

- BRINSON, M.M., 1993: *A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands*. Research Program Technical Report WRP-DE-4. USACE Waterways Experimental Station.
- CHOW, V.T., D.R. MAIDMENT y L.W. MAYS, 1988: *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering.
- COWARDIN, L.M., 1979: *Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States*. Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior.
- INSTITUTO HIDRÁULICO DANÉS, 1995: *Mike 11. A microcomputer based modelling system for rivers and channels (user manual)*.
- INSTITUTO HIDRÁULICO DANÉS, 1995: *Mike 11. A microcomputer based modelling system for rivers and channels (reference manual)*.
- DOTI, R., A. DURÁN y O. LÓPEZ TABOADA, 1979: *Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay*. Volumen III. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Aguas. Avda. Garzón 456. Montevideo, Uruguay. (En español).
- USDA, 1979: *Engineering Field Handbook*. Chapter 19—Hydrology tools for wetland determination. Natural Resources Conservation Service.
- ENVIRONMENTAL LABORATORY CORPS OF ENGINEERS, 1987: *Wetland Delineation Manual*. Wetlands Research Program Technical Report Y-87-1.
- GOLDSTEIN, J.H., 1996: *The Impact of Federal Programs on Wetlands*. Vol. II
- IBERSIS-EVARSA, 2001: *Regulación Hídrica de los Bañados de Rocha*. Primer Informe de Avance. Ministerio de Transporte y Obras Públicas-DHN. Rincón 575. Montevideo, Uruguay. (En español).
- POLLOCK, M.M., 1998: *Plant Species Richness in Riparian Wetlands—A test of Biodiversity Theory*. Ecological Society of America.
- PORCHLE, J.F., 1987: Informe relativo a la posible realización de trabajos de deforestación en los montes marginales del río Cebollatí. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección Forestal. 18 de julio 1455. Montevideo, Uruguay. (En español).
- MEIJERINK, A.M.J., 1994: Introduction to the use of geographic information systems for practical hydrology. UNESCO-IHP-IV M 2.3. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.
- NASH, J.E. y J.V. SUTCLIFFE, 1970: River flow forecasting through conceptual models. Part I—A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10, 282-290.
- SOMBROEK, W.G. et al., 1969: *Detailed Reconnaissance Map of Soils and Land Forms*. Merin Lagoon Regional Project CLM/PNUD/FAO.
- TUCCI, C.E., 1998: *Modelos Hidrológicos*. ABRH. Editora da Universidade. (En portugués).
- OMM, 1994: *Guía de Prácticas Hidrológicas*. OMM-N.º 168. Quinta edición.

Sistemas de procesamiento de datos para predicción de inundaciones en Turquía

Por Ayhan SAYIN*

Introducción

Los desastres naturales, inducidos por tiempo severo acompañado de variaciones microclimáticas y topográficas, ocasionan en Turquía daños a la propiedad de millones de \$ EE.UU. y muertes todos los años. En particular, las precipitaciones intensas que originan rápidas inundaciones en zonas costeras son uno de los fenómenos más peligrosos. Sólo la costa del Egeo ha sido devastada por inundaciones a gran escala varias veces en los últimos años. Un ejemplo fue la inundación de Marmaris entre el 9 y el 10 de diciembre de 1992. La ciudad de Marmaris recibió 426 mm de lluvia en cinco horas y se destruyó casi toda la infraestructura. Los días 3 y 4 de noviembre de 1995, una intensa actividad tormentosa sobre la costa del Egeo originó una rápida inundación en la ciudad de Izmir (Komuscu y

otros, 1998). Se calculó un daño de más de 50 millones de \$ EE.UU. y murieron 61 personas. Más aún, durante los días 19 y 22 de mayo de 1998 cayeron lluvias intensas en las regiones costeras del noroeste. Hace poco, una inundación devastadora en las ciudades de Mersin y Antalya, en diciembre de 2001, ocasionó más de 200 millones de \$ EE.UU. de daños a propiedades residenciales y comerciales y a cultivos agrícolas.

El territorio de Turquía está situado en la zona subtropical de la región macroclimática mediterránea. Tiene una elevación media de 1 100 m y está rodeada de mar por tres lados. Debido a su compleja topografía, su proximidad al agua y al hecho de estar en una zona de transición entre distintos sistemas de circulaciones meteorológicas de gran escala, el clima es variable con el espacio. La cantidad total y la distribución de la precipitación en las zonas costeras están influenciadas por vaguadas y ciclones de latitudes medias, de tipo frontal, asociados con los flujos predominantes del

* Servicio Meteorológico del Estado Turco, Ankara. Correo electrónico: osayin@meteor.gov.tr

oeste en niveles altos. El mar Mediterráneo sirve de fuente primaria para las masas de aire húmedo de la región que originan precipitaciones intensas en las laderas a barlovento de las cadenas montañosas costeras (Turkes, 1996). Los ciclones mediterráneos frontales asociados a flujos de aire del suroeste crean condiciones favorables para que se produzcan precipitaciones intensas y tormentas en las partes costeras del sur y del oeste a finales del otoño y principios del invierno. El ascenso orográfico también es una causa importante de precipitaciones intensas, cuando el aire húmedo e inestable es empujado ladera arriba hacia terreno más alto a lo largo de la costa mediterránea. Durante la estación invernal llega aire frío, ocasionando intensas nevadas en las montañas; en verano se dan altas temperaturas. Por otra parte, en las estaciones de transición domina la inestabilidad atmosférica, originando inundaciones intensas a lo largo del país.

La mayor parte de la precipitación de la cuenca mediterránea está asociada a ciclones que se forman en ciertas zonas como el Golfo de Génova y el mar Adriático (Jansá, 1992). Las regiones de Chipre y del Egeo son otras zonas con ciclogénesis frecuentes. Algunos de los ciclones que se forman en el Mediterráneo se desarrollan rápidamente y originan períodos inesperados de tiempo perturbado. Jansá y otros (1991) han observado que las precipitaciones más intensas de la región mediterránea se registran entre el final del otoño y el inicio de la primavera, tiempo durante el cual se experimenta una importante actividad ciclogénica.

Con ayuda del Banco Mundial, el Gobierno de Turquía ha desarrollado un programa de trabajo para reconstruir las infraestructuras dañadas y para desarrollar sistemas de aviso temprano para reducir el riesgo de inundaciones. Para ello es necesario mejorar la infraestructura meteorológica e hidrológica y los sistemas de proceso de datos.

El área de proyecto y el equipo de campo, que consta de radar, estaciones hidrométricas (EH) y estaciones meteorológicas automáticas (EMA) se muestran en la Figura 1. Se instalarán cinco radares meteorológicos Doppler en las provincias de Balıkesir, Estambul, Zonguldak, Izmir y Denizli; las EMA instaladas en el oeste del Mar Negro, en el Marmara y en el Egeo medirán parámetros atmosféricos tales como

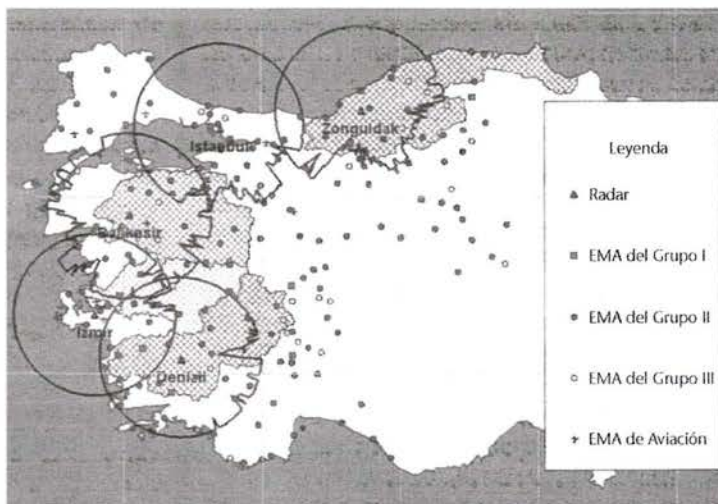


Figura 1 — Cobertura de los radares Doppler y de la red de EMA (según el informe del Proyecto de Emergencia de Recuperación de las Inundaciones y del Terremoto de Turquía (TEFER))

temperatura, presión, humedad y viento; las EH instaladas en las cuencas del oeste del Mar Negro, Susurluk, Gediz y Buyuk Menderes medirán el caudal y el nivel de los ríos.

Red de radares meteorológicos

Un diseño integral de una red de radares meteorológicos y de sus aplicaciones tiene en cuenta un análisis de los sistemas meteorológicos que producen precipitaciones e inundaciones. Por ejemplo, el granizo, los tornados, las tormentas y la orografía inducen precipitación que origina distintos problemas y que puede requerir distintas configuraciones. Las aplicaciones para las que se recogen los datos influyen en la selección de los parámetros de radar y en el funcionamiento del mismo. Se necesitará la red de radares para avisos de inundaciones repentinas a escala urbana para ofrecer medidas de precipitación a una resolución de 1 km y 3 minutos, mientras que para cuencas rurales a gran escala serán adecuados datos acumulados con una resolución de 4 km y 60 minutos. Además, la precisión de las estimaciones de precipitación varía de un lugar a otro, de una estación a otra y de un día a otro, y se necesita experiencia local antes de poder realizar medidas de precipitación de gran calidad con un radar meteorológico.

En la región que abarca el proyecto, se prevé que sean suficientes cinco radares, junto con el existente en Ankara, para lograr los requisitos de las estimaciones cuantitativas y cualitativas de precipitación radar como entrada para los modelos de escorrentía y predicción inmediata de las Obras Públicas Hidráulicas (DSI) y del Servicio Meteorológico (DMI), respectivamente.

Está previsto utilizar los datos radar principalmente como entrada para modelos de predicción hi-

drológica en tiempo real que, de forma típica, necesitan acumulación horaria de precipitación promediada en subcuencas del orden de 100 km² de área. Para alcanzar los objetivos deseados, los modelos necesitan datos precisos que dependen del mantenimiento del radar, un control de calidad inteligente de los datos brutos, y calibración en línea frente a una red de medición de precipitación diseñada estratégicamente.

Las características clave de los radares meteorológicos propuestos son: un transmisor klystron Doppler totalmente coherente; banda C; pico de energía de 250 kW; receptor digital; anchura de haz de 0,7 grados.

Algunos productos típicos de radar que se van a realizar son un indicador de posición en el plano, un indicador de altura de cordillera, un indicador de posición en el plano de altitud constante, mapas con los ecos de base y los ecos máximos, reflectividad integrada verticalmente, productos de cizalladura (radial, azimutal, elevación, tridimensional), turbulencia de capa, productos de microrráfaga de aire descendente, mapa de viento horizontal, productos de predicción inmediata, detección frontal de rachas, avisos de granizo, seguimiento de tormentas y lluvias, intensidad de precipitación en superficie, acumulación de precipitación y líquido integrado verticalmente. Se prevé generar la mayor parte de los productos para la red como productos compuestos.

Red de estaciones meteorológicas automáticas

El suministro de datos meteorológicos de observación precisos y oportunos es necesario para la seguridad general de la población de un país, y también para su beneficio económico. La utilización de un sistema automatizado moderno de observación en superficie puede satisfacer estas necesidades en numerosas áreas clave, incluida la calibración de datos de radar y la entrada a modelos de predicción meteorológica y de inundaciones.

Para cada localización del radar, se propone que haya un disdrómetro para medir la distribución del tamaño de gota de lluvia para la calibración de los datos

del radar. Además, para ampliar la calibración al área que cubre el radar, se utilizarán medidas de pluviómetros de la red.

Como se muestra en la Figura 1, en la zona de proyecto un total de 206 EMA totalmente automatizadas reemplazarán a las manuales. Los objetivos principales son recoger, procesar y mostrar datos meteorológicos para aplicaciones generales y específicas; cumplir las recomendaciones de la OACI y de la OMM; ser capaces de transmitir mensajes meteorológicos estándar, incluidos SYNOP y METAR/SPECI; ser configurables y apoyar una gran serie de configuraciones de sensor; apoyar la transmisión de datos, incluidas las TAMP (Terminales de Apertura Muy Pequeña); almacenar y recuperar los datos que se necesiten para series de tiempo especificadas; y ofrecer un control de calidad de las medidas de los datos.

Redes hidrométricas

Una infraestructura hidrométrica eficaz, eficiente y fiable es el elemento central de cualquier sistema de aviso contra inundaciones. Una red hidrométrica detallada tiene en cuenta las localizaciones y diseño de las estaciones, el equipo primario de medición, la telemetría, el software, las capacidades de los recursos humanos y el sistema de apoyo.

DSI es la agencia responsable del funcionamiento de la red hidrométrica de Turquía. La red actual está anticuada y hay que mejorarla con nuevas tecnologías. La nueva red consta de equipo de grabación (registradores y sensores), equipo de medición (medidores de corriente, carretes de sondeo y grúas), equipo de vigilancia, hardware y software informáticos, un sistema de garantía de calidad y un amplio sistema de gestión de datos.

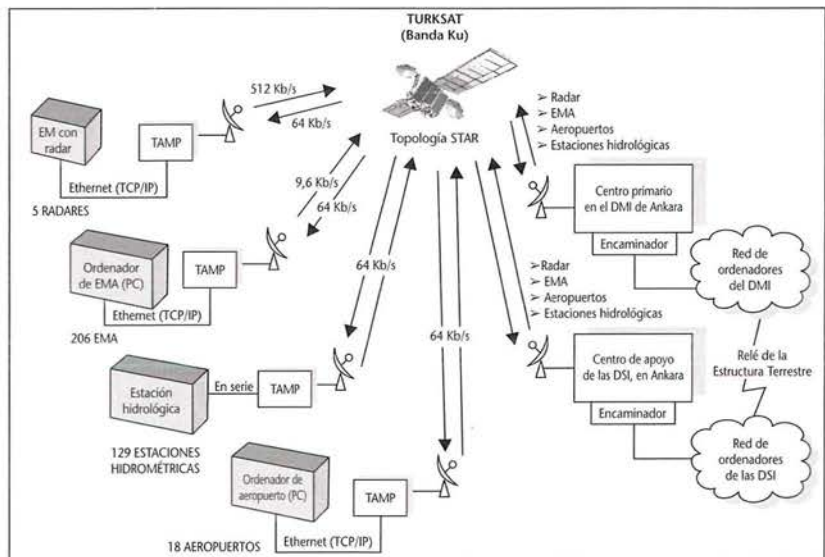


Figura 2 — Sistema de comunicación propuesto

La región de proyecto incluye 26 subcuencas; se ha estimado que serán suficientes 129 estaciones hidrométricas para una buena cobertura espacial.

Comunicación por satélite

Como se muestra en la Figura 2, el sistema de comunicaciones propuesto se basa en transmisión por satélite de TAMP a través de TURKSAT (satélite de comunicación dirigido por Telecom Turquía), que es mucho más fiable que la unión terrestre de la Red de Telefonía Pública. Algunas de las ventajas de la comunicación TAMP son: fácil soporte del ancho de banda necesario, solución viable para las estaciones alejadas, interfaz fácil, soporte de comunicación en dos direcciones, entrega de datos fiable a las estaciones centro y flexibilidad para ampliaciones futuras.

El sistema de comunicación está configurado en topología STAR, de forma que se pueda acceder de forma síncrona a todas la Estaciones Terrestres (ET) de la TAMP, y que se controlen a distancia, desde la estación central de Ankara, los radares, las EMA y las EH. La velocidad de comunicación de las ET estará entre 1,2 kbits/s y 2 Mbits/s, dependiendo del volumen de datos. Se utilizarán métodos avanzados de acceso a satélites (Acceso Múltiple de Asignación de Demanda) para las EMA y la EH, que permitirán una utilización óptima de la capacidad de transpondedor del satélite, mientras que para el radar está previsto el Canal Sencillo por Línea para tener disponibles vínculos continuos.

Las ET soportarán protocolos múltiples tales como TCP/IP y las interfaces físicas de Ethernet RS232,

y puertos en serie y paralelos para ofrecer interfaces a las fuentes de datos.

Se va a instalar en el centro una estación de trabajo de gestión de red basada en el sistema operativo UNIX para llevar a cabo funciones básicas como configuración y gestión de la red, informe y control en tiempo real del estado de la red, generación de ficheros de logaritmos, diagnóstico del sistema, seguridad y gestión de la sesión.

Proceso de datos

Las DSI y Suministro y Administración de Recursos Energéticos Eléctricos son responsables de la recogida, proceso y archivo de datos hidrológicos, mientras que el DMI es responsable del proceso de los datos meteorológicos.

La configuración del hardware y el flujo de datos entre el DMI y las DSI se muestran en la Figura 3. Después del proceso y generación de productos de radar, se almacenarán en el servidor observaciones de EMA, salidas de predicción numérica del tiempo a una resolución de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ y otras salidas de predicción meteorológica. Se transmitirán los datos a las DSI por medio del sistema de conmutación de mensajes MESSIR a través de una unión relé de estructura terrestre a una velocidad de 128 kbits/s.

En las DSI se necesita una red que conecte un sistema inicial de comunicación con el CENTRO TAMP y una línea del relé de estructura terrestre del DMI para recibir, decodificar y formatear datos de observaciones meteorológicas e hidrológicas. Se instalará un servi-

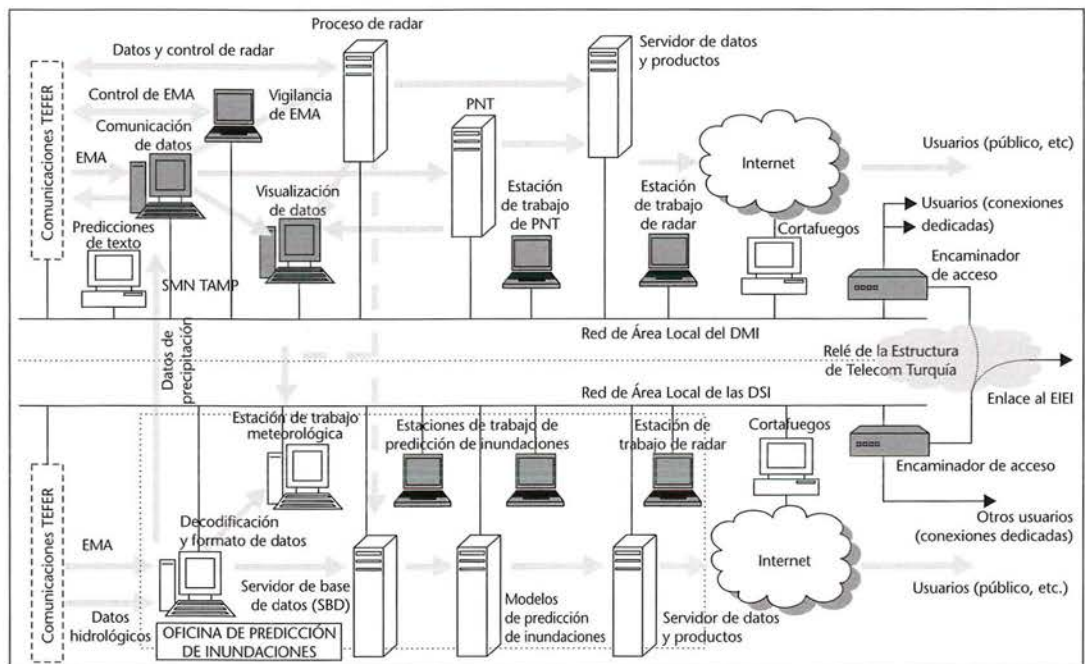


Figura 3 — Sistema de flujo y proceso de datos entre el DMI y las DSI (según un informe del TEFER)

dor de datos para apoyar al sistema de gestión de datos para el modelo de inundaciones. Se instalará un ordenador de alta velocidad para ejecutar modelos operativos de predicción de inundaciones, para apoyar el desarrollo y el mantenimiento continuados del sistema y para presentar productos y avisos de inundaciones.

Se ejecutará un modelo de predicción de inundaciones en las DSI para estimar la precipitación y la escorrentía para las cuencas incorporando características del terreno de las subcuencas tales como la pendiente, la vegetación, el almacenamiento de presas y el encaminamiento de los canales. Más aún, para calibrar y validar el modelo se utilizarán conjuntos de datos históricos.

Agradecimientos

El autor quiere expresar su agradecimiento al Dr. Ali Umran Komuscu, al Sr. Aydin Gurol Erturk y al Sr. Servet Gunyel, del Servicio Meteorológico Estatal de Turquía, por sus contribuciones.

Referencias

- BUREAU OF METEOROLOGY, Australia, 2000: *Turkey Emergency Flood and Earthquake Recovery Project (TEFER)*, Final Report, Component 2.
- DOVIK, J.R. y S.D. ZRNIC, 1984: *Doppler Radar and Weather Observations*, Academic Press.
- JANSÁ, A., J.A. GARCÍA-MOYA y E. RODRÍGUEZ, 1991: Numerical experiments on heavy rain and Mediterranean cyclones, WMO PSMP Report Series No. 33, WMO/TD N.º 420, 37-47.
- JANSÁ, A., 1992: Severe weather and cyclogenesis—a Western Mediterranean look. ICS/ICTP/WMO International Workshop on Mediterranean Cyclones Studies, Trieste (Italia), 51-56.
- KOMUSCU, A.U., A. ERKAN y S. ÇELIK, 1998: Meteorological and Terrain Analysis of Izmir Flash Flood of 3-5 November 1995. *Natural Hazards* (18), 1-25.
- MARAL, G. y M. BOUSQUET, 1993: *Satellite Communication System (segunda edición)*, John Wiley & Sons.
- TURKES, M., 1996: Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *Int. J. Climatology*, 16, 1057-1076.

Elisabeth Mann Borgese: homenaje a una mujer excepcional y a sus contribuciones al control y al desarrollo sostenible del océano

Por Johannes GUDDAL¹, Gunnar KULLENBERG² y François BAILET³

Elisabeth Mann Borgese, Profesora Emérita de ciencias políticas y profesora adjunta de derecho, fundadora y Presidenta Honorífica del Instituto Internacional del Océano, murió en febrero de 2002 a la edad de 84 años. Tuvo dos hijas con G.A. Borgese y un hijo adoptivo. Debido a su excepcional historial familiar, los dramáticos acontecimientos de su juventud y a lo largo de su vida, su duro trabajo dedicado a los océanos, su talento para la filosofía y la música y su increíble número de ami-

gos por todo el mundo, tuvo realmente una vida excepcional.

Elizabeth era la hija menor del escritor alemán Thomas Mann y nació en Lubeck en 1918. Tenía distintos intereses y habilidades, y empezó una licenciatura en Estudios Clásicos en 1935 y se puso a estudiar para la obtención de un Diploma en el Conservatorio de Música de Suiza, que consiguió en 1937.

Comenzó su carrera académica como investigadora asociada de la Universidad de Chicago donde contribuyó a la fundación del Comité para la Formulación de una Constitución Mundial y de su periódico, *Common Cause* (1948-1953). Durante esos años centró sus energías en los usos pacíficos y militares de la energía nuclear, destacando su vínculo y la necesidad de una agencia internacional para dirigirlos. Los esfuerzos académicos y utópicos del Comité de Chicago para la Formulación de una Constitución Mundial fueron pre-

¹ Copresidente de la Comisión Técnica Mixta de Oceanografía y Meteorología Marítima (de la OMM y el COI de la UNESCO)

² Antiguo Director Ejecutivo del Instituto Internacional del Océano

³ Subdirector Ejecutivo del Instituto Internacional del Océano, Malta