

La teledetecció al servei del coneixement del territori de Catalunya

per Roman Arbiol

La teledetecció per satèl·lit va néixer a finals dels anys 60, quan es va complir el somni tecnològic de portar un home a la Lluna. Després d'aquesta fita l'entusiasme de la gent per la "conquesta de l'espai" (i per tant, les assignacions pressupostàries) es va veure reduït de manera dràstica. Els directors dels programes espacials es varen veure abocats a trobar noves aplicacions interessants, accessibles i de baix pressupost per tal d'aprofitar la infraestructura creada. Un dels projectes que va tenir sortida va ser el dels satèl·lits d'estudi de la Terra.

Roman Arbiol (Barcelona, 1955) és llicenciat en ciències físiques per la Universitat de Barcelona. Actualment és analista i cap de projecte al Centre de Càlcul de la Univ. Politècnica de Barcelona.

24 (24/Vol. 4/gener-febrer 84)

ciència 34/35

Història:

De bon principi, els investigadors que desitjaven fer un estudi de la superfície de la Terra es veien obligats a anar físicament al terreny i estudiar-lo *de visu*, amb les lògiques limitacions a l'àrea abastable per un home. L'avió va ésser un gran pas endavant, perquè tractant les fotografies aèries hom podia estudiar un tros força gran de terreny. Evidentment, no tot eren avantatges: les turbulències atmosfèriques, creades en part pel moviment mateix de l'avió, tenien força influència en la qualitat de la imatge, al mateix temps que el cost de cada foto sortia relativament alt.

El satèl·lit va fer, en aquest camp, una petita revolució: les seves imatges es veien poc afectades pel moviment del satèl·lit, car aquest és lluny de l'atmosfera i de les seves pertorbacions, comprenia una notable quantitat de terreny en cada imatge (180x180 km²), transmetia la imatge de manera digital (en forma de nombres) potenciant el tractament mitjançant l'ordinador, i, sorpresa, el preu per imatge sortia relativament baix perquè la forta inversió inicial es distribuïa en un nombre molt elevat d'imatges.

Aquestes característiques i la facilitat amb què la NASA va posar en mans dels investigadors les imatges dels satèl·lits de la sèrie LANDSAT van afavorir l'aparició de nombroses aplicacions per aquestes imatges: con-

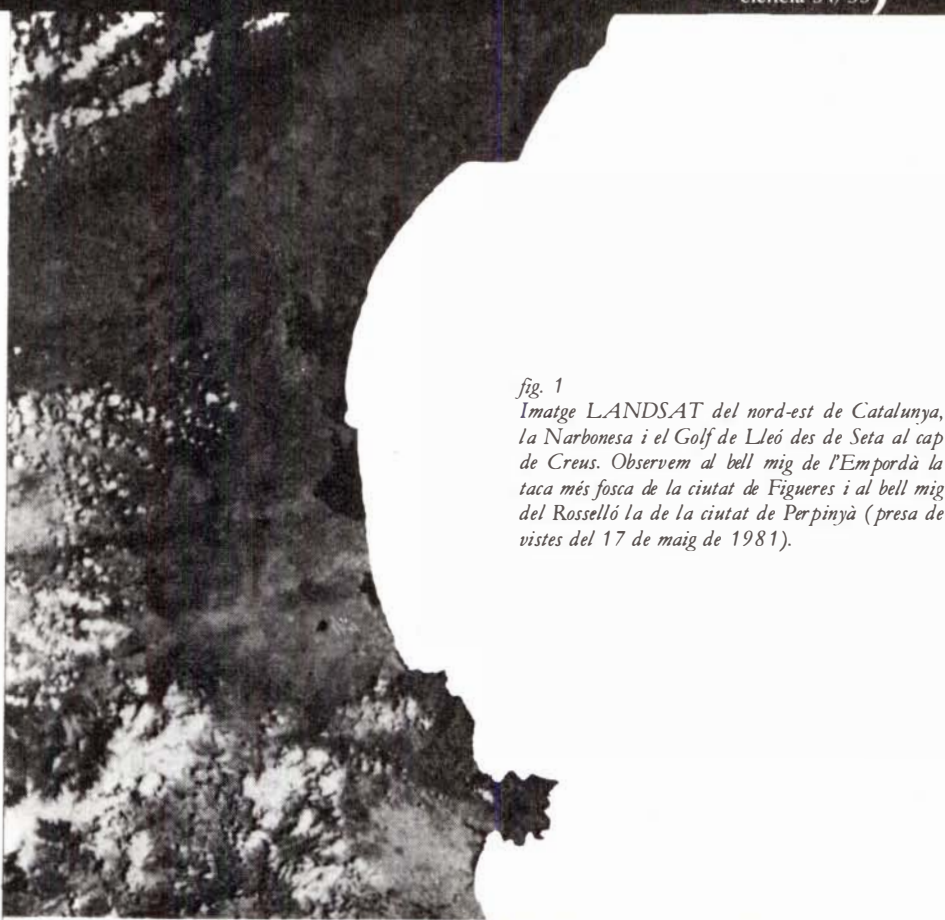


fig. 1
Imatge LANDSAT del nord-est de Catalunya, la Narbonesa i el Golf de Lleó des de Seta al cap de Creus. Observem al bell mig de l'Empordà la taca més fosca de la ciutat de Figueres i al bell mig del Rosselló la de la ciutat de Perpinyà (presa de vistes del 17 de maig de 1981).

trol de collites, detecció de malalties en els conreus, delimitació de taques urbanes, quantificació de pèrdues degudes a desastres naturals, prospecció de jaciments minerals (especialment petroli), monitorització de contaminació atmosfèrica i marina, recerca d'àrees geotèrmiques, avaluació de reserves hidrogràfiques, etc.

Va ésser fa uns cinc anys quan l'Institut d'Investigacions Pesqueres de Barcelona es va interessar en la comparació de dades oceanogràfiques provinents de diferents sensors, un

dels quals seria el satèl·lit LANDSAT. Les imatges de satèl·lit, a causa del gran volum de dades que contenen, necessiten ser tractades amb un ordinador, i això va ser el motiu pel qual l'Institut es va adreçar al Centre de Càlcul de la Universitat Politècnica de Barcelona per al seu procés. Es va decidir aleshores engegar una aplicació que desenvolupés els programes i la metodologia necessària per a l'estudi i el tractament d'imatges digitals.

fig. 2

Representació d'una classificació realitzada sobre l'àrea del Cap de Creus. Hom pot apreciar els diferents tons que equivalen a diferents tipus de sòl (urbà, conreu...).

ciència 34/35

Característiques del satèl·lit i de l'aplicació

El satèl·lit LANDSAT d'estudi de la Terra dona voltes a una alçada de 920 km, completant una òrbita cada 103 minuts. L'òrbita està estudiada de tal manera que es torni a passar per sobre d'un punt cada 18 dies a la mateixa hora. En particular, sobre nosaltres passa al voltant de les 10 h. del matí. Les imatges es prenen mitjançant un sensor denominat *scanner* multispectral i vénen a ser com imatges de televisió B/N preses amb filtres de colors per tal de limitar-se a treballar en bandes estretes de l'espectre electromagnètic. Concretament, el LANDSAT agafa fins a quatre imatges de la mateixa zona: una a la banda del verd-groc, una altra a la del taronja-vermell, una tercera a la del vermell i l'última a la de l'infraroig proper. Aquestes finestres s'han pres per comprendre les longituds d'ona a prop del visible, on l'atmosfera és més transparent.

Cada un dels punts d'aquestes imatges ve caracteritzat per la seva brillantor dins d'una escala de 0 a 225, agafant la mitjana de la llum reflectida per una àrea de terreny de 57x79 m. Fent una petita divisió de l'àrea compresa en una imatge (180x180 km) i la que correspon a un punt ens resulten de l'ordre de 6 milions de punts. Tractar aquesta quantitat de dades a mà sembla una penitència massa gran pels resultats que



s'obtenen. Necessitem, doncs, un ordinador electrònic.

La idea central del tractament automàtic d'aquesta informació és que, a grans trets, coses diferents tenen un aspecte diferent (la qual cosa és només mitja veritat). Així, si tenim un punt que en els quatre canals té uns valors 20, 40, 57 i 98, serà més "a prop" (i per tant, és probable que pertanyi a la mateixa classe) que un altre amb valors 21, 43, 55, 104, per exemple. D'aquesta manera podem dividir la imatge en trossos o classes d'elements del terreny que s'assemblen. Això es pot fer de manera no supervisada, definint centres aleatòriament i veient cada *pixel* de quin centre és més "a prop", i identificant *a posteriori* què representa cada classe formada. Si, pel

contrari, cerquem en la imatge zones homogènies dels conreus que ens interessin, posem una finestra al damunt i trobem la seva "firma espectral", i aleshores podem cercar per la imatge altres zones que s'assemblin. Això és el que en diem classificació supervisada, perquè l'usuari aporta la informació i controla el procés.

Una vegada tenim tots els punts de la imatge assignats a alguna de les classes pre-definides, sols cal agrupar tots els que són dins de cada km², comptar-los i fer els percentatges.

Això, que explicat aquí en quatre ratlles sembla bufar i fer ampolles, no és tan trivial com sembla. Quan els investigadors que treballaven amb la NASA van iniciar els primers projectes d'aplicació tenien la intenció de



fig. 3

Imatge LANDSAT del sud de Catalunya, amb el delta de l'Ebre, i del nord del País Valencià (presa de vistes del 15 de novembre de 1981).

ciència 34/35

dels usos del sòl del Priorat mitjançant tècniques de teledetecció.

Els resultats d'aquesta prova varen ser prou interessants per dedicar-se a estendre aquest estudi a tot Catalunya.

L'objectiu d'aquesta part del conveni seria fer una avaluació dels usos a què es dedicava el sòl de Catalunya mitjançant una classificació automàtica. Se'n preveien, en principi, solament set classes diferents: sòl urbà, conreu de secà, conreu de regadiu, bosc, matolls i pastures, aigües i el no classificat, que hauria d'englobar tot allò que no caigués dins d'algun dels grups anteriors.

Una vegada tot classificat, s'examinaria cadascun dels 32.000 km² de Catalunya per veure els percentatges de presència de cada classe de sòl i quina seria la predominant a cada km², amb la idea d'alimentar les bases de dades geogràfiques de què disposa el servei de Política Territorial. Com a ajut a les classificacions, i també com a test de qualitat del producte, es varen utilitzar fotografies aèries, juntament amb alguns treballs de camp realitzats en algunes comarques de Catalunya.

Resultats

El primer lloc on aquest recull de tècniques es va començar a aplicar va ser en les zones agrícoles del centre dels Estats Units, on els camps tenen quilòmetres de llargada i el terreny és llis com el palmell de la mà.

preparar programes d'ordinador que permetessin entrar per una banda les imatges i treure per l'altra les classificacions i els percentatges mentre l'usuari s'ho mirava. Els resultats que es van obtenir van ser notòriament pobres i va ser necessari canviar l'enfocament. Al final varen resultar molt millors els programes on l'ordinador fa la seva feina guiat per un expert que disposa d'informació complementària: dades de camp, informació cartogràfica, fotografies aèries, informes geològics, etc. D'aquesta mena són els que hem utilitzat.

El procés que se segueix usualment és:

- Una divisió en subimatges que siguin fàcils de representar i utilitzar en els passos següents.
- Una correcció geomètrica de les subimatges de manera que es puguin superposar als mapes cartogràfics existents.
- Successives passades dels supervisors interactius que permeten agregar, dividir, congelar, introduir o modificar les firmes que caracteritzen les classes, amb avaluacions de qualitat mitjançant zones de con-

trol.

- Agregació per km², eliminació de les zones fora del territori i representació de resultats.

Conveni institucional

Des que va començar a funcionar amb normalitat, la Generalitat de Catalunya es va trobar amb el problema de l'adquisició de dades del territori que permetessin una planificació adequada. Un dels mètodes que es va decidir d'utilitzar va ser, entre d'altres, el de la teledetecció.

Primer, i per tal de fer una avaluació de les tècniques disponibles i de la seva habilitat per extreure dades de les imatges, es va firmar un acord de col·laboració entre el Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya i el Centre de Càlcul de la Universitat Politècnica de Barcelona per a l'estudi

fig. 4

Imatge LANDSAT del nord-est de Catalunya que abasta per la costa de Banyuls de la Marenda fins a Vilanova i la Geltrú. Observem els alts cims pirinencs del Puigmal i el Canigó nevats i la taca més clara de la Plana de Vic pràcticament al centre de la imatge (presa de vistes de 17 de maig de 1981).

(ciència 34/35

Els resultats de les classificacions obtingudes varen ser francament bons (un 90% dels *pixels*), i això va animar els investigadors a estendre els seus estudis a d'altres tipus de terreny.

El nostre sòl, però, és molt diferent del Middle West i més aviat es caracteritza per ser notòriament muntanyenc, al mateix temps que la distribució dels conreus es realitza sobre parcel·les usualment petites. És per aquestes raons que s'han hagut de fer esforços no usuals sobre sòls de característiques menys complicades. Pel que fa referència a l'exactitud de les classificacions sembla que, mentre esperem millors avaluacions, hem tingut un 80% d'encerts sobre les assignacions del km²; això vol dir que de cada 10 km², hem encertat quin era l'ús del sòl predominant en 8 km².

Hem comprovat que, a part les classes de sòl prèviament definides, se'n poden trobar de noves que, actualment, anirien a parar al no classificat, com és el cas dels terrenys nevats i els sorrals. I encara hem trobat que seria possible la distinció entre els boscos d'arbres de fulla caduca i els d'arbres de fulla perenne i també delimitar les zones de bosc recentment cremades.

També s'ha de dir que hi ha classes de sòl força difícils de trobar. La més amagada ha estat la classe corresponent al sòl urbà, especialment aquella amb densitat baixa, com és el cas de les urbanitzacions, que sovint es confonen amb els conreus de secà o amb els matolls i pastures. Igualment, segons l'època de l'any, és difícil delimitar classes de conreu. Un exemple n'és l'arròs del delta de l'Ebre quan encara surt poc dels terrenys inundats.



Futur

La D.G. de Política Territorial té la idea que el satèl·lit LANDSAT és un mitjà interessant tant per adquirir dades del territori com per detectar els canvis que s'aniran produint al llarg del temps en els usos del sòl, com poden ser: boscos cremats, creixement de pobles i ciutats, canvis de conreus, etc.

Això ha donat peu a un nou acord entre les dues institucions esmentades per a la detecció d'aquests canvis que s'hagin produït entre dues dates.

A més llarg termini es pot pensar, d'una banda, a millorar els algorismes de classificació introduint el que s'anomena informació colateral, tal com dades topogràfiques, classificacions d'altres anys i dades edafològiques, així com les proporcionades pel sistema SYNEDARES, textures, etc; i de l'altra, a tractar conjuntament

dades de diferents èpoques de l'any, per exemple, primavera i tardor, per anar seguint els canvis d'aspecte al llarg de l'any i per millorar i afinar les classificacions.

Per altre costat, és sabut que es llançaran nous satèl·lits d'estudi de la Terra que milloraran la qualitat i la resolució de les imatges obtingudes. Com a exemple hi haurà les 6 bandes de què disposarà el nou satèl·lit LANDSAT-4² i la resolució de 20m x 20m del *pixel* del satèl·lit francès SPOT, que s'ha previst llançar l'any 1984.

Roman Arbiol

1. *Pixel*. Mot format barroerament en anglès a partir de *picture unit*. És la unitat mínima de resolució de la imatge (equivalent a una porció de terreny de 57 x 79 metres a la superfície terrestre al nivell del mar).

2. Posat en òrbita el juliol de 1982 però que, de moment, només subministra informació als Estats Units. Té una resolució d'uns 40 x 40 metres aproximadament.