

Tesi doctoral presentada per En/Na

**Elisabet ROSA TRÍAS**

amb el títol

**"Conceptes, tècniques i problemes de la  
generalització cartogràfica"**

per a l'obtenció del títol de Doctor/a en

**GEOGRAFIA**

Barcelona, 25 de febrer del 2000.

**Facultat de Geografia i Història  
Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional**



UNIVERSITAT DE BARCELONA



## 2. La generalització

*It is not down in any map. True places never are*  
(H. Melville: *Moby Dick*, 1851)

La generalització cartogràfica ha estat considerada tradicionalment com una part integrant de la cartografia, com una de les tasques on la subjectivitat i el component artístic o perceptiu és més manifest. La generalització s'ha relacionat bàsicament amb la necessitat de reduir la complexitat del mapa paral·lelament a la reducció de l'escala, destriant l'important de l'anecdòtic, tot i mantenint les relacions entre els diferents elements del mapa i sense menystenir un determinat nivell de qualitat estètica (Weibel 1995:259).

En el context dels sistemes d'informació geogràfica, però, la generalització s'ha considerat una cosa anecdòtica, que ja no hauria de tenir raó de ser<sup>1</sup>. Però en aquests moments ja no es pot mantenir que estiguem encara en l'inici dels sistemes digitals i es fa evident que el fet de no considerar la generalització en el procés d'elaboració de la informació constitueix una font d'errors.

Com ja ha estat dit a la introducció, la diferència més gran que existeix entre la cartografia en un entorn manual i en un de digital és el fet que, en l'entorn digital, s'actua de manera decisiva sobre les dades i no solament sobre la representació cartogràfica dels elements del mapa. La inclusió de la generalització en el preprocessament de les dades fa necessari, tanmateix, redefinir el seu camp d'actuació en l'entorn digital.

D'entre les escoles que més s'han interessat per la generalització es podrien destacar l'americana i l'europea, amb l'alemanya al capdavant. L'escola americana ha mostrat tradicionalment una idea més restringida: n'ha exclòs la selecció. En canvi, per

---

<sup>1</sup> És inqüestionable que el mapa-paper, amb una escala fixa, continuarà existint ja que la qualitat i la transportabilitat encara no han estat superades per d'altres suports; la qualitat del paper no deixa de millorar i és incomparable amb una visualització de la informació per pantalla.

l'escola germànica, no es pot descartar la generalització en el nou entorn digital, a causa de dues raons fonamentals: d'una banda, els fenòmens espacials són dependents de l'escala, i d'altra, l'abstracció i la reducció són activitats humanes imprescindibles per al coneixement (Goodchild et al. 1991:112).

La generalització, com ja s'ha assenyalat, és decisiva en el procés de compilació o disseny de la informació, no només en la realització del mapa, i el fet de no considerar-la comporta errors tant en el processament com en la comprensió final (Buttenfield, McMaster 1991). Per tant, a l'hora de començar de bell nou qualsevol tasca cartogràfica, cal tenir en compte que:

- qualsevol generalització de les dades no és igual d'adequada per a l'anàlisi (Frank, Mark 1991)

- qualsevol visualització (o representació) no és igual d'adequada per a qualsevol tipus d'usuari final.<sup>2</sup>

- la manera com s'organitza el model de les dades (*data model*) pot influenciar les possibilitats de generalització cartogràfica (Müller et al. 1995:7).

Si es prescindeix d'aquests aspectes, això pot repercutir de manera negativa en la comprensió final i en la presa de decisions a partir de la imatge que representa el mapa.

La generalització cartogràfica ha estat considerada per diversos autors (Nyerges 1991, Brassel, Weibel 1988), efectivament, com un camp que pertany al més ampli de la construcció de models espacials. Com que la construcció d'aquests models és una tasca que s'ha emprès des de diverses disciplines, s'ha de fer especial atenció als termes i conceptes més freqüentment utilitzats.

En aquest sentit, la British Computer Society defineix els següents conceptes (The British Computer Society 1989):

---

<sup>2</sup> *A computer is a machine whose chief function is to execute a set of instructions which manipulate symbols. These symbols are selected and structured to represent some situation in the real world, as it is perceived by people. The critical problem is that an individual's cognitive methods are informal and fluid, and allow ambiguities or contradictions to exist. The data processing in a computer is formal and follows strict rules of logic: even when computers are used to mimic "fuzzy" human reasoning a strict formalism is used to explain the fuzziness. In GIS a structure to represent spatial situations (as perceived by people) must be formally defined. Once defined, the appropriate operations and their outcome must also be defined. This is a language issue, as the objects and the operations applicable to them are defined in terms of the GIS user's chosen spatial language* (Frank, Mark 1991:148)

Dades (*data*): constitueixen la informació codificada i estructurada per processar-la.

Dades de la base (*data base*): Són les dades que no estan necessàriament estructurades i que no tenen el format adequat per ser utilitzades per a aplicacions de gestió estàndard.

Base de dades (*database*): Es tracta d'un conjunt de dades estructurades de manera reconeixedora per a aplicacions informàtiques.<sup>3</sup>

Estructura de les dades (*data structure*): És la manera com queden organitzades les dades.

Alguns altres conceptes, més específics d'aplicacions cartogràfiques concretes, podrien ser definits de la següent manera:

Model de la base de dades (*database model*): és el disseny que permet interpretar una base de dades específica, però que no es pròpiament la bases de dades<sup>4</sup>(Nyerges 1991:59)

Model conceptual (*conceptual framework*): és el marc de treball que ens permet expressar les relacions espacials, les quals són representades mitjançant l'ús d'un espai vectorial o d'un espai cel·la (*raster*) que reflecteixen com han estat codificades, organitzades i manipulades les dades (Muller 1991b:461).

Algunes altres definicions, proporcionades pel programa GIS-Data de l'European Science Foundation, són les següents (Müller et al. 1995:3).

Visualització de les dades (*data visualization*): és el procés de creació i manipulació d'imatges mentals (Scott 1987 citat per Buttenfield, McMaster 1991:432).

---

<sup>3</sup> A "database" is an organized set of interrelated data and is the central component of any information system. The design of the structure of a database is known as a "esquema" and it is specified using a data language. The software package that defines the structure of and handles all access to a database is termed as a "database management system" (DBMS). What distinguishes different kinds of DBMS is an underlying theory known as a "database model". It can be defined as a conceptual tool for describing data (or entity types), their relationships, operations and constraints. Different classes of data models vary according to how closely they are oriented toward human or machine understanding, respectively. "Logical" database models eg, the entity-relationship, semantic, relational and network data models, help us specify what is going on. Physical database models relate to how the logical specifications are implemented and are not further discussed. Feuchtwanger 1989:599

<sup>4</sup> is the design (framework) for interpreting a specific database, but is not the database itself

Resolució (*resolution*): provinent del camp de la teledetecció, fa referència a l'objecte més petit que es pot representar en el mapa.

Grau de correcció (*accuracy*): Relació entre una mesura d'un objecte i la realitat que es pretén mesurar. Un grau de correcció absolut és, per tant, impossible d'assolir.

Precisió (*precision*): Nivell de detall quan s'informa d'una mesura.

D'altres definicions necessàries, com les donades per la Digital Cartographic Data Standards (1988), són les següents (Buttenfield, McMaster 1991:xv):

Entitat o ens (*entity*): en el llenguatge cartogràfic digital, s'utilitza per fer referència a un element en el món real

Objecte digital (*object*): És una entitat tal com apareix representada a la base de dades.

Objecte geogràfic (*feature*): és una entitat geogràfica i la seva representació com a objecte (Usery 1993).

## 2.1. Les bases de dades enfront de la representació cartogràfica

La informació geogràfica, que tradicionalment era emmagatzemada i representada gràficament i simbòlicament en el mapa sobre suport paper, és ara emmagatzemada, en l'entorn digital, a la base de dades. Aquesta és una diferència fonamental del procés de tractament cartogràfic segons que l'entorn sigui manual o digital.

En la cartografia tradicional, la generalització es centrava principalment en la claredat gràfica, ja que la necessitat de comunicar un missatge de manera comprensible, era la finalitat principal. (Weibel 1995:259). En el nou entorn digital, tot i que en un principi es treballa amb aquells mateixos objectius i processos, les noves possibilitats que el mateix entorn obre fan que, a la llarga, aquest objectiu merament gràfic es consideri com a insuficient.

Actualment, la informació s'enregistra directament a unes bases de dades que contenen informació que no prové només de la digitalització de documents preexistents i que, per tant, no són necessàriament derivacions de representacions cartogràfiques. La

literatura germànica va començar a utilitzar els termes “base de dades” i “mapa” per assenyalar els dos suports de la informació a representar, que eren qualitativament diferents. D'això provenen els conceptes diferenciats de model de les dades, “Landschaft Modell” (DLM) i de model cartogràfic, “Kartographisches Modell” (DKM) que van establir els fundadors de “l'escola d'Hannover”:

Karten sind sekundäre graphische Modelle der Wirklichkeit, soweit diese auf Raumbeziehungen basiert. Der Benutzer bildet sich daraus sein tertiäres Model der Umwelt. Diese Modellbildung und weitere daraus resultierende Aktivitäten entsprechen der pragmatischen Dimension (Hake 1976:243)

El mapa correspondria al que anomenem model cartogràfic i la base de dades estaria associada al que anomenem el model de les dades (Lagrange, Ruas 1994:1099). Tant el mapa com la base de dades no són, doncs, sinó interpretacions possibles del món.

Aquesta interpretació de l'escola alemanya, abstracta i concreta alhora, que porta a considerar el model de les dades diferenciat del mapa, ens recorda que, d'una banda, abstracció i coneixement van molt lligats, i d'una altra, que la representació cartogràfica, necessària per comunicar la informació, és també una forma de coneixement que contribueix al saber geogràfic. Aquesta relació entre abstracció i realitat és també característica de l'escola suïssa. En el prefaci de *Gelände und Karte*, d'Imhof, l'editor de l'obra, Karl Kobelt, pertanyent al departament cartogràfic de l'exèrcit, deixa clar que el mapa dels últims 200 anys ha de ser repensat i s'ha de deixar pas a un nou producte que conservi, però, la qualitat, la capacitat de comunicar amb el seu públic (per aquell cartògraf, el públic era format per escaladors, excursionistes i militars), i assegurí una correcta lectura del mapa (*Kartenlesen*) i, per tant, permeti incrementar el coneixement del territori (*Geländebeobachtungen*).

Wichtig ist sie aber vor allem auch in militärischer Hinsicht, denn das reich gegliederte schweizerische Gelände ist bei geschickter Ausnützung der stärkste Bundesgenosse des schweizerischen Soldaten (Imhof 1950:11)<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Aquesta cita ens recorda que el camp de la cartografia i el de la generalització és i ha estat d'interès estratègic en la indústria militar, degut a la possibilitat d'identificació i reconeixement de fenòmens de la cobertura del sòl que van normalment lligats a d'altres fenòmens socio-

Robinson, durant molts anys considerat el gran representant de l'escola cartogràfica americana dels últims decennis, no accepta que la derivació del model conceptual al model cartogràfic pugui considerar-se com una feina de generalització. Al contrari, continua mantenint, tal com es feia en la cartografia tradicional, que la generalització consisteix només en la derivació d'un model cartogràfic a partir d'un altre model cartogràfic. En altres paraules, un mapa seria derivable d'un altre mapa però no ho seria d'una base de dades.

Moltes empreses de sistemes d'informació geogràfica han fet seva aquesta tradició americana de considerar la generalització cartogràfica en el seu sentit més restringit, és a dir, sense incloure el procés d'abstracció i selecció de la informació en el disseny dels programaris. Però, cada vegada més, és més acceptable la visió inicial europea, segons la qual les tasques de generalització han d'entendre's en un sentit més ampli.

I això és més manifest en la mesura que les bases de dades espacials van guanyant terreny sobre les bases de dades cartogràfiques, on les dades es recullen directament del camp i s'emmagatzemen com a dades digitals. Aquestes dades digitals entren a formar part d'una base de dades que idealment seria única i sense escala, i que permet una actualització ràpida i flexible. Però les dades espacials s'han de poder representar a escales diferents d'aquelles a què s'han recollit; per tant, d'un model primari de les dades, hem de poder-ne derivar un de secundari o bé un de cartogràfic. La creació de bases de dades d'aquest mena ha esdevingut una necessitat urgent a causa de l'enorme quantitat de dades procedents de sensors remots que cal casar amb la informació digitalitzada dels mapes temàtics tradicionals, o sigui, que existeix una necessitat creixent d'integració de dades de diferent origen (Stephan et al. 1993:93).

El fet de redefinir el procés de generalització en un camp més ampli d'actuació, que englobi el preprocessament del model de les dades, ens porta a reconsiderar la mateixa naturalesa de les dades espacials i la manera de dissenyar les bases de dades,

---

econòmics més invisibles. Més recentment, s'han desenvolupat intensament les possibilitats d'incorporar aquests processos al reconeixement "intel·ligent" de sistemes experts.

per poder fer l'anàlisi pretesa a partir de les dades i no pas de la seva representació. Dit d'una altra manera, com més informació conté una base de dades, més possibilitats d'anàlisi té.

### 2.1.1. El model de les dades: DLM i DKM

Tant el mapa com la base de dades representen visions particulars del món. Serien els equivalents del que anomenem generalització cartogràfica i generalització del model, respectivament.

La generalització pertany al camp més ampli de la construcció del model espacial, i més concretament, de la construcció del model geogràfic. Nyerges defineix el model de la base de dades com un disseny del marc de treball de la base de dades que no és, però, la bases de dades mateixa:

"It is argued...that practically adequate models of a geographical reality, i.e. models useful in carrying out decisions about that reality, must include knowledge of geographical meaning...the author contends that more meaningful database models are more realistic database models" (Nyerges 1991:59)

Pel que fa a les bases de dades, la Universitat d'Hannover va ser la primera, a l'AutoCarto de 1986 a Londres, a estructurar el procés de l'organització de la informació digital, com un encàrrec de l'Estat alemany, de manera que aquesta pogués servir a diferents científics, com també per elaborar mapes, en un sistema d'informació *computer-assisted topographic-cartographic*. Així, la informació procedent de fonts diverses s'integraria en una única base de dades que inclouria les dades provinents de mapes digitals del cadastre, les de mapes digitalitzats, així com les dades provinents de sensors remots. A partir del DLM o *Digital Landscape Model* es poden crear els Models Temàtics mitjançant la generalització del model de les dades. El DLM està compost pel Model Digital Planimètric (DPM), basat en el model d'estructura de les dades de tipus vectorial, i pel Model Digital del Terreny (TDM), de tipus cel·la. La informació del DLM permet derivar diverses representacions cartogràfiques, que quedarien integrades en el Model Digital Cartogràfic (DKM). Un objecte de la base de dades com pot ser un



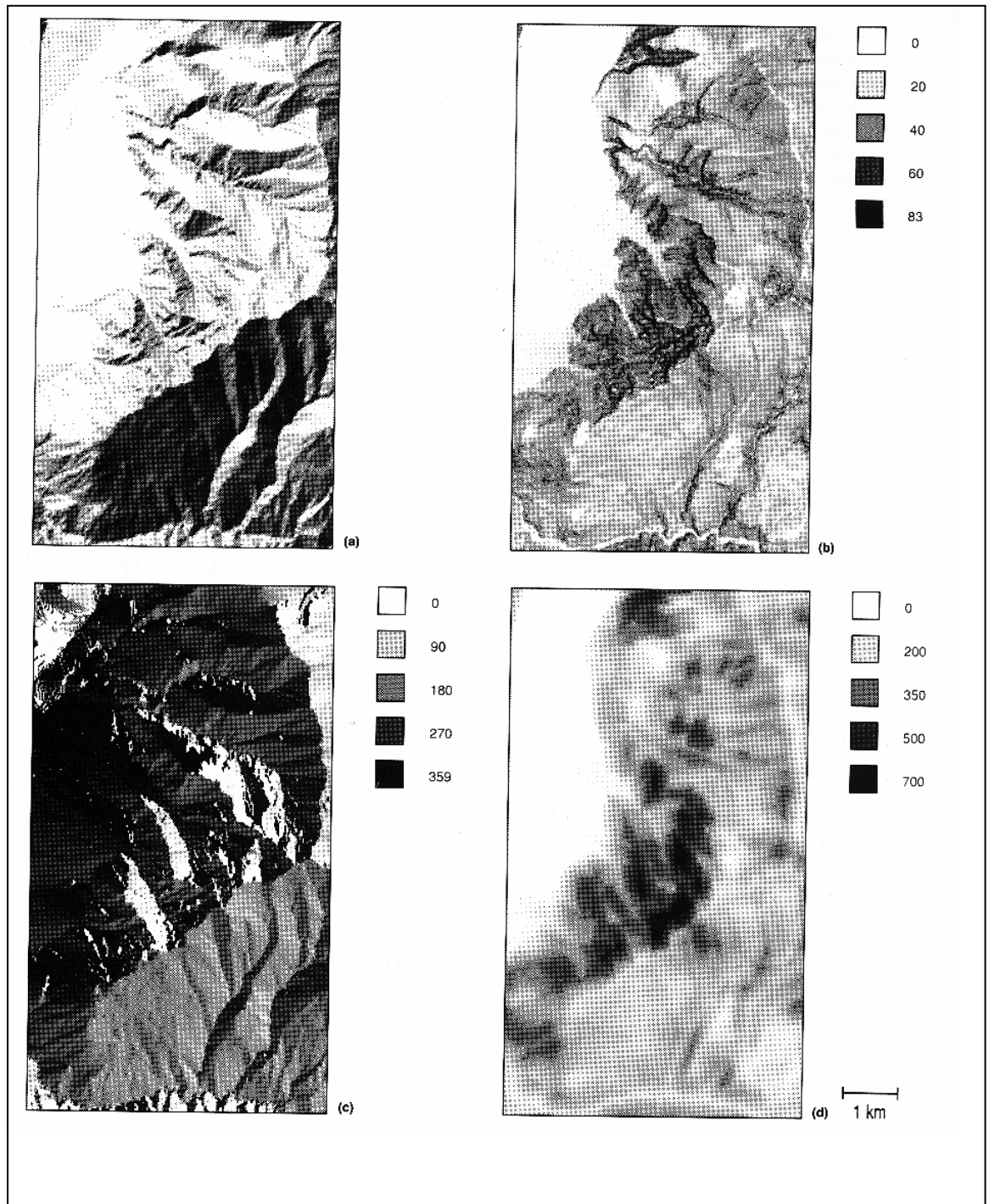
carrer és emmagatzemat en el DLM amb els seus eixos corresponents al sistema de coordenades i amb les seves característiques qualitatives o atributs; en el DKM, en canvi, el mateix carrer només hi quedaria enregistrat com a símbol. A partir d'un DLM d'alta resolució en podem derivar un altre de baixa resolució (aquest és el primer pas per arribar a simbolitzar la informació en un DKM.)<sup>6</sup>. Brassel i Weibel parteixen del concepte del DLM desenvolupat per la Universitat d'Hannover per referir-se a la base de dades com a representació d'una part de la "realitat", la qual pot correspondre a qualsevol distribució espacial d'un fenomen (Brassel, Weibel 1988). Per tant, el DLM es caracteritza per un determinat contingut temàtic amb el grau de correcció (*accuracy*) que li correspon, aquest paràmetre que indica el nivell de detall o la mesura del màxim error en la base de dades; idealment, hauria de ser semblant per a tota la base de dades (Brassel, Weibel 1988:3).

El concepte de *Model Generalization* o generalització orientada al model (de manera separada de la seva representació cartogràfica) correspondria al DLM, i per Brassel i Weibel, es centra en la generalització estadística (Brassel, Weibel 1988)<sup>7</sup>, que el mateix Weibel ha exemplificat amb la generalització de superfícies contínues (Weibel 1993).

---

<sup>6</sup> Aquest procés és precisament el que es va presentar a l'esmentat AutoCarto de 1986 integrat en un sistema expert anomenat GENEX (GENeralization EXpert) que pretenia simular tots els coneixements d'un cartògraf en les feines de generalització. El sistema permetia generar, de forma automàtica, models de diferent resolució a partir d'una mateixa informació provinent de l'aixecament topogràfic.

<sup>7</sup> Aquest article de Brassel i Weibel va ser citat, durant uns anys, per nombrosos autors com a punt de referència i estat de la qüestió fonamental. No obstant, en anys posteriors fins i tot el mateix Weibel l'ha deixat de citar i el nom de Brassel ha deixat d'aparèixer en totes les bibliografies. Simultàniament, els treballs de Spiess han tornar a ser inclosos com a referència pels mateixos autors que abans els obviaven.



Font: Weibel 1993:458

### 2.1.2. El mapa: diferents definicions

Abans d'entrar a definir el procés de generalització, és interessant de veure l'existència de diferents definicions del concepte mateix de mapa en diferents llengües, on es pot comprovar com la generalització intervé en alguns casos com a part integrant del procés cartogràfic i en d'altres, no.

Aquesta varietat de significacions de *mapa* apareix, per exemple, al "Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography, de l'International Cartographic Association (citat per Spiess 1982).

En alemany i en anglès es tendeix a remarcar el vessant subjectiu i, a la vegada, a tenir una concepció més abstracta:

"Verebnete, masstablich verkleinerte, generalisierte und erlauterte kartographische Darstellung von Erscheinungen und Sachverhalten natürllicher und gesseshaftlicher Art der Erde, der anderen Weltkorper und des Weltraums".

"A representation, normally to scale and on a flat medium, of a selection of material or abstract features on, or in relation to, the surface of the Earth or of a celestial body".

En castellà i francès, en canvi, es fa més referència a la mètrica:

"Representación gráfica, generalmente plana, de fenómenos concretos o abstractos localizados en la tierra o en cualquier parte del universo, conservando la posición relativa de su localización"

"Représentation conventionelle, généralment plane, en positions relatives, de phénomènes concrets ou abstraits, localisables dans l'espace"

Per la Societat Cartogràfica Suïssa (SGK), en la introducció del llibret corresponent a la generalització cartogràfica, la definició de mapa mereix una àmplia explicació. Basat en el treball cartogràfic artesà com també en el dels científics geògrafs, geodesistes i en el d'altres especialistes de les ciències de la Terra, el mapa seria, segons la definició del mateix Imhof, la concreció en forma d'imatge de tot aquest saber, el que es veu, que correspon principalment a la informació topogràfica, i el que no es veu, o informació temàtica. (Swiss Society of Cartography 1977:5).

"Karten sind verkleinerte, vereinfachte Grundrisse der

Erdoberfläche oder von Teilen derselben, ergänzt durch Eintragungen der verschiedensten, an die Erdoberfläche gebundenen Vorkommnisse und Erscheinungen" (Imhof 1972)

## 2.2. Què és la generalització?

La generalització té una interpretació més restringida en filosofia de la ciència que no en cartografia, tal com assenyala Nyerges, que proposa utilitzar "generalització cartogràfica" en el context cartogràfic i "generalització" a seques en el context de l'abstracció de la base de dades (Nyerges 1991:67)

Segons els components de l' European Science Foundation, la comissió europea que fa un treball l'equivalent al realitzat als Estats Units i al Canadà per la NCGIA, cal considerar dos tipus de generalització : l'un, com un procés de més alt nivell, o sigui, que condueix a veure un fenomen a una escala més petita i pensant més en la seva representació gràfica; i l'altre, com una activitat de tipus espacial i de tractament principalment estadístic. (Müller et al. 1995:5)

És interessant de fer referència a la manera com diferents autors introdueixen la necessitat de la representació gràfica, i per tant del mapa, per arribar a establir la importància de la generalització en el procés cartogràfic. Robinson (1987:107) ho exposa així:

"Los fenómenos terrestres se producen en una cantidad "desconcertante y en intrincadas disposiciones". Una manera clara de ordenar tanta confusión y complejidad es mediante la realización de mapas. El proceso cartográfico requiere que, tras haber seleccionado las variables que formarán parte del mapa, se procesen con el fin de realizar una representación efectiva. Este proceso abarca desde el cálculo de medidas estadísticas simples... hasta la ejecución de varias operaciones más complejas, como la simplificación y la clasificación, denominadas de modo colectivo generalización cartográfica.(...) En la mayoría de los aspectos de nuestra existencia nos hallamos rodeados por detalle y complejidad. Para no hundirnos en la confusión a menudo centramos nuestra atención en las características más universales de las cosas, alejándonos de sus cualidades características únicas. Por ejemplo, una operación de este tipo sería la obtención de promedios de varios tipos para caracterizar las distribuciones, (...), pero estas son tan solo unas pocas de entre las muchas maneras en que podemos obtener o inducir características generales a partir de elementos particulares".

Podem apreciar que les definicions que recull el diccionari terminològic de la ICA (International Cartographic Association) van més enllà de la mera traducció a les diverses llengües: són molt diferents pel que fa a la concepció de la disciplina. Curiosament, a més, les definicions de caràcter més abstracte i artístic corresponen a països en què els productes cartogràfics s'han caracteritzat per una gran qualitat "conservativa" de la percepció del món real, així com de la pràctica i l'ensenyament de la cartografia. En aquest primer grup incloem les escoles d'arrel germànica ja que crec que tenen trets en comú:

"Kartographie Wissenschaft, Technik und Kunst der Herstellung von Karten und Kartenverwandten Darstellungen, ausgehend von unmittelbaren Beobachtungen und/oder der Auswertung von Quellen, mit den Arbeitsvorgängen des Kartenentwerfes, der Kartengestaltung, der Ausführung des Kartenoriginals und der Kartenvielfältigung, sowie die Lehre der Kartenbenutzung"

"Cartography The art, science and technology of making maps, together with their study as scientific documents and works of art. In this context maps may be regarded as including all types of maps, plans and charts and sections, three dimensional models and globes representing the Earth or any celestial body at any scale"

"Cartographie Ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques, intervenant à partir de résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation en vue de l'élaboration et de l'établissement de cartes, plans et d'autres modes d'expression, ainsi que de leur utilisation"

"Cartografía Conjunto de estudios y de operaciones científicas que intervienen en la formación o análisis de mapas, modelos en relieve y globos que representen la tierra o parte de ella, o cualquier parte del universo. La formación de estos documentos será resultado de observaciones directas o del aprovechamiento de una documentación preexistente"

La definició espanyola es diferencia de les altres per la no inclusió de la connotació "artística" de la cartografia, potser degut al fet que ha estat un producte militar més que civil, fins fa pocs anys. I on, a més, el component artístic porta associades connotacions d'emascarar i subjectivar la realitat de l'entorn representat en el mapa.

En la definició alemanya, que crec que és en l'altre extrem de la espanyola, no es fa referència a la tridimensionalitat com a representació. La tradició alemanya es mou millor en aquest terreny de la ironia i el distanciament, que falta en les definicions llatines, perquè entreveu els límits en l'intent d'abstracció del territori i la representació sobre el mapa. Imhof, com a bon representant de l'escola germànica (en un to molt divertit), defineix els “*Kartosophen*”<sup>8</sup> com els cartògrafs inexperts i faltats d'experiència que pressuposen en el mapa, als objectes i a l'espai representats, una exactitud que va més enllà del que és real i possible.

“Generalisieren ist vereinfachen im Rahmen einer inhaltlich gegebenen Konzeption.” (Imhof 1972:217)

És important d'assenyalar que en la majoria de definicions sobre el concepte de generalització es fa manifest el fet citat per Keller segons el qual normalment es parla de processos i no del que es considera com a generalització (Keller 1994).

### 2.2.1. La generalització en la cartografia tradicional

Segons McMaster, participant del grup de generalització de l'ICA, el primer plantejament seriós que es fa sobre el problema de la generalització cartogràfica correspondre a Max Eckert, que al 1921 va definir un nou concepte: el de “*cartografia científica*”. La cartografia científica s'hauria de dedicar a “the historical research on maps, map projections, map deduction, map criticism, and the representation of the third dimension” (citada per McMaster 1992:18).

Eckert, ja al 1907, mostra la connexió que hi ha entre la vessant artística i la científica de la generalització cartogràfica i, a més, remarca la importància de la subjectivitat com a procés necessari per poder interpretar el món:

"In generalization lies the difficulty of scientific map-making, for it no longer allows the cartographer to rely merely on objective facts but requires him to interpret them subjectively. To be sure

---

<sup>8</sup> “Nur erfahrene “Kartosophen” verlangen von den Karten “Vollständigkeit”, “Richtigkeit”, “homogenität”, “geometrische Ähnlichkeit, “Gesetzmässigkeit” in allen Dingen. Keine Karte ist vollständig, keine Karte ist “richtig”, wenn darunter die Kongruenz mit den Dingen in der Wirklichkeit verstanden wird” (Imhof, 1972:229)

the selection of the subject matter is controlled by considerations regarding its suitability and value, but the manner in which this material is to be rendered graphically depends on personal and subjective feeling".

Però deixa ben clar que no ha de ser la subjectivitat la que ha de conduir la generalització en els mapes, com passa en les obres d'art, sinó que:

"Generalized maps and, in fact, all abstracts maps should, therefore, be products of art clarified by science"

Com assenyala Imhof, la pràctica de la generalització és un dels punts clau més discutits en la cartografia. Per Imhof la superfície terrestre és tan rica en formes i fenòmens que la seva representació correcta i total o global (*vollständige*) no és possible. Imhof considera el mapa com una miniatura geomètrica, on les simplificacions són inevitables, i són tant de tipus conceptual com gràfiques. Diferencia entre generalització conceptual i gràfica:

- la generalització conceptual o de síntesi comporta les tasques de seleccionar, eliminar i sintetitzar objectes.
- la generalització gràfica comporta l'accentuació, l'exageració, l'aïllament dels principals fenòmens.

I assenyala que la combinació dels dos tipus de generalització, conceptual i gràfica, es realitza en la simplificació de formes per a determinats objectes.<sup>9</sup>

Hi ha una distinció important en la cartografia tradicional, entre el mapa topogràfic i el temàtic. El mapa topogràfic ha estat considerat el suport de dades on les exigències mètriques eren prioritàries; ha estat sempre més a prop de la disciplina topogràfica, i s'ha preocupat més per poder representar sobre el paper les dades a l'escala més gran possible i de manera més acurada. La cartografia temàtica és normalment representada a escales més petites, i és la que ha estat més lligada al camp de la geografia i al mapa de síntesi. La cartografia a gran escala permet respectar les formes existents al terreny i la seva localització, però en els mapes a escales mitjanes i petites ens veiem obligats a adoptar unes regles de generalització i de simbolització. La generalització ha estat, per tant, tradicionalment més lligada a la geografia i, més concretament, a la representació cartogràfica.

---

Les qualitats associades a la gran escala, tenen també per Imhof, en la pràctica cartogràfica una continuació i es pot mantenir la qualitat a escales petites a través d'unes normes de generalització molt clares.<sup>10</sup>

La "integritat científica" no és un objectiu normalment perseguit per la pràctica cartogràfica, que moltes vegades s'ha deixat portar per la imaginació. Imhof manté que és important que el cartògraf simplifiqui la informació original i amplii la visió que li interessa que ressalti.

Dins l'escola americana primer, Raisz i més tard Robinson creuen que la generalització cartogràfica no pot ser definida per regles, a causa del seu component subjectiu. Però sí que s'admet que la generalització cartogràfica està composta d'un seguit d'elements que són: la selecció dels objectes que s'han de mostrar, la simplificació de la seva forma i l'avaluació de la seva importància relativa. El que no és tan clar és la manera com s'han de seqüenciar, ja que en la cartografia manual, aquest és un procés únic. És curiós que en la quarta versió del llibre de Robinson no es citi la selecció en el procés de generalització, reduït a quatre elements que són: simplificació, classificació, simbolització i inducció, juntament amb els quatre controls: objectius, escales, límits gràfics i qualitat de les dades. És important assenyalar el fet que Robinson a *Elements of Cartography* (1960) diferencia entre una generalització intel·lectual basada en el procés de selecció dels elements dels mapes, i una generalització visual que dóna preponderància a l'efecte visual. Aquesta construcció del model de les dades va apareixent en tots els practicants de la cartografia, especialment en els anys 60, amb la influència de l'escola quantitativa.

És necessari recordar, de tota manera, que la generalització cartogràfica es desenvolupa en un primer moment, especialment a partir dels treballs teòrics de Perkal (1966) i de Tobler (1966), en la representació cartogràfica dels fets lineals (Douglas i Peucker 1973). Menys atenció reben els fets puntuals i d'àrea. Aquest és un dels trets

---

<sup>10</sup> I això ho fa a partir de fer veure que el contingut d'un mapa no es pot anar arronsant en la mateixa proporció que ho fa l'espai de paper, sinó que ho ha de fer més a poc a poc. Un mapa a escala 1:20 000, a pesar de ser quatre vegades més petit que un plànol 1:10 000, té el mateix contingut (Inhalt). I fa veure que hi ha una relació òptima de claredat de representació gràfica (kartenleserlich) i concentració, entre el territori representat i la finalitat del mapa evident en les escales mitjaness entre 1 : 100 000 i 1 : 1 000 000, que s'ha de poder mantenir constant amb la reducció d'escala.



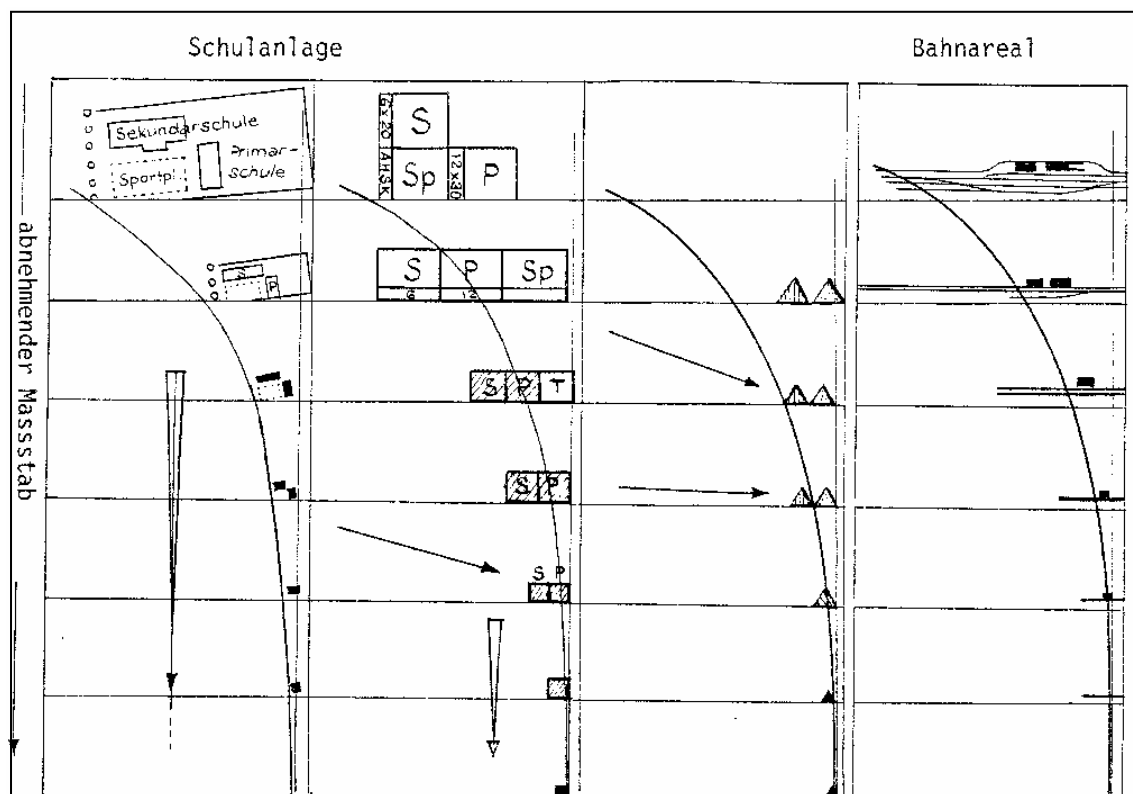
prevalents en la cartografia tradicional on la delimitació d'elements sobre el mapa no admet zones probabilístiques que actualment són la base d'una gran part de l'anàlisi espacial.

Imhof menciona la coincidència entre això que diu i el que havien dit Töpfer (1962) i Arnberger (Arnberger 1966). Ara bé, tot i que això és cert per la cartografia topogràfica, sempre és difícil d'assegurar quina es la raó de fer passar una línia per un lloc o un altre.

"Dieses kann sich, wie E A festgestellt hat, nur auf topographischen Karten (resp auf grundrissliche Kartengefüge) beziehen, ist aber auch dort kaum geeignet, des Zeichners Arbeit zu erleichtern, zu sichern oder zu beschleunigen. Wie soeben betont, erfolgt eine gewisse stetig fortsschreitende Verdichtung des graphischen Gefüges nicht über den gesamten Massstabereich. Ausserdem bewegen sich - selbst in guten Karten - die Geügedichten auchh in ein - und demselben Massstab innerhalb weitester Grenxen; denn sie hängenab vn den sehr wechselfollen Vorkomnissen und Gebietsgliederungen, von den Zweckbestimmungen der Karten, von der Anforderungen und Gewohnheiten derKartenbenützer usw".

En la mateixa línia, Spiess recull les reflexions d'Imhof i centra la discussió sobre la relació estreta que hi ha, en la presentació cartogràfica, entre la generalització el contingut del mapa i la seva escala. Per Spiess generalitzar el contingut vol dir agrupar les categories de cada component presentat , així com simplificar les formes.

"Den Karteninhalt generalisieren heisst, die Kategorien jeder dargestellten Komponente soweit zusammenzufassen, zu vereinfachen oder deren Zahl zu reduzieren, sowie die Formen soweit zu vereinfachen, zu glätten und aneinander anzupassen, dass für einen gegebenen Massstab, ein Optimum an Information ohne Schwierigkeiten herausgelesen werden kann."



Font: Spiess 1982

Spiess, pertanyent a l'escola suïssa i successor d'Imhof a l'ETH (*Eidgenösche Technische Hochschule*), dues menes veu de generalització: una de conceptual, a través de les categories dels components o reconsiderant l'escalat de les dades originals (*zurücknehmen des Informationniveaus*); i una altra de relativa a la mètrica, les formes i estructures, a través de la definició d'unes dimensions mínimes de llegibilitat.

Per Hake, pertanyent a l'escola alemanya de Hannover i coetani de Spiess i que, com aquest, es troba en la confluència de l'escola tradicional i el naixement de la cartografia en un entorn digital, la generalització s'ha d'examinar en els diferents camps de la cartografia topogràfica i temàtica.

"La generalització en la cartografia temàtica tindria una major llibertat en el tema, mentre que per la generalització topogràfica els objectes?" (Hake 1976:20)<sup>11</sup>

Hake recomana distingir:

<sup>11</sup> "elementaren Vorgänge und Methoden der Generalisierung gelten auch für thematische Karten, jedoch mit besonderer Beachtung einer meeeeeehr freien, sich am Thema orientierenden Generalisierung. Während bei den topographischen Karten alle Objekte in einer gegenseitig gut ausgewogenen Weise zu generalisieren sind, kommt es hier gerade auf

- la generalització que es fa quan es canvia d'escala, per confeccionar un mapa analític, reduint el detall de la informació i la que es fa per raó del tema, en un mapa de tipus sintètic, on no és imprescindible que l'escala variï.

- la generalització no temàtica, com és la informació estadística i la literatura, o la generalització topogràfica que forma part del mapa-base i que permet ser tractada a part.

Robinson, pertanyent a l'escola americana, manté que la generalització és una pràctica inductiva del cervell humà (induíem característiques generals a partir d'elements particulars) i que la seva aplicació en el camp de la cartografia provindria de la necessitat de comprendre un fet o fenomen, en aquest cas una part de la Terra. Per Robinson, el canvi d'escala permet alterar l'espai real mitjançant la reducció, com ho fan altres ciències com, per exemple, la física, on l'ampliació de l'escala real de representació d'un fenomen permet una major comprensió. Robinson assenyala com la reducció de l'espai pot portar a la confusió:

"...el encogimiento del espacio es lo que posibilita la visión de la disposición de los fenómenos, pero por otro lado, la creciente complejidad y el agrupamiento tienden a crear confusión." (Robinson :125)

Per tant, s'han d'efectuar dues operacions sobre el valor de les dades: la de selecció en primer lloc, en què l'objectiu és limitar el nostre interès a aquelles classes d'informació que són útils per a la finalitat del mapa. Per Robinson, no es pot considerar generalització, a diferència del que opinen els representants de l'escola alemanya. La justificació és que la selecció no comporta cap modificació. Només un cop el cartògraf ha destriat o seleccionat la informació, pot començar el que s'anomena la generalització o modificació de la informació seleccionada. És precisament en aquesta "neutralitat" aparent del cartògraf en la tria de la informació on s'han centrat moltes crítiques posteriors. Però en aquest cas, és especialment convenient distingir la tradició americana, de vegades anglosaxona, de l'europea. En aquesta tradició europea, mai no s'ha considerat la selecció com una no-acció, sinó que ha estat sempre considerada com una acció.

I en segon lloc la simplificació es tracta d'adaptar la descripció sumària de les dades seleccionades tant a l'escala del mapa com als requisits d'una comunicació efectiva.

### 2.2.2. La generalització en l'entorn digital

En una primera etapa d'adaptació a l'entorn digital, es desconeixia la importància de la generalització, sobretot a causa de la complexitat que presenta. Als Estats Units, primer, a través de la NCGIA i molt posteriorment a Europa a través de la ESF, es creen comissions per treballar diversos temes que afecten l'engegada dels Sistemes d'Informació Geogràfica. La generalització és un d'aquests sistemes, i és fàcil constatar que gràcies a aquest intervencionisme estatal, positiu, el cos teòric de la generalització digital ha avançat de manera compacta i molt ràpidament durant els anys 90.

"Generalization is an important processing spatial data handling. Not only it is needed for graphic display, but it may also be important for efficient and appropriate spatial analysis (Brassel, Weibel 1988 citat per Mark 1991:103)

Pel grup de Gisdata, grup equivalent al nord-americà NCGIA, on la majoria de membres europeus provenen de la iniciativa americana (Müller et al. 1995:5), la generalització s'ha de veure com un procés d'interpretació que tendeix cap a la visió d'un fenomen de nivell superior. Aquest és l'objectiu primer de qualsevol activitat de generalització tant si és de tipus espacial com si és estadística. La generalització es defineix, per tant, com la sèrie de transformacions que es fa en la representació gràfica de la informació espacial, amb la finalitat de millorar-hi la llegibilitat i la comprensió de les dades, i que es du a terme a partir de la interpretació definida en funció del producte final. Aquestes dues línies han generat les dues principals àrees de generalització: la generalització orientada al model (*model-oriented*) i la generalització cartogràfica.

Les representacions cartogràfiques i les analítiques en la cartografia tradicional són alhora representacions analítiques i per a la comunicació, i són, per tant, coincidents.

"In geographical circles, people usually think of generalization as part of cartographic compilation whose purpose is to resolve legibility problems...Modelling reliability on statistical surfaces by polygonal filtering is not necessarily directed towards visualization but helps to understand data by providing higher levels of abstraction. In this case the motivation as well as the solutions to bring about the necessary transformations are not the same as for cartographic generalization. Generalization in the sense of modelling is a requirement for spatial analysis. (...) the difference between the model view and the cartographic view is the possibility for database manipulation in the former case independent of cartographic representation. One reason for generalization at the modelling level is to facilitate data access in Gis. This need becomes urgent in view of the design of Gis's in which the user interacts with the geo-objects without knowledge of their internal representation. Also model generalization may be driven by analytical queries (Where are the trends? What is the spatial average Where are the classes to appear at this level of variance?)...But the two types are not independent, and one (model-oriented) can be the precursor to the other ( graphics-oriented ... the question is how much and what kind of model-oriented generalization support is required for the accomplishment of routine tasks in cartographic Generalization?..." (Müller et al. 1995:5)

En l'entorn digital és necessari, però, poder diferenciar entre aquests dos models.

"We need to distinguish between the issues that are brought by graphical representation from those which arise from modelling at different levels of spatial and semantic resolution" (Müller et al. 1995:5).]

Tal com es defineix en el Programa Gisdata de l'European Science Foundation, el programa de recerca europea en els SIG, cal deixar clar el fet que la generalització del model (*model generalization*) s'ha de poder realitzar de manera independent de la generalització de les seves representacions gràfiques. I, per tant, els especialistes d'aquest grup de treball és debaten si les qüestions que afecten la generalització s'han de considerar o no des del punt de vista de la construcció d'un model.

En l'entorn digital també es pot distingir dos tipus de generalització: una que fa referència a la modelització del fenomen, conceptual, i una altra d'orientada a la representació gràfica. Aquesta, que intenta millorar la llegibilitat i la comprensió, sempre és realitzada en funció del producte final.

J.C. Muller (Muller 1991a:457) dóna la definició de generalització de Hawkins

(1983): “Generalization, in its epistemological sense, is a process which attempts to establish the universality of a statement”.

Per Brassel i Weibel (1988), la generalització és un procés intel·lectual que ens permet estructurar la realitat percebuda en un nombre d'entitats individualitzades, i fer una selecció de les entitats significatives i representar-les d'una nova manera. Si es pretén poder automatitzar aquest procés, s'ha d'*entendre* el procés, reconèixer els fenòmens essencials per fer un model del procés i poder posar en pràctica el component d'extracció i de representació, mitjançant passos intermedis. Per Brassel i Weibel, és essencial fer el procés de generalització basant-nos en l'*Understanding*”, és a dir, extraient les estructures essencials de la informació espacial disponible, en diferents camps: temàtics, espacials i temporals (Hake 1976).

### 2.2.3. Pros i contres de la generalització

Una de les raons citades per a la no-generalització cartogràfica és el dubte sobre el fet que sigui necessari oferir la informació geogràfica a diferents nivells d'escala i de resolució. I en això es basen els principals detractors de la generalització (la majoria dels qui es dediquen als SIG), ja que podent fer zooms, la generalització no tindria sentit. Els qui veuen els avantatges de la generalització assenyalen, però, la dificultat d'incorporar la generalització a l'entorn dels Sistemes d'Informació Geogràfica o de la cartografia digital, cosa que ha fet que la generalització quedés com un tema de recerca acadèmica.

Els pros de la generalització es centren en la possibilitat de poder derivar, a partir de una base de dades única, tota la informació necessària i de poder navegar de manera contínua i automàtica entre escales per poder facilitar els sistemes experts en els escenaris de “what-if” i “if-then” (Müller et al. 1995:4)

Actualment, la generalització queda englobada en un camp més ampli. En la introducció de l'European Science Foundation, sota el lideratge de Müller, Weibel, Lagrange i Salgé (1995), es centra la discussió en el marc de “la visualització d'elements rellevants per als Sistemes d'Informació Geogràfica a diferents nivells d'escala i de resolució”. La NCGIA té una de les iniciatives de recerca en el mateix

camp, “Multiple Representations Initiative”, i va crear un fòrum internacional de discussió i solució dels obstacles per a la formalització del coneixement cartogràfic i la generalització automatitzada. Es planteja els mateixos problemes que ja havia anunciat Brassel, però sota un punt de vista menys filosòfic, més pragmàtic: la visualització, des del punt de vista de l’usuari i des del punt de vista de les dades .

Des del punt de vista de l’usuari, la visualització és important, ja que suposa la finestra que utilitza per a l’exploració, la interpretació i la comunicació. Com que els diferents fenòmens s’entenen millor a certes escales i no a d’altres, la modelització a l’escala a què els processos o fenòmens geogràfics s’entenen més bé sembla inevitable. I des del punt de vista de les dades, el fet de gestionar-les i mantenir-les suposa accuracy, consistency and integrity. (Müller et al. 1995:3)

#### **2.2.4. Quines són les raons per generalitzar ?**

En el prefaci de l’ESF (Müller et al. 1995:ix) s’afirma que la generalització està motivada per la necessitat d’oferir vistes (views) múltiples de les dades geogràfiques a diverses escales i nivells de resolució. El que és nou ja no són les eines, sinó l’entorn on es despleguen aquestes eines, o sigui, els Sistemes d’Informació Geogràfica en l’entorn digital. Les raons adduïdes per defensar la necessitat de la generalització es poden resumir en les següents:

-Des del punt de vista de l’usuari, la visualització és la finestra del GIS, i és essencial per explorar visualment les dades, interpretar-les i comunicar-les. Com que els fenòmens geogràfics són sempre dependents de l’escala, existeix la necessitat de poder modelitzar la informació geogràfica a diferents nivells d’abstracció:

“Ideally, one should be able to view and analyse data at the level where geographical variance is maximized (Tobler and Mollering 1972, Woodcock and Strahler 1987) or where spatial processes are best understood.”

- Des del punt de vista de la producció de dades, la gestió i el manteniment de les dades espacials estan condicionats pels requeriments del grau de correcció

(*accuracy*), precisió i control de qualitat (els requeriments de flexibilitat aconseguides per la producció i les operacions d'actualització compliquen les qüestions de correcció, consistència i integritat).<sup>12</sup> (Müller et al. 1995:3)

La manera tradicional de veure la generalització, més orientada cap a la representació gràfica que no pas cap a la manipulació del model, és explicable tenint en compte que ha estat en mans de les organitzacions cartogràfiques i fotogramètriques per a la producció de mapes a diferents escales, i principalment una rèplica del procés manual a través de l'aplicació d'algoritmes que imiten les tasques de la generalització cartogràfica analògica, i s'ha descuidat la relació existent entre la modelització (*generalization at the modelling level*) de la generalització i la generalització en l'aspecte de representació superficial.

Però com ja s'ha dit més amunt, cal no oblidar que la manera com s'organitza el model de les dades (*data model*) influencia probablement l'execució de la generalització cartogràfica (Müller et al. 1995:7)<sup>13</sup>. I per poder fer la generalització cartogràfica, necessitem la informació interior referent a l'objecte espacial (inclosos els aspectes espacials, semàntics i temporals) i la informació exterior referent a la relació entre els objectes i el seu context.<sup>14</sup> És molt important no oblidar que hi ha d'haver tots dos tipus d'informacions per poder solucionar el problema de la generalització al nivell cartogràfic.

#### 2.2.4.1 En la cartografia tradicional

El SGK va nomenar un grup de treball en el camp de la generalització topogràfica, que va treure una publicació, on es recorre al mateix Imhof:

<sup>12</sup>"... the management and maintenance of spatial data are constrained by the requirements for *accuracy, precision and quality control*.(requirements for the flexibility afforded by multiple scale production and update operations complicate the issues of *accuracy, consistency and integrity*)"

<sup>13</sup> The way the data model is organized and can be generalized is likely to influence the performance of cartographic generalization

<sup>14</sup> Cartogràfic generalització requires 1) inside informació regarding a spatial object and 2) outside informació regarding the relationship among objects and their contextual relevance.



...“the objective of the generalization is the highest accuracy possible in accordance with the map scale, good geometric informative power, good characterisation of the elements and the forms, the greatest possible similarity to nature in the colours, clarity and good legibility, simplicity and explicitness of the graphical expression and coordination of the different elements”

Es fa evident, doncs, que la generalització cartogràfica requereix coneixements previs sobre l'essència i la funció del mapa. Per tant, s'ha de saber en primer lloc quina és la finalitat del mapa, la informació que ha de contenir i les necessitats que ha de satisfer com a poder d'expressió en funció de l'usuari del mapa.

Així, doncs, s'afirma categòricament que: "The objective of the map has to be a meaningful picture of reality." Swiss Society, Cartography 1977:5). Les raons que porten a la necessitat de generalitzar serien:

- l'increment de densitat dels elements continguts en el mapa en la reducció d'escala
- la limitació de l'ull per distingir una àrea menor de 0,02 mm, i una separació de 0,04 mm.
- quan les dimensions mínimes estan per sota del que és perceptible i imprimible, s'ha de exagerar o eliminar de manera que quedi clar el propòsit del mapa.

I a continuació, es mencionen els factors que influeixen en la generalització cartogràfica: l'escala; el grau de precisió de les dades originals; les condicions de llegibilitat; l'especificació dels símbols (sobretot color i dimensió) diferents a cada nova escala; la tria de colors, ja que, segons siguin uns o altres, serà necessari exagerar la dimensió del símbol per fer-lo més perceptible; les tècniques de reproducció; i la revisió (l'organització temporal dels canvis, especialment en el mapa topogràfic).

#### **2.2.4.2 En l'entorn digital**

En l'entorn digital hi ha diversos grups de treball que analitzen els problemes de la generalització com ara el Working Group on Map Generalization de l'ICA, el National Center for Geographic Information Analysis, amb el programa Multiple Representations, l'European Science Foundation, amb el programa GISDATA, i l'Organisation Européenne d'Études Photogrammétriques Expérimentelles (OEEPE)

(Weibel 1995:260).

En l'entorn digital hi ha dues raons principals per generalitzar: l'eliminació de detalls quan hi ha un canvi d'escala i la supresio de detalls en la cartografia temàtica, tal com assenyala Armstrong, al primer monogràfic editat sobre la generalització cartogràfica per a especialistes nord-americans, dedicat a Jenks i Sherman pel seu mestratge en els camps de la generalització i del disseny (Armstrong 1991:87)

És interessant de remarcar que tant Armstrong com Robinson accepten que la generalització consisteix a suprimir el detall superflu i conservar una proporció determinada entre negre i blanc.

Muller ha expressat les motivacions més acceptades per a la generalització (Muller 1991a:458):

1) necessitats de tipus econòmic: en aquest context consisteixen a emmagatzemar el mínim de dades per derivar-ne d'altres, ja que la recollida d'informació és cara. Les dades recollides restarien així integrades en el "digital landscape model" (DLM) (Grünreich 1985)

2) necessitats de robustesa de les dades: els errors en les bases de dades es produeixen en diferents moments del procés, des de la recollida a l'anàlisi. És fals que un increment de la precisió en el mesurament pugui assegurar un descens en l'error d'interpretació. I és cert, en canvi, que una tendència generalitzada és més robusta que una observació individual.

3) necessitats derivades de propòsits múltiples: com que la informació pot ser requerida a diferents escales, s'ha de poder filtrar la informació a l'escala a què els fenòmens s'entenen millor. Les dades han de poder-se derivar del DLM.

4) necessitats de presentació (*display*) i comunicació.

"...previous efforts in automated generalization have concentrated mainly in graphic manipulation and object representation. These efforts were prompted by the need to maintain map legibility in the process of scale reduction"  
(Richardson, Muller 1991:136)

Weibel també fa menció de les raons per generalitzar basant-se en dos fets fonamentalment:

1) els fenòmens espacials i els processos depenen normalment de l'escala (*scale-dependent*). Idealment, les dades espacials i els processos s'han d'analitzar i veure al nivell d'escala a què els fenòmens modelitzats i els processos estan mes

carregats de contingut (*meaningful*) i poden ser més ben entesos (basat en Müller et al. 1995)

2) L'abstracció i la reducció de la complexitat dels elements, clau en la generalització, són activitats fonamentals humanes (basat en Brassel i Weibel, 1988)

### **2.2.5. Quines són les raons per no generalitzar en la cartografia digital?**

La majoria de veus que creuen innecessària la generalització cartogràfica són a la banda dels qui l'entenen sota l'aspecte més restringit de la generalització cartogràfica i no del model de les dades. Un altre sector que no creu en la generalització és el que, veient la dificultat del procés, la considera un problema de solució massa cara. És evident que de les dades originals procedents d'imatges per satèl·lit han de poder a causa de ser tractades des del començament, una cosa difícil, sobretot pel gran volum existent.

En aquest grup es trobarien també els qui creuen que, a causa de la possibilitat de fer zooms, és innecessari generalitzar. El mapa-paper tradicional és un mapa inventari que conté tota la informació possible. Els nous mapes que visualitzem per pantalla o tracem amb el ploter ja no tenen per què contenir tota la informació.

"...in the context of digital cartographic systems and GIS, generalization has obtained an ever wider meaning...Now that we have freed ourselves from the tyranny of the static paper map and we are going all-digital, all dynamic, animated, and multimedia, isn't it generalization simply a remnant of the past? Doesn't the possibility of flexible selecting and composing features and feature classes through queries, and the capability of interactively zooming and inspecting the data at any desired scale factor overcome the need for generalization?" (Weibel 1995:259)

Hi ha encara d'altres possibilitats com l'anomenada "visió herètica" de Mark, citada per Muller (Muller 1991a:459), que consisteix a traçar-ho amb el ploter tot, permetent que els fenòmens es superposin formant zones de gran aglomeració i permetent a l'usuari de fer un zoom i destriar-los per si mateix.

Davant de la dificultat de derivar d'una base de dades inicial totes les escales possibles, hi ha també una altra opció que Weibel defineix com a *catastrophic*

---

*approach*, consistent a enregistrar representacions cartogràfiques a certes escales i deriva només una part.

## 2.2. Quins són els objectius?

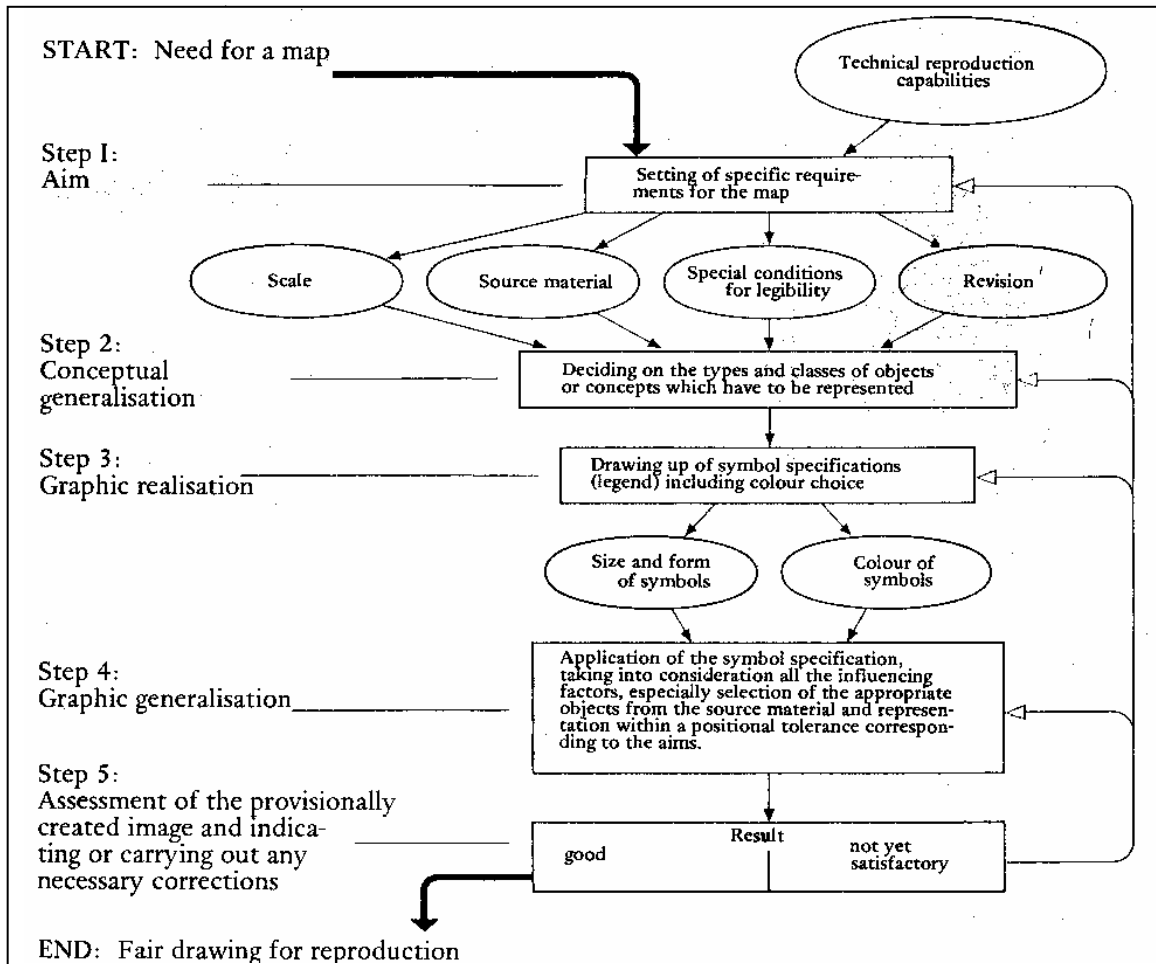
Pot semblar que, actualment, hi ha certa confusió entre els processos i els objectius de la generalització.

La SGK fa seus els objectius de la generalització d'Imhof, en el monogràfic sobre generalització cartogràfica, on es parla sobretot del mapa topogràfic:

"The objective of generalisation is the highest accuracy possible in accordance with the map scale, good geometric informative power, good characterisation of the elements and forms, the greatest possible similarity to nature in the forms and colours, clarity and good legibility, simplicity and explicitness of the graphical expression and coordination of the different elements" (Swiss Society Cartography 1977:12)

### 2.3.1. Els objectius en la cartografia tradicional

L'escola suïssa és la que millor ha tractat la generalització cartogràfica i la que amb més claredat n'ha formalitzat el procés. Per Spiess, encara que la reducció d'escala sigui molt forta sempre es poden triar diferents solucions (Spiess 1982), si es tenen en compte certes regles com ara la diferenciació entre formes o entre orientacions. El següent quadre resumeix amb detall els objectius de la generalització en la cartografia tradicional:



(Font: Swiss Society, Cartography 1977: 16)

### 2.3.2. Els objectius en l'entorn digital

En una de les obres publicades per la CAGIS on es revisa el concepte de generalització en el context digital, Weibel, que és l'editor, centra l'estat de la qüestió en la consideració d'introduir com a element clau la generalització del model o orientada al model, però en lloc de citar l'article d'ell mateix i de Brassel (Brassel i Weibel 1988), cita els treballs posteriors de Müller 1991; Grünreich 1995; Weibel 1995. Per Weibel, tant si ens referim a la visualització cartogràfica com a la representació de les dades espacials en l'entorn digital, els objectius continuen essent els mateixos que en la cartografia tradicional. Són els processos i les tasques els que han canviat i s'han ampliat.

Aquest nou enfocament, que va més enllà de la reducció de l'escala de representació, pretén la reducció de les dades amb diferents finalitats. Com assenyala Weibel, la generalització del model no està orientada a la representació gràfica i, per tant, no conté els elements artístics intuïtius, sinó que "it encompasses probabilistic or even deterministic processes" (Weibel 1995:260). La reducció de dades pot ser desitjable per raons de computació o d'eficiència en les funcions d'anàlisi, i encara més concretament serveix per deduir el grau de correcció d'un conjunt de dades, cosa que és molt útil en la integració de dades de resolució i grau de correcció heterogenis.

En un article precursor de Brassel i Weibel (1988), aquests autors aconsellen de fer una distinció en la modernització espacial atenent a dos grups principals: la que es fa per compactar dades amb vista a l'anàlisi espacial, anomenada procés de generalització estadística; i la que es fa per a la comunicació visual, anomenada generalització cartogràfica. La generalització seria un procés de filtratge per aconseguir una reducció de dades sota control estadístic, no útil per visualitzar sinó per analitzar. La generalització cartogràfica, que intenta modificar l'estructura local i no és cap estadístic, està en canvi, pensada per a la visualització.

En el context digital, per tant, la generalització es caracteritza pel seu propòsit únic: la reducció controlada d'un determinat conjunt de dades.

## 2.4. Quins són els processos de generalització?

Com ja s'ha dit anteriorment, davant de la inclusió del procés d'abstracció que porten associades les tasques de selecció com a part de la generalització, hi ha divisió d'opinions entre els especialistes en el camp de la cartografia. A grans trets, podríem dir que l'escola americana la deixa de banda, a la porta, just abans de començar la generalització. I la inclusió estaria representada tradicionalment per l'escola alemanya. McMaster i Shea diferencien entre dos tipus de "selecció", una de més general, que no es considera selecció, i una altra per "refinar" les dades, que sí que s'hi considera,

"These two different selections are characteristic of the

difference between the operation on geographic space that produces the original subset, and the operation in cartographic space that acts on the subset due to the constraints of the map display" (Flewelling, Egenhofer 1993:169)

En els objectius de la generalització, es confonen molt sovint els objectius i els processos necessaris per aconseguir-los. Possiblement el desenvolupament dels darrers sigui més imperiós actualment, a causa de l'interès existent per l'automatització del procés de generalització. El procés de generalització forma part, evidentment, del procés cartogràfic de disseny, però, essent considerat, en part, de tipus artístic, és més difícil de formalitzar. Per Armstrong, el component artístic de la generalització, citant Robinson *et al.* (1984), és "purposefully vague with respect to mapping rules", i és, per tant, difícil de descompondre en fets i regles deterministes. I, com succeeix amb altres problemes anomenats de tipus "semiestructurats" o "mal estructurats", és difícilment executable a través d'un programa sense intervenció humana. Actualment, els programes de cartografia assistida per ordinador presenten un marc de treball on l'usuari ha de combinar els seus coneixements amb els del sistema. Aquests programes cartogràfics permeten representar, triar i aplicar "SABER". Armstrong diferencia tres tipus de SABER, per donar ajut separatament o conjuntament en el procés cartogràfic (Armstrong 1991):

-Saber geomètric: està ben desenvolupat actualment i s'utilitza quan es descriuen els objectes, per processar-los i avaluar-los posteriorment. Informa sobre la dimensió, forma, distància i connectivitat; es tracta, per tant, del coneixement geomètric i topològic

-Saber estructural: és utilitzat per descriure la naturalesa de la representació cartogràfica d'un objecte, que especifica, a més, com ha de ser tractat pels operadors. Inclou l'anàlisi dels processos que originen un fenomen, cosa que permet distingir, entre dos objectes digitals de fenòmens diferents, però representats a la bases de dades amb un mateix element geomètric. Això es molt útil ja que, a l'hora de generalitzar, no s'hauria de tractar d'una manera igual la línia corresponent a un riu que la corresponent a una autopista.

-Saber processual: és utilitzat per seleccionar un determinat tipus d'operador i per realitzar operacions lògiques en la representació digital dels objectes cartogràfics. Permet identificar les eines apropiades de simplificació, selecció, classificació i simbolització per a un context determinat.

Armstrong acaba dient que un treball futur de recerca podria consistir a estudiar la manera de realitzar el procés de generalització, a partir de la informació emmagatzemada actualment en bases de dades cartogràfiques.(Armstrong 1991:101)

Es pot considerar que la generalització comprén components i processos, però la naturalesa dels components és objecte de discussió. En el nivell més bàsic, la generalització inclou la selecció de les dades que s'han de representar, la simplificació de la seva geometria i el desplaçament per poder resoldre els conflictes gràfics.

McMaster (1989) i Rhind (1973) assenyalen 5 mecanismes: reducció de la sinuositat, desplaçament d'objectes geogràfics, agregació d'objectes geogràfics dins de les corresponents categories, i reclassificació dels símbols utilitzats. Beard (1987), per la seva banda, divideix la generalització en 5 processos: reducció de la sinuositat, selecció, agregació, canvi de dimensió i simplificació del detall. Tradicionalment s'ha tendit a tractar aquests components com a elements discrets i no relacionats entre si, i a creure que un procés complet de generalització consisteix en la suma de les parts una darrera l'altra i no concurrentment. Aquest enfocament convencional de tipus seqüencial no és, però, el que segueix el model humà de generalització i si intentem emular-lo hem de tenir en compte com funciona la visió humana de manera holística (*Gestaltview of the map*), la intuïció i la percepció que permeten integrar els diferents components de la generalització, tal com proposa Langran a través d'un sistema de processament en paral·lel (Langran 1991:207).

Ara bé, un dels problemes que es presenten actualment no és tan sols el de definir les tasques i la manera de d'encadenar-les sinó també el de saber, en el cas de l'usuari si la tria que fa, és l'adequada. És un error freqüent per part dels "venedors" de GIS no veure la dificultat de l'usuari quan intenta fer correspondre la tasca<sup>15</sup> que vol desenvolupar amb les funcions de "baix nivell" que li ofereix el GIS. Aquest mal funcionament genera errors de tipus conceptual que sorgeixen per la manca d'un llenguatge d'"alt nivell" (*high-level*). Una solució podria consistir a introduir un nivell intermedi (esquema original de Donna Peuquet) entre l'entrada de dades del món real i

---

<sup>15</sup> definit per Albrecht (Albrecht 1994:210) task...shall be used as the purpose for which the domain specialist is going to use a GIS. It encompasses all system actions during a gis work session and therefore is more than the final goal to be achieved or the functions used while performing the task.



la manipulació física de dades en l'ordinador; i a utilitzar un llenguatge d'alt nivell (high-level) com a interfície que permetés a l'usuari exposar el seu problema a través d'un intèrpret, de manera que aquest avalués i generés una solució basada en el llenguatge de comandaments del GIS. És a dir, la interacció hauria de basar-se en el plantejament del problema que presenta l'usuari i en el camp del problema, no en les operacions de les funcions primitives del GIS. Això seria el que Albrecht anuncia com un GIS virtual, que consisteix en una *shell* que permet realitzar les “tasques” corresponents als aspectes espacials i on es prioritza l'usuari”<sup>16</sup> per sobre de tot. (Albrecht 1994:209). En l'actualitat, els usuaris d'un GIS coneixen el seu camp però no el del GIS, i hauria de ser possible que, per a aquest col·lectiu que comprèn des de científics fins a públic normal, es facilités que “a GIS is a repository for multiple representations of data and their task is primarily to create models of processes”. Això representa un avanç, respecte a l'estat actual en l'automatització del procés de generalització, però conduït per una interfície al servei de l'usuari i no a l'inrevés. La necessitat d'ordenar les tasques dels sistemes d'informació geogràfica és urgent, ja que moltes decisions preses durant el disseny de la interfície d'un GIS estan fortament influenciades per la tasca que l'usuari pretén realitzar.

La recerca en aquest ampli camp de la interfície entre l'home i la màquina intenta descompondre les tasques en diferents nivells d'abstracció i ho fa passant de les funcions més abstractes a les funcions més físiques. Els sistemes ofereixen un macrollenguatge que permet construir un conjunt d'operacions que, en el cas de les funcions d'anàlisi, que estan en la seva majoria d'un llenguatge d'alt nivell, és dirigit directament per un investigador, i que per la resta d'usuaris menys especialitzats, resulta força críptic. En molts casos, el temps destinat a preparar una feina representa el 80% del total.

Els teòrics contemporanis, des dels de l'escola alemanya als anys 50 i 60 fins als de l'escola americana, representats per R. E. Harrison i G. Jenks, fan una explicitació de les tasques de generalització, equivalent a la de l'escola suïssa, anomenada “logical generalization” (Buttenfield, McMaster 1991:xiii). Això no és gaire comú entre la resta de cartògrafs tradicionals, en què les escoles i la pràctica estan molt fragmentades i el

---

<sup>16</sup> El terme usuari engloba molts usuaris diferents, que com assenyala Albrecht cit a Onsrud (1989) van des d'enginyers, científics, operadors i *decision makers* a public normal

formalisme en la generalització partia d'unes normes, segons Woodward, "corporativistes que tanquen la pràctica a d'altres professionals afins amb un llenguatge críptic" (Woodward 1992).

No deixa de ser important el fet que examinant el saber processual, es faci evident que el saber declaratiu és el que pot guiar el procés de generalització, ja que sovint sabem com s'ha de generalitzar però no quant (*how much*). Amb referència a aquesta qüestió, McMaster i Monmonnier assenyalen que hem de fer variar el conjunt d'operadors de generalització en funció de l'escala del producte final desitjat. L'encadenament d'aquests operadors i els paràmetres que s'utilitzen a cada pas han de recolzar necessàriament sobre el saber cartogràfic (Armstrong 1991:87).

#### **2.4.1 Models de processos de generalització: saber processual**

Molts models construïts en ciències socials i naturals han estat titllats de simplificacions no realistes de la realitat (Armstrong 1991:86)

En el pas de la generalització manual a la digital, un dels processos que s'han fet més evidents és l'aparició d'un cert tipus de consumidor nou. Aquest productor i a la vegada usuari desconeix la representació gràfica de la informació, però, en canvi, és un especialista en el seu tema, ben al contrari del que passava en la cartografia tradicional. El nou usuari, el que pretén és un SABER a partir de la visualització de la informació. Si considerem que el procés cartogràfic en l'entorn digital consisteix en la derivació d'un DLM i/o un DKM a partir d'una base de dades, la conducció del procés li és desconeguda.

El procés tradicional es considera de tipus holístic i difícilment subdivisible en subtasques, que és precisament el que requereix el procés digital. La majoria dels sistemes existents encara no són de processament en paral·lel, necessari per reproduir el procés cartogràfic tradicional. La utilització de *serial logical computers* i de llenguatges convencionals de *high order* han fet necessari el tractament seqüencial, que no és, com ja s'ha dit, el més habitual en les feines de generalització manual. En aquest procés les feines i les decisions són simultànies, i la tècnica informàtica no arriba mai a percebre el mapa com un tot, i fa necessari el procés seqüencial (Beard 1991:5).

La complexitat de les decisions que calen per poder fer el mateix que faria un cartògraf, o sigui, explotar el coneixement dels fenòmens geogràfics per poder representar-los de manera que sigui més fàcil extraure un SABER geogràfic d'aquesta representació, s'ha substituït de moment per l'ús d'algoritmes, però aquests s'han aplicat de manera aïllada sense tenir en compte el context. I és evident que això no pot igualar els resultats aconseguits per la cartografia tradicional. Per McMaster, citant Shea, en el nou entorn, les decisions que es prenen així com l'ordre influiran sobre els resultats; per exemple: no és el mateix aplicar una operació de suavitzar una línia abans o després d'analitzar el fenomen (McMaster, Shea 1992:3. Així mateix, la selecció dels tipus de processos que s'apliquen també intervé decisivament en els resultats. I és per això que l'explicitació del que no és verbalitzable, atès que la cartografia tradicional era un procés holístic, és el repte plantejat per l'automatització.

#### **2.4.1.1. En la cartografia manual: l'escola suïssa**

Entre les escoles tradicionals més conegudes, l'escola suïssa resalta pel que fa a les operacions i l'ordre en que intervenen en el procés de compilació i disseny del mapa.

La meticulositat de la cartografia suïssa té orígens diversos: la voluntat de l'exèrcit de tenir una "bona informació" d'un relleu complicat, junt amb un vessant cultural que veu en l'excursionisme i l'interès "d'observar" la natura una forma d'identitat.

La cartografia alemanya té molta relació amb l'escola suïssa, i en diversos moments intercanvien la seva posició com a centres *d'informació*. Els motors serien l'escola de Zuric i la de Hannover.

Per Hake, la generalització seria un procés regit pel contingut i la finalitat dels temes (Hake 1976:21). Hake pren d'Arnberger la proposta de mètodes de generalització (Arnberger 1966) següent:

- mètode selectiu (eliminació de totes les àrees per sota d'una grandària determinada)
- mètode individual, (agrupació de formes però conservant-ne la forma)

Per Spiess, la generalització suposa tenir en consideració un seguit de regles (Spiess 1982:104):

- conservar totes les formes que ntinguin almenys les dimensions mínimes
- destacar, triar, exagerar l'essencial i característic
- deixar de banda i "tirar cap al fons" allò que no és important o que és addicional
- simplificar les formes menys importants
- engrandir en comptes d'empetir les formes importants
- agrupar coses semblants sota un mateix traç

i, a més, saber donar igual importància als elements semblants en importància

A la publicació de la SKG hi ha un diagrama de fluxos, una pràctica habitual en els serveis cartogràfics, que permet especificar les funcions i l'ordre en què se succeeixen (Swiss Society, Cartography 1977:16). El procés es divideix en 5 passos per al disseny del mapa i la producció de l'original, de les quals en destaquem els tres primers per ser els relacionats amb el procés de generalització:

1- finalitat: estaria condicionada per l'escala, el material original, les condicions específiques de llegibilitat i la revisió.

2- generalització conceptual o del contingut (és necessari recordar que la publicació fa referència a la generalització topogràfica, que no es considera generalització).

3- realització gràfica on intervenen les funcions de simbolització i tria de color

Hake (1976), per la seva banda, distingeix diversos tipus de generalització:

- segons les categories declaratives cartogràfiques (*nach Kategorien der Kartographischen Aussage*)

- amb relació a l'espai o generalització geomètrica;

- amb relació al que és específicament substancial o generalització conceptual (classificació)

-segons la finalitat de l'aplicació:

- segons la generalització de l'objecte

segons els elements dels processos de generalització

- simplificació

- exageració

- agregació
- tria o selecció
- classificació, tipificació

#### 2.4.1.2 En la cartografia digital

És curiós que Brassel, que ha viscut el pas de la cartografia manual a la digital, quan tracta d'aquesta última comença per parlar de l'automatització, i la defineix com: racionalització (*Rationalisierung*), estandardització, simplificació, però també eliminació (*Verdrängung*) de l'individualisme de l'home per uniformització de la màquina. Situa aquestes qüestions en un context més filosòfic i les lliga a d'altres aspectes de la vida. Però, alhora, es pregunta si és realment possible que la vessant més creatiu (*Gestaltungsarbeiten*) de la cartografia, que és la generalització, i el del disseny (*Entwurfarbeiten*) puguin automatitzar-se, a diferència de la resta del procés cartogràfic on ho veu possible. Brassel resumeix les opinions formulades per diferents autors a la publicació de la societat cartogràfica suïssa. Semblen estar tots d'acord en això: la generalització cartogràfica és una forma gràfica (*graphishes Gestalten*) d'un mitjà de comunicació. Un modelitzador d'informació espacial en el qual s'intenta plasmar els fenòmens en la seva totalitat, alhora que la resta de fenòmens queden afectats per aquest fet<sup>17</sup>.

La qüestió canvia i es converteix en:

"The question, therefore, is not whether geographic information (in digital or analogue forms) should be made available at multiple levels of abstraction, but how it should be made available" (Müller et al. 1995:3)

La formalització del procés d'automatització en la cartografia ha passat per tres fases (Buttenfield, McMaster 1991).

La primera fase, que va de 1960 a 1975, es centra en el desenvolupament d'algoritmes, especialment per a la simplificació de línia. En el mateix període preval també l'èmfasi en la suavització d'imatges *raster*. En la segona fase, de finals dels anys 70 fins a finals dels anys 80 pren importància l'eficiència logarítmica i es tendeix a

---

<sup>17</sup> "...dass kartographischen Generalisierern ein graphisches Gestalten eines visuellen Kommunikationsmittels ist, ein Modellieren räumlicher Information, in dem ganzheitliche

veure els fenòmens de manera aïllada. En la tercera fase, l'actual, s'intenta formalitzar el coneixement cartogràfic a través de models comprensius, aplicant sistemes experts i tècniques *knowledge-based*. L'automatització, que ha de permetre la derivació a partir de dades de bases diverses i de formats diferents per a la representació i l'anàlisi a diferents escales "contínues", és així el veritable tema de recerca.

Per McMaster, el procés de generalització digital comprén diverses funcions o tasques com hem vist en els objectius a l'apartat 2.4.1, i consistent en la derivació d'una base de dades original cartogràfica codificada simbòlicament o digitalment. La generalització quedaria definida en funció del procés, de la manera com s'aconsegueixen els objectius així com per la finalitat.

La construcció d'un model conceptual obliga a identificar i aïllar regles que controlin el procés. Tot i que McMaster ha fet un treball important en aquesta explicitació de regles (que apareixen en el sistema en forma de llibreria de funcions), pot argumentar-se que, en el camp de la cartografia es desconeix l'aportació de l'escola suïssa, una successió de feines increïblement detallada, que aconseguia que, amb la normativa a la mà, dos cartògrafs generalitzessin de manera gairebé idèntica, encara que partissin de sistemes culturals i de percepció diferents. Sorprenentment, l'escola suïssa té qualitat estètica clarament superior a la d'altres escoles cartogràfiques i, alhora, compta amb un nivell de rigor tècnic i mètric immillorable.

"Automated generalization, like manual generalization, revolves around the following activities: simplification, displacement, exaggeration, combination, selection, classification, and symbolization. Whereas those activities are applied both to the graphic elements and the thematic content of maps, their involvement is not equally distributed. For example, simplification, displacement, and exaggeration are tools directed towards the manipulation of the graphic presentation of spatial objects, and their intervention is strongly but not exclusively motivated by legibility requirements. On the other hand, selection and classification affect primarily the thematic content of maps, and their involvement is prompted by the type of information which must be displayed. Hence, the former activities emphasize form, whereas the latter emphasize content. Those activities are strongly connected..." (Richardson, Muller 1991:136)

Els components del grup de Gisdata deixen clar el fet que un dels majors

problemes per poder automatitzar continua essent el procés d'adquisició i formalització del saber tant geogràfic com cartogràfic. L'opinió prevalent continua essent, de totes maneres, que la definició semàntica dels objectes i la formalització del saber geogràfic i cartogràfic són un prerequisit per resoldre els conflictes en la representació cartogràfica. (Müller et al. 1995:ix).

Joao considera que la tria del millor procés de generalització s'ha de fer a partir de la finalitat (*purpose*), de l'escala, del tipus de dades i de les necessitats de qualitat, i que hi ha d'haver, a més, un seguiment que avaluï els canvis que han sofert les dades (Joao 1991:500).

#### **2.4.2. L'intent d'automatització i estandardització del procés**

Ja s'ha dit que els esforços fets en els últims 20 anys s'han centrat principalment en el desenvolupament i l'aplicació aïllada d'algoritmes, especialment dissenyats per a fenòmens lineals, com assenyala Keller, però els sistemes han fallat per la complexitat del camp (*domain*), la manca de saber processual i estructural, la manca d'estratègies per a l'adquisició de saber, i finalment, per la inadequada adopció de les tècniques de sistemes basats en el saber (*knowledge-based systems*), que normalment repeteixen els mateixos errors dels sistemes experts de primera generació (Keller 1994).

L'automatització del procés de generalització es realitza formalitzant el saber de la generalització cartogràfica per mitjà de regles. La impossibilitat actual de definir el procés es deu al fet que l'execució de tasques no s'adapta a contextos de problemes dinàmics i mal estructurats. Això fa que els sistemes intel·ligents (*knowledge-based*) siguin prometedors, ja que permeten una aproximació més holística que no pas els sistemes experts. Hi ha intents de tirar endavant sistemes intel·ligents, però encara falta molta recerca en els aspectes cognoscitius per entendre com realitza un cartògraf les tasques de generalització i com les seqüència o simultanieja. A mig camí entre un sistema expert i un sistema intel·ligent, es troba el que Weibel anomena la "intel·ligència amplificada" (Weibel 1991) (vegeu capítol 2.4.3.1).

McMaster i Shea (1988), en un dels treballs precursors en aquest camp, estableixen la proposta de marc conceptual de treball, diferencien les tasques de

generalització segons els objectius que es pretenen (de tipus filosòfic, unes determinades aplicacions, de tipus computacional), i en funció d'això, adequen l'estratègia al problema que tenen davant.

#### 2.4.2.1 Pros i contres en cartografia tradicional per automatitzar les tasques de generalització

Dels qui han viscut el pas de la generalització manual a la cartografia digital, Brassel n'ha recollit els sentiments i els arguments, que comparteixen la majoria de membres de la SGK (Brassel 1990:38), els quals veuen gairebé impossible poder desenvolupar de manera automàtica la generalització cartogràfica.

Els raonaments utilitzats es basen en el següent:

- La generalització és un treball artístic que només es pot arribar a aprendre després d'anys de pràctica; les possibles imitacions fetes per màquines són de moment molt matusseres.
  - Amb l'automatització es perd la tradició de qualitat dels productes cartogràfics.
  - La generalització comporta un estudi aprofundit dels diferents elements del territori representat, una visió de conjunt i una presentació de la totalitat on intervenen molts factors, però no és possible automatitzar del procés de pensar.
  - Els algoritmes de computació són sempre regles de processament, i no poden mai avaluar les condicions especials d'ordenació dels fenòmens i els models; massa senzills, mai no podran representar la realitat.
  - Se sap massa poc sobre el procés de generalització. El procés és poc clar, subjectiu o mal definit. La fragmentació del procés en petits subprocessos pot suposar un pas, però no soluciona la necessària visió global.
  - Se sap poc sobre la lectura del mapa, la percepció del mapa (*Kartenwahrnehmung*) i l'extracció de contingut (*erfassen Karteinhalt*) a diferents escales. (*Intuitives Kartengestalten resultiert hier in besseren Produkten*)
- La generalització és la feina més interessant del cartògraf, ja que li fa ajuntar intuïció i coneixement de les formes (*gestalterisches Können gefordert*). L'automatització d'aquest procés amenaça l'existència d'aquesta professió i fa perdre llocs de treball.

En resum, la creativitat humana no podrà ser mai substituïda per una màquina, i, per tant, una imitació de la cartografia manual mai no serà possible. L'anàlisi dels



processos de la generalització restaria només com un repte intel·lectual, com una pregunta interessant per desenvolupar la recerca.

Els representants de l'escola americana (Robinson, Sale, Morrison) creuen que per l'ambigüitat del procés és difícil que una màquina pugui tant compilar la informació com elaborar la seva representació. Imhof també ho creu i, a més assenyala que hi ha un sentiment místic, que acompanya el cartògraf i que fa que aquest no pugui ser suplantat per una màquina, que no té ni el criteri ni la sensibilitat que només Déu atorga (Imhof, 1950). Beard proposa substituir l'habilitat del cartògraf per reconèixer els diferents tipus de regles que és necessari aplicar segons el context per limitacions del procés. Seria un sistema més flexible, uns controls de generalització com ara el propòsit del mapa, l'escala, la qualitat de les dades i els límits gràfics, que l'usuari podria establir:

“automation of a process typically requires the formulation and development of some well-defined and unambiguous rules, but cartographic generalization does not lend itself well to this endeavour. First, generalization has been traditionally been practised as an individual artistic skill and therefore incorporates subjective components which do not readily decompose into logical rules. Formalizing the subjective elements is difficult and tends to sacrifice unique and creative aspects of map making. A second impediment arises Rules effective for the generalization of one map type may not be effective for another. A third difficulty arises in responding to variation in the spatial and non-spatial characteristics of the geography being represented. Rules should be responsive to local context, considering the spatial and attribute relationships of neighborhoods of objects and not simply in isolation”. (Beard 1991:121)

La possibilitat de fer el procés més intel·ligent sembla de moment impossible i les esperances estan posades en “dades més intel·ligents” o que continguin més saber geogràfic.

“I am highly sceptically of both the philosophical underpinnings of the Artificial intelligence paradigm and the extent to which complex AI and expert systems strategies can be employed to generalize maps.” (M. Monmonier, 1991:189 MG )

Una de les possibilitats estaria en la entre nivells diferents com suggereix Brassel (1985)

#### **2.4.2.2 En la cartografia tradicional digital**

Els primers treballs teòrics sobre generalització cartogràfica són de Perkal (1966) i de Tobler (1966).

- Una primera època correspon a l'intent d'automatitzar el procés mitjançant l'aplicació d'algoritmes, de manera aïllada, no holística, a diferents objectes sense tenir en compte la mena de fenòmens o entitats a què corresponien en el món real. Els algoritmes de generalització d'objectes digitals per línia, són els primers que es fan servir, i molt menys importants són els algoritmes de generalització de punt i àrea en aquesta primera etapa (McMaster, Shea 1992).

Però des de sempre hi ha hagut un intent d'automatitzar el procés, i com és evident, el problema s'ha accentuat amb l'aparició de quantitats ingents de dades, la complexitat de les quals requereix eines més intel·ligents, com les representades per les *knowledge-based* i, en especial, els sistemes experts.

Weibel fa notar les diferents tendències que s'han evidenciat en els intents d'automatització del procés:

- La primera representa l'enfocament fenomenològic, que consisteix en l'increment de coneixement en els processos basant-nos en la comprensió, i va ser formulada per Mark a partir de les idees de Brassel i Weibel. (Mark 1989).

- Monmonnier proposa una solució, la interpolació entre bases de dades de diferents escales, i considera que les bases de dades geogràfiques són el reflex d'unes habilitats especials perquè han estat confeccionades a partir de mapes manuals ja generalitzats, i això ho recullen les bases de dades jeràrquiques de resolució múltiple

- Una altra tendència, definida per la descomposició de la generalització en processos interrelacionats, d'origen europeu, la representa Hake Hake 1976), citat per Weibel 1991, i el 1989 es represa per Shea i Mc Master (Shea, McMaster 1989:56), que presenten un marc de treball amb 12 operadors de generalització, que depenen, de 6 condicions.

Es fan passos cap a un procés sencer que aconselli com seqüenciar i que assenyali quines interdependències hi ha. Hi ha el treball inicial de Lichtner (citat per Weibel, 1991), que dóna una seqüència d'operadors per a la generalització de mapes cadastrals de gran escala. Els treballs posteriors de Nickerson (Nickerson 1988) i Weibel (Weibel 1989), també defineixen seqüències d'operadors. El 1991, Monmonier i

McMaster (citat per Weibel 1991:174) intenten dissenyar un model més comprensiu en aquest cas per, la generalització de línia. Mostren que les limitacions externes com ara la finalitat del mapa i l'escala fan variar la seqüenciació dels operadors.

Els primers sistemes posats en pràctica en aquest camp són els de Nickerson (Nickerson 1988), que permeten la generalització de fenòmens lineals topològicament estructurats (vectorials). Ofereixen una gamma d'operadors i permeten resoldre les interferències provinents d'operacions anteriors. L'escola de Hannover, representada per Powitz (1989), Meyer (Meyer 1986) i Lichtner (1979), es centra en la generalització dels mapes a escales 1:5 000 a 1:25 000. (Weibel 1991:173).

### 2.4.3. Cap a l'ús de sistemes basats en el coneixement (*Knowledge based*)

Lagrange i Ruas han definit quines són les necessitats en l'automatització de la generalització:

1) Identificar les propietats i les relacions entre objectes, i altra informació addicional. Aquestes propietats i relacions inclouen característiques geomètriques, topològiques, relacions espacials i propietats semàntiques que serien les que corresponen al *Structure Recognition*, de Brassel i Weibel (Brassel, Weibel 1988), i que permet incorporar el coneixement sobre el saber geomètric i estructural d'Armstrong (1991);

2) Aconseguir tècniques per trobar aquestes propietats en el conjunt de les dades

3) Trobar la millor formulació i modelització de les propietats i les relacions

Així, doncs, una necessitat bàsica de la generalització consisteix a conservar les propietats geomètriques, espacials i semàntiques “*while respecting graphic limitations which depend on symbolisation and the new spatial resolution*”, alhora que es representen les limitacions gràfiques dependents de la simbolització i de la nova resolució espacial. Lagrange, Ruas 1994:1104)

Per poder fer operatius els processos que s'han de seguir quan es generalitza, Armstrong proposa que els classifiquem segons el tipus de saber per al qual podem utilitzar-los.

“One approach to treating the complexity of a map generalization knowledge base is to decompose the problem of knowledge representation by forming a set of categories to

facilitate the collection, management, and application of knowledge about generalization.”(Armstrong 1991:88)

Anomenem *metaknowledge* el procés de dissenyar una determinada estratègia i *metaplanning* el procés d’aplicar aquesta estratègia a la resolució d’un problema (citats per Armstrong de Wah and Li 1989). I és aquest metasaber (*metaknowledge*) el que cal, en funció dels objectius, per realitzar determinades operacions que permetin prendre una sèrie de decisions cartogràfiques.

Els sistemes experts i les aplicacions d’intel·ligència artificial a l’automatització del mapa són la base d’aquests processos, pel *knowledge* que contenen, tal com assenyala Weibel (Weibel 1991:175) “Expert systems derive their power from the knowledge they contain, not from the particular formalisms and inference schemes they employ”. És, per tant, crucial que aquest saber es pugui formalitzar, i l’èxit consisteix directament en la possibilitat de poder integrar saber del domini públic, no necessàriament especialitzat (pràctiques corrents de generalització cartogràfica).

Weibel dóna, a més, una sèrie de raons per les quals és difícil de poder posar en pràctica aquests sistemes:

-1- És una nova tecnologia en el camp dels SIG/cartografia

-2- Com la generalització cartogràfica és un procés altament complex, pel seu component intuïtiu, no hi ha una manera molt clara d’avaluar el procés ni de respondre a la pregunta: què és una bona generalització?.

-3- Els resultats procedents de la recerca sobre la percepció del mapa no donen cap resposta general satisfactòria al problema, com assenyala Spiess (Spiess 1990), ja que el significat dels elements del mapa depèn d’una multitud de factors de tipus cultural i econòmic (Muller 1989)

-4- Els cartògrafs (que són els experts en generalització) treballen de manera intuïtiva, holística, i els és difícil poder descompondre el procés de treball en una sèrie d’operacions i de passos, a diferència del que succeeix en camps com la química i d’altres.

-5- Els cartògrafs no són partidaris de contribuir al saber de sistemes que són clarament inferiors quant a la realització de tasques.

-6- Hi ha una distància mental entre els enginyers informàtics i els cartògrafs tradicionals.

I les conclusions de tots aquests punts serien en primer lloc que, s’han de

combinar sistemes *knowledge-based* i tècniques algoritmiques i, en segon lloc, que els mètodes dels sistemes experts convencionals i els de *knowledge engineering* per a la generalització cartogràfica s'han de reemplaçar per estratègies que permetin l'adquisició d'un saber més estructurat.

Els sistemes basats en el coneixement o els sistemes experts són una part de la intel·ligència artificial i representen la primera i la segona generació, respectivament. La primera generació emmagatzemaria saber, i s'hi pot aplicar l'interpret universal, ja que està codificat segons el tipus de saber.

En el camp dels sistemes basats en el coneixement (*knowledge-based acquisition*) hi ha una evolució als sistemes cooperatius, que són sistemes heterogenis híbrids i *Decision Support Systems*. I en aquesta línia es troben els *cooperative problem-solving systems*, que tenen les possibilitats d'un sistema híbrid, o sigui, que combina un sistema expert tradicional amb una xarxa neuronal. És el que, per exemple, presenta Keller a partir de la recerca que fan els sistemes basats en el saber (*knowledge-based*) amb el mètode de *case-based reasoning and learning*, que sembla adaptar-se molt bé a les necessitats de representacions adequades i de les tècniques d'adquisició de saber en la generalització cartogràfica (Keller 1994:119). Aquestes tècniques són utilitzades també per a d'altres camps de la *computational intelligence*, com ara les xarxes neuronals, que poden permetre resoldre problemes de la generalització cartogràfica.

#### **2.4.3.1. Sistema d'intel·ligència amplificada**

L'estratègia representada pel que s'anomena *amplified intelligence* prové del programa del Stanford Research Institute (Engelbart 1962) sobre desenvolupament i ús de *high level tools* per incrementar les habilitats dels experts, que més tard Apple va incorporar en el desenvolupament del "ratolí interactiu" (Apple Computer 1987). També té relació aquesta estratègia amb el *Decision Support System*, ja que la possibilitat de controlar de manera interactiva els procediments s'adequaria a la generalització cartogràfica millor que no pas les solucions mecanicistes.

La intel·ligència amplificada parteix de la idea que els humans realitzen millor

les feines on es necessita un raonament holístic mentre que les màquines són millors per resoldre feines repetitives. I, per tant, el sistema resoldria un problema conjuntament amb un expert a través del control visual del procés. Les funcions que suggereix la màquina són acceptades o no per l'humà, i aquestes operacions són equivalents als operadors de generalització que proposen Shea i McMaster (Shea, McMaster 1989). Els operadors actuals de generalització es basen, en principi, en els procediments d'algoritmes existents, però no són prou robustos quan s'actua en un sistema interactiu que no treballi en o mode seqüencial. Weibel dóna com a exemple els potents programes de retoc de fotografia (per exemple, Adobe Photoshop).

Weibel suggereix un pas intermedi, un cop ha constatat que no es pot dissenyar immediatament que parteix del fet de que degut a la impossibilitat immediata de poder dissenyar un autèntic sistema expert amb el processament basat en l'enteniment "processing based on understanding". A causa de la falta de comprensió sobre els processos de la generalització cartogràfica, proposa una interacció de la màquina, que presenta una sèrie d'eines, i l'usuari. Aquesta solució porta cap als sistemes experts i té l'avantatge que permet desenvolupar eines més adequades al treball productiu i permet analitzar quines són les funcions utilitzades pels experts (Weibel 1991:172).

El concepte d'"*amplified intelligence*" intenta resoldre la debilitat dels enfocaments basats en la decisió deixada a l'usuari sobre el millor algorítme que ha d'aplicar, i ho fa mitjançant la incorporació de saber i, a més, un enfocament estructurat per a l'adquisició d'aquest saber.

Quan analitza algunes de les capacitats que ha de posseir un sistema amplificat d'intel·ligència, Weibel es basa en les de la interfície gràfica per a l'usuari d'Apple, que neix en els anys 70 i és la primera de moltes altres que fan servir: el "desktop metaphor", icones i menús per Apple (1987) especifica que, per dissenyar-la, es van fonamentar en els següents principis: metàfores del món real, manipulació directa pels usuaris, "veu-i-assenyala" (en lloc de "recorda i tecleja"), consistència semàntica, WYSIWYG (*what you see is what you get*), control per part de l'usuari, diàleg amb l'usuari, i integració funcional dels aspectes estètics.

L'automatització de la generalització requereix una intervenció de l'usuari, en l'anomenada intel·ligència amplificada basada en:

- Una interfície amigable.

- Eines de visualització multifinestra.
- Un programari d'edició que contingui un conjunt d'eines vectorials i *raster*.
- Un conjunt d'eines de les funcions cartogràfiques.
- Una transformació d'atributs espacials, la funció específica de generalització

que equival al nivell conceptual de decisió que posseeix un cartògraf en el disseny i que correspon als operadors de Shea i McMaster (Shea, McMaster 1989)

- Mesures analítiques, una bona capacitat de retroacció, pensada en primer lloc per al càlcul i la presentació d'informació estadística, que es pot utilitzar a través de l'assessorament de les condicions que calen per generalitzar.

- Mecanismes per prendre decisions.

Armstrong i Bennet (1990) utilitzen el terme *metaplanner* per anomenar una interfície d'un sistema que permet l'adquisició de saber per generalitzar quan els objectius no explícits de generalització s'utilitzen per crear escenaris en forma de mapes.

#### **2.4.3.2. Processament en paral·lel (*Parallel computation*)**

La generalització cartogràfica sembla molt adequada per utilitzar els sistemes experts, a causa de les possibilitats que tenen aquests models alternatius de reproduir el component holístic i altament visual del procés manual. En general, els problemes espacials presenten dificultats quant a la seqüenciació dels seus processos i, a més, l'enorme volum de les dades espacials agreuja el coll d'ampolla de Von Neumann. Langran proposa adoptar una actitud creativa i no resignar-se al model de von Neumann, i afirma, citant Gelernter (1987), que una nova manera de pensar pot portar a resoldre els problemes d'una altra manera i, citant a Backus (1978), que el coll d'ampolla de Von Neumann és també un coll d'ampolla intel·lectual que ens obliga a adoptar la manera de pensar d'una "paraula darrere una altra".

Com que hi ha dificultats en l'automatització dels processos cartogràfics s'ha de veure, la possibilitat d'utilitzar, no pas un sistema basat en el model d'un processador únic o Von Neumann (que consisteix en un processador únic, un lloc on emmagatzemar les dades i un conducte que transfereix les dades entre el processador i el magatzem i les emmagatzema en petites unitats), sinó un de basat en el processament en paral·lel, que permeti doncs el processament simultani. La majoria de llenguatges de programació s'han basat en aquest model de processador únic. Però això no hauria de

ser així, ja que, si els llenguatges de programació són l'expressió dels models de programari, llavors han de seguir el desenvolupament d'aquests models que són apropiats per a determinats problemes.

Muller ha presentat l'aplicació d'una Estratègia de processament en paral·lel distribuït per seleccionar els elements que han d'intervenir en el mapa, a través de xarxes neuronals (Muller, Zeshen 1992:230). Aquesta selecció tindria en compte la selecció conceptual que fa un cartògraf amb experiència, i, per tant, simularia la manera de prendre decisions i també les decisions sobre el tipus de mapa que requereix un determinat fenomen geogràfic i no pas un altre. Les xarxes neuronals supervisades estan basades en sistemes de processament paral·lel que semblen ideals per al processament de la generalització i, en especial, per a l'operador de la generalització corresponent a la selecció. Aquestes xarxes es basen en la idea que la millor manera d'executar tasques que necessiten "intel·ligència" és la d'imitar el cervell humà.

La informació s'enregistra directament a la bases de dades i, a la vegada, aquestes bases de dades contenen més i més informació que no prové de la digitalització de documents i que no és derivada de representacions cartogràfiques. Aquest és un fet clau, ja que comporta la desaparició de l'escala. I no solament de la escala de representació sinó també del concepte de nivell d'escala adequat per poder entendre i analitzar un fenomen o un procés geogràfic. Per aquest fet, moltes vegades es prefereix digitalitzar de nou una informació més que no pas derivar-la d'una base de dades, ja que la desconexió de l'escala de representació adequada converteix el procés de treball en redundant.

La teledetecció, que intervé en l'entrada de dades en els SIG, té una sèrie d'avantatges sobre la cartografia, ja que, pel fet de ser una tècnica nova, es permet d'utilitzar nous procediments, cosa que no passa en el camp de la cartografia, on encara preval la discussió sobre la conveniència o no d'imitar els procediments manuals. L'usuari d'un sistema i el de l'altre també són diferents. La realització d'un producte cartogràfic a partir d'una base de dades és portada a terme per un programari que està a l'abast de qualsevol usuari, mentre que la realització d'un mapa a partir de dades remotes no ho està. En realitat, actualment, no hi ha cap gran diferència pel que fa la dificultat real, de manipular un sistema o l'altre, per exemple, un usuari s'atreveix a fer un mapa de punts, i no a fer un mapa temàtic a partir d'imatges de radar (la perversió



total sorgeix en les mateixes imatges de satèl·lit, que la majoria del públic creu que són fotos). La diferència es troba en el tractament de la informació, i aquí es defensa que deixar de banda la derivació del model cartogràfic representa deixar de banda diverses inèrcies en el procés de confecció del mapa i haver de replantejar-se el problema a un nivell més abstracte, tal com ho ha fet la percepció remota.

El major obstacle formal en el moment de començar a treballar precisament que el que és vist per l'usuari com a més atractiu (el fet "il·lusori" de tenir les dades espacials com a punt de partida en els sistemes d'informació geogràfica, que els dona un aire de "credibilitat"), sigui, en realitat, el punt que presenta més problemes.