Stockholms universitet

Tillämpad köteori inom kundtjänst

Erik Lundberg

Kandidatuppsats i matematisk statistik
Bachelor Thesis in Mathematical Statistics

Kandidatuppsats 2012:10
Matematisk statistik
December 2012

www.math.su.se

Matematisk statistik
Matematiska institutionen
Stockholms universitet
106 91 Stockholm

Stockholms universitet

Matematisk statistik
Stockholms universitet
Kandidatuppsats **2012:10**,
http://www.math.su.se/matstat

Tillämpad köteori inom kundtjänst

Erik Lundberg*

December 2012

Sammanfattning

Det finns två mål med den här uppsatsen. Det första målet är att studera hur köteori kan tillämpas inom kundtjänst för att få information om hur man kan förbättra andelen besvarade samtal. Det andra målet är att göra en modell för att predicera andelen besvarade samtal. Data har insamlats under perioden 26 mars till och med 1 juli, 2012. För att simulera det faktiska personalbehovet har jag använt dessa data för att approximera antalet inkommande samtal under en typisk vecka och hur många kundtjänstarbetare som behöver besvara samtal för att få en viss andel besvarade samtal. De modeller som används för att predicera andelen besvarade samtal är olika två logistiska regressionsmodeller och en multipel logistisk regressionsmodell. Det jag fann var att den multipla logistiska regressionen gav bäst värden, men att det är att föredra att ha mer exakt data så att en bättre jämförelse av modellerna kan göras. Det framkommer ändå att köteori har många användningsområden inom kundtjänst.

*Postadress: Matematisk statistik, Stockholms universitet, 106 91, Sverige. E-post: mr.lundberg@yahoo.com. Handledare: Martin Sköld.

Abstract

There are two aims of this thesis. The first aim is to study how queueing theory can be applied to customer support to obtain information which gives an insight in how to improve the ratio of answered calls to incoming calls. The second aim is to create a model for predicting the ratio of answered calls to incoming calls.

The data has been collected from 26 of Mars to 1 of July 2012. To simulate the actual need for staffing, I have used the data to approximate the amount of incoming calls during a typical week and estimated how many employees that need to be answering incoming calls to obtain a chosen ratio of answered calls to incoming calls.

The models that are used for predicting the ratio of answered calls to incoming calls are two logistic regressions and one multiple logistic regression.

I found that the multiple logistic regression scored the best result, although it would be preferable to have more accurate data so that a better comparison of the models can be done. Qeueing theory nevertheless has many advantages and applications in call centres.

Förord

Detta arbete utgör ett självständigt arbete i matematisk statistik om 15 hp. Jag vill tacka Folksam som låtit mig göra mitt arbete där, min handledare på Folksam Björn Nilsson för vägledning och inspiration, Pär Knutsson som låtit mig analysera data från hans avdelning och min handledare på matematiska institutionen Martin Sköld för givande diskussioner angående lösningsmetoder och för sitt engagemang.

Till en början visste jag inte vad kandidatarbetet skulle komma att handla om. När jag lärde mig om köteori i kurserna Stokastiska processer I och II fick jag en idé om att detta med fördel kunde applicerar på kundtjänst. Jag har tidigare jobbat i kundtjänst och varit med om när ledningen försöker lösa situationen när köerna skenar. Rekrytering till en kundtjänst är en svår uppgift då inflöden kan variera kraftigt under olika perioder. Det tar tid att bestämma hur många man bör anställa och när personal väl är anställd ska de internutbildas i ett antal veckor. Därför är jag engagerad i hur man kan minska kötiderna på ett effektivt sätt.

Innehållsförteckning

1 Introduktion

Kötider i en telefonkundtjänst minskar exponentiellt ju fler man har som besvarar samtal, och när fler ringer in än vad som hinner besvaras skenar kötiderna. Det finns en styrka i att med köteori göra en simulering för vad som kommer hända med köerna om man bemannar ett visst antal personer.

Min hypotes är att flest tappade samtal sker under samtalstoppar, det vill säga att de ej matchat antal besvarande mot samtalsfrekvensen och ett negativt samband mellan kötid och andel besvarade, det vill säga att fler lägger på ju längre de fått vänta.

Arbetet har utförts på Folksam och en statistisk studie har genomförts på deras kundtjänst i Ronneby inom Liv- och Pensionsservice. I dagsläget har de cirka 85 % besvarade samtal, vilket i kundtjänstsammanhang anses vara en hög siffra. Pär Knutsson som är chef för Ronnebykontoret vill dock förbättra siffran ytterligare.

Inom Liv- och Pensionsservice appliceras i stor utsträckning konceptet Lean. En del i Lean går ut på att inte bara använda data för att se hur det varit, utan att använda datan för att simulera ett framtida behov. I lean eftersträvas ständiga förbättringar i form av effektivare lösningar och inte genom att arbeta snabbare. En annan viktig del är att skapa jämna processflöden och minska ledtider. (Mikkel Eriksen, Thomas Fischer, Lase Mønsted, 2008).

Pär Knutsson, som arbetar med leankonceptet, gav mig uppdraget att undersöka om man med hjälp av matematisk statistik kan hjälpa dem att uppnå 90 % besvarade samtal. Detta mått beräknas genom att dividera antalet besvarade samtal med antalet inkommande samtal. Antalet inkommande samtal, består utöver de besvarade samtalen, utav de samtal där kunderna lagt på innan de når fram och overflow, som är de samtal som kopplas till en växel när hela personalstyrkan på kontoret är på möten eller internutbildningar.

Att korta ner kötider är ett effektivt sätt att göra kunder nöjdare. Studier visar att om gör kunderna nöjdare så gynnar det företaget monetärt. Med ökad kundnöjdhet kommer ökad kundlojalitet, vilket i sin tur leder till lönsamhet. (Stephen Deery och Nick Kinnie, 2003).

Problemställningen är hur man förutspår hur många som kommer att lägga på innan de kommer fram och hur overflowet påverkar möjligheten att uppnå målet med 90 % besvarade samtal.

2 Problemställning

Liv- och Pensionsservices Ronnebykontor består i skrivande stund av femton tillsvidareanställda och två konsulter. De arbetar med att handlägga ärenden, besvara email och besvara telefonsamtal som rör utbetalningar av pensioner och dödsutfallsbetalningar. Av de anställda är det tretton personer som kan besvara samtal, varav en jobbar halvtid och fyra jobbar 90 %. De flesta ärenden gäller förstagångsärenden. Då folk dör jämnt fördelat på året och även föds jämnt fördelat på året har avdelningen små variationer i ärendeflödet. Detta är gynnsamma förhållanden för en statistisk analys. Något som däremot försvårar analysen är att personalen i stor utsträckning själva väljer när de är tillgängliga för att besvara samtal. Den stora variationen i antal personer som besvarar samtal i kombination med att tillgänglig statistik bara visar medelantalet tillgängliga för samtal, avrundat till heltal, gör att det smyger sig in en stor osäkerhet i datan.

De samtal som kommer in är fördelade över tre linjer. De besvaras genom att den som väntat längst tid totalt blir besvarad först. Det finns tillräckligt med handläggare som har kunskaperna som krävs för att besvara samtal från samtliga linjer och samtalslängden är desamma för alla linjerna. Därför har jag i mina beräkningar räknat på att det är en enda linje där samtalslängderna följer samma fördelning.

När vi sammanställer data från 26 mars till 1 juni blir det tydligt att hypotesen, om att flest tappade samtal inträffar på samtalstopparna, stämmer. Detta kan beskådas i diagram 1-6 nedan.

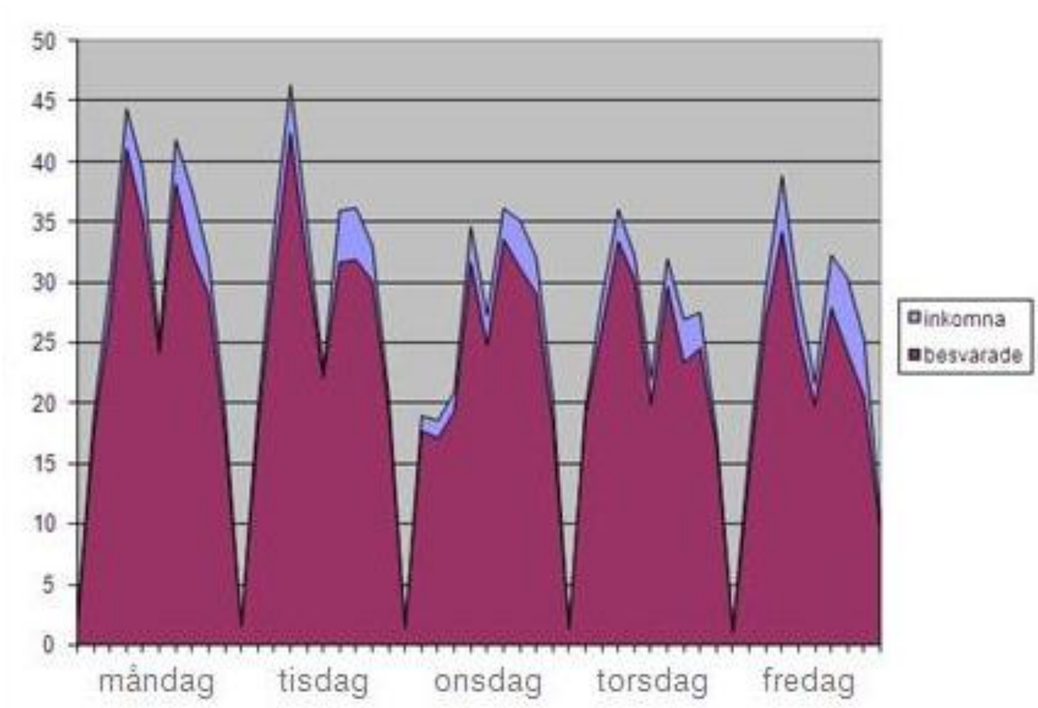

Diagram 1. Medelantalet tappade samtal mot antalet besvarade samtal under en snittarbetsvecka

Vi ser även att flest tapp sker runt klockan 14 – 16, vilket torde bero på att antalet inkomna samtal under den perioden kontinuerligt underskattas.

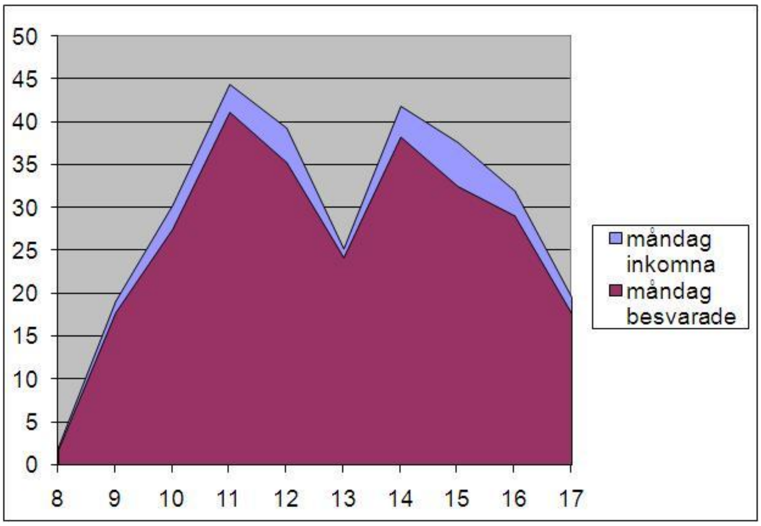

Diagram 2. Medelantalet tappade samtal per timme mot antalet besvarade samtal under en snittmåndag

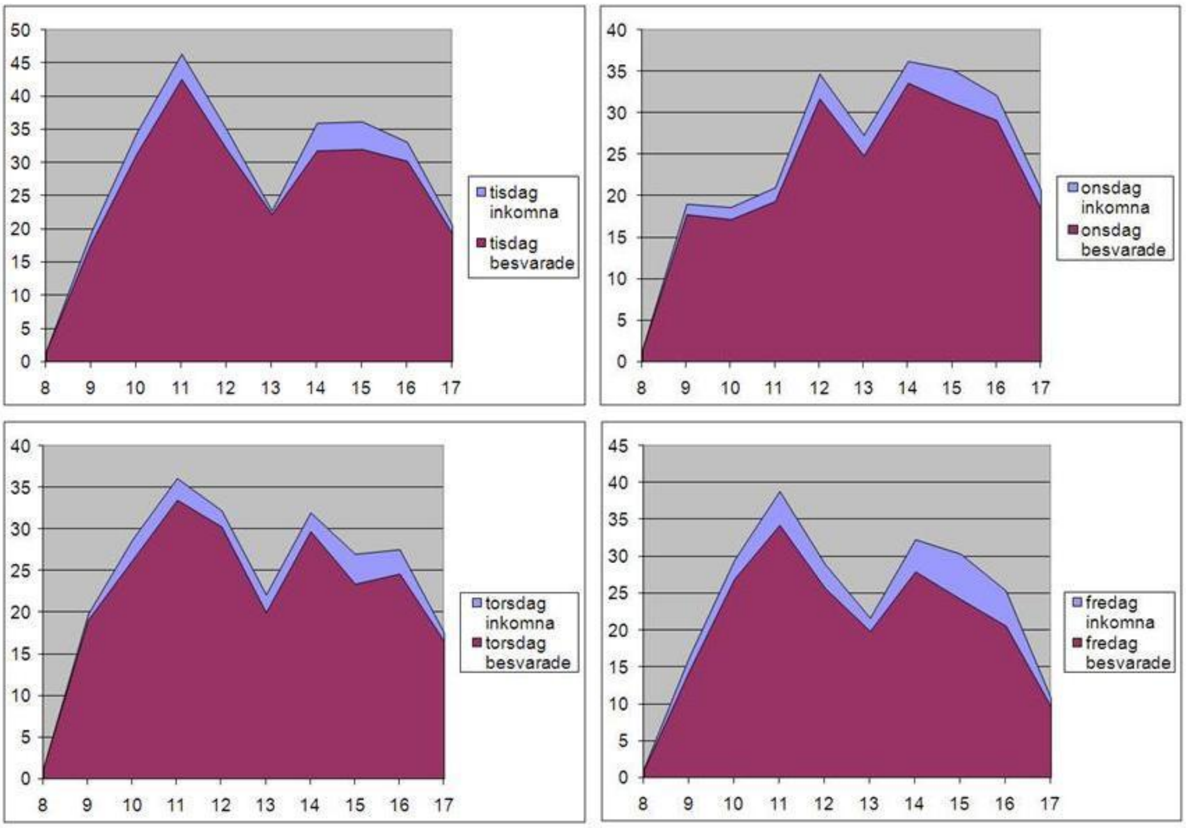

Diagram 3-6. Medelantalet tappade samtal per timme mot antalet besvarade samtal under en snittisdag – snittfredag

Dessa iakttagelser visar varför det är så viktigt att sammanställa statistik. Den grafiska presentationen av datan har dessutom uppenbara fördelar.

3 Modeller

3.1 Köteoretisk modell

Vad kunder tycker om ett företag beror till stor del på hur länge de måste vänta innan de betjänas. Det är därför viktigt skatta ankomstintensiteten så att man kan optimera hur många som ska besvara samtal under givna tidsperioder, för att på så sätt få ned medelkötiden. Detta görs med köteori.

Köteori kan användas inom en mängd områden för att skatta kötider. Några som kan dra nytta av köteori är: kundtjänster, flygplatser, frisersalonger, butiker, restauranger, industrier, kollektivtraffik med flera. Man kan till exempel optimera hur många kassor man ska ha öppna för att minimera köer, eller för att få ett smidigare trafikflöde. Det kan även användas för att minska behover av lager vid tillverkning och för butiker. Man skulle kunna säga att det är den matematiska tillämpningen av managementkonceptet Lean. Det vill säga minska slöseri och effektivisera processerna.

Systemet vi räknar på är av typen M/M/s. Första M:et står för att frekvensen för inkommande i systemet, i vårt fall inkommande samtal, som är Poissonfördelad ; det andra M:et står för att servicetiden hos servicestationerna, dvs medeltiden ett telefonsamtal tar, är exponentialfördelat och s:et står för att det är s antal servicestationer.

Medelkötiden Wq, i detta system ges av:

$$W_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!s\mu(1-\frac{\lambda}{s\mu})^2} \cdot \left(\sum_{r=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^r}{r!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!\left(1-\frac{\lambda}{s\mu}\right)} \right)^{-1}$$

(Narayan, 2008), där λ står för medelankomstintensiteten,μ för servicemedeltiden och s för antal servicestationer. Anledningen till att vi behöver skatta medelkötiden är för att det inte finns statistik över den att tillgå. Med hjälp av formeln för medelkötiden kan vi beräkna hur många som behöver besvara samtal för att få en vald medelkötid. Köteori spelar därför en central roll vid effektivisering av kundtjänst.

Frågan är dock vilken medelkötid vi bör försöka uppnå. För att få reda på det använder vi oss av en logistisk regression.

3.2 Logistisk modell

Det finns ett samband mellan *kötid* och *andel besvarade samtal*. Vi använder oss av en logistisk regression på (y,n) mot x. I varje tidsintervall observerar vi ett antal *inkommande samtal* (n) och hur många av dessa som besvaras (y). Vi beräknar också en *kötid* (x). Y är binomialfördelad med parametrarna n och den logistiska länkfunktionen p(z), där $p(z) = \frac{e^z}{1+e^z}$. Vi gör även en logistisk regression där vi byter ut *kötiden* mot *antalet operatörer*, för att sedan avgöra vilken modell som passar den data vi har bäst.

Utöver dessa två modeller testar vi även med en multipel logistisk regression med förklaringsvariablerna *antal operatörer* och *antal inkomna samtal* och responsvariabeln *andel besvarade samtal*.

För en binär responsvariabel Y och en förklarande variabel X är $\pi(x) = P(Y = 1|X = x) = 1 - P(Y = 0|X = x)$. Den logistiska regressionsmodellen är $\pi(x) = \frac{e^{\alpha+\beta x}}{1+e^{\alpha+\beta x}}$ (Alan Agresti, 2002).

Om vi bryter ut x ur den logistiska regressionsmodellen $\pi(x) = \frac{e^{\alpha+\beta x}}{1+e^{\alpha+\beta x}}$ (det är denna funktion som beskriver kurvorna i diagram 7 och 8) och sätter in värden på α och β, samt fixerar $\pi(x)$ till ett valt värde på andelen besvarade samtal, får vi vilken kötid som genererar denna andel besvarade samtal – vilket är det vi vill få fram.

När vi bryter ut x med algebraiska metoder får vi $x = \frac{ln\left(\frac{\pi(x)}{1-\pi(x)}\right)-\alpha}{\beta}$

Den logistiska regressionsmodellen kan beskrivas som ett binomialexperiment. Ett binomialexperiment har följande egenskaper:

- Experimentet består av n upprepade försök.
- Varje försök kan endast resultera i två möjliga utfall, där vi kallar det ena för att lyckas och det andra för att misslyckas.
- Sannolikheten att lyckas, p, är samma under varje försök.
- Försöken är oberoende.

Det finns fyra viktiga anledningar till att vi använder oss utav en logistisk regression istället för en linjär regression:

1. Om man använder en linjär regression kommer de predicerade värdena bli mindre än noll och större än ett, om man rör sig tillräckligt långt på X-axeln, vilket saknar praktisk tolkning.
2. Ett antagande man gör vid linjär regression är det om homoskedasticitet, det vill säga att variansen av Y är konstant för alla värden på X, vilket inte kan stämma på binära variabler som har variansen P(1-P).
3. Linjär regression antar att de skattade varianserna är normalfördelade, vilket inte en logistisk regression gör. Våra predicerade värden är binomialfördelade, varav vi inte vill ha normalfördelade varianser.
4. Man behöver inte anta ett linjärt samband.

4 Analys och resultat

4.1 Logistisk regressionsmodell 1

Vi tittar på data för en period på tio veckor (26 mars till och med 1 juni) för hur antal inkommande samtal, antal tappade samtal och medelantal handläggare som varit tillgängliga i respektive tidsperioder. Datan är indelad i kvartar och kundtjänstens öppettider är 07:30-17:00 vilket ger 38 mätpunkter per arbetsdag (förutom en arbetsdag som var halvdag). Antalet dagar kundtjänsten hade öppet under mätperioden var 46, vilket totalt ger 1736 mätpunkter per variabel. Med hjälp av dessa data skattar vi en medelkölängd för varje sådan tidsperiod.

Tyvärr måste ett stort antal värden strykas då det förefaller orimligt att de så pass ofta haft många tappade samtal när deras skattade medelkötid legat på långt under en sekund. Alla skattade medelkölängder på under 3 sekunder stryks därför. Anledningen till just 3 sekunder är att jag anser det orimligt att stora tapp förekommer med en så kort kötid, då det ungefär är tiden det tar för en signal att nå fram. Någonstans ska gränsen dras och det är anledningen till att jag drog den där. Dessutom tas de kötider som ligger över 5 minuter bort, då de förefaller för osäkra. Det fanns väldigt få mätpunkter över 5 minuter, och de varierade väldigt stort i andel tappade samtal. De fick därför ett orimligt stort inflytande över regressionslinjen. Anledningen till att tiderna blev så stora beror främst på att de under dessa pass haft för få som besvarat samtal. Detta innebär att jag ifrågasätta den data som är tillgänglig.

Det är datan över antalet som besvarat samtal som förmodligen ger en skev bild av hur verkligheten sett ut. Det varierar nämligen stort mellan olika kvartar hur många som varit tillgängliga för samtal, vilket förmodligen betyder att antalet som besvarar samtal varierat stort även under kvartarna. Om till exempel sju personer besvarar samtal de första fem minuterna och tre personer besvarar samtalen under de resterande tio minuterna av kvarten blir ett medelvärde missvisande. Lägg därefter till att alla dessa medelvärden är avrundade till heltal.

Av dessa skäl kan Ronnebykontoret inte få några rekommendationer om vilken medelkötid de bör rikta in sig på att få, baserat på regressionsanalysen. Däremot framkommer andra intressanta iakttagelser som kontoret kan dra nytta av, samt att vi kan skatta hur de bör fördela arbetskraften i kundtjänsten. Vi vet hur flödet av inkommande samtal ser ut, så med det kan vi skatta hur många som behöver vara tillgängliga för att besvara telefonsamtal vid givna tider för att få en vald medelkötid. Detta har gjorts i diagram 7 nedan.

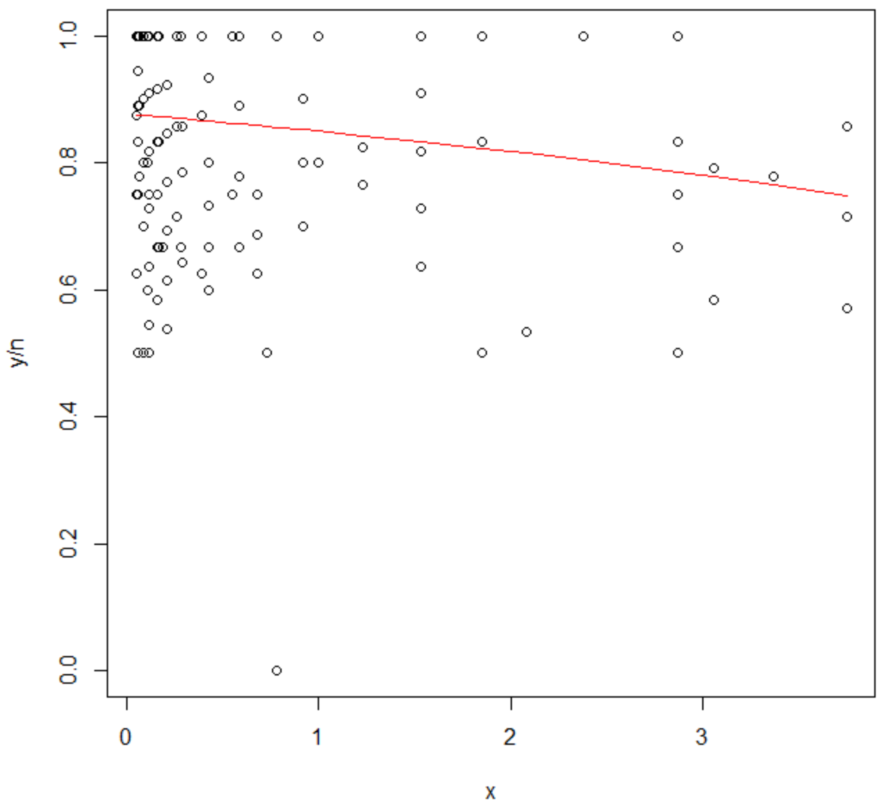

Diagram 7. Andel besvarade samtal, y/n, mot skattade medelkötiden, x, mätt i minuter.
α = 1.96155 och β = -0.23208.

Det är en stor spridning på punkterna, vilket förmodligen härrör ur osäkerheten om antalet som besvarar samtal och därmed för med sig osäkerhet i kötiderna. Hade vi haft de egentliga kötiderna hade vi inte haft det problemet. Vi ser att punkterna på intervallet 1-5 minuter påverkar väldigt mycket, vilket gör att man ytterligare kan ifrågasätta datan. Något som är tydligt är dock att fler lägger på ju längre de får vänta i telefonkön.

Liv och pensionsservice vill uppnåt 97%, vilket enligt denna modell inte är möjligt. Förmodligen är detta ett resultat av osäker data. Därför har jag rekommenderat att de ska försöka uppnå medelkötid på ca 3 sekunder, som är min kvalificerade gissning på vad som är en lämplig kötid. I Tabell 1 kan vi se hur många som behöver sitta och besvara samtal under givna pass för att inte medelkötiden ska vara fyra eller fler sekunder. I Tabell 2 kan vi se hur den förväntade medelkötiden blir under de olika passen, under en genomsnittlig vecka.

	07:30-09:00	09:00-11:00	11:00-13:00	13:00-15:00	15:00-17:00
måndag	3	5	4	5	4
tisdag	3	5	4	5	4
onsdag	3	4	4	5	4
torsdag	3	4	4	4	4
fredag	3	4	4	4	4

Tabell 1: Antal tillgängliga kundtjänstmedarbetare.

	07:30-09:00	09:00-11:00	11:00-13:00	13:00-15:00	15:00-17:00
måndag	3	1	3	1	2
tisdag	3	1	2	1	2
onsdag	2	1	3	1	2
torsdag	3	3	2	3	1
fredag	2	4	2	3	1

Tabell 2: Simulerad kötid, mätt i heltal sekunder, en genomsnittlig vecka, då data från tabell 1 använts.

I Tabell 3 har jag gjort schemat mer homogent, för att underlätta för schemaläggaren. Tabell 3 är en kompromiss mellan Tabell 1 och ett försök att göra Tabell 1 mer homogent. I Tabell 4 kan vi se hur de förväntade medelkötiderna blir.

	07:30-09:00	09:00-11:00	11:00-13:00	13:00-15:00	15:00-17:00
måndag	3	4	4	4	4
tisdag	3	4	4	4	4
onsdag	3	4	4	4	4
torsdag	3	4	4	4	4
fredag	3	4	4	4	4

Tabell 3: Rekommenderade antal tillgängliga kundtjänstmedarbetare.

	07:30-09:00	09:00-11:00	11:00-13:00	13:00-15:00	15:00-17:00
måndag	3	5	3	5	2
tisdag	3	6	2	4	2
onsdag	2	1	3	4	2
torsdag	3	3	2	3	1
fredag	2	4	2	3	1

Tabell 4: Simulerad kötid, mätt i heltal sekunder, en genomsnittlig vecka, då data från tabell 3 använts.

I Appendix A finns tabeller som simulerar medelkötiderna hur de hade varit 26 mars till 1 juni, om LPS hade bemannat kundtjänsten enligt Tabell 1 respektive Tabell 3.

4.2 Logistisk regressionsmodell 2 och 3

Hur ser sambandet ut mellan antalet operatörer och andelen besvarade samtal? En fördel med ett sådant samband är att det är simplare att få fram antalet operatörer vid olika tidpunkter än respektive kötider. Det skulle även vara enklare för schemaläggarna då de skulle se direkt vilken andel besvarade samtal som förutspås fås vid vald arbetstäthet, istället för som i föregående modell gå från data över personaltäthet till andel besvarade samtal via den förväntade kötiden. Vi använder oss av samma dataset som för den logistiska regressionsmodellen 1 och får nedanstående diagram:

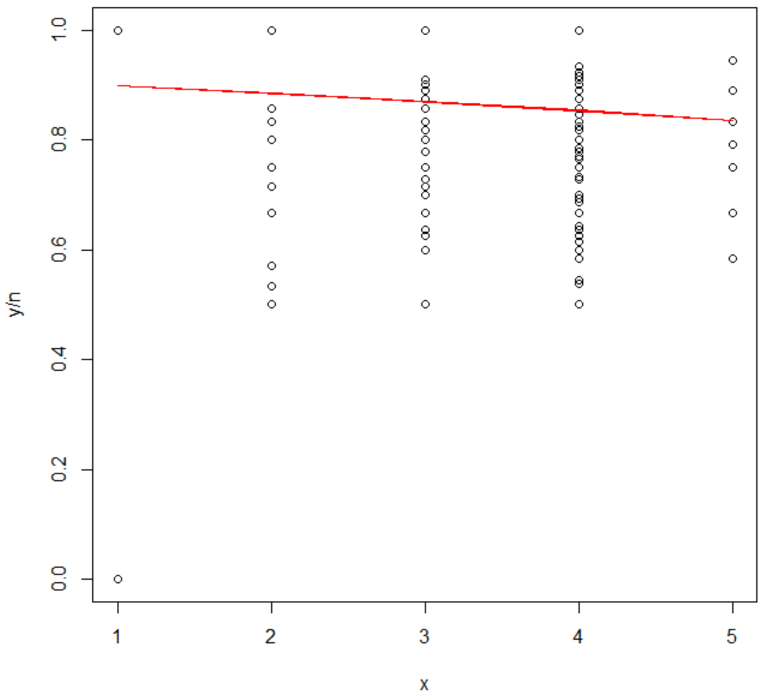

Diagram 8. Andel besvarade samtal, y/n, mot antalet operatörer, x. α = 2.33467 *och* β = -0.14270.

Vi finner att vi har ett negativt samband mellan andelen besvarade samtal och antalet operatörer. Det vill säga ju fler operatörer vi har ju lägre andel besvarade samtal får vi. Hur kan detta komma sig? En förklaring är som vi kan se i Diagram 1 (sida 7) att de kontinuerligt underskattar topparna och att det är där tappen kommer, vilket leder till att när de är som flest har de även lägst andel besvarade samtal. Problemet med denna modell är den inte tar hänsyn till intensiteten på inkommande samtal och därför kan ge ett väldigt missvisande samband.

Ytterligare en modell vi kan använda oss av är en multipel logistisk regression som vi väljer att kalla logistisk regressionsmodell 3. I denna modell använder vi oss av parametrarna operatörer och antal inkomna samtal, istället för kötid som i modell 1. Det β som hör till antalet operatörer är 0.34592 och det β som hör till antal inkomna samtal är -0.11643. α för modellen är 1.89560. Detta kan användas genom att välja fasta värden för andelen besvarade samtal och antal inkomna samtal (i vårt fall väljs andelen till 0.97 och antal inkomna samtal väljs till den ankomstfrekvensen som råder i det tidsperiod vi vill undersöka) för på så sätt få fram hur många som ska besvara samtal under respektive tidsperiod.

4.3 Val av modell

Hur ska man välja modell? Det finns ett matematisk sätt som hjälper oss att välja, vilket vi kommer använda oss av.

Det vi använder oss av är Akaikes informationskriterie som förkortas AIC. AIC används för att mäta den relativa avvikelsen mellan teoretisk och observerad fördelning för en statistisk modell. Resultatet blir en mätning av förlorad information, när en given modell används för att beskriva verkligheten. Den beskriver kohandeln mellan precisionen och komplexiteten hos en modell. Värdena på AIC ger möjligheten att välja modell. Man ska dock ha i åtanke att AIC inte kan säga om en modell passar bra. Det vill säga om alla modeller passar dåligt in för det dataset man har, så ger inte testet någon varning om detta. Vi kan inte välja med säkerhet, men vi kan med hjälp av AIC skatta hur mycket mer eller mindre information som går förlorat i en modell jämfört med andra modeller givet ett dataset.

I det allmänna fallet är AIC: $AIC = 2k - 2\ln(L)$, där k är antalet parametrar i den statistiska modellen och L är maximum likelihooden för den skattade modellen.

Givet de kandiderande modellerna för det dataset man har, så föredras den modell som har det minsta värdet på AIC. Det som är bra med AIC är att den inte bara premierar hur väl data passar in i modellen, utan även ger ut ett straff som ökar med antalet skattade parametrar. Detta straff minskar risken för att slumpmässiga fel och störningar tas upp i modellen och att fokus istället läggs på det underliggande sambandet.

I vårt fall är AIC för logistisk regressionsmodell 1: *769.87;* för logistisk regressionsmodell 2: *784.7;* och för logistisk regressionsmodell 3 *723.84.* Tar vi den modell som ger lägst AIC så ska vi välja den tredje modellen, det vill säga den multipla logistiska regressionen. Man ska dock ha i åtanke att AIC inte kan säga om en modell passar bra. Det vill säga om alla modeller passar dåligt in för det dataset man har, så ger inte testet någon varning om detta. Vi kan inte välja med säkerhet, men vi kan med hjälp av AIC skatta hur mycket mer eller mindre information som går förlorat i en modell jämfört med andra modeller givet ett dataset. Då ändring i antal operatörer ger exponentiell påverkan för kötiden kommer ett fel i antalet operatörer ge ett än större fel i kötiden. Då det råder stor osäkerhet över just siffran antalet operatörer är min hypotes att detta förklarar varför den multipla linjära regressionen är bäst i detta fall. Frågan är dock om någon av modellerna ger ett pålitligt svar när det är så stor osäkerhet bland antalet operatörer, vilket inte AIC ger någon förklaring till. En än mer intressant fråga som inte blir besvarad är vilken modell som ger lägst AIC vid mer precisa dataset.

5 Resultat

5.1 Slutsatser

Vad vi gjort är att visa på värdet av att sammanställa statistik och att redovisa det grafiskt. Detta åskådliggör brister som annars inte är synliga.

Vi har även visat hur köteori med relativt simpla metoder kan användas på ärendehantering för att ge värdefulla resultat. Det finns pengar för ett företag att tjäna på att optimera antalet handläggare och kunderna har mycket att vinna på att få kortare hangläggningstider.

En del avdelningar för ärendehantering använder sig av avancerad programvara för att hjälpa dem optimera antalet handläggare för att få en vald kötid. Frågan är dock vilken kötid man bör välja. Vi vill uppnå en viss andel besvarade samtal och söker ett samband mellan kötiden och andelen besvarade samtal.

Det är här den logistiska regressionen kommer in: i varje tidsintervall observeras ett antal inkommande samtal (n) och hur många av dessa som besvaras (y). Vi beräknar också en kötid (x). Sedan gör vi en logistisk regression på (y,n) mot x . Detta ger oss vilken kötid som ger en vald andel besvarade samtal. Vi har visat matematiskt att denna modell är att föredra framför en logistisk regression där kötiden byts ut mot antalet operatörer.

Det är dock viktigt att ha pålitlig data om man vill göra den regressionen. En alternativ modell som kan vara värd att undersöka är en multipel logistisk regression på (y,n) mot antalet operatörer (z) och (n), som i vårt fall gav det bästa resultatet.

I dag finns det avancerade program som hjälper oss att optimera antalet medarbetare för att uppnå en viss kötid. De lämpar sig dock inte för mindre avdelningar och är dessutom anpassade för kundtjänster.

5.2 Framtida arbete

Många företag och myndigheter skulle tjäna på att applicera köteori på såväl små som stora avdelningar och även på andra typer av ärendehanteringar än kundtjänster. Exempel på sådan ärendehantering är tecknande av försäkring – inklusive till exempel riskprövning, skadereglering inklusive prövning av om ersättning ska ges eller hantering av omplacering av fonder och aktier. Det vill säga när man har en mängd ärenden som ska hanteras av ett antal personer och man kan mäta hur stort inflödesfrekvensen och medelhanteringstiden är. Banker, försäkringsbolag och myndigheter hör till de som skulle kunna dra stor nytta av att applicera köteori på sin ärendehantering, utöver kundtjänstfunktioner.

Myndigheten Inspektionen för socialförsäkringen, ISF har använt köteori för att simulera hur olika arbetsmetoder påverkar kötider och de försäkrade inom Försäkringskassan (ISF 2011). Det vore intressant att se om ISF även kunde använda köteori för att se hur en eventuell ökning av personalstyrkan skulle slå mot kötiderna.

Det vore även intressant att jämföra en logistisk regression som kör kötiden mot andelen besvarade samtal, mot en multipel logistisk regression som kör de två variablerna operatörer och antal inkomna samtal mot andelen besvarade samtal, med mer pålitlig data över antalet operatörer.

6 Referenser

Alan Agresti (2002). Categorical data analysis, second edition, s 165-182

Mikkel Eriksen, Thomas Fischer, Lasse Mønsted (2008). Att leda med lean s 12-14,33, 56 -57

U. Narayan (2008). An introduction to queueing theory: Modeling and analysis in application, s 43-51

ISF (2011). Rapport 2011:3, Handläggningstider i försäkringskassans omprövningar

Stephen Deery, Nick Kinnie (2003). Call Centres and Human Resource Management, s 31-35

Appendix A

		07:30-9:00	09:00-1:00	11:00-3:00	13:00-5:00	15:00-7:00
26-mar	måndag	3	1	6	1	2
27-mar	tisdag	1	1	7	2	3
28-mar	onsdag	2	6	5	0	4
29-mar	torsdag	1	4	2	3	1
30-mar	fredag	1	2	1	2	1
31-mar	lördag					
01-apr	söndag					
02-apr	måndag	3	1	7	1	2
03-apr	tisdag	2	1	2	1	2
04-apr	onsdag	2	0	2	1	1
05-apr	torsdag	0	2	1	0	0
06-apr	fredag					
07-apr	lördag					
08-apr	söndag					
09-apr	måndag					
10-apr	tisdag	4	1	3	1	4
11-apr	onsdag	1	3	1	0	0
12-apr	torsdag	0	3	2	3	3
13-apr	fredag	0	3	1	1	1
14-apr	lördag					
15-apr	söndag					
16-apr	måndag	1	0	3	1	2
17-apr	tisdag	0	1	2	1	5
18-apr	onsdag	5	0	6	2	29
19-apr	torsdag	10	22	5	6	4

20-apr	fredag	1	6	2	6	1
21-apr	lördag					
22-apr	söndag					
23-apr	måndag	1	1	4	1	2
24-apr	tisdag	2	1	3	0	2
25-apr	onsdag	2	6	8	1	2
26-apr	torsdag	6	0	4	7	3
27-apr	fredag	1	11	9	12	2
28-apr	lördag					
29-apr	söndag					
30-apr	måndag	4	0	1	0	0
01-maj	tisdag					
02-maj	onsdag	2	0	2	1	2
03-maj	torsdag	2	7	2	3	1
04-maj	fredag	1	2	2	2	0
05-maj	lördag					
06-maj	söndag					
07-maj	måndag	2	1	3	0	1
08-maj	tisdag	1	0	1	0	2
09-maj	onsdag	1	2	2	0	0
10-maj	torsdag	1	2	1	1	1
11-maj	fredag	1	2	1	3	0
12-maj	lördag					
13-maj	söndag					
14-maj	måndag	1	0	2	1	5
15-maj	tisdag	12	1	4	1	1
16-maj	onsdag	2	0	2	0	0
17-maj	torsdag					
18-maj	fredag	2	4	0	0	
19-maj	lördag					
20-maj	söndag					
21-maj	måndag	3	1	3	1	3
22-maj	tisdag	3	1	1	0	1

23-maj	onsdag	3	2	2	1	3
24-maj	torsdag	9	4	2	2	1
25-maj	fredag	2	4	2	3	1
26-maj	lördag					
27-maj	söndag					
28-maj	måndag	3	0	1	1	2
29-maj	tisdag	1	1	1	0	0
30-maj	onsdag	2	0	2	0	1
31-maj	torsdag	0	2	2	2	0
01-jun	fredag	3	3	1	2	0

Tabell 5: Simulerad kötid 26 mars till 1 juni om antal besvarande kundtjänstarbetare varit som i Tabell 1.

		07:30-09:00	09:00-11:00	11:00-13:00	13:00-15:00
26-mar	måndag	3	7	6	5
27-mar	tisdag	1	7	7	20
28-mar	onsdag	2	6	5	2
29-mar	torsdag	1	4	2	3
30-mar	fredag	1	2	1	2
31-mar	lördag				
01-apr	söndag				
02-apr	måndag	3	10	7	12
03-apr	tisdag	2	4	2	4
04-apr	onsdag	2	0	2	5
05-apr	torsdag	0	2	1	0
06-apr	fredag				
07-apr	lördag				
08-apr	söndag				
09-apr	måndag				

10-apr	tisdag	4	7	3	6
11-apr	onsdag	1	3	1	3
12-apr	torsdag	0	3	2	3
13-apr	fredag	0	3	1	1
14-apr	lördag				
15-apr	söndag				
16-apr	måndag	1	3	3	4
17-apr	tisdag	0	4	2	5
18-apr	onsdag	5	0	6	30
19-apr	torsdag	10	22	5	6
20-apr	fredag	1	6	2	6
21-apr	lördag				
22-apr	söndag				
23-apr	måndag	1	15	4	7
24-apr	tisdag	2	4	3	3
25-apr	onsdag	2	6	8	5
26-apr	torsdag	6	0	4	7
27-apr	fredag	1	11	9	12
28-apr	lördag				
29-apr	söndag				
30-apr	måndag	4	2	1	1
01-maj	tisdag				
02-maj	onsdag	2	0	2	5
03-maj	torsdag	2	7	2	3
04-maj	fredag	1	2	2	2
05-maj	lördag				
06-maj	söndag				
07-maj	måndag	2	5	3	3
08-maj	tisdag	1	2	1	2
09-maj	onsdag	1	2	2	2
10-maj	torsdag	1	2	1	1
11-maj	fredag	1	2	1	3
12-maj	lördag				

13-maj	söndag				
14-maj	måndag	1	2	2	10
15-maj	tisdag	12	15	4	5
16-maj	onsdag	2	0	2	2
17-maj	torsdag				
18-maj	fredag	2	4	0	0
19-maj	lördag				
20-maj	söndag				
21-maj	måndag	3	5	3	10
22-maj	tisdag	3	7	1	2
23-maj	onsdag	3	2	2	5
24-maj	torsdag	9	4	2	2
25-maj	fredag	2	4	2	3
26-maj	lördag				
27-maj	söndag				
28-maj	måndag	3	2	1	5
29-maj	tisdag	1	8	1	2
30-maj	onsdag	2	0	2	3
31-maj	torsdag	0	2	2	2
01-jun	fredag	3	3	1	2

Tabell 6: Simulerad kötid 26 mars till 1 juni om antal besvarande kundtjänstarbetare varit som i Tabell 3.