, sowie das Mischen eines Arrays, damit wirklich alle Randomwerte mit immer gleichen seeds berechnet werden.

Es werden auch noch die Kassen und Kassenwarteschlangen initialisiert, die Zeit bevor eine Kassa schließt, sowie die Kosten und maximale Anzahl an Kunden festgelegt.

1.1 NeuerKundeProcess

Hier werden abhängig von der Tageszeit/Wochenende mehr oder weniger Kunden erzeugt.

15 Minuten vor Ladenschluss werden keine neuen Kunden mehr erzeugt. Diese werden erst für den nächsten Tag wieder generiert.

1.2 KundenProcess

Hier wird mit der gleichen Helferklasse für die Tageszeit (`KundenAnkunft`) eine zufällige Anzahl an Artikel für jeden Kunden generiert.

Außerdem suchen sich die Kunden die beste Warteschlange aus.

1.3 KassaProcess

Hier werden die Kunden bedient. Dazu werden zuerst die Artikel gescannt, mit 0.1% Chance kann der Artikel nicht gescannt werden und muss dann händisch eingetippt werden. Nach dem Scannen bezahlt der Kunde entweder mit Bargeld oder der Karte. Die Zeiten unterscheiden sich hier.

Weiters wird noch das Öffnen und Schließen der Kassen durchgeführt.

Beim Öffnen wird die erste freie Kassa des Arrays aktiviert, falls noch eine Kassa verfügbar ist. Danach kommen alle Kunden, die noch keine Artikel auf das Förderband gelegt haben, in eine Liste. Diese Liste wird dann randomisiert, da wechselnde Kunden nicht in der gleichen Reihenfolge bei der neuen Kassa ankommen. Anschließend wird überprüft, ob es derzeit eine bessere Kassa für den betrachteten Kunden gibt. Falls nicht wird der nächste Kunde überprüft und womöglich mit 50% Wahrscheinlichkeit die Kassa wechseln.

Falls bei einer Kassa kein Kunde wartet, wird dieser Zeitpunkt markiert und nach den m Minuten die Kassa geschlossen. Außerdem werden die Kassenanzahl, die maximale Kundenanzahl und die Kosten für die Kassa aktualisiert.

1.4 KundenAnkunft

In dieser Klasse wird durch die aktuelle Simulationszeit entschieden, um welche Tageszeit es sich handelt. Der Samstag wird extra behandelt, da am Wochenende gerne größere Einkäufe gemacht werden.

1.5 KassaAuswahl

Hier wird die beste Warteschlange bestimmt, indem zuerst alle Artikel einer Warteschlange gezählt werden. Da Kunden dies nicht machen, werden die Artikel klassifiziert und somit nur grob abgeschätzt.

Danach wird mit den klassifizierten Werten eine Minimumssuche durchgeführt. Falls ein gleicher Wert gefunden wird, wird nun nach der Länge der Warteschlange entschieden.

2 Ergebnisse

| Kunden pro Warteschlange | Zeit bevor Kassa schließt | Avg max wait | Avg avg wait | Kosten pro Woche |
|--------------------------|---------------------------|--------------|--------------|------------------|
| 1 | 0 | 14,2845 | 1,1118 | 2926 |
| 2 | 0 | 9,1496 | 1,3650 | 2108 |
| 3 | 0 | 11,1373 | 1,9041 | 1841 |
| 4 | 0 | 12,7213 | 2,2264 | 1740 |
| 5 | 0 | 11,2112 | 2,6380 | 1701 |
| 6 | 0 | 11,9189 | 3,3284 | 1637 |
| 7 | 0 | 12,4636 | 3,8385 | 1609 |
| 8 | 0 | 16,7892 | 4,9017 | 1589 |
| 9 | 0 | 17,3461 | 5,2709 | 1589 |
| 10 | 0 | 16,3847 | 8,7540 | 1569 |

Grafik 1

| Kunden pro Warteschlange | Zeit bevor Kassa schließt | Avg max wait | Avg avg wait | Kosten pro Woche |
|--------------------------|---------------------------|--------------|--------------|------------------|
| 1 | 1 | 11,4827 | 1,0539 | 3277 |
| 2 | 1 | 14,5613 | 1,4651 | 2405 |
| 3 | 1 | 10,4631 | 1,6478 | 2009 |
| 4 | 1 | 11,7415 | 2,0867 | 1868 |
| 5 | 1 | 11,2251 | 2,6073 | 1758 |
| 6 | 1 | 11,3527 | 3,4050 | 1683 |
| 7 | 1 | 13,9703 | 4,3815 | 1642 |
| 8 | 1 | 16,8666 | 4,7894 | 1613 |
| 9 | 1 | 15,1063 | 4,5410 | 1585 |
| 10 | 1 | 16,2254 | 5,7217 | 1582 |

Grafik 2

| Kunden pro Warteschlange | Zeit bevor Kassa schließt | Avg max wait | Avg avg wait | Kosten pro Woche |
|--------------------------|---------------------------|--------------|--------------|------------------|
| 1 | 0,5 | 12,9290 | 1,0790 | 3115 |
| 2 | 0,5 | 12,6658 | 1,4183 | 2228 |
| 3 | 0,5 | 10,4608 | 1,7126 | 1907 |
| 4 | 0,5 | 11,5163 | 2,0638 | 1760 |
| 5 | 0,5 | 15,0833 | 3,0994 | 1728 |
| 6 | 0,5 | 15,0833 | 3,0994 | 1728 |
| 7 | 0,5 | 14,1417 | 3,9972 | 1640 |
| 8 | 0,5 | 13,8299 | 4,6442 | 1595 |
| 9 | 0,5 | 16,2302 | 4,9995 | 1593 |
| 10 | 0,5 | 19,8451 | 6,1981 | 1582 |

Grafik 3

2.1 Kommentar

Grafik 1

Als erstes haben wir geschaut was passiert, wenn die Kassa gleich schließt, nachdem keine Kunden mehr in der Warteschlange sind.

Hier sieht man das die Wartezeiten zwischen 1-3 Kunden am besten sind. Für die Kassakosten sind hingegen 10 Kunden am lukrativsten.

Ein gutes Mittel wäre hier 5 oder 6 Kunden pro Warteschlange zu nehmen, da sich hier die durchschnittliche Wartezeit im Vergleich zu den Kassakosten überschneiden.

Grafik 2

Danach haben wir angenommen, dass die Kassa nach einer Minute ohne Kundenschaft schließt.

Hier zeigt sich, dass die Kassakosten um einiges ansteigen. Die durchschnittliche Wartezeit sinkt hingegen stark.

Die besten Werte für Supermarkt und Kunden gibt es wieder bei 6 Kunden in der Warteschlange.

Grafik 3

Da eine kürzere Schließzeit, für die Kassakosten eindeutig besser ist, wollten wir wissen, ob es einen großen Unterschied in den Wartezeiten gibt, wenn die Schließzeit auf 30 Sekunden gesetzt wird.

Wie zu erwarten war liegen die Werte einigermaßen in der Mitte. Außerdem sind die Werte für beide Fraktionen bei 5 oder 6 Kunden am Besten.

Wie man sehen kann liegen die optimalen Werte für alle Schließzeiten der Kassen zwischen 5 und 6 Kunden. Da aber im Endeffekt der Supermarkt entscheiden muss, ob eher die Zufriedenheit der Kunden oder der Profit wichtiger ist, wird dieser wahrscheinlicher den Profit wählen.

Dies würde bedeuten, dass eine sehr kurze Schließzeit, gegen 0, zu empfehlen ist und mindestens 6 wartende Kunden.