

EINES DE GENERALITZACIÓ AUTOMÀTICA UTILITZADES A L'INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA

Blanca Baella
Maria Pla

Institut Cartogràfic de Catalunya
Parc de Montjuïc
E - 08038 - Barcelona
Telèfon: 4252900; FAX: 4267442

Resum

Les aplicacions de generalització pretenen aprofitar les dades digitals d'una base de dades numèrica per a la generació automàtica, o quasi automàtica, d'altres bases o mapes a escales inferiors.

Des de l'any 1993, l'Institut Cartogràfic de Catalunya ha analitzat alguns paquets comercials de software de generalització cartogràfica. Aquesta anàlisi ha permès avaluar la seva funcionalitat; quantificar, de manera aproximada, l'estalvi que suposa utilitzar aquest tipus de software; i, finalment, delimitar les condicions en què pot ser utilitzat. S'ha treballat també en el desenvolupament d'algorismes de generalització.

Durant l'últim any s'ha iniciat la implementació d'eines de generalització en els processos de producció cartogràfica.

1 Operadors de generalització

Els següents operadors inclouen les transformacions bàsiques d'un procés de generalització:

1.1 Classificació

Agrupació d'elements que tenen classe o atributs similars per a la creació d'una nova classe o d'un nou atribut representat per un nou símbol.

1.2 Selecció i eliminació

Reducció del nombre d'elements. Aquesta operació pot tenir en compte el tipus de l'element, la classe o els atributs; o bé la mida.

1.3 Agregació

Combinació d'elements per a la creació d'un nou element. Si són elements propers s'anomena amalgamació; si són adjacents, s'anomena fusió.

1.4 Tipificació o estructuració

Reducció de la densitat i el nivell de detall d'un grup d'elements mantenint la distribució de la forma representativa i la impressió visual del grup inicial. Es pot aplicar a elements poligonals, lineals i puntuals.

1.5 Simplificació

Eliminació de detall innecessari d'una línia o d'un contorn de polígon, sense destruir la seva forma essencial. Es

diferencia la simplificació d'elements lineals, de la que s'aplica a les edificacions.

1.6 Col·lapse (de línies o d'àrees)

Reducció de les dimensions d'un element o de la representació de la seva extensió espacial, així per exemple un polígon pot passar a una línia o a un punt.

1.7 Exageració

Increment de l'extensió espacial en totes les direccions de la representació d'un element amb el propòsit de fer-lo més llegible. Si s'aplica a línies s'anomena amplificació, si s'aplica a àrees s'anomena dilatació.

1.8 Caricatura

Exageració només en una direcció o direccions predeterminades.

1.9 Resolució de conflictes

Detecció i correcció de conflictes entre elements. Generalment s'apliquen desplaçaments per a reposicionar els elements per ajustar-los als paràmetres de les especificacions cartogràfiques.

1.10 Refinament estètic

Modificacions de la geometria d'un element per millorar la impressió visual i assegurar la seva adaptació a la realitat.

2 Generalització automàtica: funcionalitat i mancances

Alguns d'aquests operadors estan incorporats a la majoria de paquets comercials: selecció i eliminació, simplificació, tipificació, agregació, col·lapse o detecció de conflictes.

Generalment també s'hi inclouen eines de millora de la representació cartogràfica, que no són pròpiament eines de generalització: suavització, extensió dels límits, orientació de símbols, escalat de símbols i textos o ortogonalització.

Un dels problemes que presenta el software comercial és la falta de processos per a resoldre els casos de classificació, exageració, caricatura o desplaçaments en el cas de conflictes.

També presenten problemes derivats del fet de treballar amb estructures de dades que no tenen en compte les relacions topològiques entre elements (Figura 1, Figura 2 i Figura 3); o que no estan prou classificades, aquest aspecte incideix per exemple en la selecció de les cotes altimètriques (Figura 4).

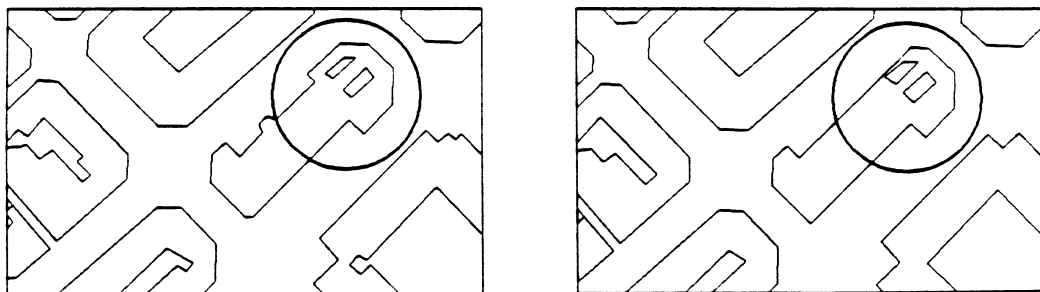


Figura 1: Els contorns exteriors dels polígons i els seus forats es simplifiquen independentment, el forat pot quedar massa proper al contorn exterior o, fins i tot, exterior al polígon.

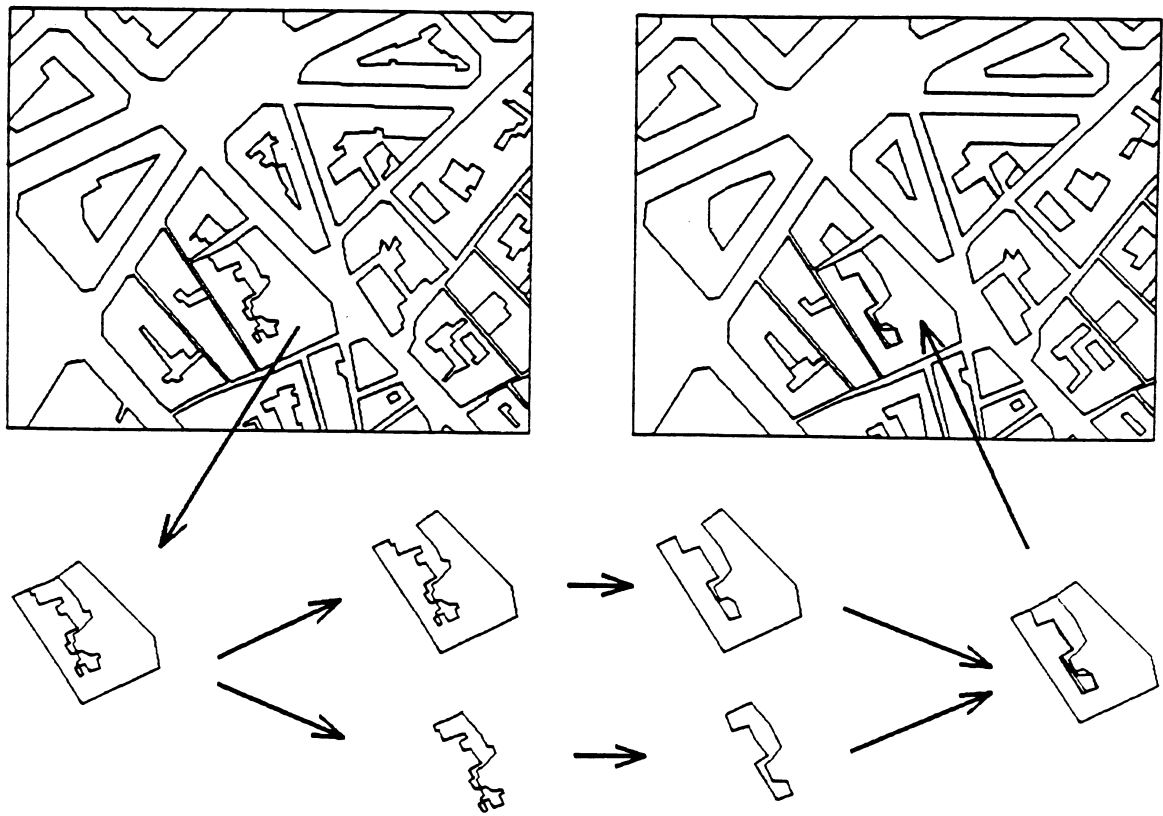


Figura 2: Les línies compartides entre polígons es simplifiquen de manera diferent per cada polígon, per tant el resultat final no manté l'element compartit.

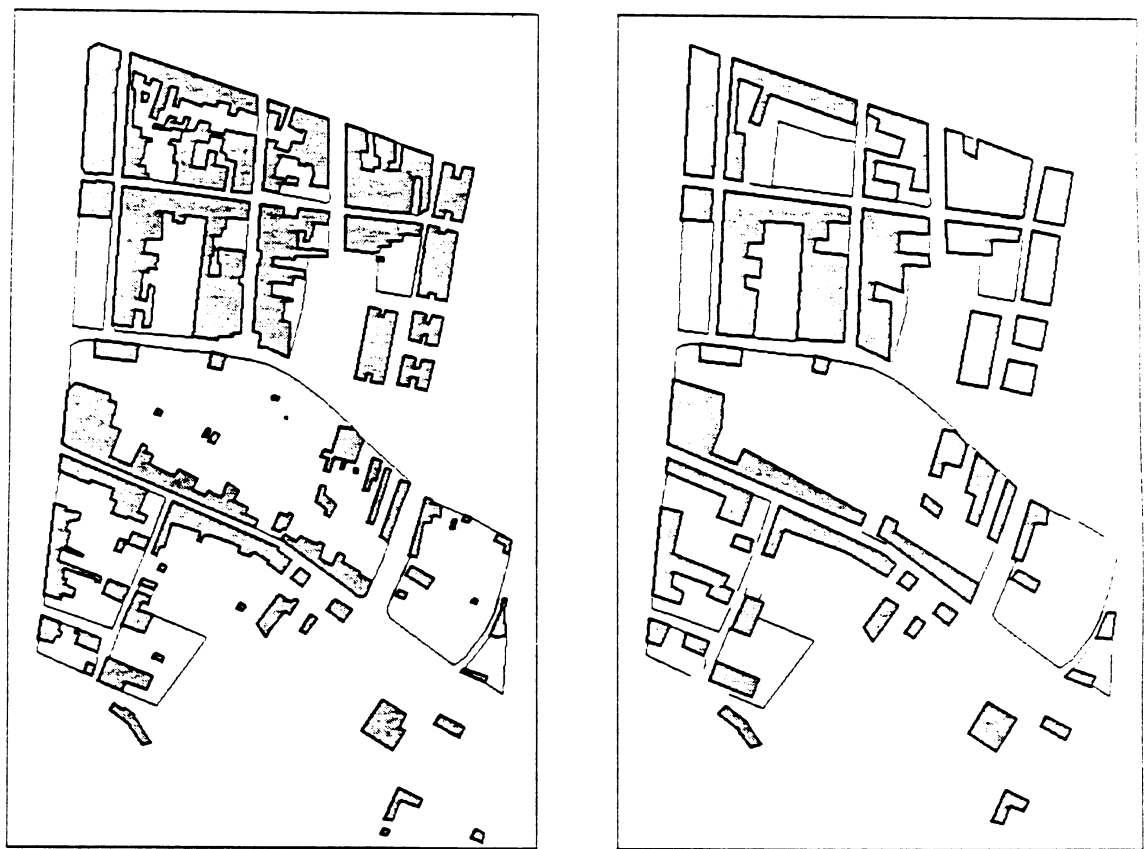


Figura 3: Les connexions entre elements de tipus diferent no es mantenen després de simplificar.

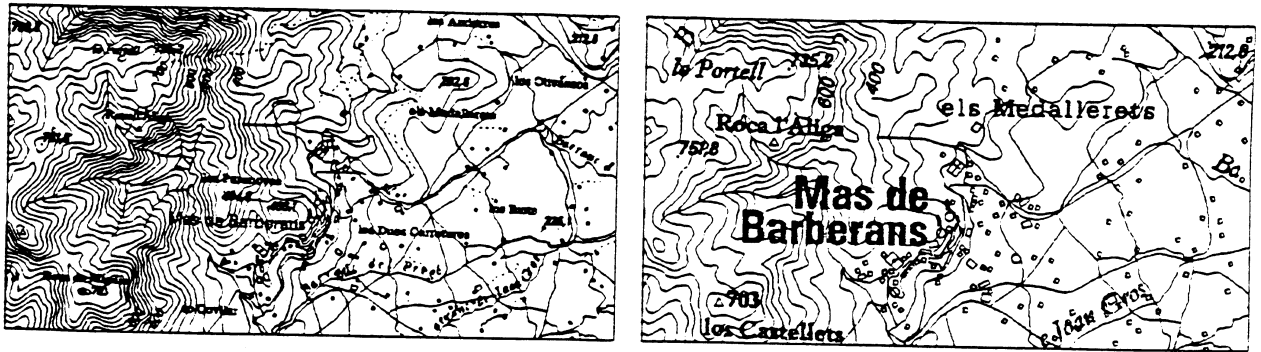


Figura 4: L'exemple mostra la mateixa zona d'un mapa, a l'esquerra a escala 1:50.000, i a la dreta a escala 1:100.000 obtingut per generalització automàtica. La selecció de cotes alimètriques es va realitzar manualment.

La falta de jerarquia de la xarxa hidrogràfica o la classificació molt pobre de la xarxa viària dificulten o fan pràcticament impossible la generalització d'aquest tipus d'elements.

La majoria d'operadors estan basats només en la geometria. La incorporació de dades addicionals permetria en alguns casos aplicar operadors més intel·ligents. Un exemple el tenim en l'agregació d'àrees (Figura 5).

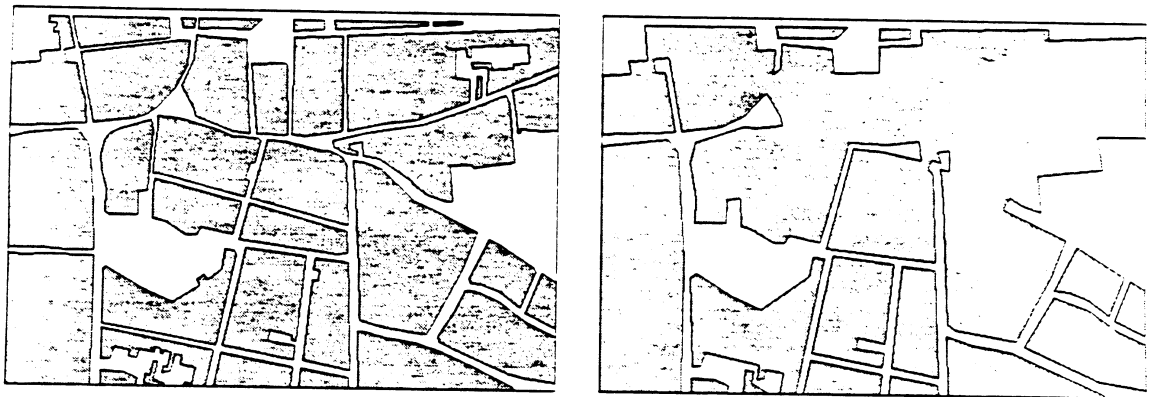


Figura 5: L'agregació d'àrees que es mostra a la figura només té en compte la geometria dels polígons, és a dir l'amplada dels carrers. En els nuclis urbans europeus, l'amplada del carrer no sempre és proporcional a la importància i per tant pot ser que calgui mantenir un carrer estret i eliminar-ne, per agrupació, altres més amples.

I finalment, un altre aspecte problemàtic és el derivat de mancances dels algorismes o del mateix desenvolupament dels algorismes (Figura 6 i Figura 7).

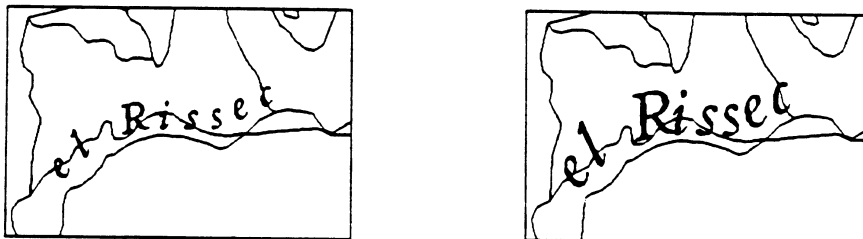


Figura 6: El resultat d'escalar el text caràcter a caràcter i no tractar-lo conjuntament és la superposició de caràcters i la il·legibilitat del text.

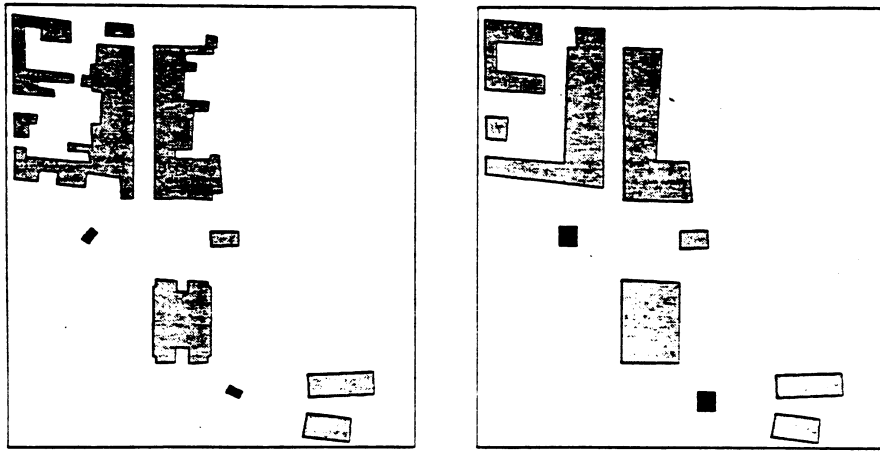


Figura 7. El col·lapse d'àrea a punt sense tenir en compte l'angle de col·locació del símbol que representa el punt, suposa una pèrdua d'informació respecte les dades originals.

Algunes eines són imprescindibles per a la preparació de les dades abans d'engegar processos de generalització, i generalment no estan incloses en els paquets de software de generalització: encadenament de les línies (Figura 8); strokejat de corbes, cercles i arcs per elements lineals amb prou vèrtexs; modificació de les xarxes lineals (Figura 9); la segmentació (Figura 10); o la generació de polígons.

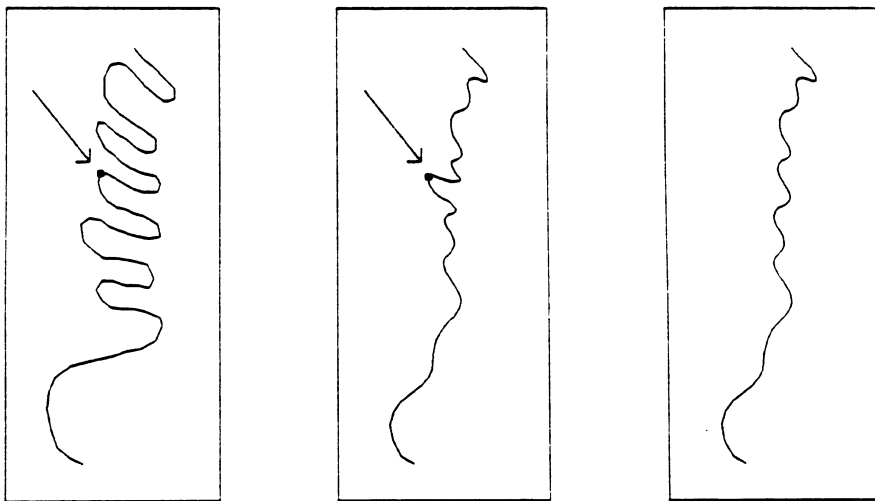


Figura 8: A l'esquerra es mostren les dades originals, al centre el resultat d'una generalització sense encadenar els elements, i a la dreta la mateixa generalització encadenant-los prèviament.

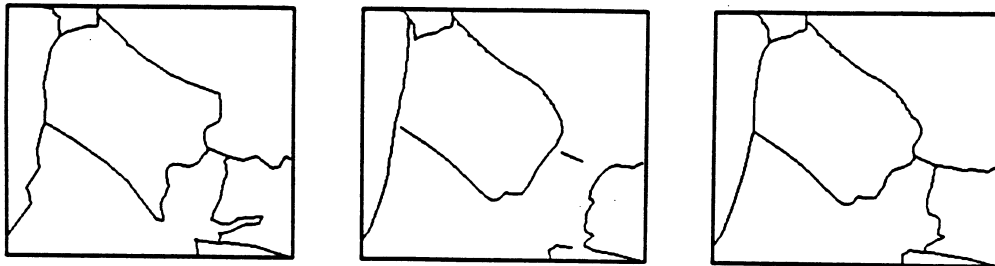


Figura 9: A l'esquerra es mostren les dades originals, al centre el resultat de la generalització sense modificar els elements, i a la dreta la mateixa generalització modificant-los prèviament.

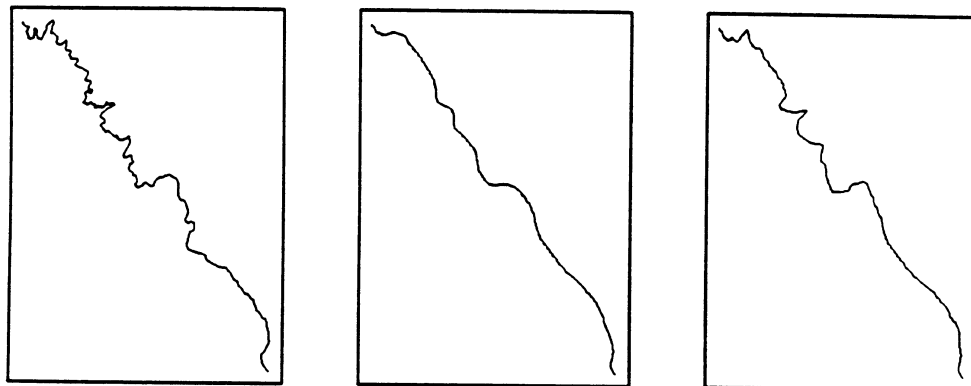


Figura 10: A l'esquerra es mostren les dades originals, al centre el resultat d'una generalització amb els mateixos paràmetres sobre tot l'element, i a la dreta el resultat d'una generalització amb paràmetres adaptats al tipus de textura de cada tram, obtingut per un procés de segmentació prèvia.

Les eines de generalització automàtica permeten estalviar una part del procés manual, però no eliminar-lo completament, ja que, com hem pogut veure, encara resten una gran quantitat de problemes que els processos automàtics no poden resoldre. Un dels típics problemes de generalització que cal resoldre manualment és el conflicte per sobreposició o proximitat dels elements, encara que la majoria de paquets comercials proporcionen eines per a detectar-lo com es mostra a la Figura 11.

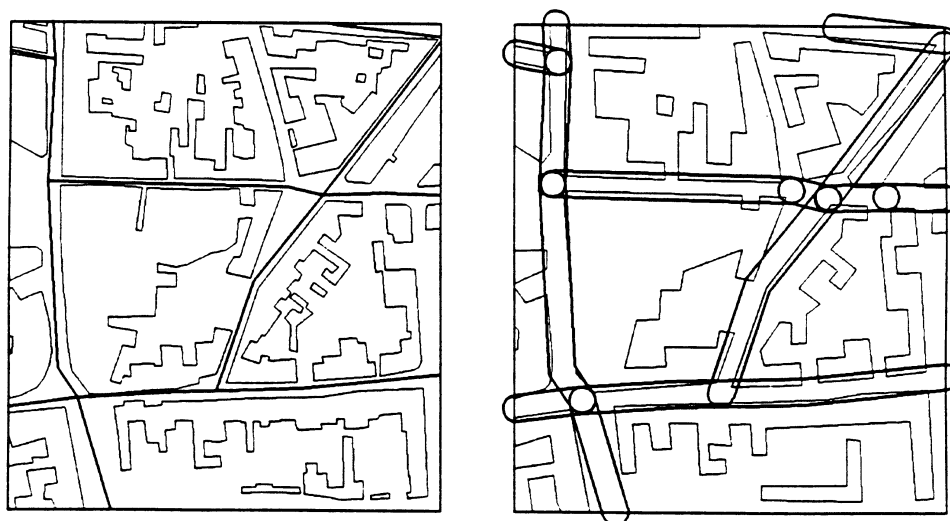


Figura 11: A partir dels eixos dels carrers (esquerra) es generen les bandes (dreta). La intersecció de les bandes amb els polígons d'edificacions ja generalitzats permet detectar els conflictes.

3 Software de generalització avaluat a l'ICC

En el software comercial es troben dues propostes d'operació, la generalització interactiva amb assignació de paràmetres locals dins de l'arxiu adaptats a les característiques de les dades, i la generalització offline amb assignació de paràmetres globals per a tot l'arxiu. El primer és més proper a la generalització manual, el segon facilita l'optimització del procés quan els paràmetres estan molt ben definits globalment. Els productes comercials que s'han avaluat a l'ICC són Map Generalizer i CHANGE.

3.1 Map Generalizer

És un producte d'Intergraph, que funciona sobre la plataforma UNIX (CLIX) amb els productes MicroStation de Bentley i MicroStation GIS Environment (MGE) d'Intergraph. Treballa amb dades vectorials 2D i 3D, amb o sense base de dades alfanumèrica associada.

És un exemple d'operació interactiva que permet decidir a l'usuari quin operador i quins paràmetres s'usaran per cada tipus de dades, a la vegada que s'usen processos digitals per a la generalització. La idea és anar emmagatzemant tota la informació que aporta l'usuari (paràmetres, condicions i fases del procés) per usar-la més tard en zones de complexitat anàloga; podria ser un primer pas per crear un sistema d'intel·ligència artificial que adquirís coneixements així que va processant.

En les últimes versions s'han proporcionat també eines d'operació offline. Les eines que proporciona són customitzables, per optimitzar els fluxos de producció i minimitzar els errors de procés.

Proporciona operadors per a la generalització de gairebé tots els elements que conté un mapa, i no hi ha restriccions d'escala per a l'ús dels diversos operadors. Hi ha també eines per a la detecció de conflictes entre elements.

3.2 CHANGE

És un producte desenvolupat per l'Institut de Cartografia de la Universitat de Hanover, que funciona sobre VMS. o UNIX. Sobre VMS treballa amb el producte PHOCUS, sobre UNIX cal utilitzar directament el format intern a través de traductors desenvolupats per l'usuari. Només pot manejar dades vectorials 2D, amb o sense base de dades alfanumèrica associada.

És un exemple d'operació offline.

Està estructurat en tres mòduls, un per a la generalització d'edificis, un per a la generalització de xarxes lineals i un altre per a la detecció d'errors.

La generalització d'edificis és vàlida per escales superiors o iguals a 1:50.000, i no és convenient reduir l'escala un factor superior a 5; els resultats dels operadors de simplificació de contorns d'edificis són els millors de tots els que s'han obtingut automàticament amb els productes comercials. La generalització de xarxes lineals no té restriccions d'escala.

3.3 Altres productes

Un altre producte comercial que no ha estat avaluat però que també presenta algunes funcionalitats de generalització automàtica és ARC/INFO, més enfocat als problemes de representació d'un GIS i sense entrar en detalls molt específics per a l'obtenció de productes cartogràfics d'alta qualitat.

La majoria de productes tenen incorporades eines per a la simplificació de línies. Alguns productes aprofiten la substitució de polylines per elements de tipus b-spline o similars per aconseguir optimitzacions d'espai o simplificació les dades sense afectar la qualitat de sortida.

3.4 Software desenvolupat a l'ICC

Encara que s'ha treballat en el desenvolupament d'alguns operadors de generalització, l'esforç més important s'ha realitzat en el desenvolupament d'eines d'ajuda a l'edició i que poden aplicar-se en les fase de generalització manual.

Entre els primers es poden citar, per exemple, la generació d'eixos a partir dels marges de camins o de canals, el col.lapse d'àrees a punts mantenint la orientació, i la generalització de les dades de toponímia a diverses escales.

Algunes de les tasques d'ajuda a l'edició, que s'han vist optimitzades amb els processos desenvolupats a l'ICC, són encadenar, nodificar, strokejar, poligonar, generar bandes per a detectar conflictes, detectar àrees mínimes,

alinejar agrupacions d'edificis seguint un carrer, alinejar símbols al llarg d'un eix i ortogonalitzar.

4 Projectes realitzats on han intervingut processos de generalització automàtica

El primer projecte on es va plantejar la possibilitat d'usar processos de generalització automàtica va ser l'obtenció de mapes topogràfics de Catalunya a escala 1:25.000, a partir del Mapa Topogràfic de Catalunya a escala 1:5.000 del qual es disposava del recobriment de tot el territori. Els dos problemes que van fer impossible de dur-lo a terme van ser la desactualització de les dades i els problemes derivats d'una estructura de dades massa senzilla. Per resoldre el problema de la desactualització calia revisar amb restitució fotogramètrica la major part del territori, cosa que endarreriria considerablement la finalització dels mapes 1:25.000, ja que obligatòriament els col·locava darrera l'actualització del MTC 1:5.000. A la gran quantitat de temps d'actualització s'hi afegia el temps necessari per a modificar l'estructura de les dades a fi de poder optimitzar els processos de generalització automàtica. Ambdues causes van desaconsellar l'ús de la generalització i es va optar per fer una restitució específica per als mapes 1:25.000. De totes maneres l'estudi va permetre detectar les mancances de l'antiga estructura de dades i determinar les característiques que ha de tenir un model de dades per a garantir, entre altres coses, l'automatització de processos de generalització.

El primer projecte on s'han utilitzat processos de generalització automàtica ha estat l'Atlas Universal. Per a l'elaboració d'aquest projecte s'han usat diverses fonts de dades digitals i ha dut molta feina la homogeneïtzació, la correcció, l'actualització i l'adaptació a les escales de sortida. Els algorismes que s'han utilitzat han estat bàsicament la simplificació de línies i de contorns de polígons.

Un altre projecte ha estat el Mapa de les Terres de l'Ebre 1:100.000, obtingut a partir del Mapa Topogràfic de Catalunya 1:50.000 publicat per comarques. En aquest projecte s'ha utilitzat software MGMG d'Intergraph i software desenvolupat a l'ICC. S'han utilitzat simplificadors i suavitzadors per a les línies, tipificadors de grups de símbols, escalats de símbols i topònims i detectors d'àrees mínimes.

Un altre projecte on s'han usat puntualment processos de generalització cartogràfica han estat el Mapa de la Diputació de Barcelona a escala 1:350.000, obtingut del Mapa Topogràfic de Catalunya 1:250.000. Es van simplificar línies, tipificar conjunts de símbols, i es va escalar la toponímia i la simbologia puntual.

En tots els projectes anteriors s'ha optat per processar les dades en operadors offline, no interactius, i realitzar la generalització manual amb eines estàndard d'edició interactiva. De moment no s'han utilitzat les eines interactives de generalització automàtica.

5 Estalvi que suposa utilitzar processos de generalització cartogràfica

L'avaluació de l'estalvi que suposa la utilització de processos automàtics de generalització cartogràfica és difícil de realitzar ja que caldria disposar de recursos suficients per a generar un producte amb les dues metodologies, amb i sense generalització, i després fer la comparació. De tota manera intentarem presentar alguns exemples de les conclusions a que hem arribat, que no són xifres concretes però que poden donar una idea aproximada de l'estalvi que se'n pot obtenir.

Cal partir de la idea de què la generalització automàtica, en l'estat en què es troba actualment, és només una ajuda per a l'obtenció de mapes, i requereix sempre d'una part molt important de generalització manual.

El grau de generalització manual depèn de moltes variables. Vegem-ne algunes. Com més gran sigui la diferència entre l'escala original i l'escala final més mancances presentaran els processos automàtics, i més conflictes s'originaran; no és el mateix passar d'una escala 1:50.000 a una escala 1:80.000 que a una escala 1:100.000. El nivell d'acceptació dels resultats automàtics pot dependre també del tipus de mapa; no es el mateix generalitzar unes dades que apareixen com a informació de fons com unes dades que apareixen com a informació temàtica, i per tant el grau de generalització manual també serà diferent. La qualitat o la classificació de les dades originals determina en gran manera la bondat dels resultats de la generalització automàtica; així, per exemple, per sota de certa qualitat de la digitalització original no es poden ni aplicar operadors de simplificació i per tant cal fer tota la simplificació manualment, o amb un classificació pobre de les dades originals cal aplicar els processos de selecció manualment sobre cada element. El tipus de simbolització determina també el grau de generalització que cal aplicar a un mapa i per tant, la quantitat de generalització manual que es requerirà.

6 Conclusions

Els problemes que ha de resoldre el cartògraf durant el procés de generalització es poden classificar en diversos tipus: geomètrics, topològics, de relacions no espacials, etc. La classificació ajuda en les etapes inicials de l'anàlisi, però la implementació d'un procés automàtic de generalització ha de ser global. Les eines actuals aporten solucions a la part geomètrica, però encara no hi ha solucions per als problemes de topologia o de relacions no espacials. Convé estudiar a fons quines són les causes de la dificultat en la implementació de solucions globals; és probable que es trobin fora del camp estricte de la generalització i estiguin relacionades amb el disseny de models de dades prou complexos per suportar aquest tipus d'informació.

Tot i que les eines són limitades i que el volum de feina de generalització manual continua essent molt important, l'experiència de l'ICC és un exemple de que el software de generalització automàtica afegeix una ajuda no gens menyspreable en el procés global de generalització.