

# Digitalisering av Lantmäteriets skifteskartor



SMART BUILT  
ENVIRONMENT

# Digitalisering av Lantmäteriets skifteskartor

Lantmäteriet:  
Anna Bernkull  
Martin Andréé  
Magnus Forsberg

KTH:  
Milan Horemuz  
Kent Eriksson

Med stöd från

**VINNOVA**  
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

**FORMAS** 

**Strategiska  
innovations-  
program**

## Förord

Smart Built Environment är ett strategiskt innovationsprogram för hur samhällsbyggnadssektorn kan bidra till Sveriges resa mot att bli ett globalt föregångsland som realiserar de nya möjligheter som digitaliseringen för med sig. Smart Built Environment är ett av 17 strategiska innovationsprogram som har fått stöd inom ramen för Strategiska innovationsområden, en gemensam satsning mellan Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Syftet med satsningen är att skapa förutsättningar för Sveriges internationella konkurrenskraft och bidra till hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar.

Samhällsbyggnadssektorn är Sveriges enskilt största sektor som påverkar hela vår bebyggda miljö, men den är fragmenterad med många aktörer och processer. Att förändra samhällsbyggandet med digitaliseringen som drivkraft kräver därför samverkan mellan många olika aktörer. Smart Built Environment tar ett samlat grepp över de möjligheter som digitaliseringen innebär och blir en katalysator för spridningen av nya möjligheter och affärsmodeller.

### **Programmets mål är att till 2030 uppnå:**

- 40 % minskad miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av total tid från planering till färdigställande för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av de totala byggkostnaderna
- flera nya värdekedjor och affärsmodeller baserade på livscykelperspektiv, plattformar samt nya konstellationer av aktörer

I programmet samverkar programparter från näringsliv, kommuner, myndigheter, bransch- och intresseorganisationer, institut och akademi. Tillsammans nyttiggör vi den kunskap som tas fram i programmet.

Digitalisering av Lantmäteriets skifteskartor är ett av projekten som har genomförts i programmet. Det har letts av Lantmäteriet och har genomförts i samverkan med KTH.

Lantmäteriet har ett omfattande arkiv med kartor upprättade vid de olika skiften som genomförts i Sverige från mitten av 1700-talet fram till tidigt 1900-tal. Kartorna med tillhörande texthandlingar är beslutshandlingar som delvis fortfarande är aktuella och som behövs vid utredning av gällande fastighetsindelning. Informationen är otillgänglig och svårläst för de flesta av samhällsbyggnadsaktörerna vilket skapar längre och mer komplicerade processer än önskvärt. Om informationen i dessa kartor tillgängliggörs genom digitalisering och objektifiering så att informationen blir sökbar underlättar det för många aktörer vilket leder till minskade tider för samhällsbyggnadsprocessen i stort.

Stockholm och Gävle, 30 oktober 2019

## Sammanfattning

Lantmäteriet har ett omfattande arkiv med kartor upprättade vid de olika skiften som genomförts i Sverige från mitten av 1700-talet fram till tidigt 1900-tal. Kartorna med tillhörande texthandlingar är beslutshandlingar som delvis fortfarande är aktuella och som behövs vid utredning av gällande fastighetsindelning. Informationen är otillgänglig och svårläst för de flesta av samhällsbyggnadsaktörerna vilket skapar längre och mer komplicerade processer än önskvärt.

Förstudien har i huvudsak genomförts genom litteraturstudier. Kartor från Lantmäteriets arkiv har också studerats och intervjuer har hållits.

En analys av de metoder och algoritmer som finns för att digitalisera bilder och kartor har genomförts. Analysen visade att det idag inte finns någon helautomatiserad metod för att digitalisera äldre kartor. Det finns halvautomatiska metoder, men antalet kartor är stort vilket gör att en metod med hög automatisering är nödvändig. Georeferering används frekvent i dag, men de metoder som används för skifteskartorna i dag kräver manuellt arbete och arbetet tas inte tillvara.

Om informationen i skifteskartorna tillgängliggörs genom digitalisering och objektifiering så att informationen blir sökbar underlättar det för många aktörer. Även en georefererad karta skulle vara betydelsefull. Det kan vara till nytta såväl till fastighetsägare, exploatörer, ledningshavare, kommuner och andra myndigheter. Tidigt i exploateringsarbetet skulle till exempel information om samfälligheters belägenhet kunna vara tillgänglig vilket skulle underlätta och få stor betydelse för den kommande processen. Utredningsarbetet skulle förenklas och dyrbara misstag skulle kunna undvikas.

I nästa steg förslås forskning samt pilotprojekt på området. För att tillgängliggöra skifteskartorna i väntan på utvecklade tekniska möjligheter är det också möjligt att förfina tekniken och processerna för georeferering.

## Summary

Lantmäteriet (the Swedish mapping, cadastral and land registration authority) has an extensive archive of maps from various land consolidations carried out in Sweden from the mid-1700s to the early 1900s. The maps with accompanying text documents are decision documents that are still partially relevant and needed when investigating the current property boundaries. The information is inaccessible and difficult to read for most of the actors within urban planning and constructions community, which creates longer and more complicated processes than is desirable.

This preliminary study has mainly been conducted through literature studies. Maps from the Lantmäteriet archive have also been studied and interviews have been held.

An analysis of the methods and algorithms available for digitizing images and maps has been carried out. The analysis showed that today there is no fully automated method for digitizing older maps. There are semi-automatic methods, but the number of maps is large, which means that a method with high automation is necessary. Georeferencing is used frequently today, but the methods used for the shift maps today require manual work and the results are not systematically stored and utilized.

If the information in the land consolidation maps is made available through digitization and objectification so that the information becomes searchable, it would facilitate many actors in the society. A georeferenced map would also be important. It can be of use to property owners, developers, managers, municipalities and other authorities. Early in the development work, for example, information about the location of community associations could be available, which would facilitate and be of great importance for the upcoming process. Investigation work would be simplified and costly mistakes could be avoided.

In the next step, research and pilot projects in the area are proposed. In order to make the land consolidation maps available while awaiting more advanced automatic digitalization methods, it is also possible to refine the georeferencing technology and processes.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>7</b>
1.1	SYFTE	7
1.2	METOD	7
1.3	BAKGRUND	7
1.3.1	SKIFTESKARTOR	7
1.3.2	FRÅN SKIFTESKARTOR TILL DIGITAL REGISTERKARTA	7
<b>2</b>	<b>GENOMFÖRANDE</b>	<b>9</b>
2.1	UNDERLAG	9
2.2	METODER FÖR DIGITALISERING AV KARTOR	11
2.3	AUTOMATISK DIGITALISERING	11
2.3.1	SKANNING	12
2.3.2	SEGMENTERING	12
2.3.3	BILDANALYS: OBJEKTEXTRAKTION OCH OBJEKTIGENKÄNNING	13
2.3.4	GEOREFERERING	14
2.4	NÄRLIGGANDE FÖRSTUDIER	15
<b>3</b>	<b>RESULTAT</b>	<b>16</b>
3.1	GENERELLA SLUTSATSER	16
3.2	SLUTSATSER UTIFRÅN BAKGRUNDSMATERIALET	17
<b>4</b>	<b>POTENTIAL</b>	<b>18</b>
4.1	DIGITALISERING	18
4.2	GEOREFERERING	18
4.3	INTERVJUER	19
4.4	YSTADPROJEKTET	19
4.5	SVÅRIGHETER/KOSTNADER	19
4.6	NYTTOKALKYL	19
<b>5</b>	<b>NÄSTA STEG</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>BILAGOR</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>22</b>

# 1 Inledning

## 1.1 Syfte

Syftet med denna förstudie är att identifiera metoder för digitalisering av Lantmäteriets skifteshandlingar. Med digitalisering menas omvandling av skannade papperskartor och handlingar till en digital representation i form av vektoriserade kartor med koppling till databas som innehåller relevant information om objekten i kartan.

## 1.2 Metod

Projektet har huvudsakligen genomförts genom litteraturstudier och genom att söka efter relevant information på internet. Skifteskartor och förrättningskartor från Lantmäteriets arkiv har studerats. Några intervjuer har genomförts med sakkunniga inom Lantmäteriet.

Informationen i avsnittet om Bakgrund och Potential är baserat på kunskap som finns inom Lantmäteriet.

Övriga referenser är listade i avsnitt 6.

## 1.3 Bakgrund

Behovet att digitalisera papperskartor av olika slag uppstod i början av 1980-talet. Sedan dess har många forskare inom olika discipliner utvecklat metoder för extraktion och igenkänning av geografiska objekt utifrån skannade papperskartor. Vektoriserade kartor kan vara en del av underlagen för geografiska informationssystem (GIS). GIS möjliggör automatiserade analyser och digitala beslutsprocesser och gynnar flera forsknings- och användningsområden, inklusive samhällsbyggnad.

### 1.3.1 Skifteskartor

Mellan 1750-talet och fram till 1920-talet genomfördes olika skiftesreformer i Sverige. Skiften skedde även under senare tid, men upphörde helt vid införandet av ny lagstiftning 1972. Huvudsyftet var att rationalisera jordbruket och samla fastigheter i så få och så stora brukningsenheter som möjligt. Vid dessa skiften upprättades handlingar såsom protokoll, karta och beskrivningar. Handlingarna är i många fall fortfarande gällande beslutshandlingar och visar gällande fastighetsindelning så länge inga senare förändringar skett. Kartorna i skiftena redovisar bland annat gränser, vägar, markslag och tillgång till gemensamma områden (samfälligheter). Mycket av informationen, till exempel samfälligheter, markslag och rättigheter finns inte registrerade i den digitala registerkartan utan återfinns bara i de äldre skifteshandlingarna. Kartornas kvalitet är olika gällande lägesnoggrannhet och tydlighet. Även kartornas manér (symboler, färger m.m.) varierar mycket, vilket orsakar svårigheter vid läsning och tolkning av kartorna. Det finns drygt 200 000 akter med skiften och hemmansklyvningar i Lantmäteriets arkiv. I dessa bedöms det finnas minst en karta.

### 1.3.2 Från skifteskartor till digital registerkarta

Skifteskartorna visar endast de områden och trakter som varit föremål för skiftesförrättning och ger ingen överblick över indelningen över hela landet. Från

mitten av 1800-talet påbörjades en systematisk kartläggning av landet vilken resulterade i bland annat generalstabskartan och häradseconomiska kartan. Dessa utvecklades senare till ekonomiska kartan. 1957 beslutades det att införa en översiktlig fastighetskarta. Flygfoton och äldre förrättningskartor var det som byggde upp pusslet av fastigheter till registerkartan. Arbetsättet ledde till att lägesnoggrannheten blev väldigt varierande och samfälligheter och rättigheter fanns inte alltid med. På slutet av 1990-talet påbörjades digitaliseringen av registerkartan utifrån den analoga kartan.

Olika projekt för att förbättra kvaliteten och förbättra den digitala registerkartan har genomförts och pågår. Det är dock ett omfattande arbete och den digitala registerkartan har idag många områden med dålig lägesnoggrannhet och den är inte heller komplett.



## 2 Genomförande

### 2.1 Underlag

Några kartor från Lantmäteriets arkiv har valts ut för att åskådliggöra exempel och vara underlag till diskussionen i förstudien. Kartorna är inte avgränsade till ett specifikt geografiskt område. De representerar istället en variation vad gäller kvalitet, tydlighet och ålder.

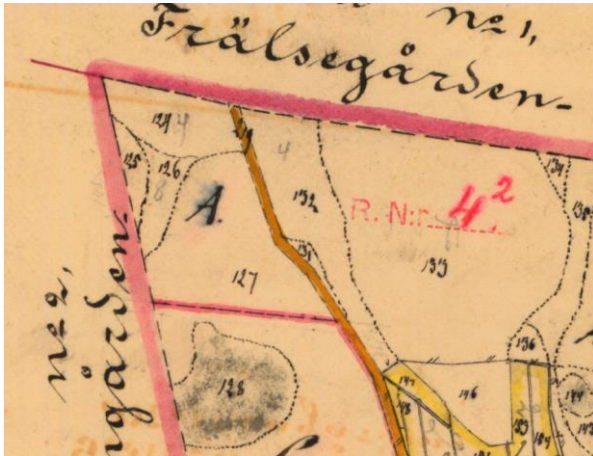
Figur 1 - Figur 2 visar skifteskartor från olika ålder. Dessa innehåller mycket information om markslag m.m. men de är inte lika tydliga vad gäller till exempel längder på fastighetsgränser och markeringar av fastighetsgränser. Figur 2 visar en förrättningskarta från en avstyckning beslutad 1991. Förrättningskartan har ett lokalt koordinatsystem och så länge fastighetsgränserna inte är inmätta på nytt finns de i registerkartan med en lägre kvalitet. Kartor från den här tiden är tydligare vad gäller mått och markeringar. Manéren är mer enhetliga och enklare att läsa. Figur 5 är en modern karta från 2019. Gränspunkterna håller en hög kvalitet. Figur 4 och 5 finns med för att visa skillnaden mellan de äldre skifteskartorna och modernare kartor.



Figur 1. Utsnitt från skifteskarta från 1770



Figur 2. Utsnitt från en skifteskarta från 1829



Figur 3. Utsnitt från en skifteskarta från 1885.



Figur 2. Utsnitt från förrättningskarta från 1991. Lokalt koordinatsystem.



Figur 5. Utsnitt från förrättningskarta från 2019.

## 2.2 Metoder för digitalisering av kartor

Sedan 1980-talet har hundratals vetenskapliga artiklar om digitalisering av kartor publicerats. Dessa artiklar behandlar olika metoder för digitalisering och de flesta beskriver en ny lösning för vissa steg i digitaliseringsprocessen. Digitaliseringsmetoder kan delas in i tre grupper (SEO, JEONG et al. (2001)):

1. Manuell metod med hjälp av digitaliseringsbord

Denna metod användes under 1980-talet för att digitalisera alla typer av kartor. Vid denna metod fästes kartan på ett digitaliseringsbord och linjer identifierades genom att peka på brytpunkter med en digitaliseringsmus. Bordet registrerar musens koordinater och för över dem till en dator.

2. Manuell eller halvautomatisk metod med hjälp av skannad karta

Denna metod liknar metod 1, men istället för att använda digitaliseringsbord finns kartan skannad och en datormus används för att peka på linjernas brytpunkter eller på punktobjekt (till exempel belysningsstolpar, träd mm). Denna metod användes senare på 1980-talet och under 1990-talet och det utvecklades även algoritmer för interaktiv (halvautomatisk) vektorisering. Metoden innebär att användaren klickar på den första punkten på en linje och sedan följer programmet linjen och lagrar brytpunkter. I samband med digitalisering kan även attribut såsom text eller numerisk information lagras om de digitaliserade objekten.

3. Automatisk eller halvautomatisk metod med hjälp av skannad karta och avancerade algoritmer

Denna metod, liksom metod 2, använder en skannad karta som underlag och programvaran identifierar och vektoriserar kartan automatiskt, utan direkt interaktion med användaren. I vissa situationer måste användaren vara behjälplig och då är det en halvautomatisk metod.

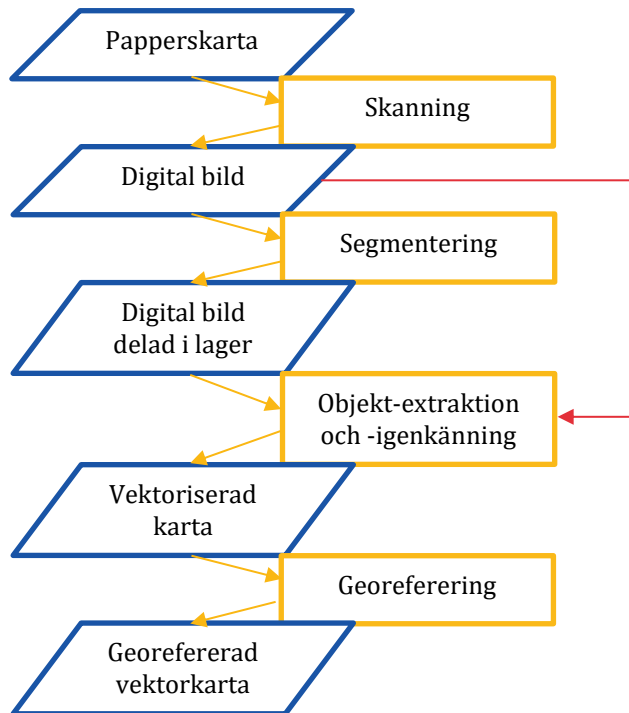
Metod 1 används idag väldigt sällan (Chiang, Leyk et al. (2014)), eftersom den är mycket tidskrävande och därmed kostsam. De flesta moderna GIS-programvaror har implementerat automatisk och/eller halvautomatisk metod 2 eller 3.

Vid digitalisering är det viktigt att specifikationer för den typen av karta som skapas följs och att vektorer (linjer) följer uppsatta topologiska regler, till exempel att linjer som representerar tomtgränser formar en sluten polygon. Därför är det vanligt att algoritmer utvecklas specifikt för en viss typ av karta.

I följande delar av rapporten kommer vi endast att fokusera på metod 3.

## 2.3 Automatisk digitalisering

Figur 35 visar huvudstegen i en typisk digitaliseringsprocess (figur baserad på Chiang, Leyk et al. (2014) och Liu, Xu et al. (2019)). I det första steget skannas en papperskarta för att skapa en digital rasterbild av originalet. Sedan segmenteras bilden genom att ett lager skapas för varje grupp av pixlar med liknande färger. Detta steg underlättar nästa bearbetningssteg, men vissa algoritmer hoppar över det och tillämpar bildanalys direkt på den skannade bilden. Bildanalys innebär objektextraktion och objektigenkänning. Detta steg resulterar i vektoriserad karta som kan placeras på "rätt ställe" i världen genom georeferering.



Figur 3. Typiska steg vid automatisk digitalisering av papperskartor.

### 2.3.1 Skanning

Eftersom skanning är en välutvecklad och dokumenterad process som redan är utförd på alla skifteskartor kommer inte detaljerna i den processen redovisas. Resultatet av skanning är en digital rasterbild i färg med tillräcklig upplösning för att avbilda alla detaljer, vanligtvis i TIF-format.

### 2.3.2 Segmentering

Efter scanningen segmenteras rasterbilden. Segmentering innebär att pixlar som tillhör samma objekttyp eller har liknande färg grupperas och varje grupp bildar ett lager. Segmenteringen underlättar den efterföljande objektextraktionen, men den är inte nödvändig i alla situationer, till exempel om kartan är svartvit. Färgsegmentering kan vara komplicerat eftersom färger på äldre papperskartor kan ändras på grund av ålder, fuktighet, nedsmutsning och vikning. Se exempel i Figur 1- Figur .

Det finns många vetenskapliga artiklar som beskriver olika metoder för segmentering, men automatisk segmentering fungerar bara tillfredställande på kartor som håller en hög kvalitet (Ignjatić, Nikolic et al. 2018). Många artikelförfattare föredrar därför halv-automatiska metoder, där en användare måste hjälpa till i svåra situationer. Följande typer av segmenteringsalgoritmer kan identifieras (Chiang, Leyk et al. 2014):

#### 2.3.2.1 Histogram thresholding

Metoden innebär att färgklasser identifieras med hjälp av rasterbildens färghistogram. Histogrammet visar frekvensen av färger, d.v.s. hur många pixlar i bilden som har

liknande färg. Histogram kan framställas i olika färgskalor, vanligast i gråskaliga bilder. Varje spik i histogrammet definierar en färgklass.

### 2.3.2.2 Color space clustering

Denna metod kan ses som multidimensionell utveckling av histogram thresholding-metoden. Kluster eller segment bildas genom att beräkna färgavstånd mellan pixlar. Färgavståndet kan beräknas i olika färgskalor, till exempel RGB (red-green-blue) eller HSV (hue-saturation-value)

### 2.3.2.3 Regionbaserade metoder

Grundprincipen för den här metoden är att gruppera pixlar i homogena grupper med hjälp av bildanalystekniker; region-grow, region-split och region-merge. Region-grow algoritmen börjar med en pixel en så kallad "seed" (manuellt eller slumpmässigt vald). Algoritmen testar om grannpixlarna uppfyller fördefinierade villkor för homogenhet. Om villkoren är uppfyllda adderas pixeln till regionen och nya grannar testas. Algoritmen fortsätter till dess att inga nya grannar som uppfyller villkoren kan hittas. På sådant sätt skapas homogena grupper av pixlar. Om grupperna ligger nära varandra kan de sammanfogas med en region-merge algoritm för att undvika små splittrade regioner.

En annan regionbaserad metod börjar med en region-split algoritm. Då sker en delning av hela bilden i mindre regioner och varje region testas för att se om den uppfyller kraven på homogenitet. Om regionen inte är homogen splittras den vidare till mindre regioner och processen fortsätter tills de mindre regionerna är homogena. I nästa steg tillämpas region-merge för att undvika små splittrade regioner.

### 2.3.2.4 Kantdetekteringsmetoder

Dessa metoder söker efter kontraster i färgvärden, d.v.s. plötsliga och signifikanta ändringar i färgen mellan grannpixlar. Sökningen kan åstadkommas med hjälp av differentiella operatorer eller andra filtreringsmetoder på färg eller gråskaliga bilder. Resultatet är kanter (linjer) mellan olika regioner i bilden.

### 2.3.2.5 Neurala-nätverk metoder

Dessa metoder tillhör maskininlärningstekniker. Neurala nätverk består av neuroner som är organiserade i lager (Ignjatić, Nikolic et al. 2018). Varje neuron utför en typ av transformation av värden som kommer från föregående lager. Vikten för varje transformation bestäms inom inlärningsfas där manuellt segmenterade exempel skickas till nätverket. Enklaste nät har bara 3 lager: inputlager, dolt lager och resultatlager. Deep learning metoder använder flera dolda lager som möjliggör igenkänning av mer komplexa objekt.

## 2.4 Bildanalys: objektextraktion och objektigenkänning

Objektextraktion kan ses som avancerad segmentering. I detta steg skapas approximation av olika objekt i vektorform. Även text extraheras och digitaliseras i detta steg. Metoder och algoritmer som används för extraktion av olika objekt varierar mycket beroende på den konkreta typen av objektet som ska extraheras. Därför finns det speciella algoritmer för extraktion av höjdkurvor, vägar, byggnader, symboler, text, m.m. De flesta algoritmer behöver förhandsinformation, till exempel att höjdkurvor redan är segmenterade i visst lager, så att algoritmen "vet" att alla (eller de flesta)

pixlar tillhör höjdkurvor. Det betyder att algoritmen bara utför objektextraktion och inte objektigenkänning.

Algoritmer baserade på neurala nätverk kan utföra objektigenkänning. Det betyder att algoritmen automatiskt identifierar vilka pixlar som tillhör ett visst objekt och objektextraktion kan sedan utföras i nästa steg.

Algoritmer för objektextraktion kan delas in i tre kategorier (Chiang, Leyk et al. 2014): Mall matchning (Template matching), morfologiska operatörer (morphological operators) och formdeskriptorer (Shape descriptors).

#### **2.4.1.1 Mall-matchning**

Denna algoritm utnyttjar en databas av mallar av de objekt som söks i kartan, till exempel korsningar, byggnader, kartsymboler m.m. Algoritmen försöker matcha mallar med en segmenterad rasterbild med hjälp av korrelation-baserade algoritmer. Resultatet är positionering av mallen (som redan är i vektorform) och även mått på matchningsgrad.

#### **2.4.1.2 Morfologiska operatörer**

Syftet med dessa operatörer är att separera linjer från brus. Linjer eller symboler i den skannade kartan kan vara delvis osynliga på grund av skador på originalet eller på grund av överlapp med andra objekt eller text. Mest förekommande är binära operatörer (segmenterad karta transformeras till svart-vit bild) men morfologiska operatörer kan tillämpas även för färgbilder. Morfologiska operatörer är krympning (erosion), expansion (dilatation), slutning (closing), öppning (opening) och förtunning (thinning). Vanligtvis används de sekventiellt. För att extrahera vägar kan expansion (gör linjer tjockare) tillämpas. Det medför att hål i väglinjerna fylls i. Sedan utförs krympning för att separera väglinjer från andra objekt som adderades i expansionssteget och sist skapas en skelettbild med hjälp av förtunning vilket är i princip krympning med efterföljande topologisk och geometrisk kontroll (till exempel att linjer är raka, eller de är en del av båge).

#### **2.4.1.3 Formdeskriptorer**

En formdeskriptor är ett eller flera värden som beskriver geometrisk form av ett objekt. Det kan till exempel vara enkla värden som höjd, bredd, area eller värden som fås från olika typer av transformationer. Det kan vara Hough-transformation som beskriver linjer med hjälp av dess avstånd från origo av koordinatsystemet och dess lutning mot en koordinataxel. Fördelen med denna transformation är att de tydligaste linjerna i bilden kan extraheras, även om linjen är delvis avbruten. En annan transformation som ofta används är Fourier-transformation som kan detektera objekt med viss distinkt textur.

### **2.4.2 Georeferering**

Georeferering innebär en transformation av kartans koordinatsystem till ett globalt referenssystem. Detta steg är nödvändigt för att placera den digitaliserade kartan på rätt plats i världen, så att kartan kan användas som ett lager i ett modernt GIS. Georeferering utförs vanligtvis i tre steg. I det första steget identifieras referensobjekt i den digitaliserade kartan, d.v.s. punkt- eller linjeobjekt som har kända koordinater i det globala referenssystemet. Koordinaterna kan hämtas ur en databas av geodetiska kontrollpunkter eller från en annan karta som redan är georefererad. Teoretiskt behövs minst två, men i praktiken behövs flera referenspunkter spridda över hela

kartan för att säkerställa en korrekt georeferering. I det andra steget matchas referensobjekten i den digitaliserade kartan med de kända koordinaterna och i det siste steget transformeras kartan. Olika typer av transformationer beroende på kvalitet av den digitaliserade kartan kan användas. Den enklaste transformationen är 2DHelmert-transformation som förflyttar, roterar och skalar om kartan så att den matchar referensobjekten i det globala systemet. Denna transformation är lämplig för kartor som har en homogen kvalitet över hela kartytan. I de flesta äldre kartor förekommer lokala deformationer orsakade av mätmetoden som användes för kartans framställning eller deformationer som beror på kartans åldrande. För att korrigera sådana deformationer kan andra typer av transformationer med fler parametrar användas.

## 2.5 Närliggande förstudier

Under 2018 genomförde Sweco på uppdrag från Lantmäteriet en förstudie om automatisk digitalisering av detaljplaner. Erfarenheter från arbetet var bland annat att det kommer vara svårt att automatisera hela arbetet och att planhandläggarna bör vara en del av processen för att känna tillit till informationen. I första hand är målet med arbetet att få ett stöd i digitaliseringen av befintliga detaljplaner. Tester med olika typer av automatiseringsteknik gjordes inom förstudien. Användaren ska få ett förslag på tolkning, men göra valet själv. På så vis kan också algoritmer tränas upp för att nå noggrannare tolkningar. Kommunerna som deltog i projektet såg stora tidsbesparingar med en delvis automatiserad digitalisering. Lantmäteriet planerar under hösten 2019, med hjälp av Sweco, att fortsätta utreda möjligheterna med automatisk digitalisering av detaljplaner. Målet är främst att se vilken teknik som är användbar samt var störst nytta kan uppnås utifrån till exempel tidsperiod för planerna.

## 3 Resultat

### 3.1 Generella slutsatser

Baserat på den aktuella kunskapen publicerad i vetenskapliga publikationer och kommersiella informationskällor (tillverkare av programvaror) kan följande slutsatser dras:

- Det finns många publikationer som beskriver processer och metoder för digitalisering av kartor. De flesta artiklar behandlar ett delproblem i digitaliseringsprocessen eller beskriver digitalisering av en viss typ av karta i visst land.
- Flera författare har konstaterat att än så länge finns ingen välfungerande metod för automatisk digitalisering av gamla kartor. Det finns inte heller någon generisk "handbok" som skulle vara till hjälp i valet av den bästa metoden för digitalisering av viss typ av karta.
- Det optimala tillvägagångssättet är en halvautomatisk interaktiv metod för digitalisering med reducerat behov av manuellt arbete, men användaren har möjlighet att använda dennes expertis för objektigenkänning och verifikation av resultat.
- Neurala nätverk används framgångsrikt idag för en helautomatisk segmentering och objektigenkänning från kamerabilder. Det finns flera artiklar som beskriver tillämpning av neurala nätverk även för digitalisering av skannade kartor men väldigt få av de försökte digitalisera gamla kartor. Detta bekräftas även av artikel (Ignjatić, Nikolic et al. 2018) där författaren försökte kartlägga algoritmer för automatisk digitalisering av gamla fastighetskartor och där de bara hittat en studie som använde neurala nätverk för att extrahera text från gamla kartor. För digitalisering av linjer och symboler använde de klassiska metoder beskrivna i denna rapport.
- I flera artiklar finns förhoppningar om att neurala nätverk kommer att utvecklas och anpassas för digitalisering av gamla kartor, vilket kommer att minska behovet för manuell interaktion. Det största problemet med tillämpning av neurala nätverk för digitalisering av gamla kartor är brist på träningsdata. För att träna nätverket behövs stor mängd av träningsdata i form av manuellt märkta bilder på olika objekt i kartan. En lösning på detta problem kan vara att använda förtränade nätverk, d.v.s. nätverk som tränats med hjälp av andra typer av kartor och sedan göra mindre anpassningar vilket kräver mindre träningsdata.
- Det finns flera kommersiella programvaror, mest kända är listade i avsnitt 7 Referenser. Några programvaror är specialiserade (till exempel Wintopo) eller har en funktion/modul för digitalisering. De flesta programvaror implementerar en



kombination av ovannämnda algoritmer och är specialiserade för digitalisering av satellit- och flygbilder.

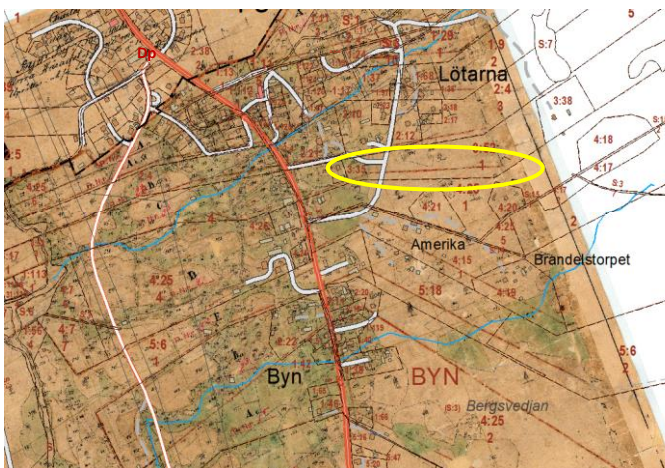
- Georeferering kan vara en utmaning p.g.a. deformationer i skifteskartan. För att korrigera deformationerna krävs flertalet referensobjekt. Det är problematiskt att tillämpa automatiska metoder för val av referensobjekt, eftersom objekten som visas i de gamla kartorna inte alltid överensstämmer med dagens status eftersom vägar kan ha flyttats och hus kan ha byggts om.

### 3.2 Slutsatser utifrån bakgrundsmaterialet

Dagens teknik medger inte någon helautomatiserad digitalisering av skifteskartorna. Ett delvis manuellt arbete skulle fortfarande generera ett stort arbete eftersom mängden akter är så stor som 200 000 stycken. Om kartorna i varje akt antas ta 4 timmar att digitalisera skulle det ta 800 000 timmar eller ca 500 år för en arbetskraft att digitalisera allt. Det är därför nödvändigt med en metod med hög automatisering.

Desto mer komplicerade och oenhetliga kartorna är desto svårare blir det att träna en algoritm till automatisering. Skifteskartorna varierar mycket och är därför utmanande. Nyare kartor är mer enhetliga och tydliga och är rimligtvis enklare att tolka och digitalisera automatiskt.

Georeferering används frekvent i dag, men det finns svårigheter eftersom det kan vara svårt att hitta passpunkter och eftersom det kan finnas deformationer i de äldre kartorna, se exempel i Figur 4. Ofta går det att passa in de lokalt, men de stämmer sämre i större områden. Orsaken till detta är dels sämre precision av skifteskartor men också ändringar i terrängen, dvs skifteskartorna visar inte dagens situation. Det finns programvara för att georeferera, men arbetet som görs vid georefereringar tas inte tillvara systematiskt.



Figur 4. Exempel på georeferering. Skifteskartan matchar bara den digitala registerkartan i vissa delar. Gul markering visar ett exempel på dålig matchning. Den röda linjen tillhör skifteskartan och den svarta linjen tillhör den digitala registerkartan. Linjerna matchar varandra bättre i den vänstra delen av kartan.

## 4 Potential

I dag finns tjänsten historiska kartor att nå via Lantmäteriets hemsida. Här finns möjlighet att titta på till exempel skifteskartor och kartor från Rikets allmänna kartverk. Vissa kartor är stora och de kan vara mycket svåra att läsa vilket gör att det kan vara svårt för såväl privatpersoner som professionella användare att orientera sig i kartmaterialet.

Om informationen i skifteskartorna finns digitalt skulle det innebära att informationen blir mer tillgänglig och användbar. Även en georefererad karta skulle vara betydelsefull. Digital information skulle vara till nytta såväl till fastighetsägare, exploatörer, ledningshavare, kommuner och andra myndigheter. Tidigt i exploateringsarbetet skulle till exempel information om samfälligheters belägenhet kunna vara tillgänglig vilket skulle underlätta och få stor betydelse för den kommande processen. Utredningsarbetet skulle förenklas och dyrbara misstag skulle kunna undvikas.

Om det är tydligt var samfälligheter finns kan eventuellt planarbete och sträckningar på vägar och ledningar anpassas så att samfälligheter om möjligt kan undvikas. Ibland kan de säkert inte undvikas, men då är det ett medvetet val som det kan planeras för.

Även utredningsarbetet i lantmäteriförrättningar skulle underlättas och förrättningsprocessen effektiviseras och tiderna minskas.

### 4.1 Digitalisering

Om skifteskartorna och tillhörande texter var fullständigt digitaliserade och lagrade i en tillgänglig databas skulle det underlätta mycket. Då skulle såväl linjer, texter, färger, figurnummer m.m. vara digitaliserade och sökbara. På så vis skulle handlingarna vara betydligt lättare att läsa och ta till sig.

Även nyare kartor och handlingar skulle kunna vara digitaliserade och objektifierade. På så sätt skulle såväl äldre fortfarande gällande beslut som nyare gällande beslut bli mer åtkomliga och enklare att ta till sig för de olika intressenterna.

### 4.2 Georeferering

Om det inte är möjligt att automatiskt digitalisera skifteskartor med dagens teknik så finns det potential att effektivisera samhällsbyggnadsprocesser även genom att förfinas arbetssätt och processer för georeferering. Om alla skifteskartor var georefererade och lättåtkomliga skulle även det vara till stor nytta. Informationen är då inte sökbar, men att se en korrekt placerad bild av den äldre kartan skulle också underlätta mycket för olika aktörer.

Georeferering av utsnitt av skifteskartorna används idag frekvent internt inom Lantmäteriet, såväl i den kvalitetshöjande verksamheten som i förrättningsverksamheten. Arbetet som görs vid georefereringen tas idag inte till vara. Samma utsnitt av en skifteskarta kan georefereras av en annan handläggare vid ett annat tillfälle. Arbetet som utförs kan inte användas av någon annan och det kan ske upprepade dubbelarbeten.

### 4.3 Intervjuer

Några personer med god kännedom om Lantmäteriets skifteskarta har intervjuats för att fånga upp vilka nyttor som kan finnas. Det har främst framförts de nyttor som kan uppstå i arbetet med lantmäteriförrättningar.

Den största fördelen som framförts är att det skulle förenkla utredningarna i lantmäteriförrättningar. Ibland är dessa omfattande och komplicerade eftersom det dels kan vara svårt att hitta rätt handling och handlingen kan vara svår att orientera sig i och tyda.

Om skifteskartorna är digitaliserade skulle det tydligt framgå var samfälligheter finns. Om samfälligheter berör området behövs kanske djupare utredning, men det skulle åtminstone gå enklare att utesluta att ett område berörs av samfälligheter.

Det är inte troligt att uppnå högre kvalitet på fastighetsgränser enbart genom digitalisering men däremot kan fler samfälligheter enklare bli inlagda i den digitala registerkartan.

### 4.4 Ystadprojektet

Under 2016-2017 genomförde Lantmäteriet och Ystad kommun ett projekt som syftade till att minska ledtiderna i samhällsbyggnadsprocessen. En slutsats var att det, med en mer komplett digital registerkarta med högre kvalitet och där samfälligheter och rättigheter är komplett redovisade, skulle innebära en stor tidsbesparing i processen. En tidsbesparing på upp till 6 månader bedömdes kunna uppnås i vissa fall.

### 4.5 Svårigheter/kostnader

Något som kom fram i intervjuerna av handläggare var vikten av kvaliteten i digitaliseringen. I dag är den digitala registerkartan inte tillförlitlig och komplett. Kunskapen om kartans kvalitet är låg, men den används ändå i hög grad som planeringsunderlag. Att tillföra mer information som inte är komplett skulle felaktigt kunna öka tron på den digitala registerkartan och därmed öka risken för felaktiga bedömningar som kan innebära stora konsekvenser vid till exempel exploateringsprojekt.

Skifteskartorna är historiska och mycket av fastighetsindelningen har förändrats. I vissa fall har flera skiften gjorts på ett område. Vanligare är att senare förrättningar har gjorts i flera omgångar. Det innebär att samfälligheter som finns i skifteskartorna kan vara borttagna vid senare förrättningar. Digitalisering av skifteskartorna ökar i sig inte kvaliteten på den digitala registerkartan. För att nå en ökad kvalitet krävs också omfattande utredningsarbete.

### 4.6 Nyttokalkyl

Eftersom tekniken inte har nått tillräckligt långt för en automatiserad digitalisering görs ingen utförlig nyttokalkyl i denna förstudie. Det får i stället göras i ett senare skede och i fördjupade studier.

## 5 Nästa steg

Nuvarande forskning visar att det idag inte är möjligt att digitalisera kartor med en helautomatisk metod. För att möjliggöra detta i framtiden och för att uppnå syftet med tillgängligare skifteskartor och en mer komplett digital registerkarta förslås följande:

- Genomföra forskningsprojekt för att bidra till utvecklingen av helautomatiska metoder för att digitalisera kartor.
- Genomföra ett pilotprojekt för att testa befintliga programvaror som arbetar med halvautomatisk digitalisering.
- Genomföra ett pilotprojekt för att utveckla en effektivare arbetsprocess för georeferering av skifteskartor med minimalt manuellt arbete.
- Undersöka hur kartor som georefereras kan tas tillvara och sparas och på så sätt återanvändas eller användas på nya sätt. Kanske i ett särskilt lager liknande lager för ortofoto.
- Samverka med andra digitaliseringsprojekt, till exempel digitala detaljplaner.
- Undersöka om det finns andra möjligheter som kan bidra till att den digitala registerkartan blir mer komplett, särskilt gällande samfälligheter.

# Bilagor

Bilaga 1: Medfinansiering

Bilaga 2: Ekonomisk slutrapport

## 6 Referenser

- Chiang, Y. Y., Leyk, S., & Knoblock, C. A. (2014). A Survey of Digital Map Processing Techniques. *Acm Computing Surveys*, 47(1).
- den Hartog J., t. K. T., Gerbrands J. (1996). *Knowledge-based segmentation for automatic map interpretation*. Paper presented at the Graphics Recognition Methods and Applications.
- Dlert, A. (2008). Automatic Digitization of Large Scale Maps [Technical report]. *University of Hannover*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.453.1177&rep=rep1&type=pdf>, 2019-07-25
- Ignjatić, J., Nikolic, B., & Rikalovic, A. (2018). *Deep learning for historical cadastral maps digitization: overview, challenges and potential*. Computer Science Research Notes 2803.
- Lee, K. H., Cho, S. B., & Choy, Y. C. (2000). Automated vectorization of cartographic maps by a knowledge-based system. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 13(2), 165-178.
- Liu, T. E., Xu, P. F., & Zhang, S. H. (2019). A review of recent advances in scanned topographic map processing. *Neurocomputing*, 328, 75-87.
- Miao, Q. G., Xu, P. F., Liu, T. G., Song, J. F., & Chen, X. J. (2015). A novel fast image segmentation algorithm for large topographic maps. *Neurocomputing*, 168, 808-822.
- SEO, B., JEONG, J., LEE, J., & KIM, Y. (2001). *Development of hybrid vectorizing software for digitation of cadastral maps*. Paper presented at the FIG Working Week 2001 : New Technology for a New Century. <https://www.oicrf.org/documents/40950/43224/Development+of+hybrid+vectorizing+software+for+digitation+of+cadastral+maps.pdf/1703f3b5-def7-aa09-104e-ed59332a7f7c>

### Programvaror

WinTopo	<a href="http://www.wintopo.com/features.htm">http://www.wintopo.com/features.htm</a>
R2V	<a href="http://www.ablesw.com/r2v/r2v.html">http://www.ablesw.com/r2v/r2v.html</a>
MicroImages	<a href="https://www.microimages.com/products/tntmips.htm">https://www.microimages.com/products/tntmips.htm</a>
ARCGIS	<a href="https://www.esri.com/">https://www.esri.com/</a>
QGIS	<a href="https://qgis.org">https://qgis.org</a>
eCognition	<a href="http://www.ecognition.com/">http://www.ecognition.com/</a>



SMART BUILT  
ENVIRONMENT



LANTMÄTERIET



Med stöd från

**VINNOVA**  
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

**FORMAS** 

Strategiska  
innovations-  
program