



Hantering av geografiska data inom ett jordbruksfält

Kurskompendium

Kurs i precisionssodling, 5 poäng

Sofia Delin

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara
Avdelningen för mark-växter

Precisionssodling i Väst
Teknisk Rapport 4
Skara 2000

Innehåll

FÖRORD.....	4
INLEDNING.....	5
1. DATAINSAMLING.....	5
1.1 Koordinatbestämning.....	5
1.1.1 GPS.....	5
1.1.2 Digitalisering.....	5
1.1.3 Måttband.....	6
1.2 Attributdata.....	6
1.2.1 Support.....	6
1.2.2 Filtrering.....	6
1.2.3 Normalisering.....	6
2. KONTINUERLIGA YTOR FRÅN PUNKTDATA.....	6
2.1 Vektorkartor och rasterkartor.....	6
2.2 Interpolering.....	7
2.2.1 Närmaste granne.....	7
2.2.2 Invers distans.....	7
2.2.3 Geostatistik.....	8
2.2.3.1 Grundläggande statistik och trendanalys.....	8
2.2.3.2 Variogram.....	9
2.2.3.3 Kriging.....	10
2.2.3.3 Cokriging.....	11
3. RUMSLIGA ANALYSER.....	11
3.1 Klassificering.....	11
3.1.1 Klassificering före interpolering.....	12
3.1.2 Klassificering efter interpolering.....	12
3.2 Regression.....	13
3.3 Geografisk analys av residualer.....	13
4. PRESENTATION AV RESULTAT.....	13
LITTERATUR.....	14

Förord

Denna genomgång av Geografiska informationssystem (GIS) och geostatistik för precisionsodling är främst tänkt att tjäna som kurslitteratur åt de studenter som läser kursen *Precisionsodling 5 poäng* vid institutionen för jordbruksvetenskap på SLU i Skara. Framställandet av rapporten har utgjort examination av en kurs i GIS och geostatistik som författaren själv genomgått i sin doktorandutbildning.Handledare och examinator på den kursen var FD Mats Söderström, verksam med GIS vid ODAL FoU i Lidköping.

Skara i oktober 2000

Sofia Delin

Inledning

Precisionsodling består till stor del av insamlande av information från olika delar av enskilda fält, framställning av kartor som speglar variationen av olika variabler inom varje fält samt tolkning av dessa kartor. Denna rapport behandlar detta ämne alltifrån insamling av geografiska data fram till presentation och analyser av kartor.

1. Datainsamling

1.1 Koordinatbestämning

Alla geografiska data ges en x-koordinat och en y-koordinat i ett koordinatsystem. Det finns flera rikstäckande system; vanligast är Rikets Triangulering 1990 (RT90) och World Geodetic System 1984 (WGS 84). Man kan också skapa sitt eget lokala koordinatsystem där man mäter antal meter norr och öster om en referenspunkt. RT 90 uttrycks i meter norr respektive öster om en nollinje. WGS 84 uttrycks i grader norr och öster om ekvatorn respektive nollmeridianen. RT 90 är ett cartesiskt (plant) system som inte tar hänsyn till att jorden är rund, och kan därför inte användas i resten av världen. I WGS 84 varierar avståndet i meter mellan ett visst antal grader beroende på var man befinner sig på jorden.

1.1.1 GPS

GPS, *Global Positioning System*, är ett satellitbaserat positioneringssystem. Utvecklingen finansierades av amerikanska försvarsministeriet på 1970-talet. Genom att med en mottagare samla in information från minst fyra satelliter samtidigt kan den egna positionen beräknas i tre dimensioner: latitud, longitud och altitud. Ett antal (24) satelliter på 20200 km höjd sänder informationen via radiovågor. Detta ger en noggrannhet på ungefär tio meter. För att få en bättre noggrannhet använder man inom jordbruket normalt differentiell GPS (DGPS). Det innebär att man har ytterligare en mottagare som tar emot korrektionssignaler från ett antal referensstationer. Positionsangivelsen justeras så att noggrannheten hamnar under ett par meter. DGPS var tidigare viktigare än vad det kan tyckas nu, eftersom USA förut sände ut en störsignal som försämrade noggrannheten på GPS avsevärt. Denna störsignal är emellertid borttagen. Referensstationerna, som sänder ut korrektionssignaler, är stationära och deras positioner är kända. På så vis kan felet hos en mottagen GPS-signal vid en referensstation räknas ut. Det finns flera system. EPOS-systemet är en Sverigetäckande korrektionsservice som Teracom sänder ut via RDS-signaler på radiobanden P3 och P4. Racal, som är världstäckande, sänder via satellit. Sjöfartsverket har också ett radioreferenssystem som täcker en stor del av Sveriges kustområden. De sänder sina signaler med långvåg. DGPS används idag bl.a. för positionsbestämning på tröskor med skördekartering och vid en del markkartering och annan jordprovtagning.

1.1.2 Digitalisering

Information som finns utsatt på en karta, men utan positionsangivelser i digital form, kan digitaliseras med hjälp av ett digitaliseringsbord. Det kan röra sig om en dräneringskarta, en äldre markkarta el. dyl. som man vill ha positionsangivelser till för att tolka samman med andra data som man har digitalt. Digitaliseringsbordet är en elektronisk eller elektromagnetisk skiva som man placerar kartan ifråga på. Inbäddat i skivan finns ett anordning som kan känna av ett pekande instrument. Genom att manuellt sitta och peka på varje punkt får man in information digitalt i en datafil.

1.1.3 Måttband

Om geografiska data ska tas från ett mycket litet område, kan man skapa sitt eget koordinatsystem och mäta ut ett rutnät med hjälp av måttband och vinkelprisma. Man bestämmer då lämpligen att både x- och y-koordinaten är lika med noll i det sydvästra hörnet och mäter sedan hur många meter nord respektive öst resten av provtagningspunkterna ligger. I precisionsodling är detta sällan aktuellt, eftersom man oftast är intresserad av variationerna över flera hektar. Men om man av någon anledning vill undersöka den lokala variationen av någon parameter på en liten delyta, kan metoden vara lämplig.

1.2 Attributdata

Attributdata kallas de data som anger storleken på den eller de variabler man undersökt vid de olika koordinaterna. I precisionsodlingssammanhang kan det röra sig om t.ex. skörd, P-AL eller lerhalt.

1.2.1 Support

Med support menas den area eller volym som ett prov representerar. När man tar jordprov vid markkartering brukar man t.ex. ta minst 10 borrstick i en cirkel med 3 m diameter. Då får man ett support motsvarande cirkelns area, dvs ca 7 m², förutsatt att 10 stick är tillräckligt för att representera hela ytan. Hade man valt att bara ta ett stick, hade provets support begränsats till borrkärnans volym. Hur stort support man ska ha beror på vilken skala man är intresserad av. Vid gles provtagning krävs ett stort support för att hitta geografiska samband. Annars kommer mycket lokala variationer, som uppfattas som brus, att störa.

1.2.2 Filtrering

I vissa fall kan rådata från en provtagning delvis bestå av mätvärden som till följd av mätfel är direkt felaktiga. Vid skördekartering registreras skördemängder som är lika med noll i början av ett kördrag, eftersom kärnorna inte nått fram till mätutrustningen ännu. Låga skördevärden registreras också om man inte kör med full skärbordsvidd. Felaktiga data bör filtreras bort innan man fortsätter sin geografiska analys. Detta kan till stor del göras genom en rutinemässig databearbetningsprocedur. Man kan t.ex. filtrera bort orimligt höga eller låga värden eller ta bort de första observationerna i varje kördrag.

1.2.3 Normalisering

Vid en jämförelse mellan variabler, som skörd och lerhalt, är det lämpligt att göra om data så att variablerna blir mer jämförbara. Genom att t.ex. beräkna den procentuella avvikelsen från fältmedelvärdet i varje punkt, får man kartor där variationen kan jämföras även mellan olika storheter. Detta räknas ut genom formeln: normaliserat värde = (uppmätt värde/medelvärde-1) * 100%. Då uppfattas bara graden av variation.


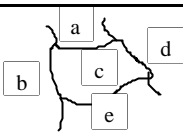
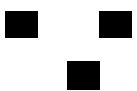
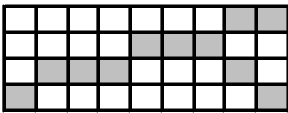
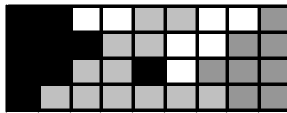
2. Kontinuerliga ytor från punktdata

Nästan all information vi skaffar oss från fältet genom diverse provtagningar är information om punkter. Men ofta är vi intresserade av information kontinuerligt över ytan. Punktdata kan användas för att uppskatta variationen över ytan. Det finns flera metoder.

2.1 Vektorkartor och rasterkartor

Vektorkartan (Figur 1) består av distinkta objekt. Det är punkter som kan vara sammanbundna av linjer. Rasterkartan (Figur 1) däremot kan ha kontinuerliga förändringar över ytan. Den indelas i ett rutnät där varje pixel (ruta) har ett värde. När man t.ex. har tagit och analyserat jordprover punktvis fördelat inom en yta har man endast värden i de punkter som man

provtagit. Av detta kan man endast göra en vektorkarta. Om man vill göra en rasterkarta måste man först interpolera fram värden för varje pixel på hela ytan. Av en digital flygbild kan man däremot göra en rasterkarta direkt från rådata.

	Punkter	Linjer	Ytor
Attributdata i vektor-GIS	f p f		
Attributdata i raster-GIS			

Figur 1. Olika sätt att geografiskt presentera attributdata med vektor- och rastermodeller

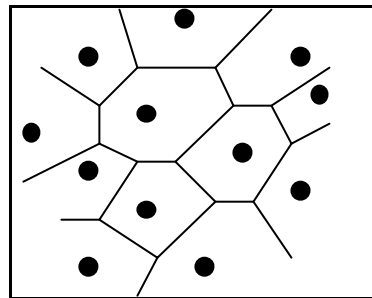
2.2 Interpolering

Interpolering är att mellan provpunkter skatta värden på platser som inte är provtagna och på så sätt omvandla data från punktoobservationer till kontinuerliga fält. Beräkning av värden på platser utanför det provtagna området benämns extrapolering. Det finns flera metoder att interpolera mellan mätpunkter.

2.2.1 Närmaste granne

En enkel interpoleringsmetod är att ge varje okänd punkt samma värde som närmaste belägna kända punkt. Om mätpunkterna är oregelbundet spridda innebär detta att fältet kommer delas upp i homogena polygoner av olika storlek och form. Dessa polygoner kallas

Thiessenpolygoner (Figur 2 samt Figur 5 a). Övergångarna blir skarpa, och det



Figur 2. Thiessenpolygoner

uppskattade värdet i en viss punkt avgörs endast av det värde som uppmäts i den punkt som råkar ligga närmast. Denna metod är enkel, men i de flesta fall inte den lämpligaste för variabler som förändras gradvis över ytan. Om det gäller kvalitativa data som jordartsklass är det svårt att interpolera, och då kan närmaste granne vara den bästa metoden. Men kvalitativa data används sällan i precisionsodlingsammanhang.

2.2.2 Invers distans

Interpolering med *invers distans* (Figur 5 b) ger gradvisa förändringar över ytan. Vid varje punkt beräknas ett medelvärde för omkringliggande punkter och där en viktning sker så att närmre belägna punkter får större betydelse än punkter som ligger längre bort. Varje provtagningspunkt får viktningsfaktorn $1/\text{avstånd}^r$. Viktningsfaktorn anger hur stor vikt observationen får i det beräknade medelvärdet. Exponenten r kan ha olika värden. Ju mer man vill framhäva nära belägna punkter, desto högre exponent väljs. Vanligt är att $r = 2$. Oftast vill man inte inkludera alla observationer från hela fältet när man beräknar ut ett nytt värde i en punkt. Man anger därför en sökradie. Punkter utanför sökradien exkluderas.

Exempel: Ett värde ska räknas ut i punkten x . Inom sökradien från punkten x finns sju observationer.

Observation	Värde (v)	Avstånd från x (a)
1	3,2	10
2	3,5	12
3	3,0	14
4	3,7	15
5	2,9	17
6	3,3	20
7	3,6	21

$$x = \mathbf{S}(v/a^r) / \mathbf{S}(1/a^r) = (3,2/10^2 + 3,5/12^2 + 3,0/14^2 + 3,7/15^2 + 2,9/17^2 + 3,3/20^2 + 3,6/21^2) / (1/10^2 + 1/12^2 + 1/14^2 + 1/15^2 + 1/17^2 + 1/20^2 + 1/21^2) = 3,3$$

Invers distans är en enkel metod som är vanlig inom precisionsodling, både vid framställning av skördekartor och markkartor. Ofta är det fullt tillräckligt att använda denna metod, särskilt om man har gjort täta observationer. Men för att veta om och hur variationerna är rumsligt korrelerade, så att interpoleringen kan utföras på bästa sätt, bör man analysera sina data geostatistiskt.

2.2.3 Geostatistik

Intuitivt tror nog de flesta av oss att värdet av en variabel i en punkt sannolikt är mer lik värdet av samma variabel i en närliggande punkt, än i en punkt som ligger längre bort. Om detta är fallet finns det ett rumsligt samband. Detta rumsliga samband kan beräknas med hjälp av geostatistik och användas vid interpolering. Viktningen av olika observationer med skilda avstånd och riktning från punkten där ett värde ska beräknas grundas då på hur det ser ut statistiskt på det aktuella fältet. Geostatistiska metoder för interpolering delar in den rumsliga variationen i tre komponenter: *deterministisk variation* som kan förklaras av någon annan variabel, *rumsligt korrelerad men fysiskt oförklarlig variation* och *okorrelerat brus*.

Deterministisk variation kan t.ex. bero på höjdskillnader. Den rumsligt korrelerade men fysiskt oförklarliga variationen vet man inte den direkta orsaken till, men punkter som ligger närmare varandra tenderar till att vara mer lika än punkter som ligger längre ifrån varandra. Okorrelerat brus är variation som uppträder helt slumpvis i rummet och som därför inte går att förutsäga. Ibland kan den senare variationen vara rumsligt korrelerad, men i en mycket mindre skala än den man fokuserar på. Den uppfattas därför som brus. Bruset kan också bero på t.ex. mätosäkerhet vid kemisk analys.

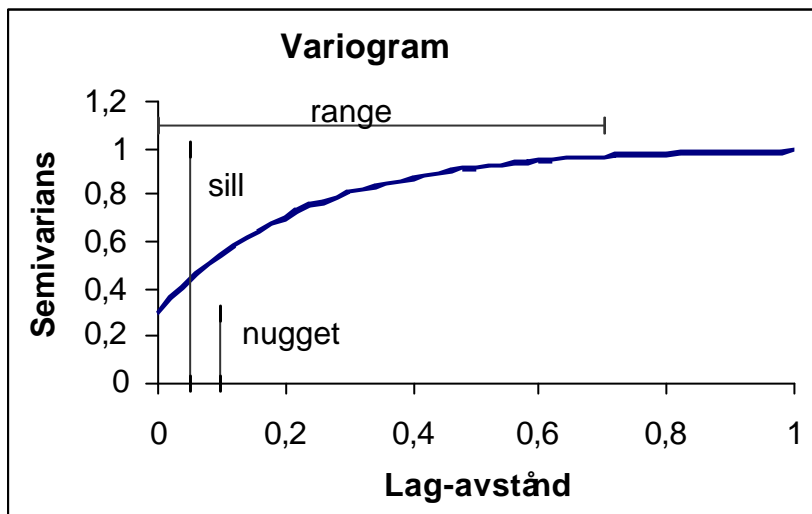
2.2.3.1 Grundläggande statistik och trendanalys

Innan man startar att analysera sina data geostatistiskt bör man kontrollera att data är normalfördelade, att det inte finns några observationer som avviker extremt samt om det finns någon geografisk trend. Detta är saker som kan störa och försvåra den geostatistiska analysen. Om data inte är normalfördelade kan man behöva göra en transformation, t.ex. logaritmera värdena. Om de är binomialfördelade, d.v.s. har två toppar som många observationer hamnar runt i ett histogram, kan det vara aktuellt att dela in fältet i två delar (se vidare 3.1.1 Klassificering före interpolering). Om det förekommer observationer som avviker extremt från resten, kan det vara lämpligt att plocka bort dem under den inledande geostatistiska analysen. Sedan kan man ta tillbaka dem inför interpoleringen. Med trend menas att det föreligger en genomgående förändring längs med hela fältet i någon riktning. Om lerhalten exempelvis ökar linjärt med avståndet från ena fältkanten i x -led finns det en trend. Denna trend beskrivs bättre med en vanlig regressionsanalys mellan lerhalt och läge i x -led. Den bör tas bort före geostatistisk analys och kan tas tillbaka efter interpolering. Den geostatistiska

analysen och interpoleringen görs i det fallet på residualerna (observationernas avvikelser från regressionslinjen) istället för på rådata.

2.2.3.2 Variogram

Den rumsliga korrelationen inom ett fält kan beskrivas i ett s.k. semivariogram (ofta används denna term synonymt med termen ”variogram”) (Figur 3). Semivarians är variansen mellan två punkter separerade av ett visst avstånd. Detta avstånd kallas *lag*. I semivariogrammet plottas semivariansen mot detta avstånd. Medelvärden av semivariansen hos alla par som ligger på ungefär samma avstånd mellan varandra bildar en punkt i variogrammet. Om ett rumsligt samband föreligger är variansen större mellan provpunkter som ligger längre bort ifrån varandra. Variansen mellan provpunkter som ligger oändligt nära varandra beror bara på brus i form av provtagnings- och mätfel. Denna varians kallas *nugget* och kan avläsas där



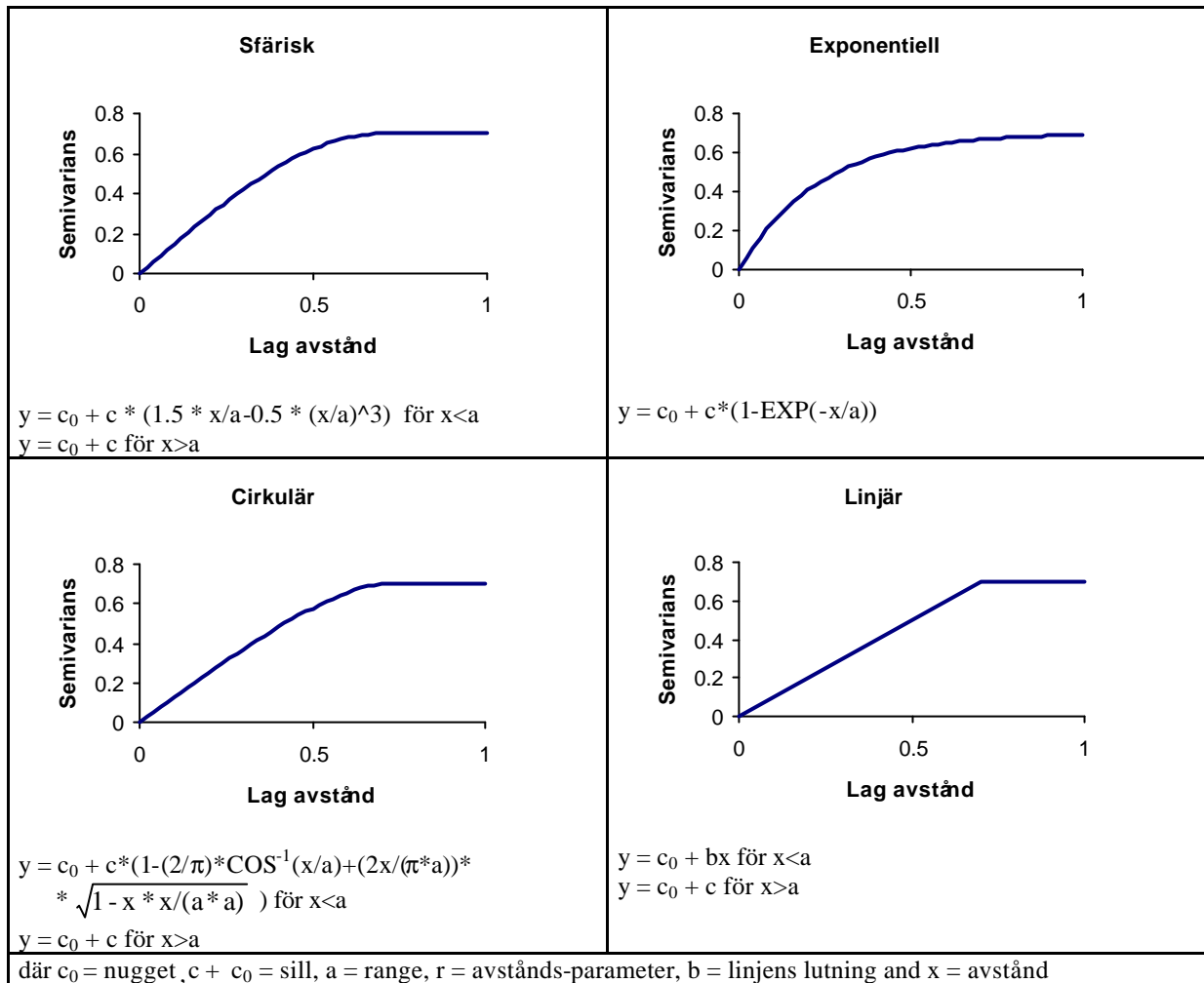
linjen i variogrammet korsar y-axeln. Vid ett visst avstånd slutar variansen att öka. Variansen vid detta avstånd kallas *sill*. Avståndet kallas *range* eller *räckvidd*. Inom räckvidden är punkterna sannolikt mer lika ju närmare varandra de ligger.

Figur 3. Exempel på ett variogram

Vid upprättandet av ett variogram utifrån observationer i ett dataset, krävs det ett stort antal observationer för att få ett stabilt variogram. Olika forskare har olika tumregler för hur många observationer som krävs, men omkring 50 observationer kan räcka i bästa fall. Ett medelvärde för semivariansen räknas ut för par separerade av ungefär samma avstånd, och det krävs tillräckligt med par för varje lag för att få ut ett vettigt medelvärde. För få par per lag ger en ”hoppig” kurva.

Punkterna i variogrammet benämns det experimentellt variogrammet. Till det anpassas en modell (i form av en kurva), vilket benämns modellvariogrammet. Det finns flera modeller med olika form (Figur 4). Vilken modell man ska använda grundar man i första hand på hur modellen passar in på punkterna rent visuellt. I andra hand ser man på vilken modell som ger minsta kvadratsumma på residualerna. Man föredrar oftast en enklare modell framför en mer avancerad.

Ibland ser det geostatistiska sambandet olika ut i olika riktningar. En punkt kan t.ex. tendera att vara mer lik sina grannar i nordsydlig riktning än i östvästlig. Detta kallas *anisotropi*. Genom att modellera fram variogram för olika riktningar kan man upptäcka om det finns anisotropi.



Figur 4. Några modeller för variogram

2.2.3.3 Kriging

För att uppskatta värden av en variabel på punkter, där inga observationer gjorts, kan den geostatistiska interpoleringsmetoden *kriging* användas (figur 5 c). Kriging är liksom invers distans en metod med vilken man viktar omkringliggande värden till ett medelvärde. Vikterna beror av variogrammet och konfigurationen av mätpunkter. Det finns olika typer av kriging. I punktkriging uppskattar man värdet i en punkt, medan man i blockkriging uppskattar medelvärdet i ett område av en viss storlek runt punkten. Det uppskattade värdet, $\hat{Z}(x_0)$, i en punkt uttrycks i följande ekvation:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i)$$

där λ_i är vikterna och $z(x_i)$ är rådata. Summan av vikterna är lika med ett. Mer vikt ges åt en mätpunkt nära den punkt där uppskattning ska beräknas. Mindre vikt ges till varje mätpunkt om flera punkter är grupperade tätt tillsammans. På så vis blir det de punkter som ligger närmast i varje riktning som påverkar uppskattningen. Antalet mätpunkter som inkluderas när uppskattningen beräknas bör inte vara för få och inte heller onödigt många. För få punkter inom sökradien ger ett dåligt medelvärde, medan många punkter inkluderar även de med en vikt nära noll och därför mycket liten betydelse för resultatet. Sökradien bör vara ungefär lika med räckvidden (dvs det avstånd inom vilket det föreligger ett statistiskt samband).

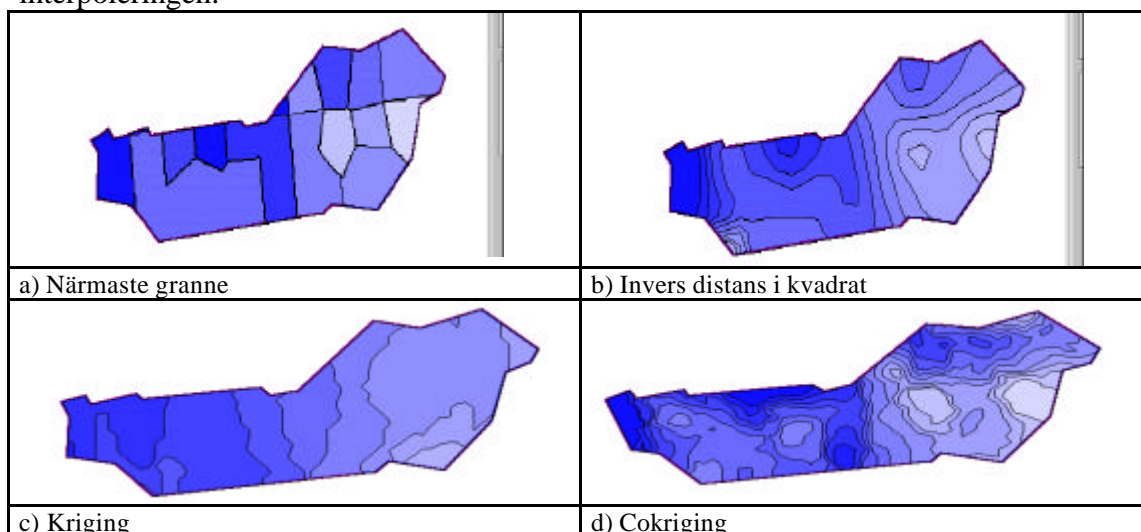
Om anisotropi föreligger, d.v.s. om sambandet ser olika ut i olika riktningar, kan man ta hänsyn till detta vid kriging. Större vikt ges då åt de observationer som ligger i de riktningar där semivariansen ökar minst med avståndet.

Det finns flera datorprogram för variogram, modellering och kriging. Några exempel är GeoEas, GS+ och Genstat. Även i en del GIS-program finns kriging, men ofta har man små möjligheter att påverka modelleringen av variogram i dessa program. Vanligt är att man gör geostatistiken i ett specialiserat geostatistikprogram och sedan för över interpolerade data till ett GIS-program för presentation och eventuella vidare geografiska analyser.

En fördel med kriging framför invers distans är att hänsyn tas till mätpunkternas konfiguration, så att inte tätt provtagna områden får större vikt. En annan fördel är att man har möjlighet att ta hänsyn till om det geografiska sambandet varierar i olika riktningar. Dessutom tar man hänsyn till en uppmätt räckvidd istället för en tillhöftad och får en mer välgrundad viktning med avseende på avstånd. Nackdelen med kriging är att den kräver mer arbete, kunskap och relativt avancerade datorprogram. I fall där man har tätt mellan provtagningspunkterna och jämn spridning på dem finns inte så mycket att tjäna på kriging jämfört med invers distans.

2.2.3.3 Cokriging

Om man har gles data av en variabel, men tätare data av en annan variabel (kallad *covariabel*) som varierar enligt samma mönster, kan man använda sig av en metod som kallas *cokriging* (Figur 5 d). Då styr till viss del observationerna och variogrammet för covariabeln interpoleringen.



Figur 5. Lerkartor framställda med olika interpoleringsmetoder från ett dataset med 20 provpunkter analyserade med avseende på lerhalt, samt vid cokriging, ca 480 punkter med bestämning av elektriskt ledningstal. Anledningen till att kartan som framställts genom kriging här är ganska utjämnad är att nugget är ganska hög. Med en nugget nära noll hade höga och låga värden framträtt på samma sätt som med de andra interpoleringsmetoderna.

3. Rumsliga analyser

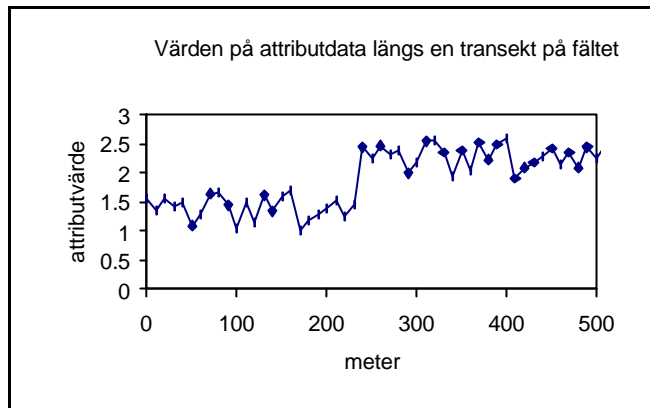
3.1 Klassificering

Vid klassificering delas fältet in i olika områden med avseende på klasser. Detta kan göras av olika anledningar. Om fältet har abrupta gränser mellan olika områden, bör klassificeringen

görs före interpolering. Men om man gör klassindelning av andra skäl, t.ex. om det är praktiskt ur brukningssynpunkt, kan man göra det efter interpoleringen.

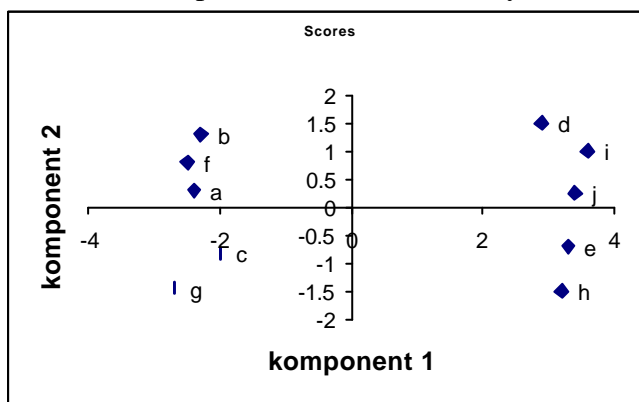
3.1.1 Klassificering före interpolering

Ibland finns det skarpa gränser i rådata mellan olika fältedelar med avseende på markegenskaper. Det kan inte interpoleringsmetoder som kriging hantera. Interpolering görs lämpligen bara inom områden där förändringarna är kontinuerliga. Plötsliga hopp längs en linje på ett fält (Figur 6) måste identifieras innan man interpolerar.



Figur 6. Variationen i attributvärden längs en transekt kan göra plötsliga hopp

Vid klassificering av platser kan man använda en metod som kallas *principal-komponentanalys (PCA)*, vilket är en typ av multivariat dataanalys. I en PCA sammanfattas variationen hos variablerna i stora dataset till ett fåtal ersättande variabler eller s.k. *komponenter*. Om man har provtagit ett antal punkter på ett fält och analyserat värdet på ett 50-tal variabler i dessa punkter kan det vara svårt att få en överblick hur variationen ser ut över fältet. I en PCA kan man eliminera variablerna till ett litet antal komponenter istället. Den första komponenten beskriver så mycket av variationen som möjligt, komponent två så



Figur 7. Detta är ett diagram över komponentvärdena (scores) på platserna a-h. Här sker en tydlig gruppering av platser efter komponent 1, men inte efter komponent 2. Vid geografisk analys av variabler, vars variation förklaras av komponent 1, bör alltså fältet först klassificeras i två klasser, medan geografisk analys av variabler, vars variation förklaras av komponent 2, kan göras över hela fältet samtidigt.

mycket av den resterande variationen som möjligt o.s.v. I PCA:n ser man om provernas koordinater grupperar sig i grupper längs komponenterna (Figur 7), d.v.s. om några koordinater hamnar på den positiva sidan och några på den negativa sidan på respektive komponent. De som hamnar på samma sida varierar på liknande sätt med avseende på flertalet variabler (de variabler som den komponenten förklarar variationen av). Komponenterna kan även användas vid upprättandet av variogram. Det är tidsödande att göra ett variogram till vart och ett av 50 variabler. Ett alternativ kan vara att göra det för ett fåtal komponenter.

3.1.2 Klassificering efter interpolering

Klassificering kan också göras efter interpolering. I precisionsodling är indelning av ett fält i mindre brukningsenheter en typ av klassificering. I vissa situationer kan man föredra detta angreppssätt istället för att se fältet som kontinuerligt varierande, med gradvisa övergångar. I

vissa insatser handlar det inte om hur mycket av en insats som behövs, utan om insatsen behövs eller inte. Det kan t.ex. handla om vilka fältdelar man bör dränera, vid vilken tidpunkt olika fältdelar ska jordbearbetas eller vilka fältdelar som ska ligga i träda. I USA förekommer det att man väljer olika majshybrider till olika fältdelar. En del förespråkar även indelning av fält i mindre enheter även för gödsling som ett alternativ till successiv justering efter kontinuerliga variationer. Ett vanligt angreppssätt bland förespråkarna av s.k. ”*management zones*” är att dela in fältet i hög-, normal- och lågavkastande områden. Detta kan också göras för att ge underlag till att analysera orsakerna till skördevariationer inom ett fält. Klassindelning kan också användas för vägledning var provpunkter ska tas. Om man vill spara in på antalet provpunkter kan det vara bra att ha valt ut åtminstone en plats i varje delområde indelat efter klass.

Hur klassificeringen går till beror på vilket syfte den ska göras. I vissa fall kanske man vill identifiera områden som uppfyller flera kriterier med avseende på olika variabler. Antag t.ex. att man misstänker att det finns ett dräneringsbehov där topografin understiger en viss höjd, samtidigt som skörden är låg, speciellt blöta år. Om man har en karta över topografin, kan man låta ett GIS-program omvandla alla höjddata under gränsvärdet till 1 och alla höjddata över gränsvärdet till 0. Man får då en *binär karta*. Man kan göra motsvarande med skördekartan. Sedan kan man multiplicera kartorna med varandra för att få fram vilka områden som kan tänkas behöva dräneras. Endast de områden som uppfyller båda kriterierna kommer ju att få värdet 1. Detta kallas *Boolesk algebra*.

Om man vill klassificera skörden i låg, normal och hög nivå kan man t.ex. sortera ut den nivå som ligger kring medelvärdet och kalla den normal, de översta 25% som hög och de lägsta 25% som låg.

3.2 Regression

Man kan vilja se om det finns samband mellan olika parametrar som uppmätts på fältet. Detta kan göras med regressionsanalys. Om man mätt alla variabler med liknande support och vid samma koordinater kan man göra regressionsanalysen utan att lägga in data i ett GIS. Men om observationerna är gjorda vid olika koordinater och med olika support krävs interpolering och standardisering av vilken yta som informationen ska representera. Det är t.ex. inte lämpligt att jämföra skörden med elektriskt ledningstal om det förra representeras av 10 kvadratmeter och det senare av en kvadratcentimeter. Ännu sämre är det om mätningen av elektriskt ledningstal skett ett par meter utanför det område där skörden mätts. Bättre är då att interpolera fram nya värden för skörd och elektriskt ledningstal som har gemensamma koordinater och support (grid- och blockstorlekar).

3.3 Geografisk analys av residualer

Vid beräkning av korrelation mellan olika variabler avviker alltid en del observationer från den beräknade regressionslinjen. Det är av värde att se om avvikelserna är jämnt fördelade över ytan eller om korrelationen fungerar olika i skilda delar. Därför kan man göra en karta över avvikelserna, eller residualerna som de också kallas. Om residualerna är samlade i vissa områden eller ordnade efter ett visst mönster kan detta ge en ledtråd till vilken annan variabel som kan tänkas påverka. Är variabeln känd, kan man göra en multipel regression.

4. Presentation av resultat

När man presenterar sin karta symboliseras i regel olika intervaller av olika färger. Det är inte helt oväsentligt vilken klassindelning och färgskala man väljer. Om man väljer att ha ett stort antal klasser uppträder förändringarna mer gradvis och fler variationer uppträder. Väljer man

färre klasser missar man en del variation men de stora variationerna framstår tydligare. En svartvit färgskala är lätt att förstå, men har man många klasser kan de bli mycket lika varandra och flyta ihop. Färger med stora kontraster framhäver mönster bättre, men är kanske inte lika lätta att förstå. Man kan också dela in klasserna på olika sätt. Vanligt är att dela in i jämna intervaller, där varje färg representerar ett lika stort intervall. Ett annat sätt är att dela in ytan i ett antal lika stora områden rangordnade i storleksordning. Då kan man alltid se var variationerna på fältet finns, men inte hur stora de är. Det är viktigt att man väljer en klassindelning som passar för det ändamål man har.

Litteratur

- Burrough, A. and McDonnell, A. 1998. Principles of Geographical information systems. Oxford University Press.
- Ekfält, C. 1996. Vad är GPS? Teknik för lantbruket 46. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Malmström, B. och Wellving, A. 1994. Introduktion till GIS. ULI.
- Oliver, M. A. and Webster, R. 1999. Geostatistics for Environmental Scientists. Course notes for the Swedish University of Agricultural Sciences.

Förteckning över utgivna rapporter i serien *Precisionsodling i Väst, Tekniska rapporter*:

1. Gustafsson, K., Jonsson, A., Klint, S., Lindén, B. Nissen, K., Roland, J., Sahlberg, P.-Å., Ströman, M., Thylén, L. & Åfors, M. 1998. Rapport från en studieresa till norra Tyskland. *Precisionsodling i Väst*.
2. Thylén, L. & Algerbo, P.-A. 1998. Teknik för växtplatsanpassad odling
-Sjöfartsverkets korrektionssignal för DGPS
-Spridningsteknik för platspecifik gödsling.
3. *Precisionsodling '98*. Seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998. Redovisning av föredrag avseende precisionsodlingens möjligheter, utveckling och problem. Red: Börje Lindén. Skara 1999.
4. Delin, S. 2000. Hantering av geografiska data inom ett jordbruksfält. Kurskompendium. Kurs i precisionsodling, 5 poäng.

AGROVÄST-projektet *Precisionsodling i väst* går ut på att tillämpa ny teknik för att upptäcka de mycket stora skörde- och kvalitetsskillnader som kan konstateras inom många åkerfält och anpassa odlingsåtgärderna till dessa.

I projektet undersöks inomfältvariationer i skördar och skörde kvalitet på ett antal gårdar i Västsverige. På fälten studeras även ojämnheter i markegenskaper och hur dessa samvarierar med avkastnings- och kvalitetsdata. Målet är att bygga upp gödslings- och kalkningsmodeller som beskriver hur gödsling och kalkning skall anpassas efter dessa variationer.

Projektet genomförs i ett samarbete mellan bl.a. ODAL, SLU Skara, Svalöf Weibull AB, Hydro Agri AB, ODAL Maskin AB, Nordkalk AB, JTI, Skaraborgs läns hushållningssällskap, Hallands läns hushållningssällskap och HBK Lantmän.

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara

Box 234

532 23 Skara

Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134, e-post: Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se

Internet: <http://www.jvsk.slu.se>

<http://www.odal.se/odal/fou/precision/index.htm>