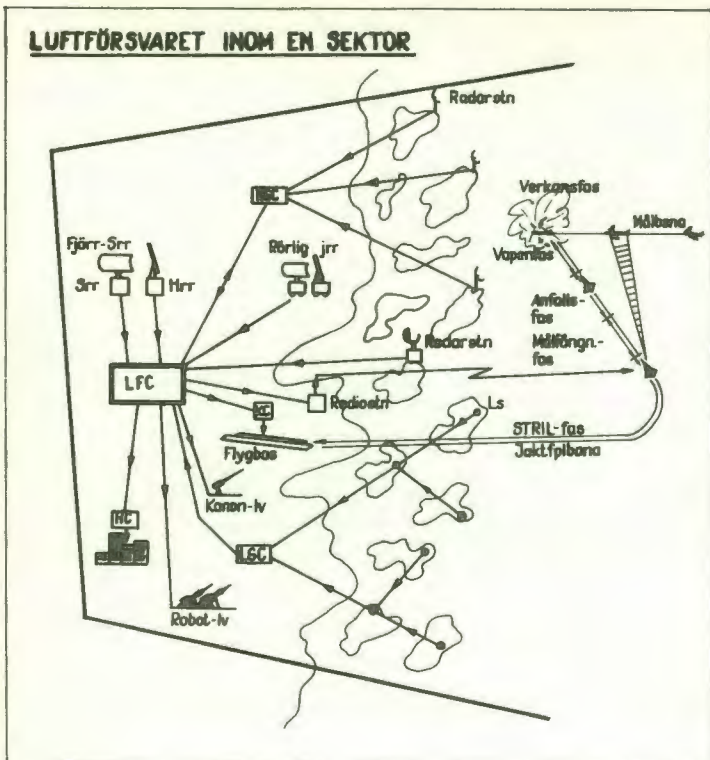


LUFTFÖRSVARET INOM EN SEKTOR



* * *

Moderna luftförsvårssystem är ytterst komplicerade; svårigheterna att bedöma en systemlösningens effektivitet är stora. För att nå bästa möjliga lösning, teknologiskt såväl som ekonomiskt och taktiskt har sakkunskapen tagit moderna datamaskiner till hjälp.

Hur detta kan gå till skildras här i korthet av byrådirektör Gregor Jonsson på Flygförvaltningens elektrobyrå. Med hänsyn till ämnets invecklade natur har artikeln måst delas i två avsnitt, varav det första följer här.

* * * * *

ANALYS AV LUFTFÖRSVARSSYSTEM MED HJÄLP AV DATAMASKIN

Som påpekats ett otal gånger blir moderna försvarssystem mer och mer komplicerade. På grund av kostnadsökningen kan man inte längre acceptera att ett system har bättre egenskaper än sin företrädare bara i fråga om ett mindre antal egenskaper; konstruktörerna tvingas att ta fram radikalt nya system. Detta gör att möjligheterna att bedöma systems effektivitet med hjälp av tidigare erfarenhet starkt minskas. Men under ett systems projektering, konstruktion, utprovning och förbandsanvändning är det en stor mängd frågor som måste besvaras; är systemlösningen optimal, vilken effektivitet har systemet, vilken utprovning behövs, hur används systemet bäst m. m.

En av de operationsanalytiska metoder som används för att ge svar på åtminstone en del av de många frågorna, matematisk analys med hjälp av datamaskin - förfarandet kallas vanligen simulering - skall i korthet presenteras nedan.

Simulering

Simulering är ett efterliknande av ett verkligt systems uppförande med hjälp av ett likvärdigt men mera lättkonstruerat system. Av detta senare systems uppförande drar man sedan slutsatser om det verkliga systemets egenskaper. Det studerade systemet kan göras mer flexibelt än det verkliga, ändringar kan åstadkommas förhållandevis lätt och till låga kostnader, och man kan göra tester av systemet under välkontrollerade förhållanden. I sin enklaste form kan detta likvärdiga system bestå av ett antal ekvationer som beskriver det verkliga systemet.

Oftast erfordras för analyserna maskinella hjälpmedel. Beroende på det sätt på vilket en maskin användes för simulering kan man skilja mellan två olika slag av simuleringar, matematiska simuleringar och testsimuleringar.

Vid matematisk simulering är hela problemet representerat matematiskt och de resulterande ekvationerna matas in i en matematikmaskin av lämplig typ och löses där. Vid testsimulering är bara vissa delar av systemet representerat matematiskt i maskinen. Delar av det verkliga systemet är inlagda i beräkningscykeln för att komplettera problemet.

De metoder som används vid simulering varierar, beroende på vilka simuleringssteg man använder och vilka komplikationer man stöter på. Följande metoder är möjliga.

- a) analytiska metoder
- b) numerisk lösning för hand av uppställda ekvationer
- c) numerisk lösning med hjälp av maskiner. Härvid kan användas analogi- eller digitalmaskiner.

En av svagheter hos de numeriska metoderna är att det erhållna resultatet bara gäller för den för tillfället använda parameterkombinationen. Om ett problem kan lösas analytiskt har man därmed fått fram ett orsakssamband som kan användas för att besvara många frågor.

Automatiska beräkningsmetoder användes då ekvationerna är så komplicerade att det blir arbetsamt att ta fram lösningen på annat sätt.



Skrivenheten IBM 1403 har en maximal skrivhastighet av 600 rader per minut; på varje rad skriver den 132 tecken. Kapaciteten åskådliggöres här på ett slående sätt.

Analogimaskiner används när man måste ta fram många olika lösningar, t ex i en systematisk studie av parametervariationers inverkan. Noggrannheten i lösningen är vanligen inte bättre än 0,1 % men kan bli betydligt sämre.

Vid analys av mycket komplicerade system blir antalet ekvationer som beskriver systemet så stort och logiken så omfattande att en matematisk simulering på analogimaskin skulle bli mycket dyrbar och praktiskt svår att genomföra pga det stora behovet av maskinkomponenter. Testsimuleringar är inte heller en realistisk lösning på problemet; bästa lösningen blir att för simuleringen använda en snabb digitalmaskin med stor minneskapacitet.

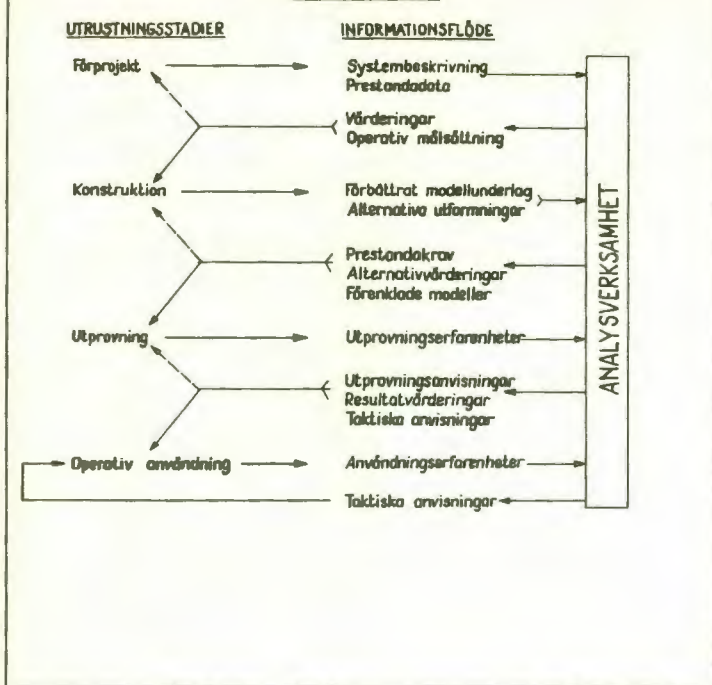
En av fördelarna med att företa simuleringar är att man vid förberedelserna tvingas att i detaljtänka igenom även sådana problem man annars skulle ignorera. Härigenom undviks kanske vad som senare kunde bli obehagliga överraskningar. Vidare kommer, vid den noggranna penetreringen av ett problem som utgör en förutsättning för framgångsrika simuleringar, en mängd synpunkter fram.

Komplexitet skapar problem

I detta sammanhang kan erinras om att de moderna flygplan- och stridsledningssystemens komplexitet skapat problem även därigenom att systemens användning inte längre är en trivialitet som var och en intuitivt bör kunna förstå. Det har tvärt om visat sig nödvändigt att ägna speciella ansträngningar åt att analysera hur systemutrustningarna skall användas och att kartlägga alla användningssätten. Normalt har man ett eller ett fåtal huvudanvändningssätt som utrustningarna konstruerats för. I praktiken måste man emellertid räkna med att användningssättet också påverkas av sekundära faktorer, vilka inte beaktats primärt vid konstruktionen. Det är då viktigt att utreda om och i vilken grad utrustningen fungerar under dessa betingelser. Detta sker genom en verksamhet som kallas användningsanalys och som i princip är ett slags arbetsmetodikstudium.

Det finns givetvis även risk för att simuleringar medvetet eller omedvetet missbrukas. Allmänt kan dock konstateras att simulering, om den används riktigt, är ett utmärkt hjälpmedel för systemanalytikern.

INFORMATION



Exempel på ett analyserat system

Vi skall nu gå igenom ett enkelt exempel på systemanalys. Exemplet utgöres av en duellsituation där ett med jaktrobotar beväpnat jaktflygplan (jfpl), lett av ett modernt stridsledningssystem, anfaller ett bombflygplan (bfpl).

Som konstaterats tidigare är en snabb digitalmaskin med stor minneskapacitet den lämpligaste maskintypen för denna typ av systemanalys. I vårt fall används en IBM 7090, som har ett kärnminne på

32.768 ord om vardera 36 bitar och en åtkomsttid[★] av 2,18/mikrosekunder. Programmet består av fem subrutiner, vardera beskrivande en fas (vilket närmare beskrives i nästa nr), vilka "ropas upp", i tur och ordning av ett huvudprogram. Varje fas består i sin tur av ett huvudprogram och ett antal subrutiner. Det totala programmet får inte plats på en gång i maskinen utan programmet uppdelas i tre "länkar". Sedan en "länk" är genomräknad spar maskinen de erhållna delresultaten, matar in nästa länk och fortsätter beräkningarna. Beräkningarna kan följas genom de utskifter maskinen gör. Alla värden som erfordras för att bedöma rimligheten i maskinens beräkningar matas ut med korta tidsmellanrum. De utmatade värdena åskådliggöres i form av tabeller och kurvor. Speciell omsorg har ägnats åt att erhålla en så snabb integrationsrutin som möjligt. Detta är nödvändigt på grund av det stora antal differentialekvationer som ingår i modellen. En Runge-Kuttasekvens används för integreringen. Modellen är av Monte-Carlotyp.

Fotnot: Åtkomsttid = den tid det tar att finna en viss given uppgift i maskinens minne.

Interceptförloppet uppdelas i fem faser: strilfas, målfångningsfas, anfallsfas, vapenfas och verkansfas.

Strilfasen beskriver hur bfpl upptäcks, hur data överföres till luftförsvarscentralen (lfc) och behandlas där, lfc beslutsfunktion och hur jfpl startar och anflyger enligt den beräknade banan. I såväl lfc som senare i jfpl ingriper en människa i förloppet och den matematiska beskrivningen av människans handlande i olika situationer erbjuder svårigheter. Kontroll av detta led av simuleringen kan i viss mån erhållas genom jämförelse mellan simuleringar och interceptprov.

Mot slutet av strilfasen kommer även målfångningsfasen in parallellt; målfångningsfasen beräknar den ackumulerade sannolikheten att jaktflygplanets förare upptäckt målet och att jaktflygplanets radar låst på målet. Dessa båda faser utgör en första "länk" i det totala programmet. De upptar ca 27.000 ord av minnesutrymmet och normalt tar det ca 30 sek att köra denna "länk" i maskinen. Även andra utrustningar än radarutrustningar, vilka användes för målspaning, kan simuleras.

Sedan låsning på målet skett vidtar anfallsfasen. Jfpl bana fram till avfyrningstidpunkten beräknas enligt de matematiska samband som gäller för jfpl sikte i den valda anfallstypen. Därefter vidtar vapenfasen, under vilken den radarledda eller IR-målsökande (IR = infraröd) robotens bana beräknas.

Om de avskjutna robotarna är semiaktiva radarrobotar måste man även konstatera huruvida jfpl är i stånd att belysa målet under en tid som är lika med robotens gångtid. Dessa båda faser utgör en andra "länk" i totalprogrammet. De upptar ca 30.000 ord i maskinens minne och tar 1/2 - 1 minut att köra, främst på grund av beräkningarna för robotarnas bana måste göras med mycket kort steglängd. Då ett jfpl kan vara utrustat med mer än en typ av robotar - en blandad uppsättning radar- och IR-robotar är vanlig - måste program, beskrivande de olika robottyper som är aktuella, finnas tillgängliga. Vilken robottyp som skall



Forskare under arbete med en IBM 7090 vid ett vetenskapligt beräkningsproblem i samband med analys.

skjutas bestäms av anfallstyp, målets egenskaper m. m. Under anfallsfasen är det nödvändigt att matematiskt formulera "standardflygförarens" reaktioner på den styrinformation som presenteras för honom. I vapenfasen beräknas det kortaste avstånd som roboten i sin bana uppnår i förhållande till målet. Med utgångspunkt från robotens hastighetsvektor och läge i förhållande till målet beräknas ingångsvärdena till den avslutande verkansfasen.

Verkansfasen tar upp ca 20.000 ord av maskinens minnesutrymme och utgör den tredje och avslutande "länken" i maskinprogrammet. Programmet undersöker huruvida roboten direktträffat, om zoneret utlöst stridsladdningen och denna skadat målet eller om roboten bommat. Om stridsladdningen utlösts, beräknar programmet laddningens verkan i målet och slutligen sannolikheten att målet nedkämpats vid anfallet. För att kunna beräkna effekten av en splitterstridsdel i målet krävs detaljerad kännedom om målets konstruktion, de olika utrustningarnas placering i målet etc., allt uppgifter som är svåra att få fram för de flyptyper som kan tänkas utgöra mål för våra jaktflygplan vid ett krigstillstånd. Den tid det tar för maskinen att räkna igenom verkansfasen enligt ovan varierar starkt, beroende på konfigurationen mål - robot och typ av stridsdel. Tiden kan för de enklare fallen vara någon millisekund för att i komplicerade fall gå upp till ett par minuter.

Målsättningen för en analys av ett system enligt ovan kan t ex vara

- att formulera optimala inledningsmetoder för jaktanfall
- att finna "svaga länkar" i systemet
- att studera olika systemlösningar
- att ge kvantitativa uppgifter om nedskjutningssannolikhet
- att ge underlag för systemutprovning m m

Figuren med information om analysverksamheten ger en bild av hur denna påverkar och påverkas av ett projekt i dess olika stadier. Dylik verksamhet erfordras under såväl projektstadiet som vid ett systems konstruktion, utprovning och operativa användning.

För uppläggnen av analyserna gäller bl a följande. Det är det *totala systemet* som analyseras och optimeras; systematiska studier av delsystem skall endast ske för att penetrera ett delsystem som misstänks vara en "svag länk" eller av andra liknande skäl.

En viktig fråga är hur väl en matematisk modell överensstämmer med verkligheten. En kontroll av överensstämmelsen i åtminstone några punkter kan man få genom "kalibrering" av modellen med hjälp av undersökningar i det reella systemet. Eftersom resultatet av ett anfall är en statistisk storhet måste "kalibreringsfallet" både flygas och maskinköras ett antal gånger för att jämförelse skall kunna göras.