RECULL DE CONFERÈNCIES 2021 / DEBATS DE RECERCA 14: 227- 231 (2022)
Societat Andorrana de Ciències, Andorra
DOI: 10.2436/15.8060.31.5 ISBN: 978-99920-61-65-7

Guillem Martin i Bellido

Diplomat en Ciències Físiques, postgrau en Meteorologia PIB-M de l'Organització Mundial de la Meteorologia (UNED-AEMET)

Guillem Martin i Bellido

L'òptica com a mitjà d'obtenció de dades meteorològiques

Les fotografies aèries fetes l'any 1858 pel fotògraf francès Gaspard-Felix Tournachon, més conegut com a Felix Nadar, es poden considerar com el naixement de la teledetecció. Aquesta tècnica d'observació dels fenòmens meteorològics des del cel, o l'atmosfera, ha anat evolucionant fins a arribar avui en dia a interpretar les condicions atmosfèriques a través de valors numèrics que posteriorment es representen com si es tractés d'una fotografia. L'anomenem, però, *imatge*, ja que és una transformació dels valors numèrics obtinguts pels satèl·lits a una eina visual, com per exemple les conegudes imatges del satèl·lit Meteosat. Per entendre'ns, els satèl·lits no fan fotografies, escanegen l'atmosfera analitzant la transparència de les diferents longituds d'ona; és a dir, fan una anàlisi espectral. Posteriorment, als centres de tractament de dades aquesta anàlisi espectral es transforma en productes visuals: les imatges.

Context històric

L'observació dels fenòmens meteorològics sempre ha sigut important per pronosticar el temps meteorològic, com ho demostren les múltiples crides que es feien als agricultors ja des de la segona meitat del s. XIX i que encara avui en dia són necessàries per descriure i entendre la meteorologia local de manera més acurada, un procés previ que és indispensable per fer previsions meteorològiques més precises.

La capacitat d'observació, la transmissió i el tractament de les dades han marcat l'evolució de les previsions meteorològiques.[1] L'invent del telègraf, entre els anys 1832 i 1944, va marcar un punt d'inflexió en la capacitat d'enviament de les dades mesurades i va permetre que l'any 1854 es fessin les primeres previsions meteorològiques científiques, gràcies al fet que es van poder intercanviar informacions meteorològiques des de diversos punts del planeta.[2]

La capacitat de càlcul i la seva rapidesa, però, era una qüestió

Imatge 2. Targeta d'enviament de dades meteorològiques dels anys 1940 recuperada del fons de FEDA, amb un anunci al dors que demana als agricultors que facin observacions dels fenòmens meteorològics

que s'havia de millorar, ja que els càlculs per determinar l'evolució de l'atmosfera acabaven sent més lents que la mateixa evolució, com va quedar palès amb l'experiment conegut com el *Somni de Richarson*, l'any 1910, en què un grup de 64.000 científics, treballant per torns, havia de resoldre les equacions per preveure l'estat de l'atmosfera.[3]

Amb l'aparició dels ordinadors es va fer un salt important en aquest aspecte i l'any 1955, amb un IBM701, es va fer la primera previsió numèrica del temps.[4]

Posteriorment, l'any 1960 es va llançar el primer satèl·lit meteorològic, el TIROS-1, que ajudava a entendre millor els fenòmens atmosfèrics. El van seguir més satèl·lits que van confirmar la meteorologia com la primera disciplina científica que es va dotar de mitjans espacials. Un d'aquests va ser l'ESSA-2, que va permetre efectuar els primers mapes d'anàlisi dels núvols (nefoanàlisi) i elaborar mapes de vol per a l'aviació, entre altres activitats operatives.

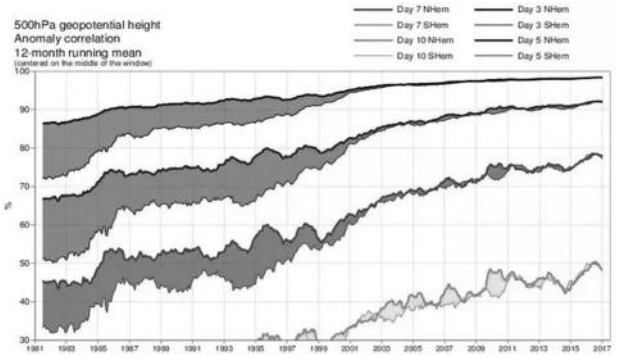
A la dècada dels anys 1970 es van llançar els satèl·lits geoestacionaris més coneguts pels mitjans de comunicació, com el satèl·lit Meteosat.[5]

Amb el canvi de segle, l'any 2002, es va posar en òrbita el Meteosat de segona generació. L'entrada en funcionament d'aquest satèl·lit va coincidir amb la introducció a la caracterització de l'atmosfera de les dades mesurades des de l'espai. És a dir, la descripció de l'estat inicial de l'atmosfera era més exacta perquè es disposaven de més dades.[6] Aquest fet va esdevenir de vital importància per millorar els pronòstics, sobretot a l'hemisferi sud, com es veu a la imatge 3, en què hi ha menys observacions i mesures.[7] D'alguna manera, les mesures fetes des dels satèl·lits feien la funció, en part, de la manca de mesures terrestres i de radiosondatges.

La nova generació de satèl·lits

Durant el segle XXI s'ha experimentat un increment notable dels satèl·lits meteorològics que orbiten la Terra, sobretot els d'òrbita polar, i envien dades que s'introdueixen a superordinadors.[8] Els paràmetres mesurats són cada vegada més abundants i l'augment de la capacitat de tractament d'aquestes dades proporciona cada vegada informació més precisa amb resolucions que meteorològicament ja arriben a un quilòmetre, com és el cas del canal visible d'alta resolució del Meteosat. La segona generació d'aquest satèl·lit

1- "Los Inicios de la meteorología de Gustav Hellmann". A. L. Prieto-Wilches, S. Bolaños-Cuéllar i J. Pelkowski.
2- "The Evolution and Revolution of Weather Forecasting: A Review". Z. Nabi i D. Kumar.
3- *Richardson's Dream*. P. Lynch.
4- "The Beginnings of Numerical Weather Prediction and General Circulation Modeling: Early Recollections." J. Smagorjnsky.
5- "A Look at the Evolution of Meteorological Satellites." J. Schmetz.
6- "Satellite Data Assimilation in Numerical Weather Prediction: an Overview". J.N. Thépaut.
7- "Apport de la modélisation et de l'assimilation de données pour la caractérisation des surfaces continentales en prévision numérique du temps". G. Balsamo.
8-"Monitoring Weather and Climate with the Meteosat and Metop Satellites". J. Schmetz, D. Klaes, M. König, K. Holmlund.



Imatge 3. Evolució del percentatge d'encert dels diferents tipus de pronòstic. Les línies blaves corresponen a la previsió a tres dies vista; les vermelles, a cinc dies vista; les verdes, a set, i les grogues, a deu dies vista. Les línies inferiors del mateix color corresponen a la fiabilitat de les previsions a l'hemisferi sud, mentre que les línies superiors corresponen a l'hemisferi nord. Es pot apreciar que a partir del s. XXI les àrees de colors que indicaven la diferència de fiabilitat gairebé desapareixen i els pronòstics guanyen fiabilitat a la mateixa velocitat en tot el globus terraqüi

meteorològic geoestacionari europeu serà substituïda a final de l'any 2022 per la tercera generació. La primera generació d'aquest satèl·lit prenia mesures cada 30 minuts, la segona va augmentar el temps de mesura a 15 minuts, i la tercera prendrà mesures cada 10 minuts i arribarà a una resolució de 2,5 minuts a sobre d'Europa, amb una resolució espacial de fins a 500 metres. Aquesta resolució permetrà registrar i observar fenòmens que tenen lloc a les parts més altes dels núvols, com els anells freds dels cumulonimbus. Aquestes estructures atmosfèriques són senyals de severitat dels fenòmens convectius que podran entrar a formar part de la modelització, sobretot pel que fa a la previsió immediata i a molt curt termini.[9] La tercera generació del Meteosat serà el primer satèl·lit a ser renovat durant aquesta dècada, ja que es calcula que l'any 2023 es posarà en òrbita el nou satèl·lit Metop de segona generació. El fet que aquestes dades es prenguin des de 36.000 km de distància posa de manifest els desenvolupaments en el camp de l'òptica que s'han dut a terme amb la fabricació d'aquests satèl·lits. Aquestes noves tecnologies permetran, a més, mesurar des de l'espai fenòmens com els llamps i serà capaç de fer un escaneig espectral de l'atmosfera, fet que permetrà obtenir perfils verticals en punts dels quals no es tenen mesures de radiosondatge. A més, amb el desenvolupament del projecte Cosparin també serà capaç d'estimar la precipitació en punts on no arriba la cobertura de radars meteorològics.[10] Si tenim en compte que actualment els radars meteorològics per estimar la precipitació cobreixen només el 10% de la

9- "Meteosat third generation infrared sounder (MTG-IRS), interferometer and spectrometer test outcomes, demonstration of the new 3D metrology system efficiency". S. Abdon et al.
10- "Spatial Contribution to Flood Risk Analysis (COSPARIN)". G. Lahache, A. Roumagnac, S. Chave.

superfície de la Terra, que es passarà a tenir coberta una superfície de gairebé el 90%, que amb la nova generació de satèl·lits meteorològics es multiplicarà l'observació de l'activitat elèctrica, i que es podran obtenir radiosondatges d'indrets on fins ara no n'hi havia, és evident que la fiabilitat i la precisió de les previsions meteorològiques seguirà augmentant en les dècades vinents.
Tots aquests desenvolupaments i avenços científics s'han pogut dur a terme gràcies a la recerca i a la planificació que des de fa anys s'està duent a terme, com demostra el fet que la tecnologia usada per al disseny d'aquests nous satèl·lits es va idear l'any 2010 i està previst que estigui en funcionament almenys fins a l'any 2040. El compliment de les fases d'un projecte de recerca, com poden ser la fase d'investigació, la de desenvolupament i la d'avaluació, són vitals perquè la fase final, l'operativa, sigui sòlida i sostenible, és a dir, que els resultats obtinguts durant la recerca es puguin aprofitar durant el màxim d'anys possible.

Les dades

Les dades mesurades i transmeses per tots aquests sistemes òptics es veuran multiplicades a partir de la posada en òrbita dels satèl·lits, fet que requerirà, a part de més capacitat d'emmagatzematge, més capacitat de tractament i processament de la informació rebuda.
Tot i que, de moment, encara no emmagatzemem imatges de satèl·lit per a usos meteorològics, el Principat d'Andorra no queda al marge d'aquest augment de mesures que implica un augment de capacitats d'emmagatzematge i tractament. A Andorra, per trobar els primers registres meteorològics ens hem de remuntar al segle XIX, concretament a l'octubre de 1896. En aquests 125 anys hem passat de tenir una dada mensual de precipitació com a única informació meteorològica a tenir-ne una cada minut gràcies a les estacions automàtiques, que han millorat la capacitat de transmissió. Si tenim en compte totes les dades que es registren (vent, radiació, temperatura, humitat, gruix de neu, etc.), actualment al Servei Meteorològic s'adquireixen 57.840 dades cada dia de manera automàtica, 1.735.200 al mes.
L'augment del nombre de dades mesurades implica un augment de la capacitat de tractament per obtenir resultats

en forma de gràfics, per exemple, o informació rellevant per a la comunicació o la presa de decisions. Aquestes dades passen a formar part d'una base de dades que té un creixement exponencial i que conforma el *big data*. Però el *big data* "la base de dades que permet, entre altres, la implementació de la intel·ligència artificial" requereix també el *trust data*. La qualitat de les dades, és a dir, que siguin fiables, és bàsica per a l'efectivitat de la intel·ligència artificial que a més requereix d'un accés universal, les dades obertes (*open data*).

Conclusió

Els nous sistemes d'observació incideixen sobre els sistemes de transmissió, gestió i tractament de les dades. A més, l'accés a les dades –cada vegada més estès– basat en la universalitat, la intangibilitat i l'accessibilitat remota obliguen els gestors de les bases de dades a garantir-ne la fiabilitat. Aquest fet obre les portes a crear nous perfils professionals i a esperonar els que vivim sota l'amenaça de l'automatització de la nostra professió (els meteoròlegs, entre altres), ja que per continuar sent rellevants hem d'oferir un servei de més qualitat que el dels ordinadors o robots, que a la vegada milloren contínuament. L'ús de robots, ordinadors i algoritmes ha de ser un complement per millorar la nostra feina del dia a dia, per oferir-nos noves eines que ajudin a la presa de decisions i a comunicar de manera més eficient.

Els escenaris futurs en termes de meteorologia són, com a mínim, engrescadors. L'obertura de les dades de previsió numèrica donarà més informació per desenvolupar eines de decisió i, en el futur, l'ús d'ordinadors quàntics multiplicarà les opcions de càlcul dels models meteorològics actuals. Tot això sense oblidar que l'obtenció de dades minutals a través de les estacions automàtiques i, sobretot, l'augment de la resolució dels elements de teledetecció (satèl·lits i radars)[11] ofereixen un potencial encara per explorar en termes de previsió immediata (*nowcasting*), entre altres.

11-"'Big Data Assimilation' Toward Post-Petascale Severe Weather Prediction: An Overview and Progress". T. Miyoshi et al.