

Vad är viktigast i staden?

Utveckling av ett lokaliseringsverktyg för
stadsplanering

Erik Almlöf



UPPSALA
UNIVERSITET

Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
UTH-enheten

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Hus 4, Plan 0

Postadress:
Box 536
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 03

Telefax:
018 – 471 30 00

Hemsida:
<http://www.teknat.uu.se/student>

Abstract

Vad är viktigast i staden? - Utveckling av ett
lokaliseringsverktyg för stadsplanering

What is most important in a city? Development of a localization tool for urban planning

Erik Almlöf

This paper is part of the research programme ViSuCity, a programme with the goal of creating more sustainable urban planning through the development of better visual tools, which ultimately means better communication between various parties of public planning. The paper concerns the implementation of MCE into a 3D program for visualization. Multi criteria evaluation (MCE) is a technique that has been developed during the last 20 years. It merges GIS with AHP, forming a decision making tool for localization of, for example, new buildings.

The result is an automated tool that enables advanced analysis of geographic areas. The tool has a very high potential due to the completely automated MCE and it is adapted for people without a technical background, let alone formal training in MCE. It provides great opportunities to test different scenarios, something that should be an important advantage. The incorporation of MCE into 3D models has made it easier for users to relate the maps to reality, since a detailed 3D model is very easily understood in terms of geographical placement. A brand new feature that has not previously been used is the ability to import new objects and give feedback to the analysis.

A summary of research on the MCE underlines the current situation, that relatively little research exists surrounding the use and demand of MCE. This paper unfortunately contributes to this fact since no user studies have been done due to lack of time. This is something future research should focus on.

Handledare: Mats Dunkars
Ämnesgranskare: Ewert Bengtsson
Examinator: Elisabet Andrésdóttir
ISSN: 1650-8319, UPTec STS10026

Populärvetenskaplig sammanfattning

Denna uppsats är en del av forskningsprojektet ViSuCity, vars mål är att ta fram bättre visualiseringsverktyg för stadsplanerare. En av ViSuCitys delar rör så kallad MCE-analys, en teknik för att hitta den bästa lokaliseringen av objekt (såsom hus, vägar eller parker) utifrån givna kriterier. MCE-analys står för multikriterieanalys och är en sammanslagen teknik av GIS, geografiska informationssystem, och AHP, en teknik för beslutsfattande som har använts i viss utsträckning under de senaste 20 åren.

Tekniken har funnits i runt 20 år och detta examensarbete berör införlivningen av tekniken i ett befintligt 3d-program vid namn Neo. Införlivningen har inneburit att tekniken blir helt automatisk och betydligt mer lättanvänd än i dess vanliga form då tekniken består av flera steg och tar tid och kunskap att genomföra. Det helt nya är att införlivningen sker i ett 3d-program, något som förhoppningsvis gör tekniken mer lättförståelig. Målet har varit att skapa ett lättanvänt program som ska kunna användas av en person utan djupare utbildning av tekniken och att olika scenarier enkelt ska kunna jämföras.

En ny del av MCE-analysen är möjligheten att placera ut nya byggnader som påverkar de olika kriterierna, något som bidrar till att analysera olika scenarier.

I dagsläget saknas forskning kring MCE-analysens användningsområden och hur den bör presenteras för användare. Detta gäller i hög grad även denna införlivning av MCE och är det stora frågetecknet i dagsläget. MCE-analys är dock ett väldigt kraftfullt verktyg då tekniken är tämligen intuitiv och nyttan ses tydligt vilket gör det troligt att tekniken kommer att öka i användning under kommande år.

Innehållsförteckning

Tack	3
Uppslagsverk	4
1. Introduktion	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	6
1.2.1 Avgränsning	6
1.3 Metod och tillvägagångssätt	7
1.4 Disposition	7
2. Teori	9
2.1 Geografiska informationssystem	9
2.2 AHP – Modell för förenklat beslutsfattande	12
2.2.1 Uträkning av approximerade egenvärden	13
2.2.2 Hierarkier	17
2.3 MCE-analys, vald modell	18
2.4 Exempel på användning av modellen	20
3. Genomförande	22
3.1 Neo	22
3.2 Gränssnitt och struktur	22
3.2.1 Huvuddialog	22
3.2.2 Import av kartor	23
3.2.3 Viktning	24
3.2.4 Påverkan och export	25
3.3 Koordinatsystem	26
3.4 Påverkan	27
4. Testområde – Hjorthagen	29
5. Diskussion	34
5.1 Fördelar	34
5.2 Nackdelar	34
5.3 Förslag till förändringar av implementeringen	36
6. Förslag till vidare forskning	37
7. Slutsats	38
8. Källförteckning	39
8.1 Publicerade källor	39
8.2 Internetkällor	39

8.3 Empiri	39
8.4 Kartor	39
9. Tabellförteckning	40
10. Figurförteckning	41

Tack

Jag vill tacka Mats Dunkars för ett gediget handledande. Mats har under hela arbetets gång funnits till stöd och varit snabb på att ge råd och tipsat om nya vägar vid lösning av problem. Mats har funnits som en stabil grund och uppmuntrat mig till att prova nya idéer.

Jag vill också tacka Chi-Hao Poon som hjälpt mig med både konkreta svar på ”dumma” frågor och visat på hur det är att arbeta som konsult i uppdrag. Chi-Haos insatser har förutom det även bidragit till min egen arbetsmoral och gjort arbetet roligare att genomföra.

Jag vill tacka hela Sweco Positions stockholmskontor för visat intresse och för den öppna stämningen som gjort det trevligt för mig som ny att komma in i gruppen. Det har varit lätt att komma med i gemenskapen och att få vara med på samtliga gemensamma aktiviteter har gjort att jag till stor del känt mig som en del av företaget. Jag är säker på att det även bidragit till kvaliteten på arbetet då jag även haft flera diskussioner kring det jag gör och att det därmed har bidragit till att jag varit tvungen att kritiskt granska arbetet och fått värdefulla åsikter från andra.

Jag vill även tacka de anställda på Sightline Vision AB som låtit mig vara en del av deras kontor och som givit mig många uppslag på hur projektets resultat kan användas på nya områden. Det har också varit roligt att få en inblick i hur ett mindre företag arbetar i kontrast till Swecos väldigt stora organisation.

Uppslagsverk

AHP	Analytic Hierarchy Process. Modell för beslutsfattande som möjliggör en enklare prioritetsordning genom att användaren bara behöver värdera två faktorer i taget.
GDAL	Ett bibliotek med metoder för läsning och skrivning av geografisk information. Implementeras i detta examensarbete i Neo.
GIS	Geografiska informationssystem. Forskningsområde som rör information knuten till positioner i geografin.
Kriteriekarta	Jämför restriktionskarta. Tar upp ett specifikt lager, exempelvis vägar, kulturvärden eller kraftledningar. I detta examensarbete oftast skalad till att innehålla värden mellan 0-100 och som fungerar som en värdering av hur viktig varje punkt ses.
Lager	Används synonymt med kartlager och karta. Ska tolkas som en värderad rasterkarta där varje punkt blivit värderad.
MCE-analys	Hopslagning av MCE, GIS och AHP. Den metod som används i arbetet för sammanvägning av de olika kartlagren.
Neo	Sightlines programvara för interaktiv 3D-visualisering.
Restriktionskarta	Jämför kriteriekarta. Karta där varje punkt är ”på” eller ”av” i form av ettor och nollor. Ett exempel är en karta över ett landområde där vatten är förbjudet och därför får värdet 0 och land anses tillåtet och därmed får värdet 1.
Sightline Vision AB	Företag som arbetar med 3D-visualisering av byggnader, städer och infrastruktur.
Spatial	Utbredning i rummet, oftast i två eller tre dimensioner.
Sweco Position AB	Företag inom Swecokoncernen. Arbetar med i huvudsak geografisk IT.
ViSuCity	Visual Sustainable City. Forskningsprojekt som syftar till att ta fram olika visuella verktyg för bättre stadsplanering. Detta examensarbete är en del av ViSuCity.

1. Introduktion

Detta är ett examensarbete utfört vid Uppsala universitet i samarbete med Sweco Position AB. Examensarbetet är en avslutande del av en civilingenjörsexamen inom System i teknik och samhälle. Handledare för arbetet har varit Mats Dunkars vid Sweco Position AB och ämnesgranskare Ewert Bengtsson, professor i bildanalys vid Uppsala universitets centrum för bildanalys. Examinator har varit Elisabet Andresdóttir, programsamordnare för System i teknik och samhälle.

1.1 Bakgrund

I takt med att samhället har moderniserats har även kraven på samhället vuxit. Medan stadsplaneringen tidigare handlat om mer övergripande planering kring frågor om vart människor och industrier ska placeras har antalet faktorer som ska vara uppfyllda ökat. Även diskussioner kring hållbarhet har höjt kraven på samhället där dess funktioner ska uppfylla såväl miljömässiga som sociala och ekonomiska krav. Modern demokratisk stadsplanering innefattar många människor, från politiker som beslutar om övergripande visioner till elektrikern som drar ledningar i nya bostadshus. Planeringen har blivit allt mer komplex och svår att överblicka vilket har tydligare påvisat behovet av verktyg för kommunikation mellan olika människor och discipliner.

Ett forskningsprogram som syftar till att bidra till en bättre samhällsplanering är ViSuCity, Visual Sustainable City som syftar till att skapa mer hållbar samhällsplanering. Anledningen till att programmet betonar den visuella staden är tesen att bra verktyg saknas i dagsläget för att kunna visualisera och presentera lösningar och att detta leder till sämre kommunikation. ViSuCity samordnas från Kungliga tekniska högskolan och innefattar flera parter från olika delar av modern stadsplanering och visualisering. Inblandade är bland annat arkitekter, stadsplanerare, visualiseringsföretag och forskare inom olika discipliner. Programmet består av flera olika delar, bland annat

- Skapandet av verktyg.
- Kartläggning av vad som efterfrågas.
- Insamling av information kring städer.
- Ihopkoppling av olika typ av information.
- Verktyg för beslutsfattande och kommunikation.

En central del av ViSuCity är en programvara från Sightline Vision AB som heter Neo, ett 3d-verktyg för visualisering av stadsmiljöer. Neo har flera funktioner anpassade efter olika behov men det centrala är en 3d-miljö där användaren kan "åka omkring" och som möjliggör visualisering av exempelvis olika tider på dygnet och olika väderlekar. (1)

Detta examensarbete kretsar kring ViSuCitys mål om att ta fram verktyg för att använda så kallad MCE-analys. Rent praktiskt innebär detta att implementera MCE-analys i Neo. Examensarbetet handleds av Mats Dunkars på Sweco Position, som bidrar med kompetens kring MCE-analys och geografiska koordinatsystem. Arbetet leds av både Sweco Position och Sightline som har delat ansvar för dess genomförande.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att implementera så kallad MCE-analys i Sightline Visions AB programvara Neo. MCE-analysen ska innehålla en stor del interaktivitet och en möjlighet att användas av personer utan djup förståelse av MCE-analys. Processen ska till stor del bli automatisk och användaren ska kunna genomgå olika typer av lokaliseringsanalyser med hjälp av implementationen. MCE-analysen ska även kompletteras med en möjlighet att få objekt att påverka de olika kriteriekartorna. Inom examensarbetet innefattas att bestämma lämplig struktur på program och gränssnitt samt genomföra själva implementeringen.

Tre områden är av speciell utmaning.

- Programmets struktur, vilka delar som ska vara automatiska och dynamiska samt vilka som ska vara mer statiska eller styrda av användaren.
- Förändring av grundmaterialet. Denna del innefattar en utredning av vad för typer av förändringar som eftersträvas och i vilken mån detta ska vara interaktivt och kontrollerat av användaren.
- Presentation i form av interaktivt gränssnitt och visualisering i Neos 3d-miljö.

1.2.1 Avgränsning

Då implementeringen av programmet är synnerligen omfattande har arbetet genomförts i en grupp av flera personer och allt resultat kan inte tillskrivas mig. Framförallt ihopkopplingen av olika koordinatsystem har gjorts av andra personer, men en förståelse för samtliga delar har krävts och examensarbetet behandlar därför hela implementeringen, inte endast de delar som faktiskt har utförts av mig. Det är dessutom väldigt svårt att frikoppla de olika delarna från varandra och endast en grov arbetsuppdelning har funnits.

En ambition var från början att genomföra en ordentlig undersökning på implementeringens användbarhet. Detta har dock inte kunnat genomföras på grund av brist på tid.

Planeringen av examensarbetet och programmet har utförts av en grupp på fem-sex personer och implementeringen av en grupp på tre personer. Implementeringsgruppen har bestått av en senior systemutvecklare på Sightline, en konsult från Sweco Position med kompetens inom systemutveckling och geografiska koordinatsystem samt mig som examensarbetare. Det går inte att dra någon tydlig gräns kring vad som har utförts av varje person då stora delar av arbetet har utförts parallellt eller tillsammans, även om en viss uppdelning har funnits. Systemutvecklaren på Sightline har varit den person med överlägset störst kunskap om Neo och C++-programmering och har till stor del fungerat som handledare för arbetet genom att dagligen kunna svara på diverse mindre och större frågor och skriva delar av implementeringen.

En viktig sak att förstå med uppsatsens relation till Neo är att uppsatsen skrivs vid ett bestämt tillfälle medan utvecklingen av Neo görs kontinuerligt. Då uppsatsen avslutades vid ett givet tillfälle medför det även att implementeringen av MCE-analys inte kan anses färdig. Det nuvarande (i skrivande stund) programmet har ett flertal buggar och oavslutade funktionaliteter som de flesta troligen korrigeras inom en kort framtid. Uppsatsens mål är därför inte att göra någon form av recension eller referat av Neo och bör inte betraktas som sådan heller. Målet med uppsatsen är snarare att visa på hur

MCE-analys *kan* implementeras och vad den valda implementeringen har fått för konsekvenser.

1.3 Metod och tillvägagångssätt

Arbetet påbörjades med en månads inläsningsperiod med betoning på förståelse för MCE-analys och Neos programvara. När väl programmeringsarbete satte igång blev detta mer och mer effektivt då bättre förståelse för C++ och Neo kom efterhand.

Arbetet med utformning av gränssnitt och utredning av användningssätt har skett fortlöpande. Till en början gjordes en grundlig layout, dels skriftligt men framförallt ”i huvudet”. Under implementeringen har ett gränssnitt växt fram, först som en grund och därefter omarbetat vid ett flertal tillfällen. Först mot slutet gjordes en övergripande och ordentlig genomgång av hur gränssnittet bör se ut och därefter en total omarbetning. Detta tillvägagångssätt har i efterhand visat sig vara dåligt då tid har fått läggas på omarbetning av något som hade kunnat göras från början. En bättre variant hade troligtvis varit att undersöka vilken form av information som var intressant för användaren och vilka krav tekniken ställde. Ett möte med de tänkta användarna, tre stadsplanerare på Stockholms stad, var inplanerat inom en månad av arbetets gång men blev inte av förrän efter två månader. Någon undersökning kring de tekniska kraven genomfördes inte heller i förväg.

Till försvar för tillvägagångssättet bör dock nämnas att en liknande implementering inte har gjort tidigare och att vissa tekniska krav, såsom vad som behöver anges för koordinationssystem, inte stod klara förrän mot slutet av arbetet. Någon färdig bild av hur programmet borde se ut fanns inte heller då användningsområdet fortfarande vid rapportens sammanställning var oklart. Det är troligt att gränssnittet förändras efter arbetets färdigställande då det börjar användas av den tilltänkta gruppen och denna ger återkoppling till Sightline.

De kartor som har använts i arbetet (med undantag för kapitlet om geografiska informationssystem) är tagna från en miljökonsekvensbeskrivning utförd av Sweco åt Stockholms stad levererad i april 2008. Kartorna har omarbetats av Mats Dunkars och Chi-Hao Poon för att bli kvantifierade och normerade, ett krav för MCE-analys.

1.4 Disposition

Teorikapitlet presenterar MCE-analysens olika beståndsdelar och hur dessa arbetas ihop till en process för beslut av lokalisering. Denna process är fokus för examensarbete och målet med implementeringen. Syftet med kapitlet är även att bidra till en förståelse för MCE-analysens möjligheter och begränsningar samt en förståelse för de utmaningar kring implementeringen som har funnits.

Genomförandeavsnittet följer därpå och är en översiktlig genomgång av hur implementeringen i Neo har gått till. Tre olika områden fokuseras särskilt på;

- Gränssnitt och struktur, en genomgång av det som användaren ser och den övergripande uppbyggnaden av implementeringen.
- Koordinatsystem, här diskuteras problematiken med de transformationer som har behövts för att få de olika koordinatsystemen att agera tillsammans.
- Påverkansavsnittet, som diskuterar användarens möjligheter att påverka kartor med objekten och de olika möjligheter som fanns vid utformningen.

Därefter visas ett exempel på analys på ett testområde i norra Stockholm. Detta kapitel finns till för att visa på det tänkta användningsområdet och ge läsaren en bättre förståelse för processens funktion.

Sist diskuteras programmets struktur och förslag till förbättringar samt en generell diskussion kring MCE-analysens för- och nackdelar.

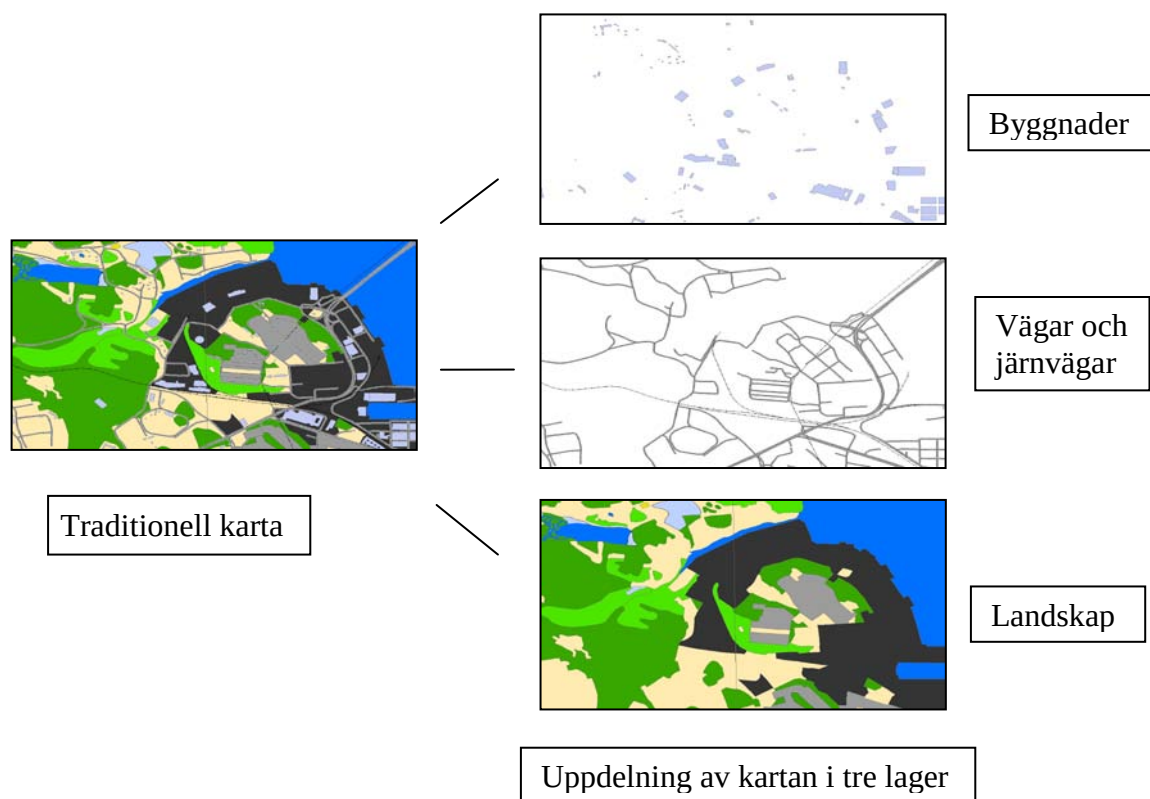
2. Teori

Detta avsnitt ger en fördjupning i de olika teknikerna som används i examensarbetet. Avsnittet är uppdelat i tre områden, GIS, AHP och MCE som utgör grunden för modellen som presenteras i modellavsnittet. För läsaren som endast vill ha en grundläggande förståelse för modellen som används i detta examensarbete krävs inte en exakt förståelse för de tre teknikerna. Specifikt så är inte uträkningen av AHP nödvändig för förståelsen av modellen som helhet, men för att göra en ordentlig kritisk analys av modellen krävs en förståelse för hur även AHP räknas ut.

En grundläggande förståelse för de tre som en helhet är dock ett krav för att förstå de olika möjligheter, hinder och begränsningar som finns med modellen.

2. 1 Geografiska informationssystem

GIS är en förkortning för geografiska informationssystem och är ett forskningsfält som avser att hantera information som på något sätt har en geografisk utbredning. Det enklaste exemplet är en karta som beskriver ett område och GIS är forskningen som kretsar kring informationen i kartor.



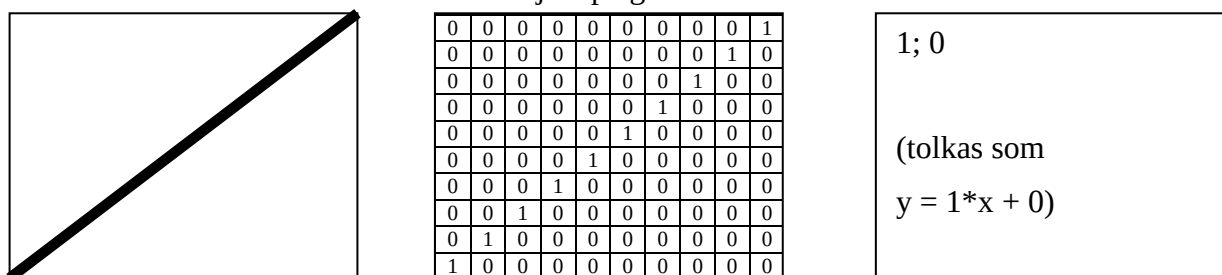
Figur 1, uppdelning av en traditionell karta i tre lager som kan analyseras ett och ett, i par eller i kombination med annat material. (2)

En viktig aspekt av GIS-området är uppdelningen av information i olika lager, något som utvecklades under början av 1960-talet. En sådan uppdelning kan vara uppdelningen av en stadskarta i flera olika lager som täcker olika aspekter. Exempelvis kan samtliga vägar läggas i ett lager och byggnader i ett annat. En fördel med denna uppdelning är att analys av informationen blir enklare då exempelvis bara synliggörande av ett motorvägslager samt ett lager med bostadsområden gör det enkelt att överskåda

närheten till motorvägar för barn. ((3), sid 10). Idag existerar många verktyg för att analysera GIS-lager och i modern stadsplanering är GIS en beprövad och allmänt erkänd teknik. ((4), sid 39f).

GIS-lager kan sparas på två olika sätt, som vektorer eller raster. Raster är ett format där kartan delas upp i ett rutnät och varje cell får ett värde. Detta format är ganska intuitivt och medför att enkla matematiska operationer såsom addition av lager kan genomföras på ett enkelt sätt. Vektorformatet baseras istället på att kartorna beskrivs med hjälp av formler som beskriver linjer och punkter på kartan. Fördelen med detta format är att det inte tar så stor plats då stora områden kan ringas in av exempelvis linjer och inte behöver beskrivas punkt för punkt. ((4), sid 74ff). Nedan ses ett exempel på hur en karta (bilden till vänster) kan sparas i rasterformat (mitten) och hur kartan kan sparas som vektorformat (höger). I vanliga fall är vektorrepresentationen betydligt mer komplicerad då fler variabler anges för att markera exempelvis storlek på ekvationen.

I detta arbete har rasterkartor använts just på grund av enkelheten att utföra matematiska



Figur 2, exempel på hur en karta kan sparas. Figuren till vänster visar på den karta som ska sparas. I mitten ses rasterrepresentationen av kartan och till höger vektorrepresentationen, som i detta fall endast är två tecken.

operationer och för att förändringar på kartorna är väldigt intuitiva och att förändringar är väldigt förutsägbara. Sightlines programvara är dock av formen vektorformat och en transformering dessa emellan har därför inneburit en utmaning.

De olika kartorna som används kan delas upp i två olika typer; kriteriekartor och restriktionskartor. Kriteriekartor är värderade kartor utifrån en given faktor och beskriver faktorns värde i varje punkt. Skalan går ofta från 0-100 eller 0-255 och en högre siffra betecknar ett starkare värde utifrån faktorn. Exempel på faktorer kan vara närhet till vägar där celler nära vägar har höga värden och celler långt ifrån har lägre.

Det är samtidigt viktigt att förstå att denna skala är relaterad till frågeställningen på problemet i sig. Ett högt värde på en karta betecknad som "kulturvärde" kan ha två betydelser. Antingen är 100 en benämning på att platsen passar bra för lokalisering utifrån kulturvärdet, men det kan samtidigt betyda att platsen passar dåligt på grund av att platsen har ett högt kulturvärde. Det är därför viktigt att se till att samtliga kartor från början har samma relation till frågeställningen. (5)



Figur 3, exempel på GIS-karta med värderade lager. I detta exempel kan Svart symbolisera 0, gul 20, grön 40, blå 60 och röd 100 för att markera hur viktiga respektive område är ur ett visst hänseende. Källa: (6) (omarbetad färgmässigt för ökad tydlighet)

Restriktionskartor är kartor som betecknas med antingen 0 eller 1, det vill säga antingen "på" eller "av". Dessa kartor betecknar vilka områden som är med i analysen och vilka som ej ska användas och därmed får värdet 0.

I denna rapport används termen lager, karta och kartlager synonymt och betecknar alla tre ett GIS-lager med information kring en given faktor, såsom habitat, vägnät, närhet till grundskolor eller liknande.

2.2 AHP – Modell för förenklat beslutsfattande (7)

Uträkningen av AHP är baserat på (7) och återfinns bland annat i (8). Detta kapitel använder sig av både ett teoretiskt allmänt fall och ett fiktivt exempel där olika färger ska värderas, detta för att göra uträkningen av de olika värdena mer tydlig.

AHP står för Analytic Hierarchy Process och är en process utvecklad av Thomas Saaty med syfte att underlätta beslutsfattande. Den bygger till stor del på insikten att människan har svårt att väga flera faktorer mot varandra samtidigt. Av den anledningen använder sig metoden av en parvis bedömning och matematik för att räkna ut viktning för varje faktor.

AHP är en väldigt kraftfull teknik då den är enkel att använda för både individer och grupper som i tur och ordning kan göra en bedömning. Tekniken kräver inte heller en djup tekniskt förståelse, något som gjort den väldigt användbar vid diskussioner med personer utan formell träning. AHP gör det även möjligt att på ett enkelt sätt hantera stora mängder faktorer och har av dessa orsaker blivit väldigt spridd. ((3), sid 35f).

Processen sker genom uppställning av samtliga faktorer i en matris/tabell.

	Faktor A	Faktor B	Faktor C	...	Faktor n-1	Faktor n
Faktor A	1	$a_{2,1}$	$a_{3,1}$	...	$a_{n-1,1}$	$a_{n,1}$
Faktor B	$a_{1,2}$	$a_{2,2}$	$a_{3,2}$	...	$a_{n-1,2}$	$a_{n,2}$
Faktor C	$a_{1,3}$	$a_{3,3}$	1	...	$a_{n-1,3}$	$a_{n,3}$
...	...	...	...	1	...	...
Faktor n-1	$a_{1,n-1}$	$a_{2,n-1}$	$a_{3,n-1}$	...	1	$a_{n,n-1}$
Faktor n	$a_{1,n}$	$a_{2,n}$	$a_{3,n}$	...	$a_{n-1,n}$	1

Tabell 1, struktur på AHP-matris

Matrisen är inverterat symmetrisk vilket gör att informationen finns i dubbel form. I detta fall bör $a_{2,1}$ och $a_{1,2}$ ha motsvarande värden då A påverkar B på motsvarande sätt som B påverkar A. Därför hanteras endast hälften av värdena av användaren.

De möjliga värdena som kan användas är 1/9, 1/8...1, 2...9 och de olika värdena ska bedömas enligt tabell 2.

Relative intensity	Definition	Explanation
1	Of equal value	Two requirements are of equal value
3	Slightly more value	Experience slightly favors one requirement over another
5	Essential or strong value	Experience strongly favors one requirement over another
7	Very strong value	A requirement is strongly favored and its dominance is demonstrated in practice
9	Extreme value	The evidence favoring one over another is of the highest possible order of affirmation
2, 4, 6, 8	Intermediate values between two adjacent judgments	When compromise is needed

Tabell 2, de möjliga värden som kan sättas i matrisen. Då en svensk översättning ej har varit tillgänglig har jag valt att behålla den engelska för att minska risken för feltolkning. Tagen från (8).

I dessa celler infogas en bedömning av faktorernas relation. Exempelvis kan Grön anses vara dubbelt så högt värderad som Blå, varav cell $a_{2,1}$ får värde 2, och $a_{1,2}$ får värdet $\frac{1}{2}$. På liknande sätt bedöms resterande faktorer relation så att en fullständig matris fås fram, exempelvis tabell 3.

	Grön	Blå	Röd
Grön	1	2	3
Blå	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{4}$
Röd	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1

Tabell 3, ett exempel på en AHP-matris. Notera att matrisen är inverterat symmetrisk, d v s att rad 2, kolumn 1 är det inverterade värdet av rad 1, kolumn 2.

AHP:s mål är att räkna ut egenvärden för matrisen, och på det sättet få fram viktningsvärden för respektive faktor. Då det vid stora matriser finns risker för att matrisen inte har en lösning används istället approximerade egenvärden. Dessa egenvärden kan ses som en sammanslagen jämförelse värdena emellan och gör det möjligt att exempelvis ranka dessa sinsemellan och att se deras styrkeförhållanden.

2.2.1 Uträkning av approximerade egenvärden

Det första steget vid uträkning av egenvärdena är att räkna ut medelvärden för samtliga värden i matrisen. Detta görs genom att ta summan av varje kolumn och dividera varje cell med dess kolumns samlade värde för att få fram kolumnnormerade värden.

	Faktor A	Faktor B	Faktor C	...
Faktor A	1	$a_{2,1}$	$a_{3,1}$	...
Faktor B	$a_{1,2}$	1	$a_{3,2}$	...
Faktor C	$a_{1,3}$	$a_{2,3}$	1	...
...	...	...	...	1
Summa	$1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}$	$a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}$	$a_{3,1} + a_{3,2} + 1 + \dots + a_{3,n}$	

Tabell 4, summering av varje kolumn

En dividering av varje cell med den uträknade summan ger

	Faktor A	Faktor B	...
Faktor A	$\frac{1}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}}$	$\frac{a_{2,1}}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}}$	...
Faktor B	$\frac{a_{1,2}}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}}$	$\frac{1}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}}$	...
Faktor C	$\frac{a_{1,3}}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}}$	$\frac{a_{2,3}}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}}$	...
...	...	...	1

Tabell 5, dividering av varje cell med respektive kolumns summa. Faktor C har tagits bort ur tabellen av storleksskäl

I ovanstående exempel blir detta

	Grön	Blå	Röd
Grön	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{6}$

Blå	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{4}$
Röd	$\frac{1}{3}$	4	1
Summa	1,833...	7	4,25

Tabell 6, summering av varje kolumn.

	Grön	Blå	Röd
Grön	0,5454...	0,2857...	0,7058...
Blå	0,2727...	0,1428...	0,0588...
Röd	0,1818...	0,5714...	0,2352

Tabell 7, dividering av varje cell med respektive kolumns summa

Efter att cellerna normaliserats över kolumnen görs en summering av varje rad och därefter divideras summan med antalet faktorer, i detta fall tre.

	Faktor A	Faktor B	...	Summering
Faktor A	$\frac{1}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}}$	$\frac{a_{2,1}}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}}$	...	$\frac{1}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}} + \frac{a_{2,1}}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}} + \dots$
Faktor B	$\frac{a_{1,2}}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}}$	$\frac{1}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}}$	...	$\frac{a_{1,2}}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}} + \frac{1}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}} + \dots$
Faktor C	$\frac{a_{1,3}}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}}$	$\frac{a_{2,3}}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}}$	...	$\frac{a_{1,3}}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}} + \frac{a_{2,3}}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}} + \dots$
...	...	...	...	

Tabell 8, summering av varje rad

$\left(\frac{1}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}} + \frac{a_{2,1}}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}} + \dots \right) / n$
$\left(\frac{a_{1,2}}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}} + \frac{1}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}} + \dots \right) / n$
$\left(\frac{a_{1,3}}{1 + a_{1,2} + \dots + a_{1,n}} + \frac{a_{2,3}}{a_{2,1} + 1 + \dots + a_{2,n}} + \dots \right) / n$

Tabell 9, dividering med antalet faktorer. De tre framtagna formlerna betecknas nedan som y_{1-3} .

Dessa tre formler betecknas som y_{1-3} i fortsättningen för att spara plats. I vårt exempel blir denna uträkning:

	Grön	Blå	Röd	Summa
--	------	-----	-----	-------

Grön	0,5454...	0,2857...	0,7058...	1,5370...
Blå	0,2727...	0,1428...	0,0588...	0,4744...
Röd	0,1818...	0,5714...	0,2352	0,9885...

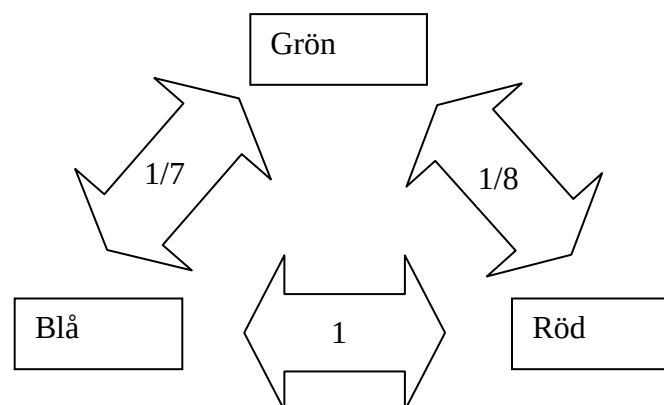
Tabell 10, summering av varje rad

1,5370...	/ 3 =	0,5123...
0,4744...		0,1581...
0,9885...		0,3295...

Tabell 11, dividering av radsumman med antalet faktorer, i detta fall tre.

Det framräknade värdet utgör sedan en approximering av faktorernas egenvärden. I detta fall ges Grön egenvärde på ungefär $\frac{1}{2}$, Blå ett egenvärde på 0,16 och Röd ett egenvärde på 0,33.

I detta exempel skulle Grön ha ett dubbelt så högt värde som Blå och tredubbelt värde av Röd, vilket dessvärre stämmer väldigt dåligt med de framräknade värdena. Det verkar i detta fall som att de två faktorerna har blandats ihop. Detta har uppstått då relationen mellan Blå och Röd har satts till att Röd ska vara fyra gånger så stor som Blå och tyder på att en dålig matris har satts upp. Ett mer tydligt exempel på en sådan inkonsistens vid tilldelning av värden syns i figur 4. I detta fall blir inkonsekvensen tämligen tydlig då Blå och Grön har samma värde, vilket indikeras av ettan dem emellan. Samtidigt så har de en ojäm relation till Röd, där Röd betecknas som åtta gånger starkare medan Blå endast är sju gånger starkare.



Figur 4, exempel på inkonsekvens vid tillsättning av värden med hjälp av AHP. I detta fall ska Blå och Röd ha styrka men deras relation till Grön skiljer sig åt.

AHP-tekniken har därför ett sätt att upptäcka inkonsistens i matriser. Detta görs genom att beräkna sannolikheten att värdena har satts slumpmässigt, den så kallade konsistensgraden. Denna uträknade siffran bör ligga under 0,10 för att anses acceptabel.

Konsekvensgraden beräknas genom att först matrismultiplicera matrisen med de framräknade egenvärdena i en vektorform och därefter dividera med respektive egenvärde.

$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 1 & a_{2,1} & a_{3,1} & \dots \\ \hline a_{1,2} & 1 & a_{3,2} & \dots \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline y_1 \\ \hline y_2 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline y_1 + y_2 a_{2,1} + y_3 a_{3,1} + \dots \\ \hline y_1 a_{1,2} + y_2 + y_3 a_{3,2} + \dots \\ \hline \end{array}$$

$a_{1,3}$	$a_{2,3}$	1	...	y_3	$y_1 a_{1,3} + y_2 a_{2,3} + y_3 + \dots$
...	...	...	1	...	...

Tabell 12, multiplicering av matrisen med de framräknade egenvärdena

$y_1 + y_2 a_{2,1} + y_3 a_{3,1} + \dots / y_1$
$y_1 a_{1,2} + y_2 + y_3 a_{3,2} + \dots / y_1$
$y_1 a_{1,3} + y_2 a_{2,3} + y_3 + \dots / y_1$
...

I vårt exempel ser detta ut som:

1	2	3	×	0,5123...	=	1,8171...
1/2	1	1/4		0,1581...		0,4967...
1/3	4	1		0,3295...		1,1328...

Tabell 13, multiplicering av matrisen med de framräknade egenvärdena

Resultatet divideras med de respektive egenvärdena.

$$\begin{array}{rcl}
 1,8171... / 0,5123... & & 3,5467... \\
 0,4967... / 0,1581... & = & 3,1409... \\
 1,1328... / 0,3295... & & 3,4379...
 \end{array}$$

Tabell 14, dividering med respektive egenvärde

Därefter räknas medelvärde (m) ut

$$m = \frac{3,5467... + 3,1409... + 3,4379}{3} = 3,3752...$$

Medelvärde används sedan för att räkna ut konsekvensindex (KI) genom formeln

$$KI = \frac{m - n}{n - 1} = \frac{3,3752... - 3}{3 - 1} = 0,1876$$

Detta indexvärde ska därefter jämföras med ett slumpindex (RI) som kan ses i tabell 15. Slumpindexet är framtaget genom att räkna ut sannolikheten att en matris storlek $n \times n$ är slumpmässigt tilldelad värden. Vid 95 % statistisk säkerhet ges gränserna i tabell 15.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,44	1,49	1,51

Tabell 15, slumpindex. Detta index används för att räkna ut konsistentgraden för matrisen.

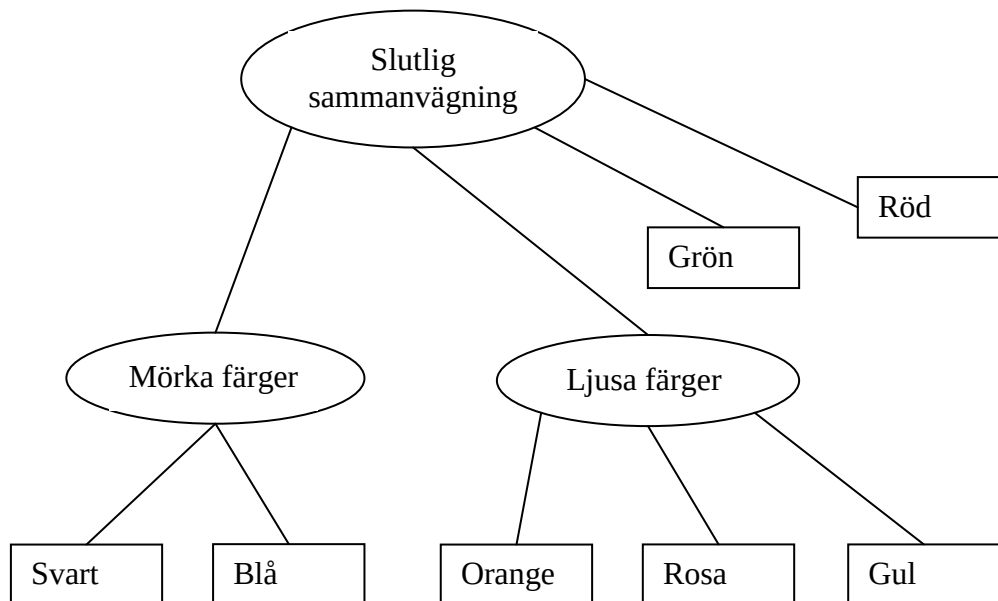
Uträkning av konsistensgraden ges därefter av formeln nedan. Då vi i detta fall har tre faktorer används värdet 0,58 från tabell 15.

$$KG = \frac{KI}{RI} = \frac{0,1876}{0,58} = 0,3234$$

I detta fall är konsistensgraden synnerligen hög. Den bör, som tidigare nämnt, ha ett värde på under 0,10. I detta exempel har vi fått en väldigt inkonsistent matris och bör göra om viktningen från början.

2.2.2 Hierarkier

AHP ger även möjlighet att dela in beslutsfattandet i hierarkier, något som förenklar struktureringen av problem. Vid stora mängder faktorer kan en sådan indelning vara väldigt praktiskt och det ger även möjlighet att vikta faktorer mot varandra på olika sätt.



Figur 5, exempel på hierarki. I denna hierarki görs först sammanvägning av faktorerna i kategorierna Mörka och Ljusa färger. Dessa kategorier vägs därefter samman med faktorerna Grön och Röd.

Denna typ av struktur kan få olika former, se exempelvis figur 5. I detta exempel finns sju olika faktorer som ska vägas mot varandra. Detta väljer vi att göra genom tre olika viktninganalyser, där vi först tar de mörka och ljusa färgerna separat för att sedan väga samman dessa med grön och röd. I detta fall blandas sammanvägningen mellan kategorier och faktorer på ett sätt som bestäms helt av användaren och de förutsättningar som krävs.

2.3 MCE-analys, vald modell

Detta avsnitt använder sig av de tidigare redovisade teoretiska delarna för att skapa en modell som används för att hitta den bästa lokaliseringen av objekt. Ett exempel på hur modellen kan användas visas i figur 6, och denna bör läsas parallellt med texten för att få en ökad förståelse för modellen. Exemplet är tämligen enkelt för att de olika stegen ska bli lätta att förstå.

Den valda modellen sammanfattas i denna uppsats i termen MCE-analys. Namnet är endast ett av flera använda, där förkortningar såsom MCDE, MCA, MCDA har en liknande innebörd, dock återfinns termen multikriterie i samtliga. I vissa fall blandas termen "beslut" (på engelska "decision") med och analys eller värdering används relativt synonymt (på engelska "analysis" respektive "evaluation").

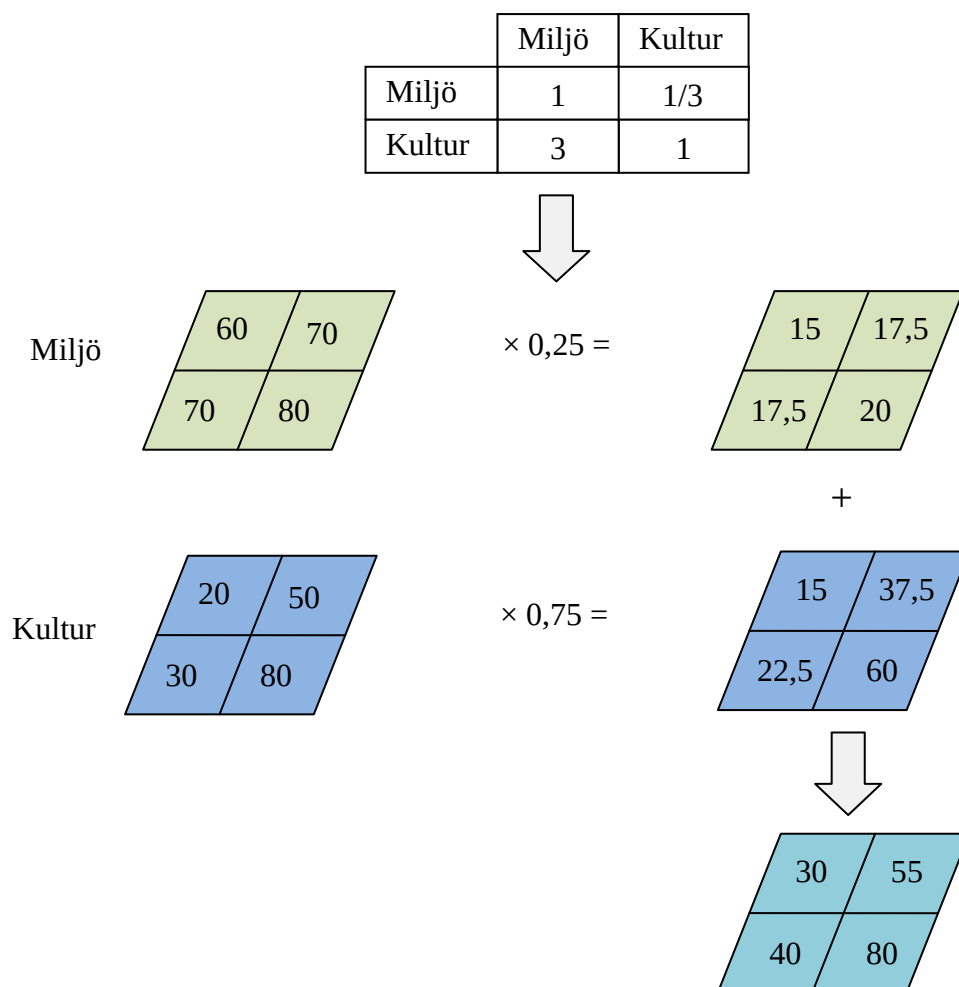
Analysen har börjat användas allt mer under de senaste 20 åren, av exempelvis (9) och (10). MCE-analys finns i flera olika varianter och används i vitt skilda områden och har därmed blivit en viktig del av forskningen kring geografiska informationssystem, se (11) för en genomgång.

Modellen använder sig av forskningen inom geografiska informationssystem kring koncepten kring lager värderade på en skala 0-100. AHP används därefter för att ta fram viktningssvärden för de olika lagren och till sist slås dessa ihop till ett sammanvägt resultatlager.

Integrerat med AHP ger denna modell möjligheten att använda ett flertal lager i hierarkier. På detta sätt kan ett analysmaterial delas upp i olika kategorier som analyseras separat med en resultatlista per kategori. Dessa olika kategorier kan därefter slås ihop genom att behandla resultatlistorna som material för en ny analys där en viktning även sker dem emellan. (5) påpekar att tester av modellen visar på att fler än åtta faktorer i taget lätt blir svårgreppbart för användare. En uppdelning i kategorier undgår detta problem.

En stor fördel med denna typ av MCE-analys är dess enkelhet vid användning, exempelvis ((12), sid 544f) påpekar att processen är lättförstådd även för personer utan träning i MCE-analys. De visar även på att processen utgjorde ett bra verktyg för diskussioner kring olika kriteriers relativa styrkor och var väldigt effektiv i att upptäcka nya viktiga faktorer vid beslutsfattande, allt eftersom arbetet fortskred.

Även (11, sid 717) pekar på MCE-analysens stora värde för beslutsfattare just på grund av dess möjlighet att inkorporera subjektiva värderingar i modellen och på grund av möjligheten till återkoppling och förståelse för de konsekvenser olika val får. Samtidigt påpekas att tämligen få användningsstudier finns i dagsläget.



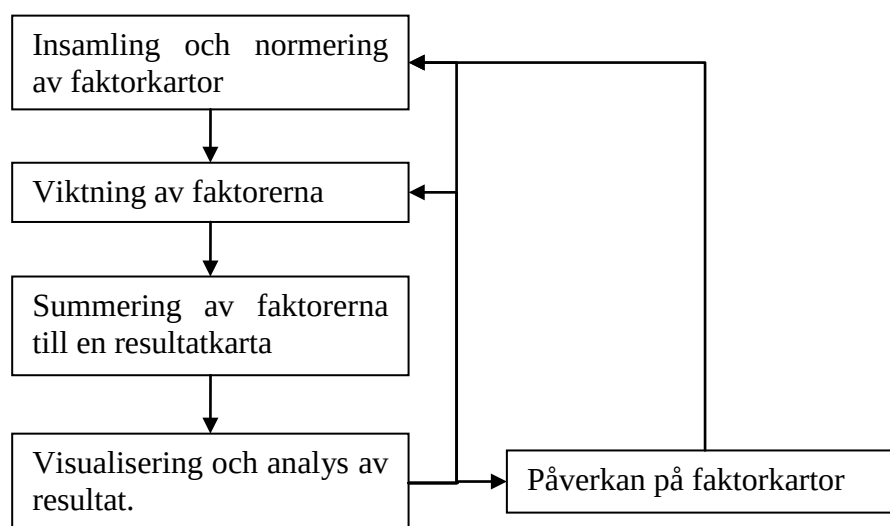
Figur 6, hopslagning av de tre teknikerna till den använda modellen. Överst ses viktningen som görs med AHP vilket genererar viktningsvärdena 0,25 och 0,75. Till vänster ses två kartor som har kvantifierats till de värden som syns. Dessa multipliceras därefter med viktningsvärdet och ger kartorna till höger och läggs till slut ihop till en sammanvägd karta nere till höger.

Arbetsgången för metoden består av sex steg och är baserat på ett arbetssätt av (5) men stämmer delvis ihop med det som används av (10), även om dennes användningsområde är något annorlunda. Även (11) använder ett liknande arbetssätt, även om det inte explicit strukturerat.

- Insamling, kvantifiering samt normering av grunddata. Detta i form av kriteriekartor av exempelvis miljö och kultur. Dessa är i exemplet i figur 6 uppdelade i fyra rutor som symboliserar en fyrdelning av ett geografiskt område där den nordvästra rutan har fått ett ganska högt värde ur miljösynpunkt (60) och ett ganska lågt ur kulturhän syn (20).
- Skapande av viktning. Detta genomförs genom att värdera de olika faktorerna i par. I detta exempel finns endast två faktorer vilket gör denna process tämligen enkel (och onödigt krånglig). Även konsistensgraden räknas ut, ligger inte denna under 0,10 bör tilldelandet av värden göras om. Vi har i detta exempel givit kulturfaktorn tre gånger så stor betydelse som miljö. Med hjälp av den bestämda tabellen räknas sedan viktningsvärden ut, i detta fall 0,25 för miljö och 0,75 för kultur.

- Därefter sker en multiplicering av kartorna med viktningsvärdena, vilket genererar kartorna till höger. I detta fall ses den sydöstra rutan, som hade en väldigt hög värdering (80) ur både miljö- och kultursynpunkt har fått ett betydligt lägre värde i den viktade miljökartan (20) än i den viktade kulturkartan (60). Därefter summeras faktorkartorna till den sammanvägda kartan nere till höger.
- Därefter görs en visualisering av den framtagna informationen. Denna kan ske på väldigt många olika sätt men vanligt är en färgskala där olika färger symboliserar olika värden.
- Det nya steget som införs hanterar påverkan på befintliga kartor. En sådan påverkan innebär att processen måste starta om från början, även om samma viktning används.

Processen ska inte ses som linjär utan är snarare ett uttryck för det generella mönstret, det finns stora möjligheter att gå tillbaka i processen tills en godtagbar lösning har hittats, alltså en form av iterativ hantering. Vid visualisering av resultat har användaren möjlighet att förändra exempelvis de olika faktorer som är med i analysen, dess viktning faktorerna emellan eller att förändra faktorerna med hjälp av en påverkan. Figur 7 visar på processen som ett arbetsschema.



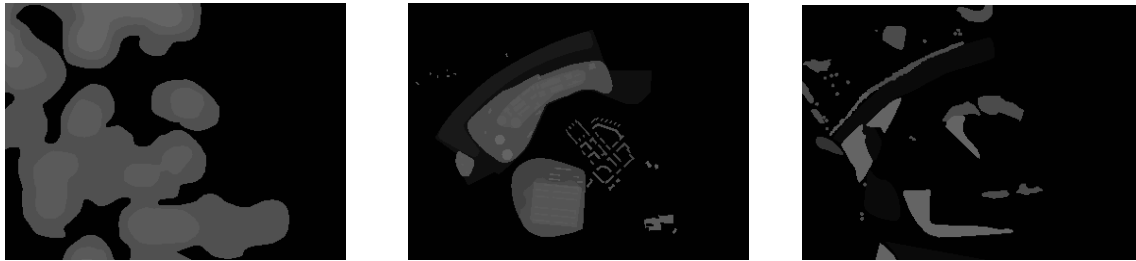
Figur 7, arbetsschema för MCE-analysen som används i denna uppsats.

2.4 Exempel på användning av modellen

Följande kapitel är ett exempel på användning av den nyss framlagda modellen. Det scenario som har valts är ett beslut av byggande av en bostad inom ett område och tre olika faktorer anses vara av vikt för placeringen av bostaden.

- Området innehåller vissa viktiga områden för den lokala ekologin.
- Olika befintliga byggnader och områden har höga kulturhistoriska värden.
- Det finns en rädsla för att klimatpåverkan ska medföra höjt vattenstånd.

Det första som måste göras är att kartlägga samtliga faktorer och att värdera dessa i en skala 0-100. Detta görs till figur 8, som visar på de områden där en placering av bostäder skulle passa dåligt ur respektive synvinkel.



Figur 8, tre faktorer som ska sammanvägas med hjälp av MCE-analys. Till vänster syns den lokala ekologin, i mitten några av de viktiga kulturvärden som finns och till höger områden som löper risk för översvämning. Ljusare färger betecknar högre värden och därmed sämre lämplighet.

När samtlig data har insamlats och normerats sker viktningen mellan de tre faktorerna. Tillsammans kommer man överens om hur faktorerna bör vara viktade mot varandra och kommer fram till följande matris.

	Ekologi	Kulturvärden	Översvämning
Ekologi	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{6}$
Kulturvärden	2	1	$\frac{1}{3}$
Översvämning	6	3	1

Tabell 16, viktningssmatris för de tre faktorerna.

Med hjälp av AHP fås viktningssvärdena 0,111; 0,222 och 0,667 för ekologi, kulturvärde respektive översvämning. Uträkning av konsistensgraden ger 0, vilket betyder perfekt konsistens. När viktningen har blivit utförd multiplicerar vi respektive viktningssvärde med respektive karta och summerar dessa till en resultatkarta som visar resultat.



Figur 9, resultatkarta av viktningen. Notera att spår av samtliga tre kartor syns tydligt.

Resultatkartan bör sedan analyseras och den bästa placeringen kan därefter bestämmas. Ofta är processen, som tidigare nämnt, iterativ då exempelvis resultatet kan göra tydligt att en viktig faktor ej blivit inräknad.

3. Genomförande

Detta kapitel beskriver hur implementeringen av MCE-analys i Neo har gått till och tar upp de viktigaste aspekterna. Fokus ligger på de utmaningar och typer av problem som har uppstått vid implementeringen.

Kapitlet börjar med att ge en översikt över den struktur programmet har och visar på hur gränssnittet visas. Då den grundläggande strukturen är tätt sammanlänkad med gränssnittet beskrivs dessa tillsammans, för att tydligare koppla ihop hur de olika delarna fungerar. Målet är att ge en ökad förståelse för programmet i sin helhet och programmets mål. Därefter ges en fördjupning i svårigheten med arbetet med olika koordinatsystem och vilka val som gjorts i det fallet. Sedan behandlas hur påverkan på de olika kartorna sker i programmet och sist ges en genomgång av hur kartor exporteras.

3.1 Neo

Neo är i grunden uppbyggt på liknande sätt som moderna datorspel och vilar på en grafikmotor vid namn Gamebryo och programmeras i C++. Neos värld är uppbyggd som en så kallad Scene graph där samtliga objekt ligger i en trädstruktur. Programmet är anpassat för att visualisera stadsmiljöer och innehåller många olika funktionaliteter anpassade för olika typer av visualiseringar.

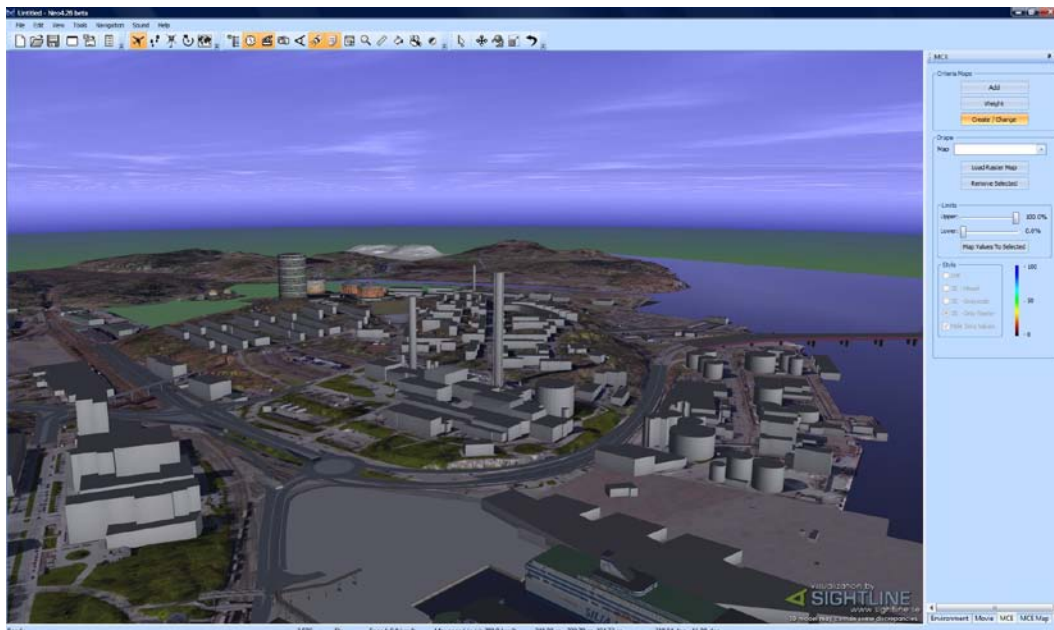
3.2 Gränssnitt och struktur

Strukturen är i grunden uppbyggd i fyra delar, något som syns i gränssnittets fyra olika dialogrutor. De fyra dialogrutorna presenteras som ramar i Neo, vilket är det gränssnitt som visas för användaren.

3.2.1 Huvuddialog

Den första dialogrutan används för att ta sig vidare till resterande klasser och funktioner och fungerar som en öppning till MCE-analysen. Förutom genvägarna till resterande funktioner styrs här även hur kartorna syns i Neo.

Visningen i 3d-världen görs genom att de befintliga texturerna draperas med information från kartorna. I huvuddialogen kan användaren välja vilken karta som draperas samt har möjlighet att ställa in en mängd olika alternativ för visualiseringen. Draperingen kan göras på tre olika sätt, antingen med en gråskala eller med en färgskala mellan svart-röd-gul-grön-blå där blå symboliserar det starkaste värdet och svart det svagaste. Färgskalan kan ställas in till att antingen vara delvis transparent eller helt täcka de befintliga objekten. Utöver det går det även att släcka ut draperingen i punkterna med värdet noll.



Figur 10, visning av Neo under körning. Till höger syns huvuddialogen.

Skalorna kan ställas in till att täcka olika intervaller än just 0-100 genom att dra i den övre och nedre gränsen. Resultatet visas direkt i vyn och funktionen är tänkt att användas då väldigt små skillnader förekommer, detta för att tydligare göra skillnad på exempelvis värdet 70 och 71, något som inte syns tydligt i en färgskala på 0-100.

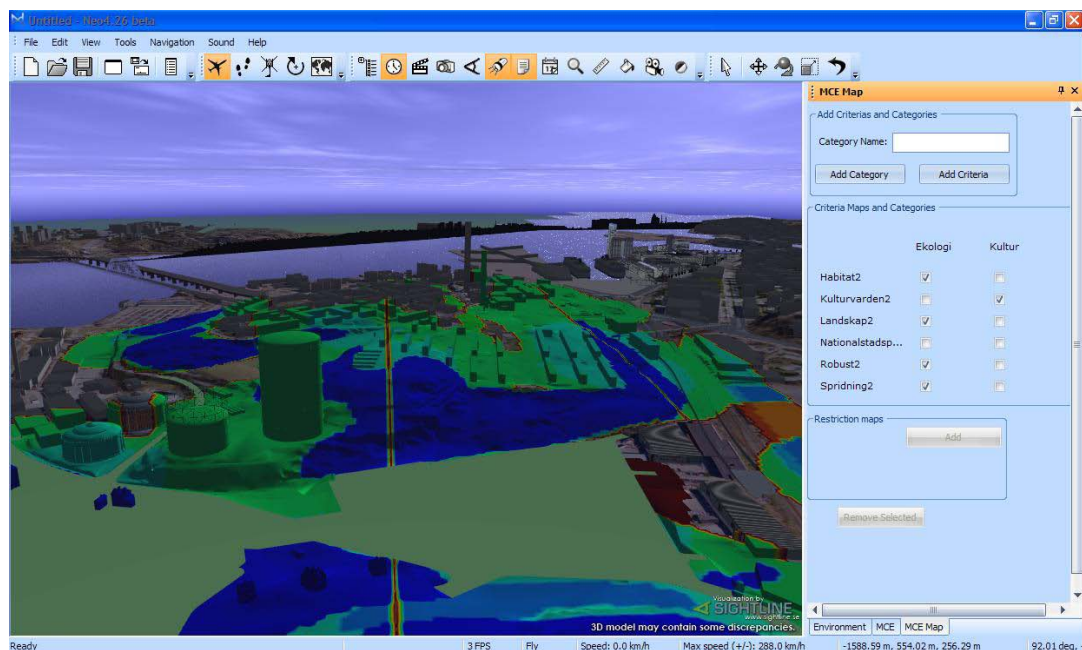
I huvuddialogen finns möjligheten att importera kartor enbart för visualisering, men den huvudsakliga importen sker i Importeringsdialogen.

3.2.2 Import av kartor

Den av de tre underdialogerna under huvuddialogen som bör vara den första för användaren att besöka är Importeringsdialogen. Denna dialog sköter import av kartor och ger användaren möjlighet att klassa kartorna i olika kategorier för enklare hantering. I denna dialog är det även tanken att borttagande av kartor och kategorier ska göras, en funktion som dessvärre inte hunnits med under den utsatta tiden.

Vid import av kartor visas de automatiskt upp i 3d-vyn och läggs till i en tabell där kartorna utgör rader och kategorierna kolumner. Införandet av kartor i kategorier görs genom att markera en kryssruta. Införandet av kartor i kategorier medför även att den kategorin syns i 3d-vyn, med en standardviktning mellan de olika kartorna.

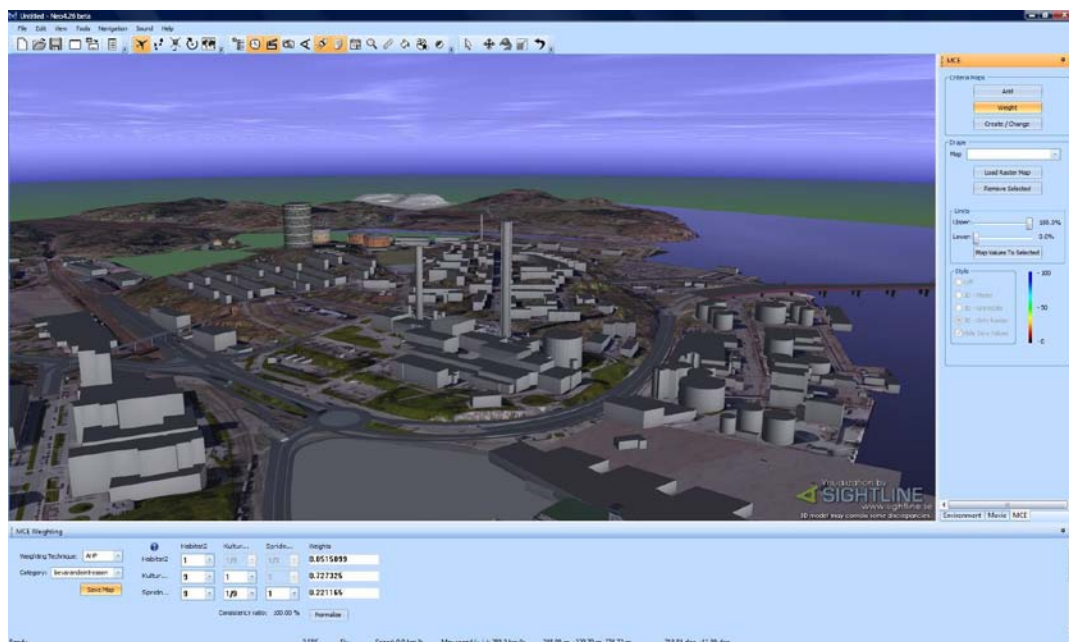
Det är i dagsläget okänt vilka typer av kartor som Neo stödjer. De som använts har varit av formatet 8-bitars GeoTIFF i gråskala. GeoTIFF är en öppen standard för hantering av geografiskt refererade kartor och är ett enkelt format innehållandes all typ av information för att geografiskt kunna bestämma positionen för den givna kartan (13). Tanken är att alla typer av GeoTIFF ska kunna användas men då väldigt lite testkartor funnits tillgängliga är det osäkert vilka format som stöds i dagsläget. En kartläggning av de olika typer som bör stödjas har inte heller gjorts.



Figur 11, importering av faktorkartor

3.2.3 Viktning

I viktningssdialogen skapas viktningen mellan de olika kartorna. Denna kan göras antingen genom att manuellt ställa in viktningssvärden eller genom att använda AHP. Användaren väljer även vilken kategori som ska viktas eller om de kategorier som finns ska viktas mot varandra. Vid val av kategori dyker en AHP-matris automatiskt upp med de kartor som ingår i kategorin (eller samtliga kategorier om en sammanställd viktning ska göras). Om kartor tas bort eller läggs till i Importeringsdialogen sker automatiskt en uppdatering i denna dialog.



Figur 12, viktning av kartor

Endast den nedre vänstra halvan av AHP-matrisen är redigeringsbar eftersom matrisen är inverterat symmetrisk. Vid en ändring av ett värde sker dock en automatisk uppdatering av motsvarande värde.

Till höger om matrisen visas de framräknade vikterna som automatiskt uppdateras om användaren ändrar på ett värde. En ny karta räknas dessutom ut och visas i 3d-vyn, något som möjliggör för användaren att omedelbart se effekter av ändringar.

Utöver dessa möjligheter går det att spara de befintliga kartorna i denna dialog för extern användning eller uppvisning i annat program. Den exporterade kartan får då automatiskt samma koordinatsystem som den första använda kartan.

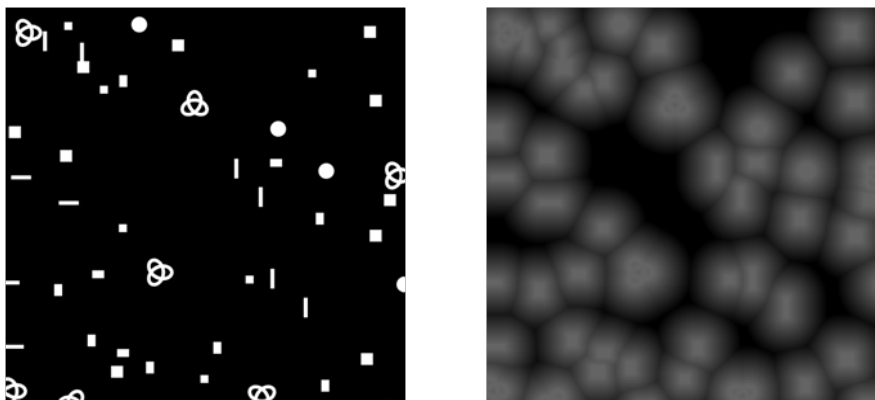
3.2.4 Påverkan och export

I denna dialog finns två funktioner för användaren. Den första är möjligheten att exportera en karta från Neo och den andra är möjligheten att påverka de befintliga kartorna. Användandet av funktionerna förutsätter att användaren har definierat objekt i Neo som att dessa ska användas till MCE-analysen. Användaren kan antingen välja ett befintligt objekt eller att skapa ett helt nytt, i form av en box där storlek och placering ställs in manuellt (denna funktion fanns sedan tidigare i Neo).

När användaren har markerat ett eller flera objekt som MCE-typ kan dessa väljas i en lista. Därefter bestäms vad som ska göras, genom att klicka i en av två kryssrutor, export eller påverkan på befintliga kartor. Markering av den ena släcker automatiskt ut all funktionalitet för det andra alternativet och visar endast det som är möjligt för antingen påverkan eller export.

3.2.4.1 Export

Vid val av export ges användaren möjlighet att ställa in en rad alternativ i form av koordinatsystem och utsträckning av kartan. Användaren kan definiera arean för export antingen genom det förvalda koordinatsystemets koordinater eller genom att välja de koordinater som används i Neo. Inskrivning av den ena ger en automatisk justering av den andra. Då många användare kan tänkas vara ovana vid hanteringen av teknisk geodata finns även möjligheten att importera en befintlig karta och extrahera all information.



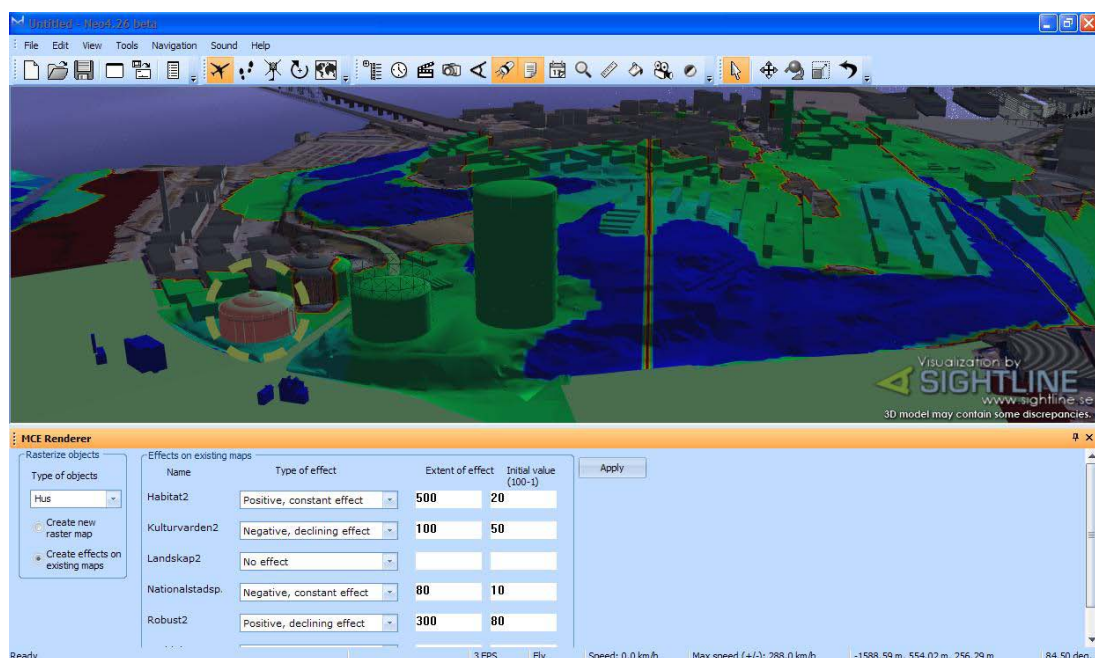
Figur 13, export av en testbild från Neo till GeoTIFF. Den vänstra bilden är en ren ortogonal projicering. Den högra bilden är även den en projicering men med en tillagd effekt som avtar som en funktion av avståndet.

Användaren kan därefter definiera att en viss effekt ska utgå från objektet, antingen en konstant effekt eller en avtagande. Väljs en typ av effekt ska även effektradie och styrka skrivas in av användaren som när alla val är inskrivna trycker på exportknappen.

Exporten av kartan görs därefter genom att ta en ortogonal bild ovanifrån med endast det eller de markerade objekten synliga. Bilden exporteras därefter med det inställda koordinatsystemet till hårddisken i form av en GeoTIFF och kan användas externt av andra typer av program.

3.2.4.2 Påverkan

Vid val av att påverka de befintliga kartorna visas samtliga importerade kartor i rader. Användaren får precis som i fallet med export specificera en effekt som ska påverka varje karta, men i detta fall finns möjligheten att påverka varje karta positivt eller negativt och med konstant eller avtagande effekt. Väljs en effekt ska användaren precis som i exportfallet ange en radie och initial effekt. När användaren gjort val för varje karta trycker han/hon på en knapp och effekten av förändringen syns direkt i 3d-vyn.



Figur 14, påverkan på faktorkartor.

Det som händer i praktiken är att kartan skrivs över med den förändrade kartan och att en ny beräkning sedan görs utifrån det nya materialet. Originalkartan sparas dock, i samma mapp på hårddisken med namnet "namn_original.tif" där namn ersätts med namnet på kartan.

Ett problem med implementeringen i dess nuvarande form är att kartan verkligen skrivs över. Detta får konsekvensen att om användaren väljer en ny typ av effekt så görs denna ovanpå den redan ändrade kartan. Exempelvis så om användaren väljer en avtagande positiv effekt och trycker på knappen två gånger blir effekten den dubbla.

3.3 Koordinatsystem

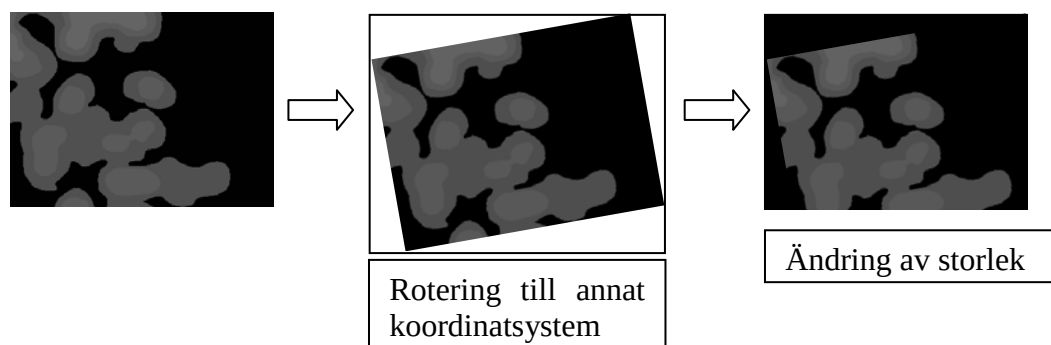
Neo använder sig inte av ett bestämt koordinatsystem, utan valet bestäms helt av det material som företaget får från kunderna. Ett generellt problem är dock att många koordinatsystem använder sig av väldigt stora siffror för att beskriva koordinater, något

som försvårar för grafikkort som inte är anpassade för stora tal. Neo transformerar därför hela scenen till att vara centrerad kring origo genom en enkel subtrahering.

Stora delar av implementeringen är baserad på innehåll i biblioteket GDAL. GDAL är ett bibliotek för läsning och skrivning av geografisk data som ges ut av Open Source Geospatial Foundation. Biblioteket är baserat på öppen källkod, vilket innebär att det är öppet för alla att använda och modifiera. (14)

Ambitionen från början var att stödja samtliga ”vanliga” koordinatsystem. Detta visade sig dock vara ett väldigt osäkert antal samt att många koordinatsystem har olika projektioner vilket ökar på antalet varianter. Det upptäcktes dock att GDAL hade stöd för en stor mängd koordinatsystem (flera tusen) och hela det biblioteket importerades därför. GDAL användes därför för att transformera mellan de olika koordinatsystemen för att möjliggöra import och export av olika typer av kartor.

Trots GDALs omfattande bibliotek krävdes dock stor förståelse för hur koordinatsystemen fungerar för att få till rätt koordinater. Ett problem som uppstod hade att göra med de olika systemens rotering gentemot varandra. Vid transformering från ett koordinatsystem till ett annat roterades ofta kartan en aning och fick därför fyllas eller beskäras, se figur 3 för en tydligare visning. Detta gjorde att de roterade kartorna automatiskt blev större eller mindre, något som behövde kompenseras för genom att antingen lägga till eller dra ifrån fält.



Figur 15, exempel på problem vid transformering mellan koordinatsystem. Roteringen är överdriven för att tydliggöra hur stort problemet var.

Det extra utrymmet läggs till eftersom den roterade bilden måste läggas in i en horisontell-vertikal bild. När kartan sedan roteras tillbaka har extra utrymme skapats på sidorna, något som sedan måste kompenseras för.

En hel del arbete har även lagts på att ta reda på vilken typ av information som är intressant för användaren samt vilka inställningar som eventuellt kommer automatiskt av andra. Användargränssnittet har därför ändrats flera gånger då det har uppdagats att ointressant information visats eller att viktiga inställningar saknades.

3.4 Påverkan

Typen av påverkan var en viktig frågeställning i början av arbetet och en rad olika varianter diskuterades. En variant var att definiera specifika objekts påverkan på kartor genom en förbestämd metod där olika objekt fick vissa egenskaper. En viktig frågeställning var även vilken typ av påverkan som skulle vara möjlig, förutom de avståndsbestämda fanns även tankar på att objekt helt skulle släcka ut vissa typer av kartor. Tankegången var till exempel att industrier kan förstöra hela lokala ekosystem

snarare än ekosystemet på en radie av 50 meter. En annan diskussion gällde om andra objekt kunde minska eller öka en viss effekt eller att exempelvis topografin eller vattendrag fick större eller mindre effekter. Detta dragit till sin spets var exemplet med buller, vars utbredning är synnerligen komplex och där olika typer av objekt har väldigt skild påverkan.

Det visade sig därmed att en alltför specifik lösning var väldigt svår att uppnå och att antalet varianter snabbt steg till att vara ohanterliga. Efter ett möte med de tänkta användarna, stadsarkitekter på Stockholms stad, blev slutsatsen att ha en enklare form av utbredning men att lämna denna öppen för användaren att bestämma. Detta kräver desto mer av användaren men minskar kraftigt risken för en alltför specifik lösning på ett komplext problem.

Påverkan på kartor bestämdes därför till att kunna ske på fyra olika sätt;

- Positiv konstant
- Positiv avtagande
- Negativ konstant
- Negativ avtagande

Användaren bestämmer utöver detta även radie och initialvärde för effekten. Påverkan på kartor skapas genom att skapa en exporterad karta med samma inställningar som originalfilen och skapa en närhetskarta från objekten. Därefter adderas/subtraheras den exporterade kartan med originalfilen.

Tanken är även att en effekt av ett borttaget objekt ska kunna modelleras genom att införa ett "anti-objekt" som får den effekt en borttagning skulle få.

4. Testområde – Hjorthagen

Detta kapitel betraktar ett hypotetiskt scenario för att ge en fingervisning av hur MCE-analys kan användas. Samtliga faktorkartor kommer från (6) och är kvantifierade av (5).

Hjorthagen är ett område i norra Stockholm som enligt beslut ska exploateras. Området har dock stora mängder bevarandeintressen, bland annat gamla minnesmärkta byggnader, Stockholms nationalstadspark och är ett av få områden i Sverige där den bredbandade ekbarkbocken finns. Samtidigt som ett starkt tryck finns på en exploatering av Stockholm finns alltså vissa lokala faktorer som starkt väger emot en sådan exploatering. I ett första steg vill man få reda på hur en bestämd sammanvägning av dessa faktorer kan se ut i ett mindre område i Hjorthagen. Man vill även undersöka hur byggandet av ett bostadshus och två ekologiska anläggningar kan påverka det befintliga området.

Man har en översiktlig uppfattning kring hur de tre byggnaderna påverkar områdets olika faktorer enligt tabell 17.

Bostadshus (3)	Mestadels negativa effekter, men viss ökad effekt på nationalstadsparken då denna har potentialen att bli mer utnyttjad.
Ekologiska anläggningar	Mestadels positiv effekt, även om utrymme kommer att tas från nationalstadsparken. De två anläggningarna skiljer sig åt kring vilka ekologiska funktioner de fokuserar på.

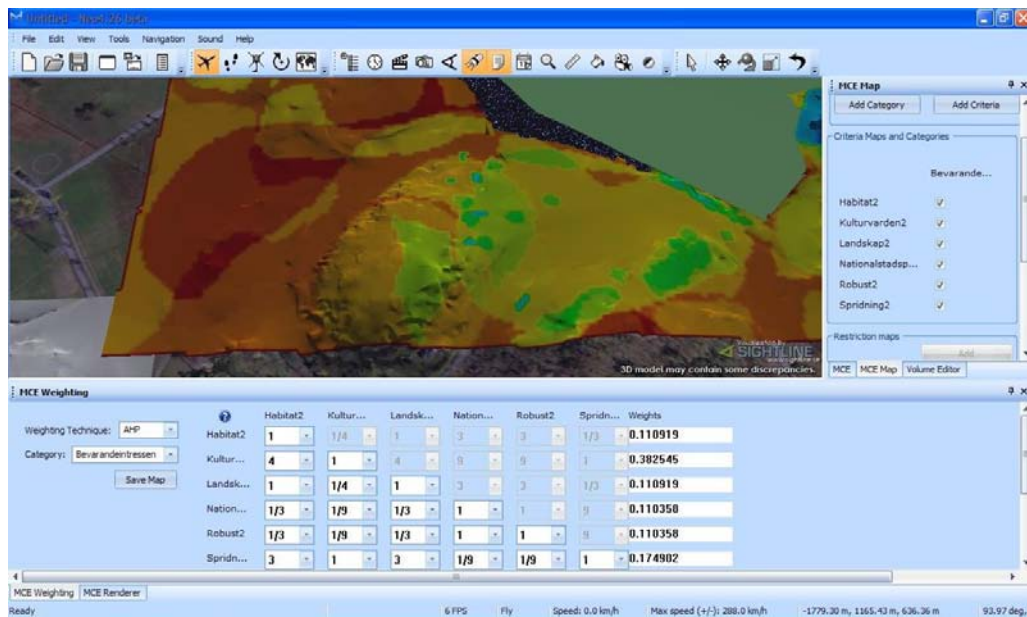
Tabell 17, de hypotetiska byggnadernas effekter.

Det första som görs i processen är att miljökonsekvensbeskrivningar tas fram för området. Dessa delar in de olika bevarandeintressena i sex olika kategorier:

- Kulturvärden, där de gamla byggnaderna främst finns.
- Habitat för ekbarkbocken.
- Landskapsvärden som värderar landskapet utifrån exempelvis artrikedom.
- Nationalstadsparken.
- Ekologins robusthet, det vill säga motståndskraft mot förändringar i ekologin.
- Spridningsvägar för området olika arter.

Kartor skapas för samtliga kategorier och samtliga kartor blir värderade i en 0-100 skala. I kartan för kulturvärden ges områden och byggnader som värderas högt värdet 100, de som har ett visst värde 50 och de utan kulturhistoriskt värde ges värdet 0.

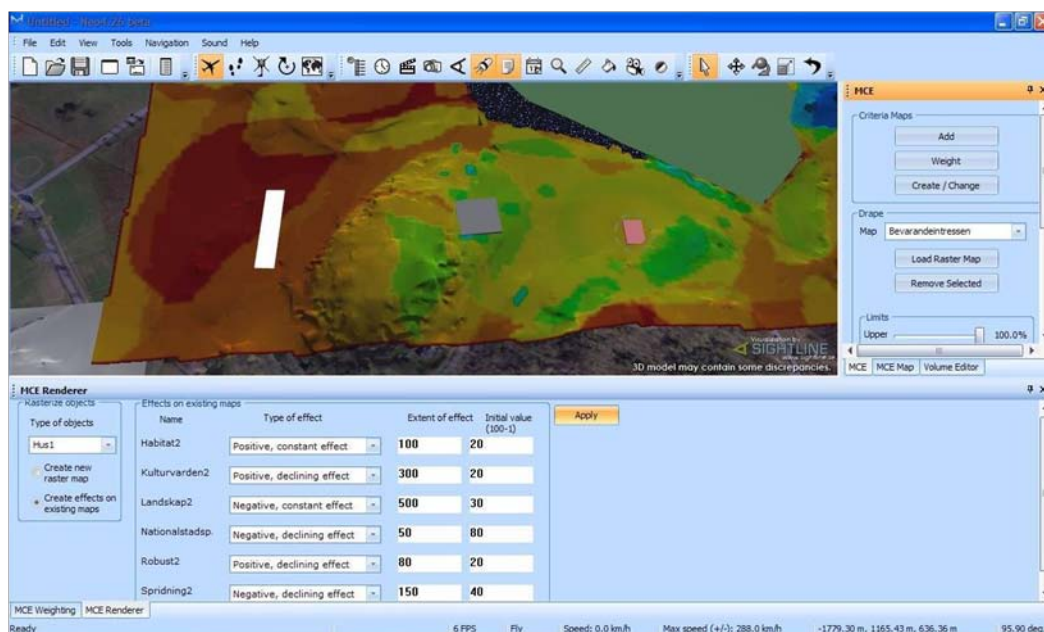
Kartorna importeras till Neo och läggs in i samma kategori, bevarandeintressen. När processen kommer till att väga de olika faktorerna beslutas ganska snabbt att kulturvärdena är en tämligen viktig faktor. Diskussioner förs kring hur viktigt habitatet för ekbarkbocken ska räknas, men deltagarna kommer efter en stund fram till att denna trots allt har fått ett eget kriterie, medan många av de andra arterna i området summeras i de övriga värdena. Däremot anser man att spridningen av arter bör vara högt prioriterad. Efter denna principiella diskussion sätter sig deltagarna med viktningen i Neo och kommer fram till viktningen i figur 16. I figuren ser vi tydligt resultatet av vår viktning. Området till höger i bild har ett starkare värde än det till vänster och vissa områden har mycket högre än andra.



Figur 16, testområde med viktningen och resultatet. Röd är det lägsta värdet och grön det högsta, med gul däremellan.

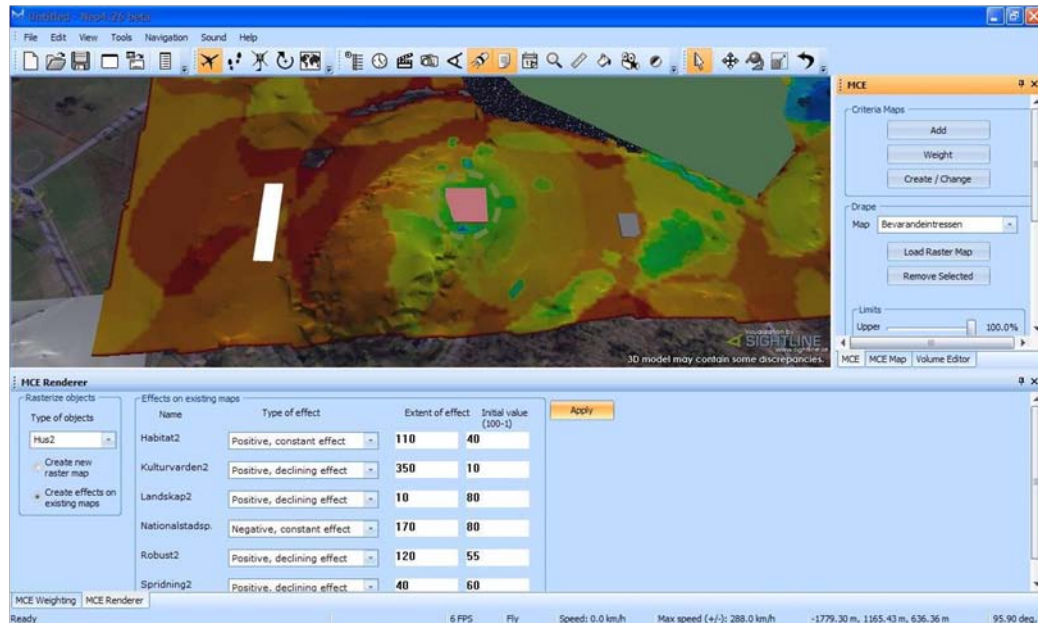
I Neo ges även möjligheten att pröva att ändra viktningens värdena och få olika typer av effekt, men deltagarna kommer fram till att denna viktning faktorerna emellan är mest rättvisande.

Därefter placeras de tre objekten ut och effekter på faktorerna fastställs. Figur 17 visar på effekterna från den ena ekologiska anläggningen. Anläggningen anses ha ett positivt värde på hälften av faktorerna och negativ på den andra hälften. En jämförelse med grundbilden visar även att de från början starka områdena (gröna) har blivit ännu något starkare medan en del områden till vänster i bild har blivit något svagare. Den negativa effekten till vänster kommer troligen från att landskapsvärdena ändras på ett väldigt stort område (500 meter).



Figur 17, effekter från den första byggnaden (rosa).

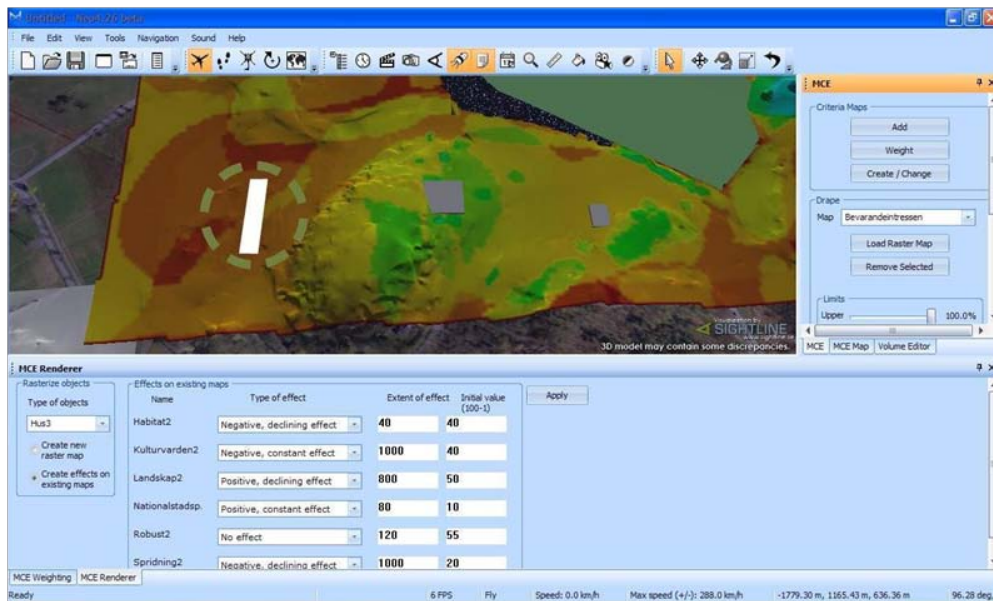
Den andra ekologiska anläggningen skiljer sig något från den första, framförallt i dess spridningsradie från anläggningen men även för att den anses skapa ett positivt landskapsvärde.



Figur 18, effekter av förändringar från den andra byggnaden som ses i mitten (rosa).

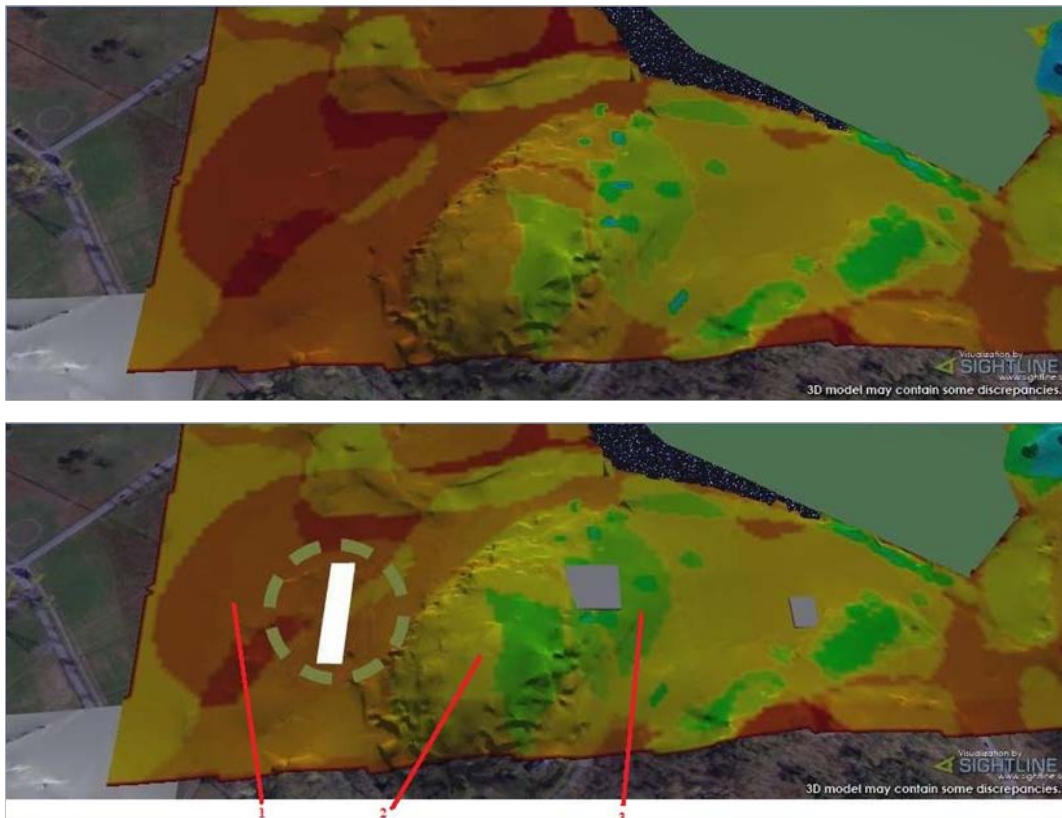
De valda effekterna från den andra byggnaden såväl som resultatet går att se i figur 18. Det blir i detta fall ganska tydligt att det närmaste området kring den andra anläggningen har fått starkare värden medan det på en lite längre intervall har blivit ett klart sämre resultat.

Effekterna från bostadshuset kan ses i figur 19. Denna byggnads effekter skiljer sig avsevärt från de tidigare då den ger flera negativa värden på faktorer som tidigare fått högre värden och tvärtom, landskapsvärden och nationalstadsparken uppgraderas till högre värden då de blir mer besökta.



Figur 19, effekter av förändringar från den tredje byggnaden (till vänster i bild, i vitt med en streckad linje runt)

Samtidigt ger bostadshuset vissa effekter på betydligt längre avstånd än de tidigare värdena, spridning och kulturvärde får negativa effekter på så långt som 1000 meter från platsen. Vi kan nu jämföra de två analyserna och se vad den sammanlagda skillnaden har blivit för området som helhet, se figur 20.



Figur 20, jämförelse mellan den opåverkade kartan (ovan) och den påverkade kartan (under).

Tre slutsatser kan dras direkt av att se på skillnader mellan bilderna och motsvaras av markeringarna i den nedre bilden i figur 20.

1. Området till vänster har fått ett starkare värde för i stort sett hela området, de olika områdenas relativa skillnad verkar dock kvarstå.
2. En relativt stor skillnad ses i området kring pil 2. En något minskad relativ skillnad kan även ses i detta område.
3. Kring pil 3 har skillnaderna mellan de olika områdena nästan försvunnit. Området kring den mittersta byggnaden har jämnats ut och stora delar av området har blivit grönt, mot bara enstaka punkter tidigare.

I detta exempel har skillnaderna från utplacering av byggnader blivit mestadels positiva. Bakom detta döljer sig exempelvis att kriteriet nationalstadspark har gått betydligt nedåt. Detta faktum döljs dock i och med att nationalstadsparken är relativt lågt värderad (den står bara för 10 % av det totala värdet) och att detta vägs upp av flera andra faktorer som blivit högre värderade.

Detta är endast ett exempel på en möjlig analys som är genomförbar och det är högst troligt att inte lika höga svängningar i värden görs av en riktig analys.

5. Diskussion

MCE-analys är en teknik som har en stor mängd fördelar, men samtidigt problem och utmaningar. Som (11) skriver finns i dagsläget ett stort problem med att väldigt lite forskning har gjorts på användandet av tekniken, vilket har försvårat implementeringen då målbilden varit osäker. Några olika slutsatser kan dock dras.

5.1 Fördelar

- Modellen ger väldigt stor makt till användaren i och med att viktningen och val av material helt styrs av användaren. Implementeringen av MCE-analys följer i detta spår då påverkan på kartor även det bestäms helt av användaren och bör vara enkel att förstå. Samtidigt blir resultatet endast så bra som materialet och arbetet som läggs ner på analysen.
- Resultatet av analysen har blivit lättare att tolka i och med implementeringen i Neo. Möjligheten att snabbt växla mellan olika kartor och den extra dimensionen bör ge en ökad förståelse för det material som har producerats.
- MCE-analys är hyfsat enkel att förstå, den del som är svårförstådd är AHP:s uträkning av viktningsfaktorer och konsistensgrad. Resultatet har även en stor möjlighet att på ett intuitivt sätt visa på hur det kommit till och olika faktorer har potentialen att lysa igenom. Transparens bör vara en faktor som talar för analysen.
- Användningsområdet behöver inte bara vara stadsplanering utan all form av lokaliseringsanalys. All form av planering lämpar sig väl för den här typen av frågor då antalet faktorer och deras respektive påverkan är komplex. Det behöver inte vara fysisk eller spatial planering, utan modellen lämpar sig väl när olika faktorerna är möjliga att mäta mot varandra.
- En viktning med max åtta olika faktorer ger som mest $8 \times 8 = 64$ olika faktorer att väga samman på olika sätt vilket bör vara tillräckligt för de flesta användningsområden. Vid större antal faktorer blir dock antagligen effekten av en faktor tämligen liten och med tanke på analysens "grovhet" finns det risk att en sådan stor analys ges mer utrymme än analysen faktiskt ger.
- 3D-visualisering är en stor fördel, framförallt eftersom möjligheten att känna igen en plats och kunna koppla ihop platser med kartor blir långt större än med en vanlig 2D-karta. Detta inverkar mycket på känslan och gör det enkelt att undvika "enkla" misstag eftersom kopplingen till verkligheten blir mycket tydligare. En grovt felritad har mindre chans att tas för en korrekt då uppenbara missar lätt upptäcks.

5.2 Nackdelar

- Möjligheten att påverka grundmaterialet genom att placera ut objekt och ange dess påverkan är inte testad på något riktigt fall och dess användningsområde är mycket osäkert. Sättet som påverkan sker på är inte heller säkert att det är enligt vad som efterfrågas.
- Modellen kräver en kvantifiering av samtliga värden, vilket dels begränsar användningsområdet och dels kan ge en ganska skev bild av verkligheten om värdena har kvantifierats på fel sätt. Analysen stödjer inte heller olika tolkningar av grundmaterialet. Den tvingande kvantifieringen gör även att mer

svårdefinierade värden (såsom kulturvärde) blir opålitlig, till skillnad från mer handfasta och värden där stor konsensus.

- AHP är en ganska grov process då de värden som används är fasta. Det är väldigt troligt att en faktor anses vara ungefär 50 % så viktig som en annan, varav både värdet 1 och 2 blir missvisande. Värdet 1 visar på ingen skillnad och värdet 2 ger en dubblering. Det är troligtvis mindre intressant att välja mellan att tilldela 6 eller 7 då skillnaden mellan dessa värden är relativt liten i förhållande mellan 1 och 1,5.
- Tekniken klarar inte av intervaller eller någon form av osäkerhetsberäkningar i dagsläget, något som säkert skulle kunna vara användbart för att påvisa exempelvis risker eller olika scenarier osäkerhet.
- Uträkningen av konsistensgrad ger dessvärre ingen fingervisning kring vad som gör matrisen inkonsistent. Ett enkelt sätt att göra det borde vara att peka på vilken tilldelad relation som stämmer minst överens med de framräknade viktningsvärdena.
- Stora delar av modellen är inte prövad och kravbilden är otydlig, vilket också gör resultatets möjligheter till användning otydlig och möjligen också felanpassad till de krav som ställs. Detta gäller inte speciellt Neo utan till stor del hela forskningsfältet.

5.3 Förslag till förändringar av implementeringen

Den nuvarande implementeringen har i skrivande stund en hel del mindre problem som skulle behövs åtgärdas innan en färdig version kan släppas till potentiella användare. Det finns dock en rad större förändringar som har potential att göra implementeringen mer dynamisk och lättare att hantera. En del av dessa måste troligtvis vägas mot andra krav i Neo, exempelvis prestanda.

- Införa en tydligare hierarki mellan de olika klasserna. I dagsläget hanteras de olika faktorkartorna i flera klasser vilket får problem när förändringar i en klass inte automatiskt ändrar på de andra. En tydligare hierarki skulle förhoppningsvis lösa denna typ av problem.
- En mer dynamisk struktur för kategorier och kartor. I dagsläget finns endast två nivåer, en samlande nivå och en nivå med olika kategorier. En trädstruktur med kategorier som grenar och kartor som löv skulle troligtvis möjliggöra att användaren själv kan skapa sin arbetsyta. Det skulle även möjliggöra en sammanvägning av kategorier och kartor, något som kan vara önskvärt. Detta kräver troligtvis ett annorlunda gränssnitt som bättre passar med trädstrukturen.
- En undersökning över vilka varianter av GeoTIFF:ar som finns och hur samtliga kan importeras. I dagsläget är det otydligt vad som egentligen stöds av Neo, troligtvis är det bara 8-bitars gråskala, ett krav som kan vara lite för specifikt för användaren.
- En mer dynamisk förändring av materialet, i dagsläget ändras exempelvis de faktiska kartorna vid påverkan på objekt. Väljs en ny påverkan sker detta på den redan påverkade kartan vilket inte bör vara önskvärt. Olika typer av viktning bör även kunna jämföras med varandra på olika sätt.
- Skapa möjligheter för användaren att styra om förändringar ska ske automatiskt eller när användaren själv bestämmer.
- Genomför användarstudier och undersök hur användare vill kunna använda MCE-analys. Implementeringen är i princip otestad och väldigt lite forskning finns kring hur användare uppfattar implementeringen och vilken efterfrågan som finns.

6. Förslag till vidare forskning

MCE-analys är en ytterst kraftfull som en metod för att skaffa underlag till beslut. Modellen kan med största sannolikhet utvecklas till att omfatta bättre och mer information. Förslag på forskningsområden är:

- Mer informationshantering skulle kunna infogas i modellen såsom klusterteori, statistisk matematik och exempelvis intervaller. Det borde exempelvis gå att infoga ett visst mått av statistisk säkerhet i modellen och redogöra för detta på ett ganska lättfattligt sätt. Intervaller borde även gå att infoga, även om detta kräver betydligt mer komplicerat genomförande och presentation än i dagsläget.
- Vidare forskning kring vad som eftersträvas, vad kan modellen användas till? Denna fråga är till stor del obesvarad i dagsläget men skulle kunna ge mer information kring hur modellen även kan utvecklas.
- Hur bör grundmaterialet kunna påverkas? I detta fall har det kretsats kring att placera ut byggnader, men även andra typer av påverkan på datamaterialet borde vara intressant. I fallet med denna uppsats har användaren fått endast fått påverka några av faktorerna kring utsättandet av byggnader men flera faktorer finns som kan spela stor roll.

7. Slutsats

MCE-analys har väldigt stor potential i all form av komplext beslutsfattande, inom alla möjliga områden. Kravet för att analysen ska fungera är att respektive faktor är mätbar och att faktorerna är jämförbara på ett godtagbart sätt. Samtidigt är det viktigt att förstå att resultatet endast blir så bra som materialet och analysen. Modellen är tämligen grov och förutsätter kvantitativa värden och kan därför endast användas som komplement till andra modeller samt till den "helhet" som det mänskliga sinnet innebär, oavsett om det kallas kompetens, kvalificerade gissningar eller magkänsla. MCE-analys har även en stor potential då det visat sig vara ett verktyg för diskussion och ett sätt att komma fram till gruppbeslut. Det är därför troligt att dess användning blir större i framtiden.

Den implementering som har gjorts har visat sig väldigt kraftfull då den är lätt att överskåda och ändringar i premisserna ger snabba och synbara resultat. Något som möjliggör att snabbt jämföra olika alternativ. Implementeringen i Neo är förhoppningsvis lättanvänd, dessvärre har inga användarstudier gjorts så några slutsatser kan inte dras om detta. Det stora frågetecknet som kvarstår är hur och av vilka som detta ska användas. Den nuvarande implementeringen har fortfarande en del arbete kvar innan en stabil version finns och mycket kommer antagligen att förändras då de avsedda användarna börjar ge återkoppling.

8. Källförteckning

8.1 Publicerade källor

- (3) Malczewski, J., 2004, *GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview*, Progress in Planning, Vol. 62 sid. 3-65.
- (4) Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. and Rhind, D. W., 2005. *Geographical Information Systems and Science, 2nd Edition*, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England.
- (7) Saaty TL, 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw Hill.
- (8) Karlsson & Ryan: Karlsson, Joachim and Ryan, Kevin, 1997, *A Cost-Value Approach for Prioritizing Requirements*, IEEE, finns på IEEE Xplore.
- (9) Janowski, P., Richard, L., *Integration of GIS-based suitability analysis and multicriteria evaluation in a spatial decision support system for route selection*, Environment and Planning B: Planning and Design 1994, volume 21, sid. 323-340.
- (10) Wu, F., 1998, *SimLand: a prototype to simulate land conversion through the integrated GIS and CA with AHP-derived transition rules*, International Journal of Geographical Information Science, 1998, vol. 12, no. 1, sid. 63 – 82.
- (11) Malczewski, J., 2006, *GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature*, International Journal of Geographical Information Science, Vol. 20, No. 7, sid. 703-726.
- (12) Eastman, J.R., Jin, W., Kyem, P.A.K. and Toledano, J., 1995, *Raster procedures for multicriteria/multi-objective decisions*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 61, No. 5, sid. 539–547.

8.2 Internetkällor

- (1) www.sightline.se, 2010-03-11.
- (13) [remotesensing.org: http://www.remotesensing.org/geotiff/faq.html](http://www.remotesensing.org/geotiff/faq.html), 2010-03-11, Mike Ruth
- (14) [gdal.org: http://www.gdal.org](http://www.gdal.org), 2010-03-11

8.3 Empiri

- (5) Mats Dunkars, löpande kontakt under september 2009 - mars 2010.

8.4 Kartor

- (2) Fastighetskarta: Kartor tagna från Lantmäteriets fastighetskarta över Hjorthagen i Stockholm. Copyright Lantmäteriet, medgivande I2010/0058.
- (6) Miljökonsekvensbeskrivning för fördjupat program för Hjorthagen, beslutshandling för Stockholms stad, 2008-04-30, beställare: Stockholms stad, leverantör: Sweco. Även tillgänglig på <http://www.stockholm.se/PageFiles/64797/Miljokonsekvensbeskrivning.pdf>, 2010-03-19. Samtliga kartor är kvantifierade och normerade av Mats Dunkars och Chi-Hao Poon.

9. Tabellförteckning

Tabell 1, struktur på AHP-matris	12
Tabell 2, de möjliga värden som kan sättas i matrisen. Då en svensk översättning ej har varit tillgänglig har jag valt att behålla den engelska för att minska risken för feltolkning. Tagen från (8).....	12
Tabell 3, ett exempel på en AHP-matris. Notera att matrisen är inverterat symmetrisk, dvs att rad 2, kolumn 1 är det inverterade värdet av rad 1, kolumn 2.	13
Tabell 4, summering av varje kolumn.....	13
Tabell 5, dividering av varje cell med respektive kolumns summa. Faktor C har tagits bort ur tabellen av storleksskäl	13
Tabell 6, summering av varje kolumn.....	14
Tabell 7, dividering av varje cell med respektive kolumns summa	14
Tabell 8, summering av varje rad	14
Tabell 9, dividering med antalet faktorer. De tre framtagna formlerna betecknas nedan som y_{1-3}	14
Tabell 10, summering av varje rad	15
Tabell 11, dividering av radsumman med antalet faktorer, i detta fall tre.	15
Tabell 12, multiplicering av matrisen med de framräknade egenvärdena.....	16
Tabell 13, multiplicering av matrisen med de framräknade egenvärdena.....	16
Tabell 14, dividering med respektive egenvärde.....	16
Tabell 15, slumpindex. Detta index används för att räkna ut konsistentgraden för matrisen.	16
Tabell 16, viktningsmatris för de tre faktorerna.....	21
Tabell 17, de hypotetiska byggnadernas effekter.	29

10. Figurförteckning

Figur 1, uppdelning av en traditionell karta i tre lager som kan analyseras ett och ett, i par eller i kombination med annat material. (2)	9
Figur 2, exempel på hur en karta kan sparas. Figuren till vänster visar på den karta som ska sparas. I mitten ses rasterrepresentationen av kartan och till höger verktorrepresentationen, som i detta fall endast är två tecken.....	10
Figur 3, exempel på GIS-karta med värderade lager. I detta exempel kan Svart symbolisera 0, gul 20, grön 40, blå 60 och röd 100 för att markera hur viktiga respektive område är ur ett visst hänseende. Källa: (6) (omarbetad färgmässigt för ökad tydlighet)	11
Figur 4, exempel på inkonsekvens vid tillsättning av värden med hjälp av AHP. I detta fall ska Blå och Röd ha styrka men deras relation till Grön skiljer sig åt.	15
Figur 5, exempel på hierarki. I denna hierarki görs först sammanvägning av faktorerna i kategorierna Mörka och Ljusa färger. Dessa kategorier vägs därefter samman med faktorerna Grön och Röd.	17
Figur 6, hopslagning av de tre teknikerna till den använda modellen. Överst ses viktningen som görs med AHP vilket genererar viktningsvärdena 0,25 och 0,75. Till vänster ses två kartor som har kvantifierats till de värden som syns. Dessa multipliceras därefter med viktningsvärdet och ger kartorna till höger och läggs till slut ihop till en sammanvägd karta nere till höger.....	19
Figur 7, arbetsschema för MCE-analysen som används i denna uppsats.	20
Figur 8, tre faktorer som ska sammanvägas med hjälp av MCE-analys. Till vänster syns den lokala ekologin, i mitten några av de viktiga kulturvärden som finns och till höger områden som löper risk för översvämning. Ljusare färger betecknar högre värden och därmed sämre lämplighet.....	21
Figur 9, resultat-karta av viktningen. Notera att spår av samtliga tre kartor syns tydligt.	21
Figur 10, visning av Neo under körning. Till höger syns huvuddialogen.	23
Figur 11, importering av faktorkartor.....	24
Figur 12, viktning av kartor.....	24
Figur 13, export av en testbild från Neo till GeoTIFF. Den vänstra bilden är en ren ortogonal projicering. Den högra bilden är även den en projicering men med en tillagd effekt som avtar som en funktion av avståndet.	25
Figur 14, påverkan på faktorkartor.	26

Figur 15, exempel på problem vid transformering mellan koordinatsystem. Roteringen är överdriven för att tydliggöra hur stort problemet var.....	27
Figur 16, testområde med viktningen och resultatet. Röd är det lägsta värdet och grön det högsta, med gul däremellan.	30
Figur 17, effekter från den första byggnaden (rosa).....	30
Figur 18, effekter av förändringar från den andra byggnaden som ses i mitten (rosa). .	31
Figur 19, effekter av förändringar från den tredje byggnaden (till vänster i bild, i vitt med en streckad linje runt)	32
Figur 20, jämförelse mellan den opåverkade kartan (ovan) och den påverkade kartan (under).	32