

Motivazione

Mitigazione del rischio idrogeologico lungo la linea ferroviaria del compartimento di Reggio Calabria. Realizzazione di una convenzione tra CNR e RFI Reggio Calabria, in collaborazione col Centro Funzionale ARPACAL di Catanzaro. Terminata la fase sperimentale, attualmente è in corso un contratto con la Direzione Tecnica RFI Roma per la sperimentazione in campo delle procedure messe a punto.

RAMSES

La piattaforma sviluppata, denominato RAMSES-RAilway Meteorological Security System [1,2], mette a sistema diverse tipologie di dati e di modelli di previsione e nowcasting per stimare nel modo più accurato possibile le forzanti che agiscono sul territorio con la finalità di valutare i rischi meteo a cui è esposta la linea ferroviaria. Le informazioni così ottenute confluiscono in un sistema di supporto del processo decisionale per il gestore della rete ferroviaria che, in caso di situazioni critiche, può agire in tempo reale sul traffico ferroviario. La struttura modulare del sistema è predisposta per la facile sostituzione e/o aggiunta di nuovi modelli di previsione meteo e nowcasting o nuovi tools per la valutazione del rischio.

RAMSES si compone di tre livelli informativi costituiti da:

- DB lineare del binario alla risoluzione di 2 m;
- DB territoriale delle linee ferroviarie alla risoluzione da 1-2 m per i bacini da 0.25 a 3 km², sino a 8 m per i bacini più grandi;
- le forzanti atmosferiche puntuali ed areali determinate, nel tempo, dall'evoluzione delle condizioni meteorologiche (Nowcasting e Very Short Range Forecast).

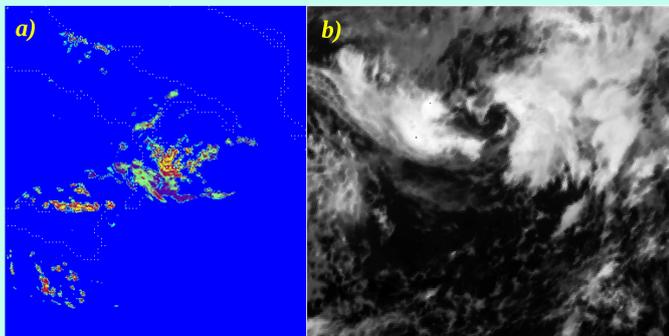
Nowcasting

Stima sia delle situazioni meteorologiche in atto degli scenari a breve e brevissimo termine basate su:

- dati volumetrici provenienti dal radar di Monte Pettinascura (gestito dalla Protezione Civile Nazionale [3-5]), frequenza 5-10 minuti, formato ODIM HDF5 [6], elaborazione Py-ART [7];
- Meteosat (RSS), frequenza di acquisizione ogni 5 minuti da stazione installata presso la stazione ferroviaria di Cosenza);
- dati puntuali forniti da rete di misura ad alte prestazioni.

La stima delle precipitazioni

- Procedura automatica per la stima del campo areale di precipitazione basata su Kriging con External Drift [8], basato sui dati pluviometrici e il pattern spaziale dedotto da misure radar [9-12].
- Produrre previsioni a breve e brevissimo termine tramite il software TITAN [14], un sistema real-time di identificazione, tracking e previsione a brevissimo termine di celle temporalesche.
- Procedura sperimentale basata su tecniche di Machine Learning (radar e MSG) [13] per la stima delle precipitazioni in aree in cui sono assenti i pluviometri;
- Procedura sperimentale di Image Analysis (radar e fulminazioni) per l'identificazione brevissimo termine di sistemi convettivi.



Medicane del 17 Novembre 2017 (06:00 UTC) che ha interessato il bacino ionico.

a) Riflettività Radar CAPP1 2km, b) SEVIRI/MSG IR CH10.8µm

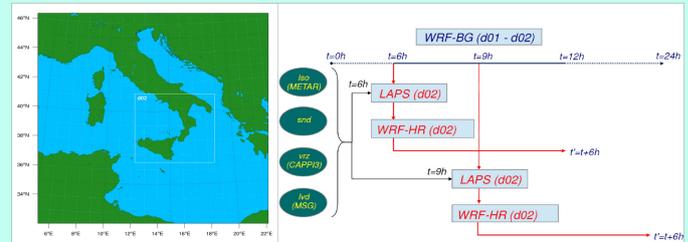
Bibliografia

- [1] Gabriele, S., Terranova, O.G., Pascale, S., Rago, V., Chiaravalloti, F., Sabatino, P., Brocca, L., Laviola, S., Baldini, L., Federico, S. and Miglietta, M.M., 2016, April. RAMSES: A nowcasting system for mitigating geo-hydrological risk along the railway. In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 18).
- [2] Laviola, S., Gabriele, S., Iovine, G., Baldini, L., Chiaravalloti, F., Federico, S., Miglietta, M.M., Milani, L., Procopio, A., Roberto, N. and Tiesi, A., 2017, April. Meteorological tools in support to the railway security system on the Calabria region. In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 19, p. 16441).
- [3] Montopoli, M. and Vulpiani, G., 2014, September. Preliminary analysis of vertical profiles of polarimetric radar observables in complex orography for operational purpose. In ERAD conference 2014-Garmisch-Partenkirchen.
- [4] Falconi, M.T., Montopoli, M. and Marzano, F.S., 2016. Bayesian statistical analysis of ground-clutter for the relative calibration of dual polarization weather radars. European Journal of Remote Sensing, 49(1), pp.933-953.
- [5] Vulpiani, G., Pagliara, P., Negri, M., Rossi, L., Gioia, A., Giordano, P., Alberoni, P. P., Cremonini, R., Ferraris, L., and Marzano, F.S.: The Italian radar network within the national early-warning system for multi-risks management, Fifth European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, Helsinki, Finland, 30 June–4 July 2008.
- [6] Michelson D.B., Lewandowski R., Szczykowski M., Beekhuis H., Haase G. "EUMETNET OPERA weather radar information model for implementation with the HDF5 file format" Version 2.2 (March 21, 2014)
- [7] Helmus, J.J. & Collis, S.M., (2016). The Python ARM Radar Toolkit (Py-ART), a Library for Working with Weather Radar Data in the Python Programming Language. Journal of Open Research Software. 4(1), p.e25. DOI: <http://doi.org/10.5334/jors.119>
- [8] P. Hiemstra; Package 'automap' CRAN - package Automap (2015) Feb, 19. [Online] Available: <http://cran.r-project.org/web/packages/automap/automap.pdf>
- [9] McKee, J. L., and Binns, A. D.: A review of gauge-radar merging methods for quantitative precipitation estimation in hydrology. Can. Water Resour. J., 41, 186-203, doi: 10.1080/07011784.2015.1064786, 2016.
- [10] Goudenhoofd, E., and Delobbe, L.: Evaluation of radar-gauge merging methods for quantitative precipitation estimates. Hydrol. Earth Syst. Sci., 13, 195-203, doi: 10.5194/hess-13-195-2009, 2009.
- [11] Gabriele, S., Chiaravalloti, F. and Procopio, A., 2017. Radar-rain-gauge rainfall estimation for hydrological applications in small catchments. Advances in Geosciences, 44, pp.61-66.
- [12] Rago, V., Chiaravalloti, F., Chiodo, G., Gabriele, S., Lupiano, V., Nicastro, R., Pellegrino, A.D., Procopio, A., Siviglia, S., Terranova, O.G. and Iovine, G.G., 2017. Geomorphologic effects caused by heavy rainfall in southern Calabria (Italy) on 30 October–1 November 2015. Journal of Maps, 13(2), pp.836-843.
- [13] Folino G., Guarascio M., Chiaravalloti F., Gabriele S. (2019) "A Deep Learning based architecture for rainfall estimation integrating heterogeneous data sources". Accepted for The 2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Budapest, Hungary, July 14-19, 2019.
- [14] Dixon, M. and Wiener, G., 1993. TITAN: Thunderstorm identification, tracking, analysis, and nowcasting—A radar-based methodology. Journal of atmospheric and oceanic technology, 10(6), pp.785-797.
- [15] Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, M. G. Duda, X.-Y. Huang, W. Wang, and J. G. Powers, "A Description of the Advanced Research WRF Version 3". NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR, 113 pp., 2008.
- [16] Albers S., J. McGinley, D. Birkenheuer, and J. Smart. The Local Analysis and Prediction System (LAPS): Analyses of clouds, precipitation, and temperature. Weather and Forecasting, 11, 273-287, 1996
- [17] Korres, G., Ravdas, M., & Zacharioudaki, A. (2019). Mediterranean Sea Waves Analysis and Forecast (CMEMS MED-Waves 2017-2019) (Version 1) set. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS).
- [18] Malenovsky, Z., Rott, H., Cihlar, J., Schaeppner, M.E., Garcia-Santos, G., Fernandes, R. and Berger, M., 2012. Sentinels for science: Potential of Sentinel-1,-2, and-3 missions for scientific observations of ocean, cryosphere, and land. Remote Sensing of Environment, 120, pp.91-101.
- [19] Brocca, L., Melone, F., Moramarco, T. (2008). On the estimation of antecedent wetness conditions in rainfall-runoff modelling. Hydrological Processes, 22 (5), 629-642, doi:10.1002/hyp.6629

Very Short Range Forecast (6 ore)

Implementazione di una catena operativa dinamica di previsioni meteorologiche su un dominio centrato sul sud Italia su cui operano:

- Il Weather and Research Forecasting Model (WRF) [15], inizializzato con i campi del Global Forecast System (GFS, NOAA) per una corsa giornaliera di riferimento che copre 24 ore (WRF-BG). WRF opera su due domini: d01 alla risoluzione di griglia di 9 km e d02 alla risoluzione di griglia di 3 km,
- Il Local Area and Prediction System (LAPS, NOAA) [16] esegue l'assimilazione dei dati meteorologici sul dominio a più alta risoluzione (d02): METAR, radiosondaggi, Riflettività Radar (CAPP1 3 livelli) e i dati dei canali infrarossi di SEVIRI/MSG. Le analisi fornite LAPS inizializzano il modello WRF ogni 3 ore, ogni corsa copre 6 ore (WRF-HR).



Dominio e schema operativo del sistema di assimilazione e previsione LAPS-WRF.

Nella fase sperimentale del progetto RAMSES la catena modellistica LAPS-WRF ha prodotto previsioni in tempo reale per tutto il biennio 2017-2018. La verifica delle previsioni prodotte nel biennio, nei confronti dei dati METAR nel dominio d02 e dei pluviometri distribuiti sul territorio calabrese, ha mostrato un impatto positivo delle analisi prodotte da LAPS sulle previsioni di WRF-HR rispetto alle previsioni di riferimento WRF-BG.

La catena operativa LAPS-WRF testata nella prima fase e implementata nella fase successiva verrà aggiornata/ottimizzata in base agli sviluppi in corso di sperimentazione presso il CNR-ISAC. Possibili sviluppi riguardano il miglioramento delle tecniche di assimilazione rispetto al sistema LAPS e la possibilità di aggiungere ulteriori dati alla fase di assimilazione.

Contesto meteo-marino

Mitigazione del rischio da mareggiate:

- Altezza d'onda (marine.copernicus, frequenza oraria fino a 5 giorni [17]). Per le tratte ferroviarie che in passato hanno subito danni da mareggiate RAMSES calcola il livello di criticità nelle successive 24 ore.

Modello afflussi-deflussi

I campi di precipitazione e l'umidità del suolo costituiscono l'input per modelli afflussi-deflussi, differenziati in base alle superfici dei bacini. I volumi affluiti in corrispondenza delle opere d'arte sono utilizzati per valutare la probabilità di sormonto e allagamento tenendo conto delle dimensioni delle luci e dei dati lidar. I tempi di ritardo dei bacini sono tenuti in conto per una previsione di short-nowcasting.

Conclusioni

Il progetto RAMSES è un contenitore che include e implementa una quantità di informazioni col fine di monitorare e mitigare il rischio meteo-idrologico per le infrastrutture della rete ferroviaria nel comparto territoriale della Regione Calabria. Nel contesto RAMSES il contributo meteorologico è rappresentato dagli strumenti di Nowcasting e di Very Short Range Forecast con la finalità di migliorare l'identificazione di quei sistemi convettivi in grado di produrre eventi di precipitazione di notevole intensità.

La sinergia stabilita fra le differenti componenti presenti in RAMSES risulta essere di grande interesse, interesse che va ben oltre l'aspetto scientifico.