

# **Strategisk utvärdering av intelligenta transportsystem**

- en studie av modeller och metoder från ett användarperspektiv

**"Trafikdage på AUC"**  
**24. - 25. august 1998**  
**Ålborg, Danmark**

Gunnar Lind  
Kungl Tekniska Högskolan  
Trafik- och transportplanering  
S - 100 44 STOCKHOLM  
Sverige

Tel: +46 8 790 79 16

Fax: +46 8 21 28 99



## Strategisk utvärdering av intelligenta transportsystem - en studie av modeller och metoder från ett användarperspektiv

Tekn. dr. Gunnar Lind  
Trafik- och transportplanering  
Kungl. Tekniska Högskolan  
100 44 Stockholm

### 1. Inledning

För omkring 25 år sedan började tankar växa fram om att utveckla mer intelligenta vägar, där fordonen styrdes effektivare i syfte att öka vägarnas kapacitet och trafiksäkerheten dramatiskt. Under mitten av 1980-talet aktualiserades de gamla tankarna igen av bilindustrin, som såg att vägnätet i Centraleuropa inte räckte till kapacitetsmässigt. Intelligenta trafiksystem sågs som lösningen på problemet.

Intelligenta trafiksystem (ITS) definieras som användningen av en syntes av telekommunikationer, mikroelektronik och fordonsbaserade datorer för att styra väg- och kollektivtrafiken. Följande huvudtillämpningar kan räknas till intelligenta trafiksystem:

- trafikstyrning (störningshantering, trafiksignalstyrning, motorvägsstyrning)
- informationssystem (reseplanering, kollektivtrafik, parkering)
- vägvisningssystem (regional trafikinformation, statiska och dynamiska navigationssystem)
- automatiska betalsystem (vägtullar, områdesavgifter, dynamiska bilavgifter)
- fordonskontroll (adaptiv farthållare, dynamisk hastighetsanpassning, övervakning av körförmåga)

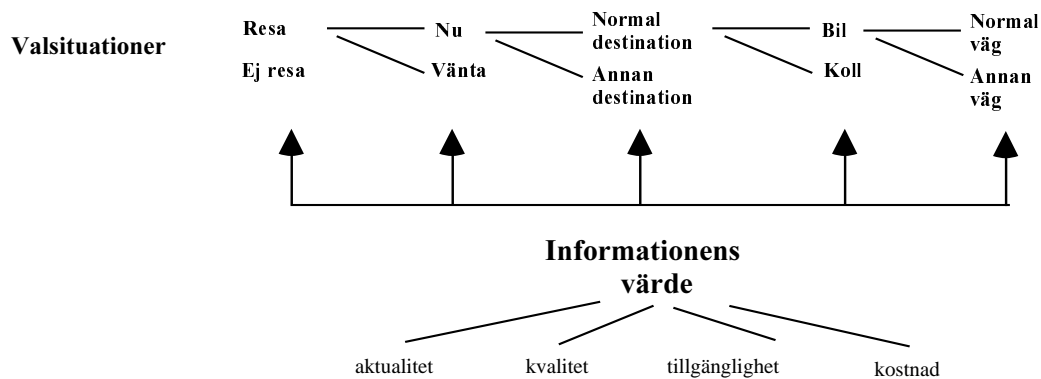
Föredraget bygger på min doktorsavhandling [1] som syftar till att analysera användarkrav på modeller för strategisk utvärdering av ITS. Utvärdering av intelligenta transportsystem ställer nya krav på traditionella modeller och metoder i trafikplaneringen. Ny teknisk kunskap krävs men också omfattande förståelse av de beteendeförändringar som kan förväntas. En översiktlig bild visar att trafikstyrning främst påverkar systemkapaciteten på gatunät och för motorvägar. Informationssystem påverkar färdmedelsvalet och restidsfördelningen. Störningar kan undvikas genom senare restidpunkt. Vägledningssystem utnyttjar kapaciteten bättre och ger bättre förutsättningar för att inte störningar ska sprida sig i nätet. Avgiftssystem omfördelar trafiken och påverkar färdmedelsvalet. Hastighetsanpassningssystem ändrar hastigheten lokalt och minskar risken för störningar genom olyckor.

## 2. Ett par exempel på informationens betydelse

### *Reseplanering*

Med reseplaneringssystem antas information kunna fås om avvikelser från normala körförhållanden (dag-till-dag variationer uppkomna genom mer eller mindre påtagliga händelser i trafiksystemet). Flera olika media kan finnas samtidigt, t.ex. traditionell radio, RDS-TMC, text-TV och datorbaserade system.

*Illustration av valsituationer som kan påverkas av informationssystem*

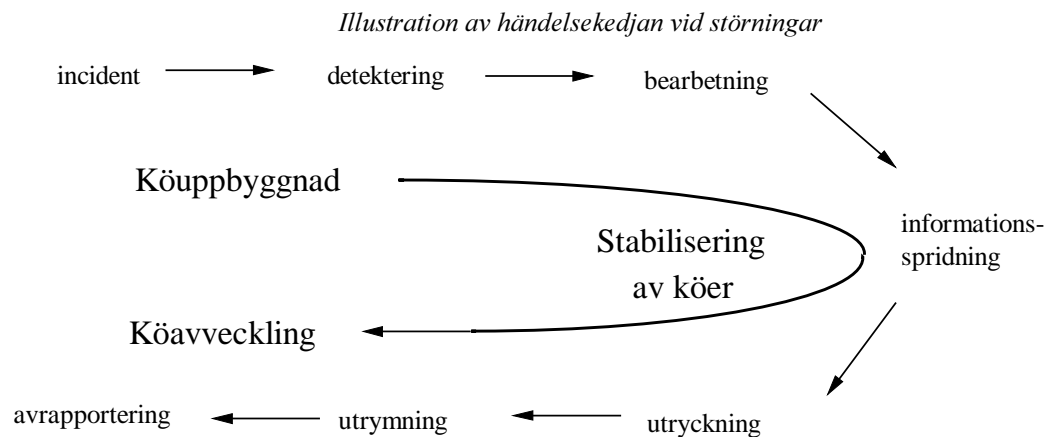


Kunskapen om trafikanternas val och inverkan av information är central för att kunna hantera reseplaneringssystem. Nuvarande makromodeller utgår vanligen från att trafikanten har perfekt information. Detta antagande måste lösas upp i framtida modeller och informationstillgången explicit modelleras. Aktualitet, kvalitet, tillgänglighet och kostnad är några faktorer som kommer att påverka trafikantens utnyttjande av informationssystemen.

### *Regional vägtrafikledning*

Beräkningar för regional vägtrafikledning bör utgå från simulering av ett antal störda trafiksituationer med hänsyn till realistiska frekvenser av olika händelser i trafiksystemet och effekter av att trafikanterna informeras bättre så att nya ruttval kan göras med hänsyn till denna information.

Effektiviteten hos trafikinformationssystemet reduceras betydligt om inte kedjan detektering - bearbetning - information - störningsavhjälpling - avrapportering är tillräckligt snabb. Då kan många trafikanter redan ha hunnit köra in i köerna innan informationen når fram.



Ledtiden innan informationen ges till trafikanterna kan ibland vara avsevärd, vilket minskar effekten påtagligt. På de flesta håll i världen klagar trafikanterna över att den nuvarande trafikantinformationen ofta är inaktuell och opålitlig. Då minskar tilltron till systemet och få följer de rekommendationer som ges.

### 3. Skilda angreppssätt för utvärdering på strategisk nivå

För att ha möjlighet att uttala sig om intelligenta trafiksystemens potential måste den strategiska utvärderingen vara representativ. Detta kräver att både tätortsgator och motorvägar, som utgör viktiga tillämpningsområden täckes in. Ett ytterligare krav är att utvärderingen kan beakta nya forskningsrön efterhand. Problemet är ju att den tekniska utvecklingen, tillförlitlighetstester, beteendestudier, modellutveckling simuleringar m.m pågår parallellt med utvärderingen runt om i världen och kan utgöra viktiga indata till fortsatta utvärderingar. I huvudsak föreligger följande viktigare metoder för strategisk utvärdering:

- Delphi, dvs expertenkäter
- Överslagskalkyler byggda på fältförsök
- Makrosimulering av ett större geografiskt område

#### *Delphi, dvs expertenkäter*

Delphi-metoden är ett bra sätt att komma fram till en första uppfattning inom ett komplicerat område om experterna väljs ut med omsorg. Tolkningen av resultaten är dock oklar. Många tolkar detta som en likvärdig form av utvärdering jämförbar t.ex. med cost-benefit-analys med grunddata från trafikmodeller. Denna tolkning kan dock starkt ifrågasättas. En rimligare tolkning är att resultaten ger en bild av experternas *förväntningar* om vilka effekter som är troliga. Delphi-ansatsen ger därmed en förhandsbild av vad som kan förväntas och vilka faktorer som är avgörande för bedömningarna. Detta kan vara till god hjälp när man söker efter vilka faktorer som är viktigast för att uppnå största möjliga verkliga effekter.

#### *Överslagskalkyler byggda på fältförsök*

Fördelen med överslagskalkyler är att en systematisk genomgång av olika aspekter görs och att det därför finns förutsättningar för att bedömningarna ska vara rimliga. Vid expertenkäter

förekommer ofta missbedömningar och dubbelräkningar genom att allt tillgängligt bakgrundsmaterial inte vid bedömningarna.

En nackdel med överslagsberäkningar är att trafikens komplexitet vanligtvis underskattas. Möjligheterna att i realtid kunna ge trafikanten exakta uppgifter om restider pga störningar är i realiteten begränsade. Detta framkommer endast vid detaljerade analyser där man explicit antar realistiska förutsättningar om skevhet, spridning och täckningsgrad hos given information, tar hänsyn till förarreaktioner samt beräknar omfördelningseffekter med beaktande av rimligt utnyttjande av informationen. Det är därför lätt att överslagsberäkningar kraftigt överskattar effekterna om man inte explicit antar icke-perfekta system och reducerar effekterna pga detta.

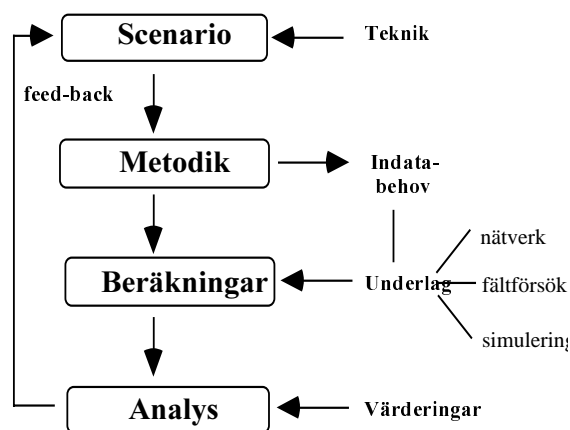
#### *Makrosimulering av ett större geografiskt område*

Makrosimulering innebär att en sammanhängande modell skapas för resfrekvens-, färdmedels- och ruttval medan kapacitet och körförlopp hämtas från mikrosimuleringar och fältförsök och ges som indata till makrosimuleringsmodellerna. Mikrosimuleringsresultat används med denna ansats för att ge samband mellan flöde och fördröjning vid olika teknisknivåer. Av resurs- och organisatoriska skäl har hittills mikrosimuleringen ej kopplats direkt till makrosimuleringen.

Fördelen med makrosimuleringen är att man får en heltäckande bild av effekterna i hela regionen med rimlig resursinsats. Genom att ersätta fullständig mikrosimulering med enklare funktionssamband kan istället resurser allokeras till att analysera samordningseffekter, ruttval samt skilda störningssituationer och trafikförhållanden. Man vinner därför representativitet, men förlorar i detaljrikedom. Makrosimuleringen bildar ett "skal" där resultat från andra källor t.ex. fältförsök, intervjuer och mikrosimuleringar kan fångas in.

Nackdelen med makroutvärderingen är att de lokala effekterna beräknas med sämre precision. När man går vidare för att utforma styrstrategier för olika delfunktioner och för att analysera faktiska investeringar i trafikinformatik behöver därför makrosimuleringen kompletteras med mer detaljerade modeller. Detta kräver mer indata och tillhörande kodning och är därför betydligt mer resurskrävande. Vanligtvis tvingas man då begränsa sig till ett mindre geografiskt område.

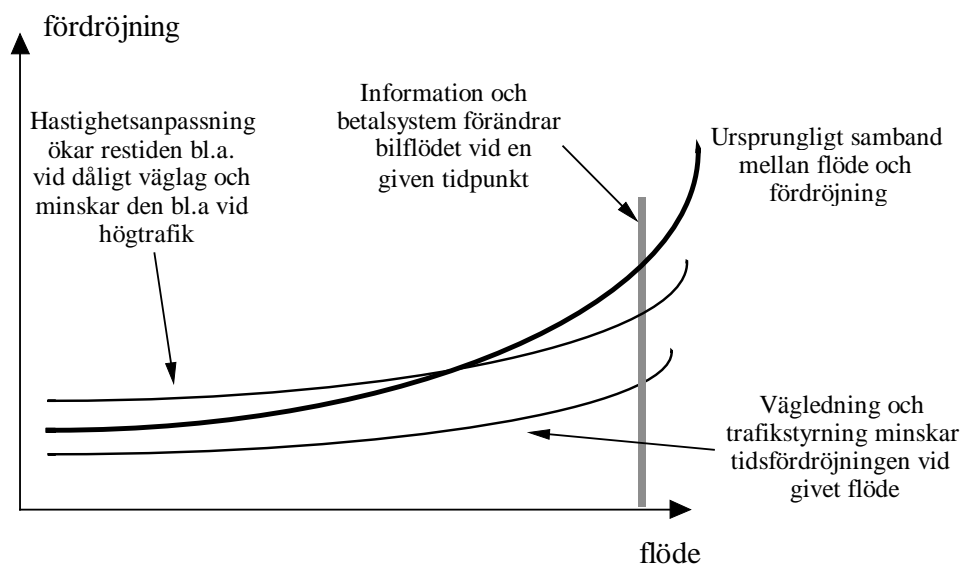
Makrosimulering har använts i det svenska utvärderingsprojektet TOSCA, som redovisades här i Ålborg 1996. Utvärderingen avsåg Göteborg och syftet var att vägleda myndigheterna i hanteringen av den nya tekniken. Frågan har varit i vilken mån samhället bör aktivt medverka för att stödja, sätta upp spelregler eller förhindra införandet av intelligenta trafiksystem. Stora brister i underlaget har identifierats. Arbetet med att definiera kvalitetsnivå och studera beteendeförändringar har påbörjats, men är ännu i sin linda.

*Olika steg i makrosimuleringen*

Verktøyen för att bygga upp utvärderingssystemet i TOSCA utgjordes av ett integrerat trafik-analyssystem (TASS) vars kärna bestod av ett prognosystem för resefterfrågan (FREDRIK) och ett nätverksanalyssystem för ruttval (EMME/2). Andra delmodeller skulle kunna användas utifrån samma grundansats.

#### 4. Viktiga faktorer vid bedömning av effekter av ITS

Eftersom samspelseffekterna är uppenbara för t.ex. ITS-tillämpningar som hanterar störningar, bör helst de olika delsystemen integreras i ett gemensamt scenario. Under högtrafik med trängselförhållanden är situationen komplicerad och åtgärderna förstärker varandra.

*Inverkan av olika delsystem på tidsfördröjningen*

ITS kan påverka resefterfrågan och ruttval, såväl som förekomsten av köer och körförlopp. Modellsystemet måste därför ta hänsyn till hela reskedjan. ITS påverkar både uppbyggnaden och avvecklingen av köer och förarbeteendet i risksituationer. Modellsystemet måste därför vara dynamiskt och ej begränsat till enbart ideala förhållanden. ITS medför att skilda trafikantgrupper kan komma att reagera på olika sätt i trafiken med hänsyn till

fordonsutrustning. Modellsystemet måste därför ha förmåga att hantera trafikanter, förare och fordon med skilda karaktäristika, preferenser och typer av beendereaktioner.

Det förligger brist på tillförlitlig kunskap om informationskvaliteten och dess samband med användarreaktioner. Det är viktigt att beteendestudier genomförs i större omfattning än hittills, så att validerade samband kan ersätta antaganden, extrapoleringar, bedömningar och gissningar i modellsystemen. Det är också viktigt att källorna som använts i modellsystemens delmodeller specificeras liksom i vilken grad ny kunskap har beaktats i modellutvecklingen.

Analysen av de olika delsystemen visar att de totala effekterna av intelligenta trafiksystem främst är beroende på följande faktorer:

- de direkta effekterna på fördröjning och kapacitet från trafiksignalsystem
- omfattningen av trängsel och kapacitetsbrist i väg- och gatusystemet
- implementeringsstrategierna för trafiksignalstyrning, motorvägsstyrning osv.
- omfattningen av informationen i reseplaneringssystem (färdmedel, förbindelser, ruttval, förseningar, parkering etc.)
- tillgängligheten till system för reseplanering
- aktualiteten hos informationen som ges av systemen
- de ursprungliga störningarna från olyckor, händelser och vägarbeten
- aktualiteten och precisionen hos störningsinformationen som sänds ut från trafikledningscentralen
- benägenheten hos förarna att följa råd och anvisningar från vägvisningssystem
- avgiftssystemens struktur och styrande effekt
- informationen från hastighetsanpassningssystem (maxhastighet, vägslag, distanshållning, hinder etc.)
- om systemen är intervenerande eller bara ger rekommendationer
- om systemen är obligatoriska eller ej

## 5. Integrering av makro- och mikrosimulering

Den strategiska utvärderingen i TOSCA [2] genomfördes med en makrosimuleringsansats som skulle kunna betecknas som *makrosimulering med mikrosimuleringsstöd*. Med detta menas i huvudsak att mikrosimuleringen sker utanför huvudmodellen, som stöd för antaganden, funktionssamband m.m. utan att något gemensamt interface finns. Några andra möjliga ansatser är:

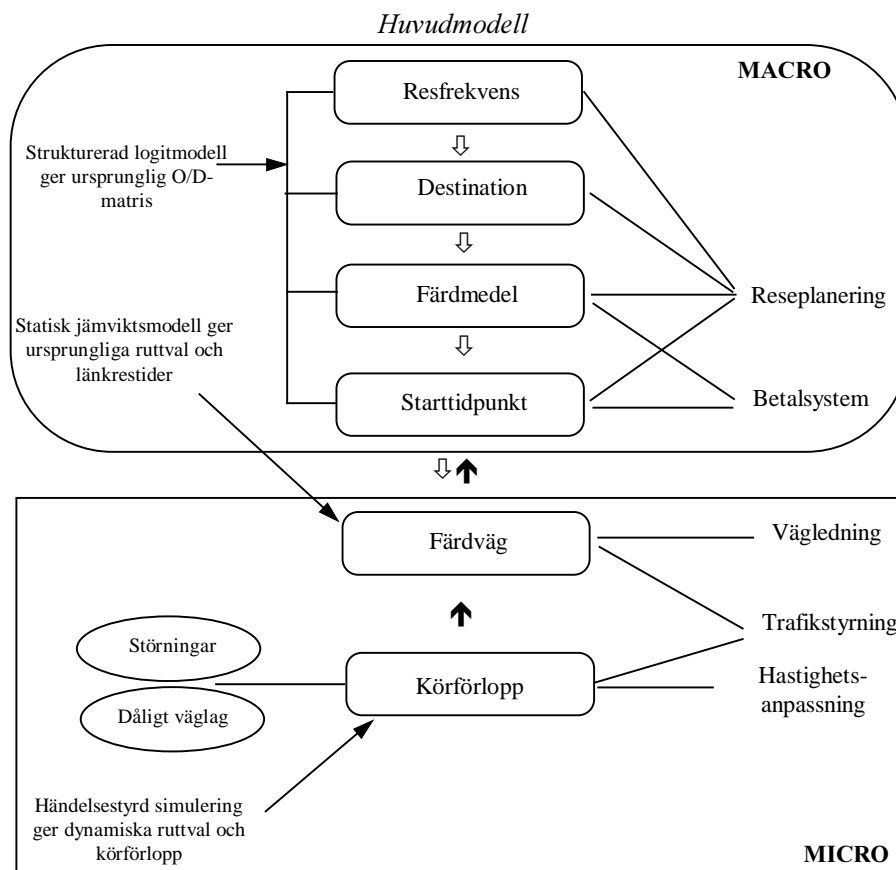
- mikrosimulering med makrosimuleringsstöd
- mikrosimulering av hela reskedjan
- integrering av makro- och mikrosimulering

Dessutom finns självklart en mängd mellanvarianter. Bland annat kan gränsen mellan makro- och mikrosimulering läggas på olika ställen.

Eftersom *makrosimulering med mikrosimuleringsstöd* uppvisar brister när det gäller att ta hänsyn till aktuella restider och dynamiska förhållanden, *mikrosimulering med makrosimuleringsstöd* uppvisar brister när det gäller att ta hänsyn till efterfrågeeffekter och *mikrosimulering av hela reskedjan* sannolikt är alltför komplicerad och kostnadskrävande bör fortsatt utveckling koncentreras till möjligheten att *integrera makro- och mikrosimuleringar* med varandra. Därigenom erhålles ett flexibelt system som bygger på redan nedlagt arbete, som kan anpassas efter aktuella behov och som därigenom har förutsättningar att vara kostnads-effektivt.

Den här modellen innebär att mikrosimulering används inom ett eller flera områden där trafikförhållandena är särskilt komplicerade. Det kan t.ex. vara innerstaden med många signalreglerade korsningar eller infartsleder som ofta blir överbelastade. Körförloppet beskrivs här detaljerat för enskilda fordon som tillsammans bildar flöden och restider som i sin tur utgör indata till en dynamisk ruttvalsmodell. Denna modell behöver inte vara en jämviktsmodell utan kan utgå från beslutsregler t.ex. enligt de algoritmer som ges av ett navigationssystem.

#### Integrering av mikro- och makrosimulering



Störningar förs här in genom att manipulera tillgänglig kapacitet i korsningar eller på länkar. Detta leder till köppbyggnad, som om mikrosimuleringen är händelsestyrd gör det möjligt att



studera hur köerna byggs upp och avvecklas i mikrosimuleringsområdet. Mikrosimuleringen gör det också möjligt att utöver restiden beräkna "tid till kollision" och körförlopp som underlag för säkerhets- och miljöberäkningar.

Utanför det modellerade mikrosimuleringsområdet fungerar systemet som tidigare. Funktionssamband bestämmer där hastighet, "tid till kollision" och körförlopp med ledning av trafikflöden på resp länk.

Utbyte av data sker genom att in- och utflöden beräknas med den statiska jämviktsmodellen vid områdesgränserna. Dessa in- och utflöden bildar en O/D-matris där områdesgränserna är extra start- och målpunkter utöver centroiderna i nätverksmodellen. När sedan ruttvalet och körtiderna beräknats inom mikrosimuleringsområdet med mikrosimuleringsystemet kan nya externa rutter beräknas med den statiska jämviktsmodellen. Detta ger en ny O/D-matris för mikrosimuleringsområdet osv. Därvid kan resor mellan ett O/D-par ha flyttats så att inresa till mikrosimuleringsområdet nu sker via en helt annan väglänk. Detta ger i sin tur nya rutter och körtider inom området. Efter ett antal iterationer överensstämmer sedan makro- och mikrosimuleringens ruttval och körtider.

Fördelen med detta system är att en mer situationsbetingad och detaljerad beräkning sker inom de områden där stora omfördelningar kan förväntas ske. Nackdelen är att mer indata behövs om mikrosimuleringsområdet. Med givna resurser måste förenklingar då ske någon annanstans. Detta kan innebära att antalet länkar och noder (korsningar) utanför mikrosimuleringsområdet begränsas. Då blir tillförlitligheten i resultatet förbättrad inom mikrosimuleringsområdet, men försämrad utanför. Troligen är detta att föredra om trafiksituationen är mycket komplex inom ett begränsat område. Hur det ligger till i det enskilda fallet bör undersökas genom analyser av verkliga mätdata.

## 6. Test och jämförelse av dynamiska modeller

Parallellt med TOSCA-projektet genomfördes 1995-96 en inventering av lämpliga ITS-modeller [3]. Inventeringen visade att det finns en lång rad modeller som kan utnyttjas för att beskriva effekterna av trafikinformatik, men att den direkta anpassningen till ITS är begränsad. Inventeringsarbetet visade också att det pågår ett rikt utvecklingsarbete. Denna modellutveckling har dock inte kommit så långt att det finns tillämpbara modeller som tillräckligt väl svarar mot de krav utvärderingen av ITS egentligen ställer. Rekommendationen som gjordes i projektet blev därför att det nuvarande systemet med EMME/2 som bas skall behållas tills vidare men kompletteras med någon av de dynamiska modeller som utpekats. Detta kräver således att några av de nya modellerna granskas mer ingående och jämförs med varandra i fråga om möjligheterna att utvärdera trafikinformatik.

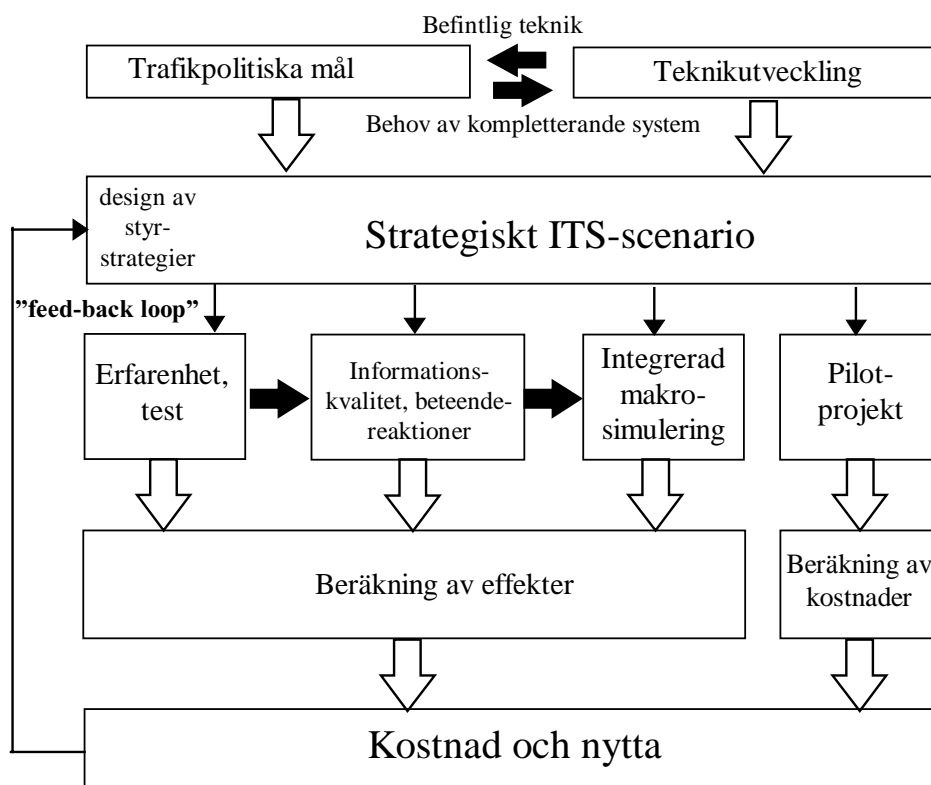
I det så kallade DYMO-projektet vid KTH [4] testas för närvarande fyra tänkbara modeller - CONTRAM, AIMSUN, INTEGRATION och CORSIM - med hänsyn till deras lämplighet att modellera trafikinformatik. Särskilt studeras köppbyggnad och dynamiska ruttval vid störningar samt modellering av åtgärder för störningshantering. Ett annat prioriterat område

är modellering av körförlopp och beräkning av säkerhetsindikatorer som underlag för studier rörande hastighetsanpassning. Jag hoppas att få återkomma vid ett senare tillfälle med resultatet från DYMO-projektet.

## 7. Intelligent trafiksystem kräver öppen verktygslåda

Oavsett system är det viktigt att de mest betydelsefulla faktorerna beaktas och bygger på validerade fältstudier. Nya kunskaper om effekterna av intelligenta trafiksystem kommer ständigt att komma fram under åtminstone de närmaste tjugofem åren. Nya funktioner kommer att utvecklas som svarar på nya behov. Detta talar för att systemet ska vara öppet för förändringar av funktionssamband i så stor utsträckning som möjligt. Körbeteenden som är gömda i modellsystemens källkoder och inte kan ändras av andra än programmeraren är därför olämpliga och gör systemet konservativt och praktiskt oanvändbart. Det måste således vara möjligt för användaren att dels kontrollera beteendesamband som används i modellen, dels lägga in nya samband byggda på nyvunnen kunskap. Modellsystemet måste således fungera som en "öppen verktygslåda" för studier av utvecklingsscenarier med hänsyn till trafikpolitik, teknikutveckling och beteendekunskap enligt bilden nedan..

*Metodik för studie av integrerade policyorienterade ITS-scenarier*



Trots intensivt forskningsarbete under många år uppfyller inte de kommersiellt tillgängliga modellerna ännu de behov som framkommit vid utvärdering av ITS. Studien har pekat ut följande brister i modellerna som måste åtgärdas:

- a) Efterfrågemodellerna bör innefatta moduler för att beakta starttidpunkter, parkeringsledning och kollektivtrafikinformation så att *dynamiken* i resbesluten *före avresan* fångas in.
- b) Den statiska jämviktsmodellen bör länkas till en mer detaljerad modell byggd på mikrosimulering för att fånga in det *dynamiska ruttvalsbeteendet under resan* i trängselsituationer. Jämförelse och test av tänkbara modeller bör genomföras för att finna bästa lösning.
- c) Mikrosimulerings- och körförloppsmodeller bör vidareutvecklas för att fånga effekterna av *dynamisk hastighetsanpassning* genom avancerade fordonsburna system. För bedömning av troliga säkerhetseffekter bör ett kunskapsbaserat expertsystem utvecklas som kopplas till säkerhetsindikatorer beräknade med tillgängliga modeller.
- d) En lämplig metodik för *integration av befintliga makro- och mikrosimuleringsmodeller* på ett kostnads-effektivt sätt vid strategisk utvärdering bör utvecklas.
- e) Forskningen kring aktivitetsbaserade efterfrågemodeller och mikrosimulering av hela reskedjan bör stödjas. En utvärdering bör successivt ske av kostnads-effektiviteten av sådana ansatser.

Sammanfattningsvis är kravet på dynamik ett av de tre viktigaste om man ska modellera intelligenta transportsystem på ett realistiskt sätt. De andra två är explicit beaktande av informationskvalitet och existensen av fordon med skilda egenskaper när det gäller ruttval och körbeteende som följd av skillnader i utrustning. Informationskvaliteten kan modelleras genom att använda statistiska fördelningar och genom att lägga till informationssöktid och informationssökkostnad i den generaliserade reskostnaden. Skillnader i utrustning kan beaktas genom att använda sig av flera klasser av resenärer med olika tidvärden eller genom kategorisering av fordon i flera klasser med olika ruttvalskriterier (distans, tid, huvudvägar osv.). Även när det gäller hastighets-flödes-förhållanden och körbeteende i korsningar är det nödvändigt att dela in trafikflödet i betydligt flera kategorier än enbart bilar och lastbilar för att analysera effekterna av ITS.

Detta indikerar återigen att modellsystemet bör fungera som en öppen verktyglåda, eftersom ny kunskap tillförs successivt. Först när dessa förutsättningar har uppfyllts kommer det att vara möjligt att bedöma de storskaliga effekterna av intelligenta transportsystem med tillräcklig noggrannhet.

## Referenser

- [1] Lind, Gunnar. Strategic Assessment of Intelligent Transport Systems - A User-oriented Review of Models and Methods. Kungl Tekniska Högskolan. Department of Infrastructure and Planning. Report TRITA-IP FR 97-29. Stockholm 1997.
- [2] Lind, Gunnar. Teknik på väg. Möjliga effekter av transporttelematik i Göteborgsregionen. Projekt TOSCA II. Slutrapport. Vägverket ARENA. Göteborg 1996.
- [3] Algers S, Hugosson B, Lind G. Modeller för utvärdering av transporttelematik. Inventering och förslag till integrerat modellsystem. KFB-Rapport 1996:11. Stockholm 1996.

- [4] Kungl Tekniska Högskolan. Kompetenscentrum för trafikteknik och trafiksimulering. Test av dynamiska trafiksimuleringsmodeller. Modellbeskrivningar. Arbetsrapport. Utkast, juni 1998.

## **Bibliografisk sida**

### **Titel:**

Strategisk utvärdering av intelligenta transportsystem. - en studie av modeller och metoder från ett användarperspektiv.

### **Abstract:**

Utvärdering av intelligenta transportsystem (ITS) ställer nya krav på traditionella modeller och metoder i trafikplaneringen. Kravet på dynamik är ett av de tre viktigaste om man ska modellera intelligenta transportsystem på ett realistiskt sätt. De andra två är explicit beaktande av informationskvalitet och existensen av fordon med skilda egenskaper när det gäller ruttval och körbeteende som följd av skillnader i utrustning.

Framtida modellutveckling bör koncentreras på möjligheten att integrera makro- och mikrosimulering. Detta åstadkommer ett flexibelt system som utnyttjar hittills utfört utvecklingsarbete, som kan anpassas till aktuella användarkrav och som troligen är kostnads-effektivt. Med detta angreppssätt används mikrosimulering inom ett eller flera områden där trafikförhållandena är särskilt komplicerade. Exempel är komplexa delar av cityområdet med många signalreglerade korsningar och motorvägskorridorer med parallellvägar som lider av återkommande köproblem.

Det saknas tillförlitliga kunskaper om **informationskvalitet** och **beteendeförändringar** för ITS. Det är viktigt att studier genomförs inom dessa områden så att validerade samband kan ersätta antaganden, extrapoleringar, bedömningar och gissningar i modellsystemen. Modellsystemen bör därför vara **öppna** för kompletteringar som kan visa sig nödvändiga i framtiden.

### **Forfatter:**

Tekn.dr. Gunnar Lind, Kungl Tekn Högskolan, Trafik- och transportplanering, Stockholm

### **Keywords - svenska:**

ITS, trafikinformatik, vägtrafikledning, strategier, utvärdering, modeller

### **Keywords - english:**

intelligent transportation systems, traffic management, scenarios, assessment

### **Session:**

Trafikledning og trafikinformatik

År:

1998