# Verktyg för genomförande

När man har valt den övergripande metodiken för sitt examensarbete och ska gå till det praktiska genomförandet, behöver man en ”verktygslåda” av olika metoder. Beroende på ämnesområde och metodik behövs naturligtvis olika verktyg som är anpassade till situationen. I detta kapitel ges en översikt över en del viktiga verktyg, samt hänvisningar till mer fördjupade beskrivningar. Verktygen är grupperade i följande kategorier:

* *Utvärdering:* Hur kan utvärderingar genomföras? Hur kan utvärderingar användas som grund för beslutsfattande?
* *Kvalitetsdimensioner:* Vilka olika egenskaper kan utvärderas för olika typer av utvärderingsobjekt?
* *Datainsamling:* Hur kan insamling av data ske? Hur kan mätningar göras?
* *Prototyputveckling:* Vilken roll kan prototyper spela?
* *Modellering:* Hur bygger man en modell av ett fenomen, t ex för simulering och hur validerar man modellens beteende?
* *Analys:* Hur kan insamlad data analyseras kvantitativt och kvalitativt?
* *Resultatvalidering:* Hur kan resultatens giltighet bedömas?
  1. Utvärdering

En viktig del av de övergripande utbildningsmålen med examensarbetet är, som beskrivits i kapitel 2, att lära sig hur en utvärdering av det egna bidraget genomförs på ett vetenskapligt sätt. Utvärderingen syftar till att bedöma det egna bidragets kvalitet, utifrån de målsättningar som definierats som utgångspunkt för examensarbetet. Vad som utgör det egna bidragets kvalitet och hur denna ska utvärderas beror helt på situationen. De konkreta kriterier och förutsättningar som gäller för utvärderingen avgörs därmed från fall till fall. Metodiken för utvärderingen bör passa in i den övergripande metodiken för examensarbetet, som beskrivs i kapitel 3. En utvärdering på vetenskaplig grund innebär bland annat att utvärderingen bör:

* ha en i förväg upprättad *utvärderingsplan* där detaljerade steg i utvärderingen identifieras och kriterier och förutsättningar definieras i enlighet med examensarbetets övergripande metodik,
* vara *förutsättningslös* *och objektiv*, i meningen att utvärderingen inte är styrd av förutfattade meningar om önskvärda resultat och ej har syftet att försköna eller svartmåla verkligheten,
* innefatta en heltäckande och ärlig *redovisning* av både genomförande och utvärderingsresultat (såväl positiva som negativa), som möjliggör oberoende värdering så att utomstående själva kan granska och bedöma trovärdigheten.
  + 1. Utvärderingsprocessen

Om examensarbetet är av implementerande karaktär, där examensarbetarna t ex tar fram en prototyp eller vidareutvecklar en befintlig produkt, är utvärdering av specifika kvalitetsegenskaper ofta centrala. Exempelvis kan ett examensarbete handla om att lägga till en ny funktion i ett existerande system och utvärdera hur denna funktion påverkar systemets totala prestanda. I detta exempel blir mätningar av prestanda genom modellering och simulering central för utvärderingen.

Om examensarbetet är av undersökande eller utredande karaktär behöver slutsatsernas trovärdighet och giltighet (validitet) utvärderas, och därmed avgöra om de duger som t.ex. beslutsunderlag eller grund för vidare undersökningar. Denna typ av utvärdering baseras ofta på en dialog med intressenter som berörs eller drar nytta av resultaten eller med andra personer som kan bidra med en resultatbedömning. Här är intervjuer och enkäter värdefulla verktyg. Exempelvis kan resultaten från en utredning om en arbetsprocess redovisas för beslutfattare som ansvarar för den undersökta processen och frågor ställas genom intervjuer eller enkäter angående resultatens rimlighet och möjligheten att använda utredningsresultaten i arbetet med att effektivisera och vidareutveckla processen.

Med diskussionerna om god vetenskaplig metodik i kapitel 2 i minnet, i linje med vald metodik enligt kapitel 3, och i beaktande av verktygslådan av metoder som presenteras i detta kapitel, så är det lämpligt att genomförandet av en utvärdering beaktar följande steg och frågeställningar:

* *Karaktärisering av utvärderingsobjekt*: Vad är det som ska utvärderas? Vilka kvalitetsdimensioner har utvärderingsobjektet?
* *Definition av utvärderingssyfte:* Varför gör vi utvärderingen? Vilka kvalitetsdimensioner är viktiga? Vilka frågor vill vi ha svar på i utvärderingen?
* *Val av utvärderingsmetod:* Hur ska vi genomföra utvärderingen? Hur genomförs datainsamlingen? Hur ska vi mäta på utvärderingsobjektet?
* *Genomförande av utvärderingen:* Detta steg innebär att vi genomför de praktiska moment som definieras av de övriga utvärderingsstegen. Data från utvärderingen sparas på lämpligt sätt.
* *Analys av resultaten:* Hur ska vi kvantitativt och/eller kvalitativt analysera resultaten? Vilka statistiska metoder kan vi använda?
* *Validering av resultaten:* Vilka begränsningar i resultatens giltighet finns? Vilka är hoten mot validiteten? Hur kan vi minska eller helt undvika validitetshot?
* *Presentation av resultat:* Hur visualiserar vi resultaten? Vilka slutsatser kan vi dra? Hur kan resultaten presenteras så att de blir en bra grund för beslutsfattande?

Valet av utvärderingsmetod styrs av utvärderingsobjektets karaktäristika och av utvärderingens syfte. Här kan, beroende på sammanhanget, en eller flera metoder ur detta kapitel vara användbara. Man kan till exempel med fördel kombinera kvantitativa mätningar av specifika egenskaper hos en prototyp med kvalitativa intervjuer med noggrant utvalda pilotanvändare.

* + 1. Utvärdering som beslutsunderlag

Ofta utgör utvärderingar underlag för beslutsfattande. Ett examensarbete kan till exempel som delresultat ge rekommendationer om vilket av flera alternativ som är bäst enligt angivna förutsättningar baserat på utvärderingsresultat av respektive alternativ.

När man ska fatta beslut är det ofta avgörande att på ett relevant sätt kunna väga samman olika kvalitetsdimensioner och egenskaper. Sådana avvägningar kan vara mycket svåra och kräver ofta ingående kunskap om det specifika problemet. Dessutom finns det ofta komplexa beroende mellan olika egenskaper. Till exempel så kan en produkts *säkerhet* påverkas negativt om det finns dolda fel i produkten, vilket i sin tur har med *tillförlitlighet* att göra. Ett annat exempel är att *användbarheten* av en produkt kan påverkas negativt av säkerhetsåtgärder såsom lås eller inloggningsfunktioner.

Beslutsunderlag bör åskådliggöra det man ska fatta beslut om och på ett lättöverskådligt sätt visualisera informationen som ligger till grund för beslutet. Ett sätt att presentera utvärderingsresultat som grund för beslut är att ställa upp *kriterietabeller*. Figur 6.1 visar ett exempel på hur en kriterietabell kan konstrueras.

Raderna i exemplet på kriterietabell innehåller de kriterier som används i utvärderingen, t ex baserat på några väl valda kvalitetsdimensioner som anses viktiga i just detta sammanhang. Kolumnerna innehåller de olika alternativ som utvärderats med avseende på kriterierna. I tabellelementen finns indikatorer som med ett mätetal eller på annat sätt karaktäriserar ett visst alternativ med avseende på ett visst kriterium.

Vilka kriterier man ska använda är helt avgörande för utfallet. Vissa kriterier är lättare att mäta än andra. Ibland låter man subjektiva bedömningar ingå i bedömningen av kriterierna. Mätskalor som kan användas när kriterier ska ges värden behandlas i kapitel 6.3.5.

Tabell 6.1. Kriterietabell

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kvalitetskriterier för  musikspelare** | *Alternativ 1*:  SuperPlayer | *Alternativ 2*:  MyPlayer | *Alternativ 3*:  MiniPlayer |
| *Stöd för filformat* | Bäst | Stödjer alla viktiga format | Saknar många viktiga format |
| *Överföringshastighet [kbps]* | 100 | 50 | 1000 |
| *Utseende* | Elegant | Plastig | Diskret |
| *Ljudkvalitet* | 4 | 2 | 5 |
| *Storlek [bxhxd, mm]* | 50x100x10 | 50x10x50 | 5x10x100 |
| *Pris [EUR]* | 999 | 99 | 1500 |

Inom områdena beslutsteori och beslutsstödsystem finns en uppsjö olika metoder och angreppssätt för att sammanställa beslutsunderlag (Edlund et al. 1999). Ett typiskt exempel på en metod för att prioritera bland många olika objekt är *Analytical Hierarchy Process* (Saaty 1980), där parvisa jämförelser och matrisberäkningar används för att ta fram relativa prioriteter på en ratio-skala. Enklare metoder på samma tema utgörs av rankning genom olika former av sortering eller genom att kategorisera jämförelseobjekten, till exempel genom att beskriva varje objekt på vars ett kort och låta olika intressenter dela upp korten i olika högar efter givna eller egendefinierade kriterier (eng. *card sorting*).

* 1. Kvalitetsdimensioner

Kvalitet är ett mångfacetterat begrepp med många olika tolkningar som beror av sammanhanget. Olika intressenter kan uppfatta kvalitet på olika sätt och när ett objekt ska utvärderas bör man noga tänka igenom vilka kvalitetsdimensioner som är relevanta och för vilka avnämare (kunder, marknadssegment, användare, sponsorer, beslutsfattare etc). Vad som är relevanta kvalitetsdimensioner beror också allmänt på om utvärderingsobjektet är en fysisk produkt, en tjänst, en programvara, en utvecklingsmetod eller en tillverkningsprocess.

Tekniska system är ofta en komplex sammansättning av olika delar som samverkar. En produkt kan bestå av både elektronik, mekanik och programvara. Produktionen av produkten kanske kräver en komplex tillverkningsprocess som i sin tur kan innehålla flera komplexa tekniska system. Runt produkten kanske det finns ett tjänsteutbud med ett specialiserat IT-stöd och en supportorganisation med telefonisystem och webbstöd. Försäljning och distribution av produkten kanske också sker med stöd av tekniska system.

På detta sätt ingår högteknologiska produkter ofta i en komplicerad struktur och att reda ut vilka kvalitetsdimensioner som är viktiga ur olika aspekter kräver ofta att man tar hänsyn till samverkan mellan flera system. I efterföljande delkapitel presenteras olika exempel på kvalitetsdimensioner ur olika synvinklar. Först presenterar vi dimensioner för systemkvalitet som baseras på standarden ISO9126 (2001). Därefter ger vi exempel på dimensioner som kan vara relevanta för fysisk produktkvalitet, tjänstekvalitet och processkvalitet.

*Hur kan man ha användning för dessa kvalitetsdimensioner i ett examensarbete?* I utvärderingsdelen av ett examensarbete måste man ta ställning till vilka kriterier som utvärderingen ska ske utifrån. Vad menas med ”bra” och ”dåligt” i det specifika sammanhanget? För att svara på dessa frågor behöver man ofta göra en grundlig utredning av vad god kvalitet innebär och detta medför i sin tur att kvalitetsdimensioner behöver definieras, undersökas och mätas. Vilka kvalitetsdimensioner är viktigast? Vilka mätetal karaktäriserar på ett giltigt sätt en viss kvalitetsdimension? Med utgångspunkt i relevanta kvalitetsdimensioner kan verktyg för datainsamling tillämpas, t ex GQM och mätskalor (se vidare kapitel 6.3). Kanske behövs simuleringar för att undersöka hur kvalitetsdimensioner samverkar? Då prototyputveckling sker (kapitel 6.4) är en djuplodande undersökning av kvalitetsdimensioner avgörande i planeringen och genomförandet. Analys (kapitel 6.5) och resultatvalidering (6.6) är ofta beroende av och kopplade till mätningar av kvalitetsdimensioner.

Användningen av kvalitetsdimensioner är sällan oproblematisk. Det är svårt att hitta entydiga definitioner av de olika dimensionerna så att de inte överlappar varandra. Olika personer tolkar begreppen på olika vis och inom olika discipliner finns olika tradition i språkbruket. Det är ofta svårt att mäta kvalitetsdimensionerna och även om man lyckas definiera giltiga mått så är det inte alltid att ett sådant mått fångar hela kvalitetsupplevelsen ur användarsynvinkel. Ofta krävs många olika mått för att täcka olika aspekter av samma kvalitetsdimension. Olika kvalitetsdimensioner hänger ofta ihop och påverkar varandra genom komplexa inbördes beroenden både positivt och negativt. Till exempel kan användarvänligheten påverkas negativt av säkerhetshöjande funktioner. En snabbare produkt kanske innehåller komponenter som är mindre tillförlitliga. Om prestanda ökas så blir också användbarheten bättre. Förståelse för denna typ av komplexa beroenden kan betraktas som en kärnkompetens för ingenjörer och förmåga att göra goda avvägningar mellan kvalitetsdimensioner i en produktutvecklingssituation är en central del i begreppet ingenjörsmässighet.

De listor med kvalitetsdimensioner som återges i efterföljande delkapitel är tänkta att utgöra startpunkter för djupare analyser. Även om de inte kan göra anspråk på att vara fullständiga används de efterföljande listorna med fördel som checklistor och inspirationskällor i arbetet med att ta fram specifika definitioner och mått på kvalitet.

* + 1. Systemkvalitet

Den internationella standarden ISO9126 (2001) föreslår en kvalitetsmodell ämnad att karaktärisera produktkvalitet för system som helt eller delvis bygger på programvara,men många av modellens kvalitetsdimensioner är tillämpbara allmänt på komplexa tekniska system som integrerar fysiska komponenter, tjänster och processer.

Programvara är en speciell produkt, bland annat på grund av att kostnaden för mångfaldigande är i princip noll. Vidare är programvara svår att visualisera och följer inte fysikens lagar, exempelvis åldras inte programvara. Det är kanske på grund av programvarans speciella natur som man sett ett extra stort behov av att ta fram standardiserade kvalitetsdimensioner med en omfattande detaljnivå speciellt för programvara, för att på så sätt underlätta synliggörandet av kvaliteten hos denna immateriella produkt. I takt med att allt fler ingenjörsprodukter innehåller allt mer programvara blir kvalitetsmodeller för programvara allt viktigare.

ISO9126-modellen är indelad i en hierarki med övergripande kvalitetsaspekter med tillhörande underkategorier och mätetal. Vi redovisar nedan modellens kvalitetsdimensioner i två nivåer (men hänvisar till standarden för detaljer kring mätetal):

**Funktionalitet** (eng. *functionality*). Hur är förmågan att tillhandahålla funktioner som uppfyller uttalade och underförstådda behov under specifika omständigheter? Denna dimension fokuserar på *vad* systemet gör för att uppfylla behov, medan övriga dimensioner koncentrerar sig på *hur* och i vilken utsträckning behov uppfylls.

* *Lämplighet* (eng. *suitability*): Vilken är förmågan att tillhandahålla en lämplig uppsättning funktioner för specifika användningsändamål?
* *Noggrannhet* (eng. *accuracy*): Vilken är förmågan att tillhandahålla korrekta resultat med given precisionsgrad?
* *Samverkansförmåga* (eng. *interoperability*): Hur väl samverkar delsystem med omgivande system?
* *(Informations)säkerhet* (eng. *security*): Kan systemet skydda data så att endast auktoriserade personer kan läsa eller ändra den?

**Tillförlitlighet** (eng. *reliability*). Hur god är förmågan att upprätthålla en viss, specificerad (tillförlitlig, felfri, tillgänglig) funktion under specifika omständigheter?

* *Mognadsgrad* (eng. *maturity*): Kan systemet undvika att felyttringar uppkommer till följd av latenta fel i systemet? Ett system med hög mognadsgrad har en lägre andel latenta fel och en lägre sannolikhet för att bete sig felaktigt. Latenta fel i programvara beror inte på åldrande utan på misstag i kravspecifikationer, designdokument eller programmering.
* *Feltolerans* (eng. fault *tolerance*): Kan systemets funktion upprätthållas även om systemet påverkas av latenta fel eller otillbörliga intrång?
* *Återhämtningsförmåga* (eng. *recoverability*): I vilken utsträckning kan systemet återhämta sig efter att felyttringar har uppkommit?

**Användbarhet** (eng. *usability*). Hur lätt är systemet att använda under specifika omständigheter för specifika användare?

* *Begriplighet* (eng. *understandability*): Förstår användarna vad systemet kan användas till och hur det används för en speciell uppgift under specifika omständigheter?
* *Lärbarhet* (eng. *learnability*): Hur lätt är det för användarna att lära sig använda systemet?
* *Handhavande* (eng. *operability*): Hur lätt är det för användarna att handha, kontrollera och styra systemet?
* *Attraktivitet* (eng. *attractiveness*): Hur attraktivt upplevs systemet av användarna? Vilken är den subjektiva tillfredsställelsen i användandet?

**Effektivitet** (eng. *efficiency*). Vilken är förmågan att tillhandahålla ändamålsenlig prestanda i relation till mängden resurser som krävs under givna omständigheter?

* *Tidsbeteende* (eng. *time behaviour*): Vilken är förmågan att ge snabb respons, korta beräkningstider och god genomströmningsgrad (eng. throughput rates)? Kallas ofta för snabbhet men även för prestanda (eng. speed, performance).
* *Resursutnyttjande* (eng. *resource utilisation*): Vilken är förmågan att i ändamålsenligt utsträckning utnyttja tillgängliga resurser av olika typ (exempelvis primärminne, diskutrymme, bildskärmsminne etc.) Kallas ofta för kapacitet (eng. capacity).

**Underhållsbarhet** (eng. *maintainability*). Hur lätt är det att ändra systemet, exempelvis vid korrigeringar, anpassningar, eller tillägg för att uppfylla nya krav?

* *Analyserbarhet* (eng. *analysability*): Hur lätt är det att diagnostisera bristfälligheter eller felorsaker? Hur lätt är det att identifiera vilka delar som behöver modifieras?
* *Ändringsbarhet* (eng. *changeability*): Hur lätt är det att göra en specifik modifiering?
* *Stabilitet* (eng. *stability*): Hur stor är risken att en modifiering orsakar oväntade effekter?
* *Testbarhet* (eng. *testability*): Hur lätt är det att validera systemet? Hur lätt går det att avgöra om en modifiering uppfyller krav och förväntningar?

**Portabilitet** (eng. *portability*). Hur lätt är det att överföra systemet från en omgivning till en annan?

* *Anpassningsbarhet* (eng. *adaptability*): Hur lätt är det att anpassa systemet utan andra åtgärder än de som erbjuds av systemet självt? Hur lätt är det att utöka kapaciteten eller att skala upp systemet vid utbyggnad?
* *Installationsbarhet* (eng. *installability*): Hur lätt är det att installera systemet i sin specifika omgivning?
* *Samexistens* (eng. *co-existence*): Hur lätt är det för systemet att samverka med andra oberoende system i en gemensam omgivning under samutnyttjande av gemensamma resurser?
* *Utbytbarhet* (eng. *replaceability*): Hur lätt är det att ersätta systemet med ett annat specifikt system i samma syfte i samma omgivning?

**Uppfyllandegrad** (eng. *compliance*). För vart och ett av kvalitetsdimensionerna ovan kan man ställa sig frågan: Hur uppfylls denna kvalitetsdimension i enlighet med standarder, konventioner, regleringar, lagar eller förordningar? Man talar då om t.ex. *reliability compliance* och avser därmed gällande praxis för tillförlitlighetsregler i det specifika sammanhanget.

**Kvalitet i användande** (eng. *quality in use*). Hur väl stödjer systemet specifika användare i att uppnå specifika mål i specifika användningssammanhang? Denna övergripande dimension berör systemet som en komponent i ett större sammanhang där användare samverkar med systemets olika delar i en helhet, t ex en integration av delar som består av programvara, elektronik, eller mekanik.

* *Verkningsfullhet* (eng. *effectiveness*): Vilken är systemets förmåga att stödja användarna i uppfyllandet av specifika mål, på ett noggrant och fullständigt sätt, i det specifika användningssammanhanget?
* *Produktivitet* (eng. *productivity*): Hur väl möjliggör systemet att användarna förbrukar en rimlig mängd resurser (tid, pengar), i relation till den uppnådda verkningsfullheten, i det specifika användningssammanhanget?
* *(Person)säkerhet* (eng. *safety*): Hur är systemets förmåga att erbjuda en acceptabel säkerhetsnivå vad gäller risken att människor, verksamhet, system, egendom eller miljö kommer till skada, i det specifika användningssammanhanget?
* *Tillfredsställelse* (eng. *satisfaction*): Hur god är förmågan att tillfredsställa användare i specificerade användningssammanhang?
  + 1. Fysisk produktkvalitet

När en produkt eller del av produkt utgörs av fysiska komponenter, t ex maskinelement eller elektronik, är kvaliteten beroende av komponenternas fysikaliska egenskaper. Tillförlitligheten påverkas exempelvis av att komponenter åldras och slits. Kvaliteten kan oftast karaktäriseras genom fysikaliska mått, så som storlek, vikt, energi etc. Nedan följer exempel på kvalitetsdimensioner som kan vara viktiga för en fysisk produkt (Bergman och Klefsjö 2002):

* *Driftssäkerhet:* Hur ofta inträffar fel? Hur alvarliga är felen?
* *Prestanda:* Vilken effekt och effektivitet har varan, i termer av t ex hastighet, livslängd, storlek?
* *Underhållsmässighet:* Hur lätt är det att upptäcka, lokalisera och avhjälpa fel?
* *Miljövänlighet:* Hur påverkar produkten miljön, exempelvis i form av avgaser eller återvinningsbarhet? Hur miljövänlig är produktionen?
* *Utseende:* Hur vacker uppfattas produkten vara av olika kundgrupper? Vilka estetiska värden skapas genom exempelvis design och färgval?
* *Felfrihet:* I vilken utsträckning är varan behäftad med fel eller brister?
* *Säkerhet:* Vilken är risken att varan orsakar skada på person eller egendom? Är varan speciellt skyddad mot yttre påverkan?
* *Hållbarhet:* Kan produkten användas, lagras och transporteras utan att den försämras eller kommer till skada?
  + 1. Tjänstekvalitet

En tjänst är ett resultat som levereras av en utförare (leverantör) till en mottagare (användare). Ofta bygger tjänster på en kombination av arbetsinsatser utförda av människor och teknik i samarbete. Interaktionen mellan utförare och användare är ofta central för hur användaren uppfattar tjänstens kvalitet. Nedan följer exempel på kvalitetsdimensioner som kan vara viktiga för en tjänst (Zeithaml et al. 1990, enl. Bergman och Klefsjö 2002):

* *Pålitlighet*: Hur jämnt är tjänstens resultat, t ex avseende punktlighet och precision? Hur väl utförs det som utlovats?
* *Trovärdighet:* Kan man lita på leverantören?
* *Tillgänglighet:* Hur lätt är det att få kontakt med leverantören?
* *Kommunikationsförmåga:* Hur god är leverantörens förmåga att kommunicera med kunden på ett för kunden naturligt sätt som kunden förstår?
* *Tjänstvillighet:* Hur väl upplevs viljan att hjälpa kunden?
* *Artighet:* Hur är leverantörens uppförande i form av hövlighet, omtanke och vänlighet?
* *Inlevelseförmåga, empati:* Hur stor är leverantörens förmåga att leva sig in i kundens situation?
* *Omgivning:* Hur är kvaliteten hos den miljö i vilken tjänsten utförs, t ex utrustning och lokalernas utseende?
  + 1. Processkvalitet

Många examensarbeten inom teknik handlar om att lösa problem, utveckla nytt, eller att förbättra i ett sammanhang där människan och tekniken samverkar. Det människor gör för att genomföra en viss verksamhet kallas allmänt för *process*. Processer innefattar uttalade och outtalade aktiviteter som utförs av människor för att stödja verksamheten i en organisation eller ett företag. Ofta kan det viktigaste bidraget i ett examensarbete utgöras av en utredning av eller förslag på nya arbetssätt, metoder eller aktiviteter. I dessa sammanhang är processens kvalitet ofta central. Då kan följande kvalitetsdimensioner vara relevanta:

* *Effekt*: Hur stora är vinsterna med införandet av den nya metoden? Hur stora kvalitetsförbättringar kan uppnås? Kan något helt nytt åstadkommas som inte gick att genomföra tidigare?
* *Införandekostnad:* Vad kostar det att utbilda personalen? Vad blir kostnaden för omorganisation till följd av införandet?
* *Användbarhet:* Hur lätt är metoden att lära sig? Hur väl stödjer den användarna i sina arbetsuppgifter?
* *Automatiseringsgrad:* Hur stor andel av manuellt arbete kan undvikas? Hur väl låter sig processen stödjas av datorbaserade verktyg?
* *Acceptans*. I vilken utsträckning kommer användarna av metoden att acceptera införandet och stödja förbättringsansträngningarna?
  1. Datainsamling

Datainsamlingen i ett examensarbete kan ske på olika sätt. I följande delkapitel presenteras hur man praktiskt går tillväga. Kontinuerligt under arbetet bör man föra *loggbok* för att dokumentera vad man gör. Man kan undersöka förväntningar på arbetet och åsikter genom *enkäter* och *intervjuer*. Att beskriva hur något görs är ofta en startpunkt för ett examensarbete, t ex att beskriva ett arbetsflöde. *Observationer* är ett sätt att samla in data för detta. *Mätningar* kan omfatta såväl tekniska och fysikaliska aspekter, som organisatoriska. Ett examensarbete kan också innefatta *data som andra samlat in*, och särskilda hänsyn behöver tas i detta fall. Genom att systematisera datainsamlingen kan man få ut mer av de mätningar man gör. *Försöksplanering* är ett effektivt verktyg för att åstadkomma detta. Slutligen tar vi upp *etiska och juridiska aspekter* på datainsamling och -användning.

* + 1. Loggbok

När man genomför sitt examensarbete samlar man medvetet eller omedvetet på sig en stor mängd data. Varje dag tar man in fakta från sin omvärld, bearbetar denna och väljer mellan alternativa vägar. En viktig del i examensarbetet är att kunna redogöra för dessa val och reflektera över dem. Detta kräver att man på något sätt dokumenterat sitt arbete. En *loggbok* är ett enkelt och bra verktyg för att samla dessa data.

Loggboken behöver inte innehålla alla detaljer. Det viktigaste är att dokumentera vad som gjorts och när. Möten, intervjuer etc är det viktigt att ha anteckningar från, men också arbete internt inom examensarbetet, t ex designbeslut bör dokumenteras. Om examensarbetet utförs till stor del vid datorn kan man överväga en elektronisk loggbok, men t ex i möten och fältstudier är en pappersbaserad loggbok att föredra.

En av examensarbetets delar som är viktig att dokumentera är inläsningen av litteratur och annat bakgrundsmaterial. Det kan vara bra att dokumentera i loggboken att den görs och när det sker, medan resultatet av inläsningen dokumenteras i rapportens teorikapitel med tillhörande referenslista.

Loggboken är en datakälla som används i arbetet, men den publiceras inte i rapporten.

* + 1. Enkäter

Enkäter kan användas för att samla in åsikter och uppfattningar från en större grupp människor. En enkät är ett frågeformulär med huvudsakligen fasta frågor, oftast med fördefinierade svarsalternativ. Den som svarar på enkäten fyller i svaren själv och returnerar sedan enkäten. Man kan distribuera en enkät på olika sätt (Ejlertsson 2005):

* *Postenkät:* sänds ut på papper och returneras via frankerat svarskuvert.
* *Gruppenkät:* distribueras till personer som regelbundet samlas på ett ställe, t ex en arbetsplats.
* *Enkät till besökare:* delas ut till personer som självmant söker sig till en viss lokal, t ex en affär, eller en webbsida. Urvalet styrs naturligtvis av att personen valt att komma till denna lokal eller besöka denna webbsida.
* *Datorenkät:* enkäten eller en länk till enkäten på en server distribueras t ex via e-post.
* *Enkät för den intresserade:* delas ut som bilaga till en tidning eller med en produkt. Till samma kategori hör enkäter som ställs till tittare som ser på ett visst TV-program. Här har man ingen kontroll över vem som svarar på enkäten.

Grunden för hur enkätresultaten kan användas och generaliseras ligger i hur *urvalet* gjorts, dvs hur intervjupersonerna valts ut ur den *population* eller *urvalsram* man vill undersöka. Som ett första steg behöver man veta exakt vilken population undersökningen gäller. Om undersökningen gäller alla studenter vid ett visst universitet i ett visst ämne under en viss tidsperiod, får man utgå från en lista över dessa. Om undersökningen gäller en bredare population, t ex ungdomar i Sverige i åldern 15-20 år blir det svårare att få en bra förteckning över population. Den svenska offentlighetsprincipen gör dock att man kan få ut ganska mycket information som finns hos myndigheter.

Ur sin förteckning över den undersökta populationen väljer man ut vilka enkäten ska sändas till, enligt någon av följande principer (Ejlertsson 2005; Rosengren och Arvidson 2002).

* *Totalundersökning:* Man sänder enkäten till samtliga i populationen. Detta är praktiskt möjligt endast för små populationer.
* *Obundet slumpmässigt urval:* Man väljer med hjälp av slumptal ut en delmängd ur populationen. Varje individ har samma sannolikhet att väljas ut för att resultaten ska bli representativa.
* *Systematiskt urval:* Man väljer ut var N:te individ om man ska välja ut enligt proportionen 1/N. Risken med detta angreppssätt är om det finns någon periodicitet i listan, t ex om man väljer var 20:e lägenhetsinnehavare i femvåningshus med fyra lägenheter i varje plan, så väljer man hela tiden ut personer som bor på samma våning.
* *Klusterurval* (kallas också tvåstegsurval): Om populationen är naturligt grupperad i kluster, t ex boende i trappuppgångar, kan man först välja ut vilka trappuppgångar man ska studera, och sedan vilka av de boende i dessa trappuppgångar man sänder enkäten till. Urvalen sker i båda stegen med slumpmässigt urval. Klusterurvalet kan underlätta den praktiska hanteringen av enkäten, eftersom man kan få de utvalda personerna geografiskt mer samlade.
* *Stratifierat urval* påminner om klusterurval, men här finns det en systematisk skillnad mellan klustren. Klustren tillhör olika kategorier, eller strata. Om delar av populationen bor i hyreshus och delar av den i villor, utgör dessa två naturliga strata. Ur dessa strata väljer man sedan personer för enkäten. Stratifierat urval är särskilt tillämpligt om kategorierna har olika storlek. Urvalsandelen behöver inte vara lika stor i alla strata.

När man valt ut sitt urval för undersökningen vill man att så många som möjligt av dessa faktiskt svarar på enkäten, dvs. att *bortfallet* är så litet som möjligt. De som inte svarar alls på enkäten brukar benämnas *externt bortfall*, och enstaka frågor i enkäten som inte besvaras benämns *internt bortfall*. Man bör inte kompensera för ett bortfall genom att välja ut nya personer, eftersom det påverkar slumpmässigheten i urvalet. Däremot kan påminnelser och belöningar, t ex i form av vinstchanser, minska det externa bortfallet. Om bortfallet trots påminnelser är stort, kan man dra ett slumpmässigt urval ur bortfallet, ringa upp dessa och ställa några nyckelfrågor, för att på så sätt kategorisera bortfallet. Det interna bortfallet reduceras främst genom hur enkäten utformas.

Själva kärnan i genomförandet av en enkät är utformningen av frågorna. Det finns en lång rad aspekter att ta hänsyn till (Ejlertsson 2005):

|  |  |
| --- | --- |
| Enkelhet i språket  Entydiga frågor  Precisa i tid och rum  Ej ledande frågor  Undvik (dubbla) negationer  Undvik kunskapsfrågor  En fråga åt gången  Ett svar åt gången | Korta, koncisa frågor  Ej alltför känsliga frågor  Ömsesidigt uteslutande svar  Uttömmande svarsalternativ  Ordning på svarsalternativen  Symmetri i svarsalternativen  Neutrala svarsalternativ  Undvik hypotetiska frågor |

En enkät kan innehålla frågor som förväntar kvantitativa svar, t ex ”hur gammal?”, ”hur ofta?” Lite mer komplicerat blir det när man vill få svar på frågor om åsikter, attityder och känslor. Då får man konstruera mätskalor, t ex exempel visuell analogskala och Likert-skalan.

Ingen stress

Värsta tänkbara stress

*Figur 6.1. Enkätfråga med visuell analogskala*

Ange din stressnivå just nu

**X**

I en visuell analogskala presenteras två ytterligheter längs en linje som t ex är 100 mm lång, se figur 6.1. Personen som besvarar enkäten får markera sitt svar med ett kryss längs linjen. Svaret tolkas i termer av avstånd från ena ändpunkten.

Med en Likert-skala (uttalas [Lickert]) låter man svarspersonen ta ställning till ett påstående. Skalan är fem- eller sjugradig och spänner från ”instämmer helt” till ”instämmer inte alls”, alternativt ”tar helt avstånd”, se tabell 6.2.

När man utformat enkäten är det viktigt att man provar den på en mindre grupp innan den distribueras till hela urvalsgruppen. Därigenom kan man få synpunkter på frågornas utformning och hjälp att identifiera eventuella oklarheter och felaktigheter.

Inbjudan till enkäten bör ske i ett följebrev, antingen på papper eller via e-post. Följebrevet bör innehålla följande information (Ejlertsson 2005):

* Syfte med undersökningen
* Varför personen valts ut
* Information om att enkäten är frivillig
* Svarsrutiner och tidsgränser
* Konfidentialitet
* Kontaktperson

Brevet kan med fördel skrivas på ett företags eller en högskolas brevpapper och signeras av den som gör examensarbetet och av handledaren. Det bidrar till ett intryck av professionalism som kan öka svarsfrekvensen. Enkäter som skickas ut via e-post bör skickas från en företags- eller högskoleadress, inte från privatadresser.

Påminnelsebrev som sänds ut bör vara ganska kortfattade, sammanfatta syftet med studien och hänvisa till den tidigare utsända enkäten.

Tabell 6.2. Enkätfrågor med Likert-skala

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Påstående | Instämmer helt | Instämmer delvis | Neutral | Instämmer inte | Instämmer inte alls | Inte tillämpligt |
| Jag tycker att mina studier är mycket stimulerande |  | X |  |  |  |  |
| … |  |  |  |  |  |  |
| Mina lärare är mycket intressanta att lyssna till | X |  |  |  |  |  |

* + 1. Intervjuer

För att få in bakgrundsmaterial till ett examensarbete och att få synpunkter på ett förslag till lösning kan man genomföra intervjuer. En intervju är en mer eller mindre systematisk utfrågning av intervjupersoner kring ett visst tema. Frågesvaren antecknas eller spelas in på något ljudmedium. Intervjuer kan ske via telefon eller i direkt möte mellan intervjuaren och intervjupersonen. Liksom för enkäten väljs intervjupersonerna ut genom *urval* ur en population. Om intervjun utgör en kvalitativ studie som inte fokuserar på representativitet är inte urvalets fokus på slumpmässigt urval, utan mer på att urvalet täcker den variation som finns i populationen. Urvalet sker då med stratifiering, dvs ett antal kategorier av personer definieras och intervjupersoner väljs ut från dessa kategorier. T ex kan kategorier vara män-kvinnor, nyanställda-erfarna, chefer-teknikpersoner. Eftersom urvalet då inte är slumpmässigt kan man inte dra generella slutsatser om populationen som man gör sitt urval från. Däremot kan man utforska området kvalitativt på djupet.

Intervjuer kan som nämnts i kapitel 3.3 ha olika grad av struktur. Tabell 6.3 presenterar en översikt av den öppet riktade, den halvstrukturerade och den strukturerade intervjuformen.

Tabell 6.3. Översikt över olika typer av intervjuer (Lantz 1993 och Rosengren och Arvidson 2002)[[1]](#footnote-2)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Öppet riktad** | **Halvstrukturerad** | **Strukturerad** |
| Mål | Individens upplevelse av ett fenomens kvaliteter | Individens upplevelse av kvantiteter och kvaliteter | Intervjuaren söker kunskap om relationen mellan begrepp, om samband |
| Uppläggning | Intervjuguide, öppet inom valda frågeområden | Blandat fasta frågor med bundna svar, och öppna frågor | Fasta frågor med bundna svar |
| Syfte | Utforskande | Beskrivande/ förklarande | Beskrivande/ förklarande |

En *öppet riktad* intervju styrs av en intervjuguide med frågeområden. Frågorna kan ställas med olika formuleringar och i olika ordning i olika intervjuer. Intervjun kan till stor del styras av vilka delområden som intervjupersonen är mest benägen att berätta om. Man ska dock vara medveten om risken att personen gör det för att den inte vill prata om andra delområden. För att säkerställa att varje delområde får ett minimum av behandling i varje intervju, kan man avsätta hålltider för olika delområden inom intervjuns ram. En öppet riktad intervju bör spelas in på ett ljudmedium, eftersom den öppna karaktären gör att man kan komma att få information inom helt andra områden än man tänkt sig från början. Det är då angeläget att kunna gå tillbaka till det inspelade ljudet för att höra vad intervjupersonen faktiskt sa. Denna typ av intervju är också kvalitativ till sin karaktär, och då utgör ord och beskrivningar de data man får ut från intervjun.

I den *halvstrukturerade* intervjun blandar man öppet riktade frågor med fasta frågor som har bundna svarsalternativ. För frågorna med fasta svarsalternativ är det viktigt att man ställer dem med samma formuleringar och i samma ordning i varje intervju. Annars riskerar man med sina formuleringar att påverka intervjupersonen på olika sätt.

Den *strukturerade* intervjun är i princip en muntlig enkät. Fördelen med att genomföra en enkät muntligt är att den svarande inte behöver fylla i svaren själv, samt att man har möjligheten att få oklara frågor förtydligade. Risken för internt bortfall minskar om man genomför enkäten som en strukturerad intervju. Nackdelen är naturligtvis att det tar mycket mer tid för intervjuaren att kontakta varje person och gå igenom frågelistan.

De olika typerna av intervjuer kan kombineras inom en studie. T ex kan en öppet riktad intervju användas för att ta fram underlag för en frågelista som sedan används i en strukturerad intervju eller som enkät. Man kan också följa upp en enkät med en öppet riktad intervju till personer som svarat på ett visst sätt på enkäten, för att öka förståelsen kring det undersökta fenomenet.

Genomförandet av en intervju kan delas in i fyra faser:

* Sammanhang
* Inledande frågor
* Huvudfrågor
* Sammanfattning

Intervjun börjar med att intervjuaren beskriver intervjuns *sammanhang*. Vad är syftet? Varför är personen utvald för intervju? Hur hanteras och bearbetas det sagda? Om intervjun ska spelas in ska man i denna fas söka samtycke till det från intervjupersonen.

Som *inledning* till frågorna bör man ställa några grundläggande och neutrala frågor, t ex om ålder, utbildning och arbetsuppgifter. Frågesvaren behövs för att sätta intervjupersonen i rätt kontext, men de bidrar också till att få igång samtalet med intervjupersonen kring frågor som har enkla och raka svar.

*Huvudfrågorna* i intervjun bör ställas i en ordning som upplevs logisk för den som blir intervjuad, vilket kanske inte är samma ordning som intervjuaren finner mest logisk. Mot slutet av huvudfrågorna är det lämpligt att gå över mot närliggande och neutrala frågor igen, särskilt om intervjun berört personliga frågor, för att skapa en positiv stämning och möjliggöra fortsatt samverkan.

Till sist *sammanfattas* intervjun av intervjuaren i korta drag, och möjlighet ges för intervjupersonen att lägga till något som den upplever saknas. Slutligen repeteras förutsättningarna för intervjun och rutiner för eventuell återmatning till intervjupersonen bestäms.

Intervjuer kan spelas in på valfritt ljudmedium, men för den kommande analysen är digitala ljudmedier att föredra, eftersom det är lättare att navigera i dem. En bärbar PC med mikrofon ger ofta tillräcklig ljudkvalitet för en intervju. Det är viktigt att i förväg prova ut att tekniken fungerar även för långa intervjuer.

Som komplement till inspelningen kan man föra anteckningar under intervjun. Detta är särskilt lämpligt om man är två personer som genomför intervjun. I minnesanteckningarna får man en första indikation på vad man uppfattar som viktigt i det som kommer fram i intervjun.

Efter intervjun bör man transkribera det inspelade materialet, dvs skriva ut det sagda, ord för ord. Detta är en tidskrävande och mödosam process – en timmes intervju tar 8-10 timmar att skriva ut – men det lägger grunden den djupgående analysen av materialet, se kapitel 6.6.2.

* + 1. Observationer

För att studera ett fenomen eller ett skeende i ett examensarbete kan man använda direkta observationer. Det innebär att man med sina sinnen eller med tekniska hjälpmedel samlar in data om vad som sker i olika situationer. Som observatör kan man ha olika grad av interaktion med det studerade fenomenet, från att vara en aktiv deltagare i fenomenet till att vara en ren observatör. De som blir observerade kan ha olika grad av medvetenhet om att de är observerade. Observatören kan vara allt från helt maskerad till helt öppen som observatör. Tabell 6.4 sammanfattar de fyra fall som uppträder när man kombinerar dessa två faktorer (Rosengren och Arvidson 2002).

Tabell 6.4 Fyra kategorier av observationer.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Kunskap om att vara observerad** | |
| **Interaktion** | *Hög* | *Låg* |
| *Hög* | Observerande deltagare | Fullständigt deltagande |
| *Låg* | Deltagande observatör | Fullständig observatör |

En *observerande deltagare* försöker att bli så integrerad i den observerade gruppen som möjligt. Gruppen är väl medveten om att observatören finns där. Datainsamlingen sker t ex via loggboksanteckningar.

En *fullständigt deltagande* observatör är också en integrerad del av den observerade gruppen. Däremot försöker man så lite som möjligt visa att man är en observatör. Även i detta fall sker datainsamlingen via loggbok och liknande.

Den *deltagande observatören* finns med i sammanhanget, utan att vara en riktig del av det. Man gör inga försök att dölja att man är en observatör, utan data kan samlas in med öppna metoder t ex intervjuer. Man kan också samla in data med ”tänk-högt”-metoder. Det innebär att den observerade personen uppmanas berätta högt hur den resonerar kring sitt handlande, vilket spelas in för senare analys.

Den *fullständiga observatören* tar inte del i verksamheten, och är idealt helt osynlig. Datainsamling sker helt dolt, t ex via kamera och bandupptagning.

I de fall där observatören är synlig finns naturligtvis en risk att man påverkar det observerade fenomenet. I de fall där de observerade personerna är omedvetna om observatören, blir de etiska frågeställningarna snabbt aktuella.

* + 1. Mätningar

”Att mäta är att veta” är en devis som ibland citeras för att argumentera för kvantitativa mätningar. I ett examensarbete behöver man ofta mäta såväl fysikaliska storheter, som mjukare aspekter t ex på organisationer. Utan att värdera olika slags mätningar presenteras här en del översiktliga råd kring kvantitativa mätningar.

Mätningar innebär att koppla tal eller beteckningar till attribut som beskriver något fenomen. Mätningarna görs för att beskriva fenomenet enligt definierade regler (Fenton och Pfleeger 1996). När det gäller fysikaliska mätningar är detta naturligt för de flesta. Längden på t ex ett bord är 1,00 m, vilket är definierat som den sträcka, som ljuset tillryggalägger i absolut vakuum under 1/299 792 458 sekund. Vidare anger antalet värdesiffror den noggrannhet som mätningen är utför med.

Data som samlas in kan betraktas som ett mätvärde på en skala. Det finns fyra skaltyper, som nedan presenteras från ”låg” till ”hög”:

* *Nominalskala:* kategorisering av det observerade i olika klasser, t ex röd, gul, grön.
* *Ordinalskala:* rangordning av entiteter baserad på ett kriterium, t ex bättre än, mer komplex.
* *Intervallskala:* en rangordning där också skillnaden mellan nivåerna har en mening, t ex temperatur på en Celsiusskala.
* *Kvotskala:* en skala där det finns en meningsfull nollpunkt. Därmed får kvoten mellan två mätningar en innebörd, t ex temperatur på en Kelvinskala.

Mätningar kan vara *direkta* eller *indirekta*. Direkta mätningar är t ex längdmätningar. En sträcka mäts med en linjal och mätresultatet läses av direkt. Hastighetsmätningar är indirekta. Man mäter en sträcka, samt tiden det tar att förflytta sig denna sträcka, och räknar ut hastigheten som kvoten mellan sträcka och tid.

I mätningar av fysikaliska fenomen är det viktigt att vara noggrann med mätutrustningen. I alla mätningar uppträder fel som man vill reducera så mycket som möjligt för att få fram det verkliga värdet. Mätfel brukar delas in i tre grupper (Jönsson och Reistad 1987), se figur 6.2:

*Figur 6.2 Mätningar i form av en darttavla: Grovt fel (G), systematiskt fel (S) och tillfälliga fel (T).*

T

G

S

* *Grova fel:* rejäla misstag som beror på fel i avläsning, fel i protokollförandet och liknande. De utmärks genom att radikalt avvika från den övriga mätserien.
* *Systematiska fel:* fel som alltid uppträder och som orsakas av någon konstant störning på mätsituationen.
* *Tillfälliga fel:* små slumpmässiga variationer kring det sanna värdet.

En fördjupad beskrivning av elektriska mätsystem ges t ex av Bengtsson (2003).

Mätningar som berör människor eller organisationer medför andra krav. T ex att mäta arbetstid kan göras väldigt olika, beroende på syftet, hur begreppet definieras och hur mätningarna utförs. Menar man den effektiva tiden då man arbetar aktivt med en arbetsuppgift? Menar man tiden man befinner sig på arbetsplatsen? Syftar mätningen till att effektivisera arbetet, dvs att några personer kan friställas? Rapporterar den anställde tiden själv, eller har man stämpelklocka? Osv.

För att få lite tydligare struktur kring mätningar är det lämpligt att använda GQM-metoden (Goal/Question/Metric) (Basili et al 1994, van Solingen och Berghout 1999). GQM-metoden består av tre huvudfaser, se figur 6.3:

**Definition**

*Figur 6.3 GQM-processen i sammanfattning (van Solingen 1999).*

**Tolkning**

**Datainsamling**

Mål

Frågor

Mått

Mätetal

Svar

Resultat

Insamlad data

* *Definition av mätningar* definierar och dokumenterar mål, frågor, mått och hypoteser (mer om detta nedan).
* *Datainsamling* samlar in data från det mätta objektet.
* *Tolkning av data* tolkar data i form av svar på de ställda frågorna.

Definitionsfasen, som har gett GQM-metoden dess namn, är den mest centrala. För mätningarna definieras ett antal övergripande mål. Ett mål kan definieras enligt följande mall där de kursiva orden utgör den generella mallen:

*Analysera* tjänsten X

*med syfte att* förstå och förbättra

*med fokus på* pålitligheten i leveransen

*med utgångspunkt från* kunden

*i kontexten* av företag Y

Utifrån måldefinitionen ställs ett antal frågor som preciserar målet.

**Mål (G)**

**Frågor (Q)**

**Mått**

M1

*Figur 6.4. Exempel på GQM-träd(Basili et al 1994).*

**Definition**

**Tolkning**

M2

M4

M3

M5

M6

Q1

Q2

Q3

Q4

* Vilka arbetssteg genomlöps för att utföra tjänsten?
* Hur lång tid tar varje steg?
* Hur lång tid planeras för varje steg?
* Hur är stegen beroende av varandra?
* Hur stora är variationerna mellan olika kunder?

För varje fråga ställer man upp en hypotes, vad man tror svaret är. Det viktiga är att man konkretiserar ett möjligt svar för att sedan gå över till det tredje steget och definiera mått.

Måtten specificerar de data som ska samlas in. För mätningar som utförs manuellt och på organisationer är det viktigt att man också definierar *vem* som ska samla in mätdata, och *när* de ska samlas in.

Som slutresultat från definitionsfasen får man ett ”GQM-träd”, se figur 6.4. Trädet definieras från mål via frågor till mått och måtten tolkas som svar på frågorna och leder till att målet uppfylls.

* + 1. Data som andra samlat in

För att snabba upp undersökningsprocessen eller för att överhuvudtaget få tillgång till data kan man behöva använda sådana data i sitt examensarbete som andra samlat in. Rosengren och Arvidson (2002, s 374-393) skiljer på fyra typer av data som andra samlat in:

* *Bearbetat material:* data som samlats in och bearbetats i ett vetenskapligt sammanhang, t ex i akademiska publikationer och avhandlingar.
* *Tillgänglig statistik:* data som samlats in och bearbetats men där man inte dragit några slutsatser från analysen. Statistiska centralbyrån (www.scb.se) publicerar regelbundet statistik kring olika företeelser i samhället.
* *Registerdata:* data som samlats in för något syfte och är tillgänglig i obearbetat format. Ett kundregister i ett företag är ett exempel på registerdata.
* *Arkivdata:* data som inte är systematiserad som data, t ex protokoll, korrespondens och projektdokumentation.

Gemensamt för dessa data är att de har samlats in med ett annat syfte än den aktuella studien har, och att de är insamlade av andra personer. Därför är det viktigt att kritiskt värdera såväl material som analyser. I övrigt kan man använda samma metoder för analys av denna typ av data, som för data som man samlat in själv.

* + 1. Försöksplanering

Om man i sitt examensarbete ska undersöka olika faktorers påverkan på ett fenomen och man kan styra faktorer eller kombinationer, får man snabbt stora mängder av kombinationer av faktorer. Detta gäller t ex för experiment och simuleringsstudier. I stället för att variera en faktor i taget och undersöka dess effekt kan man använda systematiska metoder för försöksplanering som gör att man kan variera flera faktorer samtidigt och ändå få ut kunskap om såväl hur de påverkar fenomenet en och en, som hur de påverkar varandra (Bergman och Klefsjö 2002 s 83-98; Montgomery 2005). Teorin bakom försöksplanering är ganska omfattande och här beskriver vi endast den praktiska användningen av metoden.

Man börjar med att upprätta en försöksplan som beskriver vilka faktorer man vill variera och vilka värden eller nivåer på faktorerna man vill undersöka. Faktorerna kan påverka en och en, men kan också påverka i kombination med varandra, t ex parvis. Detta kallas att faktorerna samspelar. Som ett exempel visas här ett försök med tre faktorer (A, B och C) med vardera två nivåer (+,–). Tabell 6.5 visar de delförsök som behöver utföras för ett fullständigt faktorförsök. I tabellen visas också vilka nivåer som de samspelande faktorerna får (AxB, AxC, BxC och AxBxC), samt mätresultatet på ett tänkt försök (y). De samspelande faktorerna får det tecken som produkten av de samspelande faktorerna har. Den första raden visar t ex att om A och B är negativa blir samspelets tecken positivt.

Tabell 6.5 Delförsök för ett exempel på fullständigt faktorförsök med tre faktorer.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Delförsök | Faktorer och samspel | | | | | | | |
| A | B | C | AxB | AxC | BxC | AxBxC | y |
| 1 | – | – | – | + | + | + | – | y1 |
| 2 | + | – | – | – | – | + | + | y2 |
| 3 | – | + | – | – | + | – | + | y3 |
| 4 | + | + | – | + | – | – | – | y4 |
| 5 | – | – | + | + | – | – | + | y5 |
| 6 | + | – | + | – | + | – | – | y6 |
| 7 | – | + | + | – | – | + | – | y7 |
| 8 | + | + | + | + | + | + | + | y8 |
| Skattad effekt | f(A) | f(B) | f(C) | f(AxB) | f(AxC) | f(BxC) | f(AxBxC) |  |

Effekten av en faktor skattas genom medelvärdet av de parvisa skillnaderna mellan försök med nivå + respektive –. För faktor A, t ex är skattningen medelvärdet av *y2–y1, y4–y3, y6–y5* och *y8–y7*. Dessa fyra par har faktorerna B och C på samma nivå medan A varieras från + till –. Skattningen av effekten av faktor A blir då enligt formeln:

På samma sätt beräknas skattningen av effekten av de andra faktorerna eller samspelet mellan faktorerna, genom en fjärdedel av summan av mätresultaten multiplicerat med tecknet för motsvarande faktor eller samspel mellan faktorerna.

För ett *reducerat faktorförsök* med tre faktorer och två nivåer kan försöksmatrisen se ut enligt tabell 6.6.

Tabell 6.6 Delförsök för ett exempel på reducerat faktorförsök med tre faktorer.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Delförsök | Faktorer och samspel | | | | | | | |
| A | B | C | AxB | AxC | BxC | AxBxC | y |
| 1 | – | – | + | + | + | – | + | y1 |
| 2 | + | – | – | – | – | + | + | y2 |
| 3 | – | + | – | – | + | – | + | y3 |
| 4 | + | + | + | + | + | + | + | y4 |
| Skattad effekt | f(A) | f(B) | f(C) | f(AxB) | f(AxC) | f(BxC) | f(AxBxC) |  |

Faktorerna skattas nu med samma principiella formel, som för faktor A och fyra delförsök blir enligt följande:

Det man förlorar jämfört med det fullständiga faktorförsöket är att nu kan man inte skilja från effekten av faktorn C och samspelet mellan A och B – båda kolumnerna har samma tecken i alla rader. Om man vill undersöka detta vidare kan man lägga till nya delförsök. I studie med flera faktorer kan man börja med en serie delförsök och sedan undersöka de faktorer som har störst absolutbelopp av den skattade effekten genom nya försöksserier. Man kan också skatta variansen för effekten genom att upprepa försöken igen. Den teoretiska bakgrunden och mer kring praktisk användning av faktorförsök kan t ex återfinnas i Montgomery (2005).

* + 1. Etik och juridik i datainsamlingen

I ett examensarbete ställs man förr eller senare inför etiska överväganden. Det gäller i relationen till uppdragsgivaren och till personerna som lämnar uppgifter till studien på ett eller annat sätt. Det finns sällan klara ja- eller nej-svar på etiska frågor. Just därför är det viktigt att på förhand tänka igenom vilka riktlinjer man ska följa i sin studie.

Etiska frågor som uppkommer i relation till uppdragsgivaren för studien kan handla om publicering av det insamlade materialet. När det gäller sekretessfrågor bör detta regleras i ett avtal mellan uppdragsgivaren och den som genomför studien. Detta avtal får dock inte förhindra publicering av resultat, bara under vilka former det ska publiceras, t ex anonymiserat. En viktig etisk aspekt är att man följer ett sådant uppställt avtal. Men om studien visar resultat som är till uppdragsgivarens nackdel, hur hanterar man det? Eller om man under studien upptäcker något som är olagligt?

Som examensarbetare bör man naturligtvis vara lojal mot sin uppdragsgivare, men lojaliteten har också sina gränser. Om man misstänker att uppdragsgivaren är utanför lagens ramar bör man, om inte annat så för sin egen del, slå larm. En person som slår larm till myndigheter eller pressen brukar betecknas ”whistle-blower”, alltså en som ”visslar i visselpipan”. Det är ett svårt beslut att fatta, och kan få konsekvenser för anställning och framtida karriär, men valet att inte larma kan få ännu större konsekvenser. I en valsituation bör handledaren från högskolan kunna ge stöd.

Etiska frågor i relation till personerna som lämnar uppgifter till undersökningen är fler, men de flesta är lite mer konkreta och därmed lättare att ta ställning till.

En grundprincip är att deltagande i studier ska vara frivilligt. En person ska inte tvingas att delta i studien mot sin vilja. I t ex enkätstudier är detta ganska tydligt. Enkäter skickas ut till medlemmarna i urvalsgruppen och de returneras besvarade endast om personen så vill. I studier av observationstyp är gränserna mindre klara. En fullständigt deltagande observatör eller en fullständig observatör (se tabell 6.4) vill ju märkas så lite som möjligt och önskar därför inte informera de observerade personerna om studien. Den etiska principen bör ändå överväga. Man bör ha ett medgivande, men detta medgivande kan omfatta rätten att observera personen inom ett tidsintervall, utan att exakt specificera när observationen sker inom tidsintervallet. I vissa länder, t ex i USA, finns det lagkrav på dokumenterat medgivande från personerna i form av en s k ”consent form” (Robson 2002, s 380). Studier där de observerade personernas identiteter inte samlas in omfattas naturligtvis inte av denna princip, t ex observationer i en trafiksituation av hur många som använder cykelhjälm.

En viktig etisk princip är att skydda individens integritet. Detta kan åstadkommas genom att i så hög grad som möjligt använda kodad information om individer. I stället för att skriva den intervjuades namn kan ett kodnamn eller en beteckning användas. Eftersom den svenska offentlighetsprincipen gäller för högskolor och universitet bör man göra detta även i sådant som betraktas som arbetsmaterial. När det gäller kodning är det värt att notera att en karaktärisering av en person eller ett företag kan avslöja lika mycket som namnet. T ex en person i en liten grupp människor kan lätt identifieras med hjälp av kön och yrkesroll och ”ett stort svenskt företag i telekommunikations­branchen” får nog de flesta svenskar att associera till Ericsson.

Data som samlats in ska användas för det syfte som är överenskommet med uppgiftslämnarna. Uppgifter om t ex en projektgrupps effektivitet, är ofta byggd på data om individerna. Om överenskommelsen med uppgiftslämnarna gäller gruppens data med syfte att förbättra arbetsprocessen, får man inte kartlägga individernas prestationer som underlag för lönesättning eller liknande.

Behandling av personuppgifter som helt eller delvis är automatiserad regleras av personuppgiftslagen (SFS 1998:204). Utöver dessa juridiska frågor finns det flera etiska aspekter att ta hänsyn till, särskilt med tanke på att det är så lätt att automatiskt samla in data via elektroniska verktyg, t ex via kameror och ”avlyssningsprogram” på datorn.

Som nämnts ovan gäller offentlighetsprincipen för svenska universitet och högskolor, vilken regleras av tryckfrihetsförordningen (SFS 1949:105). ”Till främjande av ett fritt meningsutbyte och en allsidig upplysning skall varje svensk medborgare ha rätt att taga del av allmänna handlingar” (2 kap, 1 §). Allmänna handlingar omfattar såväl dokument som bilder och ljudupptagningar som finns hos en myndighet, dvs vid en högskola eller ett universitet. Det är viktigt att ha med detta i beräkningen, dels när man sätter upp sekretessavtal med en uppdragsgivare, dels när man avtalar med uppgiftslämnare om skyddet av deras uppgifter och identiteter.

* 1. Prototyputveckling

I många examensarbeten är målet att utveckla en del av en produkt eller en metod. Det kan t ex röra sig om att utveckla programvara till ett företag eller att utveckla en metod för att skatta parametrar till en simuleringsmodell. Det som karakteriserar ett examensarbete i detta sammanhang är att specifikationen för det som ska utvecklas inte är färdig när arbetet börjar. Om den hade varit det så hade inte utbildningsmålen med examensarbetet kunnats tillgodoses. Istället är målet att specificera det som utvecklas medan utvecklingen sker. En metod för att göra detta är att utveckla prototyper med ett evolutionärt angreppssätt.

Ett evolutionärt angreppssätt åskådliggörs i figur 6.5 (Sommerville 2007). Arbetet börjar med en idé om vad som ska göras, men det är ännu inte helt klart exakt vad resultatet kommer att bli. En första specifikation tas fram och baserat på den tas en första produkt fram. Denna produkt är en prototyp som kan utvärderas med målsättningen att kunna definiera nästa version av specifikationen. Den uppdaterade specifikationen används sedan för att utveckla nästa version av produkten vilken i sin tur kan utvärderas. På så sätt fortsätter man tills man kan utveckla en slutgiltig produkt eller en slutgiltig specifikation. När en ny produktversion utvecklas med detta angreppssätt så kan detta göras som en vidareutveckling av den förra versionen, men det kan också vara möjligt att börja från början utan att använda sig av den förra versionen. Särskilt när den sista versionen utvecklas så kan det vara lämpligt att göra en nystart, eftersom man då eftersträvar en produkt som har en bra design som inte har försämrats av de ständiga förändringar som skett under det tidigare arbetet.

idé

Specifikation, v. 1

Produkt,

v. 1

Utvärdering 1

Specifikation, v. 2

Produkt,

v. 2

Utvärdering 2

Specifikation, v. 3

*Figur 6.5. Ett evolutionärt angreppssätt för produktutveckling.*

Prototyperna kan utvecklas på olika sätt med olika metoder. Man kan givetvis utveckla dem med samma metoder som ska användas för den slutgiltiga versionen, men eftersom man, särskilt för de första versionerna, vill fokusera på vissa egenskaper så kan man ha lägre krav när det gäller andra egenskaper. Man kan i prototypen t ex bortse från krav på svarstider, minnesåtgång och använda metoder som går snabbt att använda, men som inte är lämpliga för den slutgiltiga produkten. En simuleringsmodell kan ses som en prototyp som kan utvecklas i syfte att senare leda till en slutgiltig produkt.

Två exempel på examensarbeten åskådliggör hur arbetet kan gå till:

* *Utveckling av programvaruprodukt:* Examensarbetet börjar med en idé om ett program för att lagra incidenter och erfarenheter från ett produktionsföretag. Företaget initierar examensarbetet och examensarbetarna börjar med att ta fram en första specifikation som granskas och godkänns av företaget. Efter det tar examensarbetarna fram en prototyp som endast består av de mest basala funktionerna. Representanter för företaget utvärderar detta program genom att prova att lägga in ett antal realistiska men påhittade incidenter i systemet. Efter detta kan de identifiera ett antal förändringar som måste göras och ett antal ytterligare funktioner som måste läggas till i systemet för att det ska vara användbart. Baserat på detta utvecklar examensarbetarna nästa version, vilken åter kan utvärderas av företaget. Baserat på detta kan examensarbetarna definiera en slutgiltig specifikation som blir det slutgiltiga resultatet av arbetet. Företaget kan sedan arbeta vidare med denna specifikation för att utveckla en produkt som de kan använda i sin verksamhet. För större uppgifter är det i många fall inte möjligt ett ta fram en slutgiltig produkt inom ramen för ett examensarbete. Evolutionär utveckling är en viktig del i lättrörlig programvaruutveckling, ”Extreme Programming” (Beck 1999).
* *Utveckling av skattningsmetod:* I ett forskningsprojekt behöver man stöd för att skatta parametrar till ett simuleringsprogram. Två examensarbetare tar fram en första beskrivning av en metod för att skatta parametrar. Efter det tar man fram instruktioner, pappersbaserade formulär och annat material för att stödja metoden och låter personer från forskningsprojektet prova metoden. Baserat på detta kan examensarbetarna uppdatera metodbeskrivningen. Som ett nästa steg tar de fram ett fullständigt web-baserat stöd för metoden, med manualer, instruktioner, databasstöd, etc för att forskningsprojektet i framtiden ska kunna utföra denna typ av skattningar. I detta exempel var det möjligt att inte bara ta fram en slutgiltig specifikation, utan även en slutgiltig version av själva produkten, dvs skattningsmetoden.
  1. Modellering

I ett examensarbete kan man ta fram en modell av något fenomen för att kunna analysera fenomenet eller för att modellen har ett värde i sig. Exempel på fenomen som man kan studera i ett examensarbete är hur en webbserver ska konstrueras för att fungera även under hög belastning eller hur en serviceorganisation bäst kan arbeta för att serva sina kunder. En modell är en abstraktion av ett fenomen, där man tagit med de viktigaste aspekterna utifrån det perspektiv man vill modellera, se figur 6.6. En modell innebär alltid en förenkling av fenomenet – det är själva poängen med att bygga en modell att inte alla detaljer finns med. Denna modell behöver sedan valideras, dvs jämföras med fenomenet eller en annan modell av fenomenet för att se att de viktiga aspekterna finns med i modellen och fångar dem på ett rimligt sätt.

En modell kan vara allt från en beskrivning av ett arbetsflöde i form av ett blockschema, till en differentialekvation som beskriver en aspekt av ett fysikaliskt fenomen. Modeller kan se olika ut och tas fram för mycket olika syften. Arbetsbeskrivningen kan syfta till att förstå och kommunicera till medarbetarna hur en organisation fungerar. Differentialekvationen kan syfta till att lösa ett optimeringsproblem genom simuleringar. Oavsett vilken typ av modeller som tas fram finns det tre viktiga steg som är gemensamma: 1) Modelldesign, 2) Implementation och 3), Validering. Beskrivningen nedan är generaliserad från riktlinjer om simuleringsmodeller (Kellner et al 1999). Fördjupad kunskap om modellering och simulering förmedlas t ex av Law och Kelton (2000).

* + 1. Modelldesign

*Figur 6.6. Principer för modellering, här med ett hus som exempel.*



Verkligt fenomen

Modell av fenomenet

Abstraktion

Validering

En modell kan användas för olika syften, t ex för att utvärdera ny teknik, för planering, utbildning och kommunikation. Beroende på syftet blir modellens olika egenskaper viktiga. En modell som ska användas för att utvärdera prestanda hos en webbserver under hög belastning kan beskrivas som en kö som anropen läggs i och en betjänare som utför uppgifterna i kön. Modellen behöver inte ta upp varje enskilt anrop till servern, utan kan modellera anropen som en stokastisk fördelning. Betjänaren behöver kanske inte för ett visst syfte ta hänsyn till att tiden för betjäning varierar, utan man kan använda ett medelvärde. Modellen behöver dock vara exakt formulerad, t ex i ett programspråk. För en modell som ska användas för att beskriva och kommunicera hur människor arbetar behöver inte beskrivningen vara så exakt utan kan dokumenteras i ett blockdiagram med rutor, pilar och text i naturligt språk.

Modelldesignen innebär beslut kring tre viktiga områden, som alla avgörs med hänsyn till modellen syfte:

* *Avgränsning:* För att få en modell av hanterbar storlek och komplexitet behöver modellens omfång avgränsas. Det första steget är att tydligt specificera det fenomen som ska modelleras, och definiera vad som inte ska modelleras. Omfånget ska vara tillräckligt stort för att fånga de viktiga aspekterna av fenomenet, men inte för stort så att modellen blir ohanterlig.
* *Indata och utdata:* Vilka in- och utdata ska tas med i modellen? Man bör först och främst välja de data som antas ha störst påverkan på det modellerade fenomenet. Om man bygger en simuleringsmodell motsvarar utdata de parametrar man vill analysera genom simuleringen, och indata de parametrar man vill variera.
* *Abstraktionsnivå:* En detaljerad modell har fördelen att många aspekter av fenomenet kan fångas. Å andra sidan riskerar en detaljerad modell bli så komplex att man tappar överblicken över helheten. En detaljerad modell blir också svårare att validera.

Det finns en uppsjö av olika typer av modelldesigner. Nedanstående lista ger några exempel på hur man kan uttrycka sin modell (Kellner et al 1999):

* Tillståndsbaserade processer
* Diskret händelse-processer
* Systemdynamikmodeller
* Petri-nät
* Kömodeller
  + 1. Implementation

Modellens design implementeras på olika sätt beroende på modellens syfte. För en modell som utgörs av en processbeskrivning innebär implementationen att denna kommuniceras till användarna i form av ett seminarium och en webbsida. För en simuleringsmodell innebär implementationen att man omsätter modellens design i ett exekverbart simuleringsprogram.

Det finns många programmiljöer som kan användas för att bygga simuleringsmodeller, t ex matlab/simulink[[2]](#footnote-3) för simulering av dynamiska system. Fördelen med att implementera modellen i en programmiljö är att denna tar hand om mycket av den funktionalitet som krävs för att administrera själva simuleringsmodellen och man kan ägna sin tid och energi åt själva simuleringsmodellen.

* + 1. Validering

Ett viktigt, men ofta försummat steg i modellering är validering av modellen. Detta innebär att man återkopplar modellen till det ursprungliga fenomenet och undersöker om modellen är en korrekt och giltig beskrivning av det modellerade fenomenet.

För en modell som har människor som primära användare, t ex en processbeskrivning, utförs valideringen genom att man låter ett urval av de framtida användarna sättas sig in i modellen och uttala sig om den. Detta sker lämpligen i form av en halvstrukturerad intervju (se kapitel 6.3.3).

För en datorimplementerad modell innebär valideringen exekvering av modellen med indata för några punkter i indatarymden som har kända utdata. I exemplet med webbservern finns det en analytisk modell som är giltig för vissa fördelningar av indata. Man kan köra simuleringsmodellen med dessa indata och göra valideringen genom att jämföra med den analytiska modellen för att se att simuleringsmodellen ger samma utdata som den analytiska modellen för de kända förutsättningarna. Om man har mätningar på ett riktigt system eller en prototyp för vissa indata, så kan dessa utgöra referenspunkter för validering av simuleringsmodellen.

De slutsatser man drar från en modell måste också valideras. Frågor man bör ställa sig är t ex följande. Ger den ett rimligt resultat? Är modellen känslig, så att resultaten är starkt beroende av vissa parameterval? Genom att intervjua erfarna personer inom området kan man få hjälp med rimlighetsbedömningen. Känslighetsanalysen kan utföras t ex med hjälp av försöksplanering, se kapitel 6.3.7.

* 1. Analys

När man samlat in data på olika sätt behöver man analysera dem för att se vad de visar. Denna analys kräver olika slags metoder. Vi delar här in metoderna i två huvudkategorier, utifrån karaktären på insamlad data: *kvantitativ* och *kvalitativ*.

* + 1. Kvantitativ analys

Med kvantitativ analys menas att man analyserar kvantitativ data, dvs data som kan representeras i termer av antal och siffervärden. Man använder sig ofta av metoder från statistiken i detta arbete. Tanken med detta delkapitel är inte att ge uttömmande information om kvantitativ analys eftersom det skulle kräva för mycket utrymme. Istället visar vi på vilka metoder från statistik och matematik som kan användas och hänvisar till standardlitteratur i statistik, t ex Blom (2005).

Kvantitativa tekniker kan användas på två huvudsakliga sätt. Dels kan de användas för att utforska data för att få förståelse och dels kan de användas för att visa på samband och hypoteser som man tidigare ställt upp.

Det finns ett antal mått som kan användas för att utforska och beskriva en datamängd, t ex:

* *Lägesmått*: Om data är på ordinalskala eller högre så kan man använda medianvärdet, dvs värdet i ”mitten” av den sorterade mätserien. Om data är på högre nivå (intervallskala eller kvotskala) så kan man även använda medelvärdet.
* *Spridningsmått*: Om data följer en intervallskala eller kvotskala så kan man t ex undersöka variansen (Blom 2005).

För att utforska en datamängd kan man också beskriva den med grafiska tekniker, t ex:

* *Histogram:* Dessa diagram kan ritas för att förstå hur data är fördelat.
* *”Box-plots”:* Även dessa diagram visar hur data är fördelat. Ett exempel på en boxplot visas till vänster i figur 6.7. *m* motsvarar medianen av de data som åskådliggörs, *ök* motsvarar den övre kvartilen av data, dvs medianen av alla datapunkter som är större än *m*. *uk* är den undre kvartilen, dvs medianen av alla datapunkter som inte är större än *m*. *ög* är en övre gräns för de typiska värdena, vilken räknas ut som den största datapunkten som är mindre än eller lika med *ök*+1.5*d*, där *d*=*ökuk* är boxens storlek. *ug* är en undre gräns som räknas ut som den minsta datapunkten som är större än eller lika med *uk*1.5*d*. Alla datapunkter som är mindre än *ug* eller större än *ög* markeras som atypiska. Box-plots bygger inte på några starka antaganden om skalor eller fördelningar, vilket innebär att det i stort sett alltid är meningsfullt att rita denna typ av diagram. Det finns i litteraturen ett antal varianter av box-plots. Denna beskrivning följer Frigge (1989).

*Figur 6.7. Två exempel på diagram: ”box plot” och xy-diagram.*

*ög*

*ök*

*m*

*uk*

*ug*

*atypiska*

*atypiska*

*Y*

*X*

* *xy-diagram* är ett exempel på hur diagram kan användas för att få förståelse för hur två variabler samvarierar. Ett exempel på ett diagram av denna typ finns till höger i figur 6.7.

För att undersöka sambandet mellan två faktorer kan man beräkna korrelationskoefficienten, vilken beskriver i hur stor utsträckning de två faktorerna samvarierar. För att beskriva hur faktorerna samverkas kan ett matematiskt samband beskrivas med hjälp av linjär regression. Dessa begrepp beskrivs närmare bl a i Blom (2005).

Hypotesprövning kan användas för att utvärdera hypoteser. Detta görs genom att man först definierar en nollhypotes och sedan försöker förkasta den. Man kan t ex ha som nollhypotes att två dataserier har samma medelvärde. Om man då kan förkasta denna hypotes på en viss signifikansnivå så har man visat att medelvärdet inte är det samma. Några vanliga begrepp i detta sammanhang är:

= *P*(typ-1-fel) = *P*(förkasta *H0* | *H0* sann)

= *P*(typ-2-fel) = *P*(förkasta ej *H0* | *H0* falsk)

Det högsta värdet man tillåter på α kallar man den signifikansnivå man valt. Om man säger att man ska använda signifikansnivån 5% så menar man att sannolikheten för ett typ-1-fel får vara högst 5% då man förkastar en nollhypotes.

Ett enkelt exempel kan illustrera hur ett hypotestest kan utföras. Antag att man har registrerat ett antal programvarufel under testning av programmet. Dessa fel klassificeras som förstörande och icke förstörande, där fel av den första typen förstör data i programvaran, medan fel av den andra typen inte förstör data. Man har registrerat 19 fel, varav 4 var förstörande. Antag att man formulerar nollhypotesen som att förstörande fel och icke förstörande fel är lika vanliga. Detta är samma sak som att sannolikheten att ett registrerat fel är förstörande och sannolikheten att det inte är förstörande den samma, dvs. 0,5. En alternativhypotes kan formuleras som att förstörande fel inte är lika vanliga som icke förstörande fel. Man har valt en signifikansnivå på 1%, dvs 0.01.

Om nollhypotesen är sann så är sannolikheten att få så få förstörande fel som 4:

P( 4 förstörande fel | *H0*) =

Detta blir ungefär 0,0096, vilket är mindre än 0,01, vilket medför att man kan förkasta nollhypotesen baserat på denna data. Man kan konstatera att om 5 av de 19 felen varit förstörande så hade sannolikheten varit 0,0318 vilket inte är mindre än 0,01 och man hade inte kunnat förkasta nollhypotesen. Om man har hittat 19 fel så kan man alltså formulera testet som att man kan förkasta nollhypotesen till fördel för den formulerade alternativhypotesen om högst 4 fel är förstörande.

Några vanliga hypotestest kan sammanfattas enligt tabell 6.6. Mer information om dessa test ges t ex av Blom (2005), Montgomery (2005) och Siegel och Castellan (1988). I tabellen skiljer man mellan icke-parametriska test som inte kräver några särskilda skalor eller fördelningar och parametriska test som ofta kräver normalfördelning och åtminstone intervallskala.

Ett viktigt steg i kvantitativ analys är att undersöka om data innehåller felaktiga värden. Det kan t ex vara värden som beror på missuppfattningar, mätfel, eller liknande. Dessa måste tas bort eller rättas till så tidigt som möjligt under analysen. Exempel på tekniker är att undersöka atypiska värden som t ex kan identifieras i ”box-plots” eller xy-diagram.

Förutom de tekniker som nämnts i detta stycke så finns det ytterligare en stor mängd tekniker som kan användas beroende på vilket ämnesområde ett examensarbete är inom.

Tabell 6.6. Exempel på vanliga hypotestest.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Undersökningsdesign** | **Parametriskt test** | **Icke-parametriskt test** |
| En faktor, två behandlingar | t-test | Mann-Whitney, Chi-2 |
| En faktor, två behandlingar,  parvisa jämförelser | t-test (”paired design”) | Wilcoxon,  Sign-test |
| En faktor, mer än två  behandlingar | ANOVA | Kruskal-Wallis,  Chi-2 |
| Mer än en faktor | ANOVA |  |

* + 1. Kvalitativ analys

Analys av kvalitativ data är annorlunda till sin karaktär än analys av kvantitativ data. Kvalitativ data utgörs av ord och beskrivningar, och att räkna medelvärden och varians på sådana låter sig inte göras. Däremot är *existensen* av ord, begrepp och beskrivningar viktiga i den kvalitativa analysen, och i vissa fall även *frekvensen*.

De data som analyseras är textdokument, antingen transkriberade intervjuer (utskrivna i text) eller arkivmaterial (dokument framtagna för andra syften än den aktuella studien). Att transkribera en intervju är en arbetskrävande process som kan ta upp till 10 gånger så lång tid som själva intervjun. Det är därför lockande att göra sammanfattande transkriberingar för att spara tid. Det kan man göra, men man riskerar att tappa i precision och djup i analysen. Studiens syfte får avgöra hur detaljrik transkriberingen ska vara.

Man kan grupper olika angreppssätt till kvalitativ analys i fyra principiellt olika kategorier (Robson 2002, s 458), där endast de tre första uppfyller kravet på vetenskaplighet.

* *Kvasi-statistiska* *metoder* bygger på att man räknar förekomsten av ord eller grupper av ord i olika texter. På så sätt kan man jämföra hur viktiga olika termer och koncept är för olika personer. Exempel på en kvasi-statistiska metod är innehållsanalys (eng *content analysis*) (Robson 2002, s 351-359).
* *Mallbaserade metoder* utgår från en lista av nyckelord och söker förekomsten av dessa i den kvalitativa datan. Listan av nyckelord ställs samman utifrån teori och terminologi i det undersökta området. Textsegment ur texterna kopplas till dessa nyckelord genom markeringar i texten eller genom att placeras i en matris med nyckelorden som kolumner och intervjupersonerna eller de studerade dokumenten som rader. Denna metod kallas matrisanalys. Här fokuseras inte på hur många som säger vad, utan på vems som säger vad.
* *Editerande* *metoder* syftar liksom de mallbaserade till att skapa kategorier av ämnen. Skillnaden är att de editerande metoderna inte utgår från några nyckelord, utan söker nyckelorden i själva datamaterialet. Analyspersonens tolkning av innehållet och mönstren i texterna utgör grund för kategorierna. *Grounded theory* är ett exempel på en editerande metod.
* *Fördjupande metoder* är namnet på ett angreppssätt som bygger på att analyspersonen fördjupar sig i materialet och med hjälp av sin kreativitet och intuition drar slutsatser. Denna metod som inte låter sig beskrivas systematiskt, kan knappast räknas som vetenskaplig och kan därmed inte rekommenderas.

Processen i den kvalitativa analysen kan schematiskt beskrivas i fyra steg. Kvalitativa studier är oftast av flexibel natur och stegen kan följaktligen genomlöpas flera gånger.

* *Datainsamling:* Detta steg omfattar intervjuer, inspelning av observationer, transkribering, arkivsökningar etc fram till dess att det finns ett (elektroniskt sökbart) dokument att analysera.
* *Kodning:* Viktiga uttalanden eller passager i dokument markeras och kopplas till ett eller flera nyckelord. I en intervju sägs ofta en del som inte innehåller någon relevant information och denna behöver inte tas med i kodningen. Å andra sidan bör man inte bara ta enstaka nyckelord ut sitt sammanhang, utan hellre markera hela passager i intervjun för att få dem i ett sammanhang.

Ett alternativ till enkla nyckelord för kodning är s k protokollanalys. I en sådan analys utgörs kodningsschemat av ett s k protokoll som kan vara en schematiserad beskrivning av en händelse eller en resonemangskedja. Insamlade data mappas mot protokollet för att karaktärisera skeendet eller resonemanget. Detta är särskilt lämpligt i observationsstudier, där handlings- eller resonemangsmönster observeras och kodas.

* *Gruppering:* De kodade textsegmenten grupperas så att man studerar t ex vad olika personer sagt om ett visst nyckelord. Om vissa uttalar sig positivt och andra negativt kring detta kan man gå vidare för att se om det finns ett mönster i vad man anser med avseende på andra nyckelord, t ex vilken roll man har. Grupperingen kan redovisas i en s k ”fyrfältare”, enligt illustration i tabell 6.7.

Tabell 6.7. Exempel på ”fyrfältare”

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Förhållande till nyckelord X | Positiv | Negativ |
| Chef | ID1, ID3, ID4 |  |
| Underordnad | ID6 | ID2, ID5, ID7, ID8 |

* *Slutsatser:* Baserat på grupperade data kan man dra slutsatser. I exemplet ovan kan man se en tendens att chefer är mer positiva till fenomenet än underordnade.

I kvalitativa studier är det ofta meningslöst att söka slutsatser av typen att ”80% av de underlydande är negativa till fenomenet”. Sådana slutsatser beror på urvalet av intervjupersoner, och i en kvalitativ studie har man ofta ett litet urval. Man kan i stället söka slutsatser på ett lite djupare plan, t ex hur man resonerar kring en fråga eller vilken motivation man har för ett agerande.

I den kvalitativa analysen är begreppet *spårbarhet* centralt. Slutsatserna som dras från ett datamaterial ska kunna spåras tillbaka till vilka uttalanden som ligger bakom och vilka grupperingar av information som lett fram till slutsatsen. Detta ställer krav på dokumentationen av analysen. Man ska i efterhand kunna följa hur slutsatserna drogs från materialet.

* 1. Resultatvalidering

Hur kan man säkerställa att resultaten man får fram är giltiga, dvs. står för en så objektiv bild som möjligt av det observerade fenomenet? Processen att säkerställa detta kallas validering. Resultaten som ska valideras kan vara en beskrivning av ett fenomen i text, men det kan också vara en simuleringsmodell som representerar ett fenomen i ett organisatoriskt eller tekniskt system.

För studier med flexibel design är det lämpligt att ta hänsyn till följande fem områden (efter Robson 2004, s 174):

* Loggning

*Figur 6.8. Ett budskap sänds från en sändare till en mottagare. Återkopplingen bekräftar mottagandet.*

Återkoppling

Sän-

dare

Mot-

tagare

Bud-

skap

* Återkoppling
* Tredje-parts-granskning
* Triangulering
* Långtidsstudier

Att föra loggbok över arbetsprocessen, dokumentera beslut och tankegångar utgör grunden för att säkerställa att den genomförda studien är väl genomförd och trovärdig. Särskilt viktigt är det att spara dokumentation från datainsamling och analys, så att man i efterhand kan undersöka hur vägen fram till en viss slutsats har gått. Under ett examensarbete går man ibland in i en ”återvändsgränd” där man inte kommer längre utan man får ta ett steg tillbaka och försöka på något annat sätt. Sådana ”återvändsgränder” är viktiga att ha med i sin loggbok, och ibland också i slutrapporten.

För att säkerställa att man har en solid faktagrund att stå på kan man tillämpa återkoppling, alltså att uppgiftslämnare och andra experter får ge kommentarer om observationerna motsvarar deras uppfattning av de uppgifter som de har lämnat. Figur 6.8 visar en schematisk bild av kommunikation mellan människor. Denna kan tillämpas på en undersökning där en intervjuperson (sändare) säger något (budskap) till en som intervjuar (mottagare). För att säkerställa att man uppfattat intervjupersonen rätt ger man dem tillgång till en transkribering eller sammanfattning av intervjumaterialet (återkoppling). Däremot behöver man inte vara överens med intervjupersonerna om slutsatserna som dras från materialet, och validering av slutsatser sker på andra sätt.

Att använda en tredje part som granskare av olika steg i en undersökning bidrar till att reducera risken att man blir ”hemma-blind” i studien. En studentkollega eller en av handledarna för examensarbetet kan fungera som tredje-parts-granskare i olika skeden av arbetet.

Genom att använda flera olika slags metoder för att samla in data och analysera dem kan man få en bättre bild av det observerade fenomenet. Detta kallas triangulering. Begreppet kommer från geometrin där man kan bestämma en punkts position genom att mäta avståndet från två olika referenspunkter. I överförd bemärkelse studerar man det observerade fenomenet från olika perspektiv så kan man få en bättre beskrivning av det.

Att bedriva en studie under en lång tid kan både bidra till och hota validiteten i en studie. Risken med att göra korta studier är att man inte förstår komplexiteten i det man observerar pga. att man har den historiska kontexten etc. Å andra sidan är risken med att göra långa studier, att man blir ”hemma-blind” och blir en del av det observerade fenomenet eller dess kontext. Ett examensarbete är oftast av en fördefinierad längd, så därför kan man sällan påverka denna faktor inom ramen för ett examensarbete.

1. Källorna presenterar också en helt öppen typ, men den utelämnas här eftersom examensarbeten i sig antas ha en avgränsning som utesluter den helt öppna intervjutypen. [↑](#footnote-ref-2)
2. www.mathworks.com [↑](#footnote-ref-3)