

XÂY DỰNG HỆ THỐNG HỖ TRỢ DỰ BÁO LŨ TRÊN NỀN TẢNG DELFT FEWS CHO LƯU VỰC SÔNG MÃ

Nguyễn Xuân Lộc, Đặng Đình Đức, Nguyễn Hồng Thủy
Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Đại học Khoa học Tự nhiên

Ngày nhận bài: 01/7/2021; ngày chuyển phản biện: 02/7/2021; ngày chấp nhận đăng: 20/7/2021

Tóm tắt: Dự báo lũ là một trong những công tác đặc biệt quan trọng nhằm giảm thiểu thiệt hại do lũ gây ra. Với sự phát triển của ngành khí tượng thủy văn, ngày càng nhiều nguồn dữ liệu có thể khai thác phục vụ dự báo lũ, song song với đó các công cụ mô hình thủy văn, thủy lực ngày càng đa dạng, tiên tiến. Tuy nhiên, vấn đề đặt ra trong công tác dự báo lũ là cần có một công nghệ đủ tốt để có thể khai thác được các thế mạnh đó. Bài báo này giới thiệu hệ thống hỗ trợ dự báo lũ DELFT FEWS, hệ thống này cho phép thích ứng linh hoạt với các yêu cầu đa dạng về các loại dữ liệu và mô hình. Đồng thời, cung cấp cho dự báo viên một giao diện hiển thị kết quả trực quan, dễ theo dõi. Hệ thống này đã được ứng dụng tại nhiều trung tâm dự báo quốc tế và bước đầu áp dụng tại Việt Nam. Nghiên cứu này trình bày một ví dụ minh họa ứng dụng thử nghiệm cho lưu vực sông Mã và một số điểm người dùng cần lưu ý.

Từ khóa: Delft-FEWS, sông Mã, dự báo lũ.

1. Đặt vấn đề

Dự báo dòng chảy lũ là một công việc quan trọng nhằm cung cấp thông tin sớm về lũ lụt để các cơ quan chức năng và người dân kịp thời ứng phó [22, 15, 10]. Madsen và cộng sự [23] đã chỉ ra các thành phần của một hệ thống dự báo lũ gồm: (i) Hệ thống thu thập dữ liệu thời gian thực về các yếu tố khí tượng và thủy văn, (ii) Các mô hình thủy văn và thủy lực, (iii) Hệ thống dự báo các điều kiện khí tượng và (iv) Hệ thống cập nhật, đồng hóa dữ liệu.

Hàng ngày, một lượng lớn dữ liệu về khí tượng thủy văn được truyền về các đơn vị, trung tâm dự báo. Các loại dữ liệu này rất đa dạng về loại định dạng, cấu trúc dữ liệu. Một số dữ liệu từ các trạm quan trắc tự động cần phải cập nhật theo thời gian thực. Các số liệu quan trắc bằng radar, vệ tinh, số liệu tái phân tích, số liệu số trị có dung lượng lớn, cấu trúc chưa thật sự phù hợp với các mô hình thủy văn. Công tác xử lý các loại dữ liệu này cung cấp đầu vào cho các mô hình, cho công tác hiển thị dữ liệu để đánh giá, phân tích, đồng bộ hóa dữ liệu... khá khó khăn, mất nhiều công sức và thời gian trong khi đối với công tác dự báo,

cảnh báo lũ sớm có rất ít thời gian từ khi nhận được số liệu đến khi công bố bản tin. Do đó cần có công cụ hỗ trợ xử lý các tác vụ cập nhật nhanh chóng, thuận tiện với nhiều nguồn số liệu.

Phần cốt lõi của hệ thống dự báo lũ là các mô hình thủy văn, thủy lực. Nhóm mô hình thủy văn thông số tập trung truyền thống như NAM, TANK, HEC-HMS, HYMOD..., mô hình thủy lực như MIKE 11, HEC-RAS, VRSAP... từ lâu đã được sử dụng rộng rãi trong dự báo lũ tại Việt Nam [3, 6]. Các mô hình thông số phân bố/bán phân bố, thủy lực 2 chiều như MARINE, WFOV, MIKE SHE, SWAT, MIKE 21, DELFT... có thời gian tính toán lâu, khó khăn trong công tác dự báo lũ, ngập lụt [5]. Tuy nhiên, với sự phát triển của khoa học máy tính đã giúp cải tiến năng lực tính toán của các mô hình này. Mỗi loại mô hình đều có các ưu, nhược điểm khác nhau, do đó dự báo viên thường sử dụng kết hợp nhiều loại công cụ. Tuy nhiên, điều khó khăn xuất phát chính từ sự đa dạng này. Do đó đòi hỏi cần có công cụ hỗ trợ tích hợp các mô hình dự báo. Hỗ trợ dự báo viên thiết lập khởi chạy nhiều loại mô hình trên một giao diện chung.

Các kết quả mô hình luôn tồn tại sai số nhất định. Để kịp thời cập nhật sai số, nâng cao chất lượng dự báo thì hệ thống cập nhật, đồng hóa số

Liên hệ tác giả: Đặng Đình Đức
Email: dangduc@hus.edu.vn

liệu là rất ý nghĩa đã được nhiều nghiên cứu minh chứng [20, 25, 26, 13]. Hiện nay, đồng hóa dữ liệu đang được ứng dụng ngày càng nhiều trong thủy văn đặc biệt trong công tác dự báo lũ. Với việc cập nhật và đồng hóa, các kết quả dự báo sẽ được nâng cao đáng kể, hỗ trợ dự báo viên ra các quyết định hợp lý và sát với thực tế nhất có thể.

Trên thế giới, các nhà khoa học cũng như các cơ quan, trung tâm dự báo đã xây dựng một số hệ thống hỗ trợ dự báo lũ/dòng chảy có thể xử lý các vấn đề tồn tại đã nêu. Một số hệ thống dự báo lũ lụt có thể kể đến như Hệ thống Dự báo Dòng sông Dịch vụ Thời tiết Quốc gia (NWSRFS) được sử dụng để dự báo dòng chảy sông tại 13 trung tâm dự báo sông trên khắp Hoa Kỳ [7], Hệ thống Dự báo Dòng chảy Sông (RFFS) được áp dụng tại trung tâm dự báo Đông Bắc ở Anh cũng như White Cart Catchment ở Scotland [24], Hệ thống Dự báo Vùng Midlands được sử dụng trong trung tâm dự báo Midlands ở Anh [12], hệ thống cảnh báo lũ lụt được sử dụng cho sông Nile Xanh ở Sudan [14], hay hệ thống phần mềm tích hợp dữ liệu và hỗ trợ dự báo thời tiết tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia, Tổng cục Khí tượng Thủy văn Việt Nam cho các lưu vực Cả, Kon-Hà Thanh, Trà Khúc [17]. Hệ thống tại Midland (Anh) và hệ thống cho sông Nile Xanh về cơ bản được xây dựng như một hệ thống đóng hộp, bất kỳ thay đổi nào trong mô hình hoặc dữ liệu được sử dụng trong các mô hình có thể khiến toàn bộ hệ thống phải thiết kế lại. Ba hệ thống còn lại được thiết kế mở và linh hoạt hơn. Tính linh hoạt đạt được thông qua việc tích hợp các mô hình, các thuật toán thu

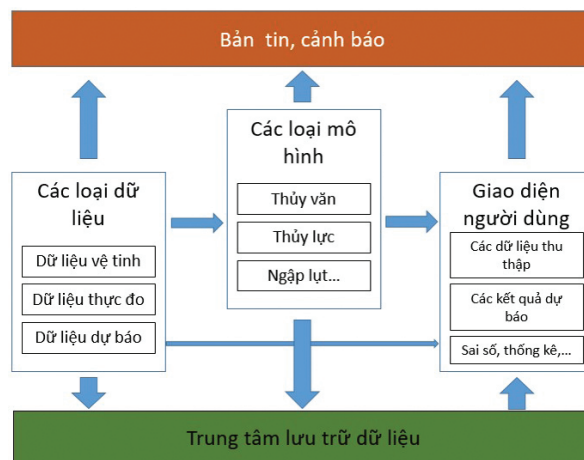
thập, xử lý dữ liệu vào hệ thống. Hệ thống Delft-FEWS được công ty Deltares (Hà Lan) xây dựng và phát triển dựa trên cách tiếp cận này [27].

Mục đích chính của Delft-FEWS là cung cấp một nền tảng mà qua đó có thể xây dựng các hệ thống dự báo hoạt động và cho phép sự linh hoạt trong việc tích hợp các mô hình và dữ liệu. Trái ngược với hệ thống NWSRFS và RFFS cũng theo cách tiếp cận mô-đun, hệ thống Delft-FEWS không bao gồm các mô hình thủy văn sẵn có trong đó. Thay vào đó, nó hoàn toàn dựa vào sự tích hợp của các thành phần mô hình (bên thứ ba). Kể từ khi được giới thiệu ở dạng hiện tại vào năm 2002/2003, hệ thống này đã được áp dụng tại nhiều trung tâm dự báo lũ/dòng chảy hoạt động (hiện nay hệ thống này đã bước đầu được áp dụng tại Trung tâm Dự báo KTTV Quốc gia của Việt Nam).

Với những ưu điểm trên, bài báo trước tiên cung cấp tổng quan về cấu trúc và tính năng quan trọng nhất của Delft-FEWS, và ví dụ về sự ứng dụng của hệ thống Delft-FEWS trong nghiên cứu và trong công tác dự báo lũ, cụ thể là ứng dụng thử nghiệm cho lưu vực sông Mã.

2. Cấu trúc của hệ thống Delft-FEWS

Delft-FEWS có thể được cấu hình tùy chọn bởi người sử dụng bằng một bộ các tệp cấu hình mã XML. Các tệp cấu hình này sẽ quy định cách thức giao tiếp dữ liệu của FEWS với bên ngoài, cách thức giao tiếp của FEWS với một hay nhiều mô hình toán, cách thức hiển thị dữ liệu trong FEWS và cách thức trích xuất dữ liệu trên FEWS thành các định dạng khác nhau tùy ý người sử dụng.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc của một hệ thống dự báo lũ lụt của Delft-FEWS [11]

2.1. Mô-đun thu nhận số liệu và lưu trữ

Tất cả các hệ thống dự báo hoạt động đều yêu cầu nhập dữ liệu (thời gian thực) từ mạng lưới quan trắc khí tượng và thủy văn. Dữ liệu này được sử dụng để phân tích điều kiện hiện trạng khí tượng thủy văn và là đầu vào cho các mô hình thủy văn và thủy lực. Trong hầu hết các hệ thống, dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau được cân nhắc thu thập và sử dụng với các định dạng khác nhau. Việc nhập dữ liệu từ các nguồn khác nhau này đặt ra một thách thức đáng kể, không chỉ bởi hiện nay có nhiều định dạng dữ liệu được sử dụng mà trong nhiều trường hợp còn do sự khác biệt trong loại dữ liệu được cung cấp. Delft-FEWS đã phát triển một mô-đun nhập dữ liệu được thiết kế để xử lý nhiều định dạng dữ liệu. Trong các phiên bản phát triển ban đầu của Delft-FEWS, một mô-đun nhập dữ liệu đã có sẵn và được cấu hình thông qua các cài đặt khác nhau để hỗ trợ một định dạng mới. Mặc dù điều này có hiệu quả ở một mức độ nào đó, tuy nhiên với sự phát triển của công nghệ, các định dạng dữ liệu ngày càng nhiều và các mô-đun nhập liệu này có thể không thể nhập liệu hết tất cả các loại định dạng dữ liệu mới này. Tuy nhiên, mô-đun nhập liệu của Delft-FEWS có thể xử lý với hầu hết các tiêu chuẩn dữ liệu hiện tại và chuyển các dữ liệu này vào bộ lưu trữ của hệ thống. Trong cộng đồng khí tượng, các tiêu chuẩn định dạng dữ liệu đã được chuẩn hóa và sử dụng chung như GRIB, GRIB2, định dạng BUFR, NetCDF với các quy ước CF (Dự báo Khí hậu). Các tiêu chuẩn này đã được áp dụng rộng rãi cho dữ liệu không gian địa lý và có thể dễ dàng nhập liệu và lưu trữ trong hệ thống Delft-FEWS [9].

2.2. Mô-đun xử lý dữ liệu phục vụ các mô hình dự báo

Trong dự báo, cảnh báo lũ, dữ liệu đầu vào đóng một vai trò cực kỳ quan trọng bao gồm các dữ liệu về khí tượng (đặc biệt là dữ liệu mưa) và dữ liệu thủy văn (mức nước, lưu lượng). Theo đó, các nguồn dữ liệu mưa phổ biến hiện nay có hai dạng là dữ liệu mưa phân bố (từ các mô hình số trị, dữ liệu vệ tinh, radar, ...) và dữ liệu mưa điểm (các trạm mưa mặt đất). Các loại dữ liệu này cần được xử lý để chuyển thành dữ liệu mưa trung bình lưu vực cho các mô hình thủy

văn thông số tập trung như MIKE NAM, HEC-HMS,... và thành dạng mưa lưới cho các mô hình thông số phân bố như MIKE SHE, MARINE, WFLOW,... Năm bắt được điều này, Delft-FEWS đã phát triển nhiều chức năng, công cụ xử lý dữ liệu khác nhau và có thể xử lý nhanh chóng các yêu cầu này thông qua các thuật toán và phương pháp khác như phương pháp đa giác Thiessen, Bilinear, trọng số,... Bên cạnh đó, Delft-FEWS đã được tích hợp các thuật toán để phát hiện/xử lý các điểm số liệu bị mất hoặc các giá trị bất thường trong chuỗi số liệu cho các loại số liệu thủy văn như lưu lượng hay mực nước. Điều này hỗ trợ rất nhiều cho các dự báo viên trong việc giảm tải tác vụ kiểm tra các số liệu bất thường trong một lượng số liệu rất lớn được thu thập.

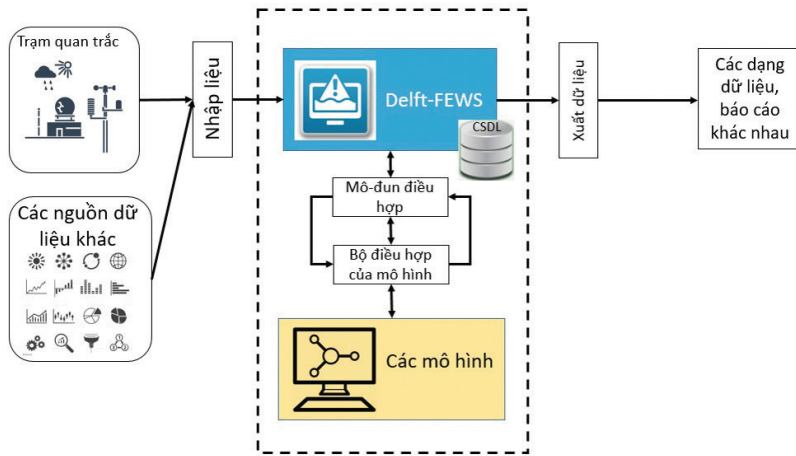
2.3. Tích hợp mô hình bên ngoài

Cách tiếp cận tích hợp các mô hình như một phần của quá trình dự báo trong Delft-FEWS nhằm mục tiêu đơn giản hóa nhưng hiệu quả. Thông thường, một quy trình dự báo có thể sử dụng một loạt các mô hình như mô hình mưa dòng chảy, mô hình định tuyến... Các mô hình này thường độc lập, có thể được chạy tuần tự và độc lập, với dữ liệu được trao đổi từ cơ sở dữ liệu ở mỗi bước của tính toán mô hình.

Hiện đã có gần 60 loại mô hình từ nhiều nhà phát triển mô hình và nhà cung cấp đã được tích hợp và chạy thành công trong Delft-FEWS. Các loại mô hình có thể kể đến như D-Flow FM, (Deltares, Hà Lan), HBV (SHMI, Thụy Điển), HEC-RAS (USACE, Mỹ), MIKE NAM (DHI, Đan Mạch)... (xem thêm các loại mô hình tại [20]). Định dạng dữ liệu của các mô hình này rất khác nhau. Để giảm bớt sự phức tạp khi số lượng mô hình tăng lên, Delft-FEWS hiện sử dụng XML như một ngôn ngữ kết nối các loại mô hình. Delft-FEWS tạo dữ liệu đầu vào dưới dạng một tập hợp các tệp XML đến một vị trí xác định; một bộ điều hợp (adapter) được phát triển đặc biệt cho mô hình sẽ chuyển nó thành định dạng gốc bắt buộc trong bước tiền xử lý; Delft-FEWS thực thi mô hình; và bộ điều hợp sang của mô hình sau đó chuyển đổi kết quả được định dạng gốc thành các tệp có định dạng XML. Delft-FEWS sau đó nhập kết quả vào cơ sở dữ liệu từ các tệp XML và hiển thị lên giao diện người dùng. Mặc dù có

những khác biệt về việc thực thi mô hình được thực hiện bởi Delft-FEWS hay bộ điều hợp cho

các mô hình, nguyên tắc là giống nhau đối với tất cả các mô hình.

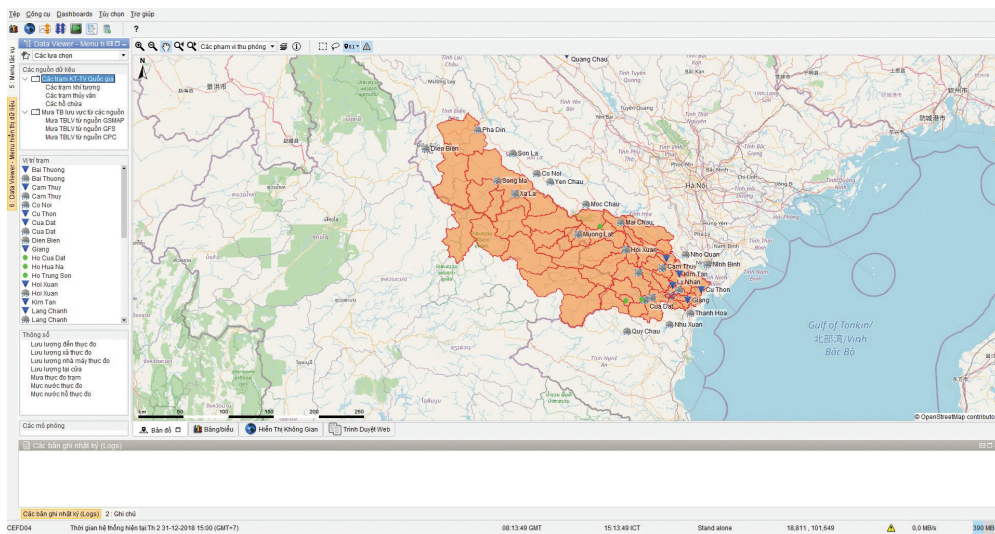


Hình 2. Liên kết Delft-FEWS với các mô hình bên ngoài

2.4. Xây dựng bản tin dự báo và giao diện người dùng

Bước cuối cùng của quá trình dự báo trong hầu hết các trường hợp là việc tạo ra các sản phẩm, cung cấp thông tin những người dùng cuối là những nhà quản lý, các cơ quan phòng chống lũ lụt và người dân. Delft-FEWS có thể tạo báo cáo web dựa trên các mẫu HTML với đồ thị, bảng biểu cũng như báo cáo tóm tắt. Ngoài ra, Delft-FEWS có thể xuất chuỗi thời gian ở nhiều định dạng khác nhau, bao gồm một số định dạng tiêu chuẩn hiện có như XML, NetCDF-CF, CSV,... Các định dạng dữ liệu này có thể phục vụ các nhu cầu khác nhau của người dùng cuối như

các dữ liệu kết quả dạng XML có thể sử dụng để làm đầu vào, cung cấp các bản tin thông qua các ứng dụng, phần mềm trên điện thoại thông minh; hay định dạng NetCDF-CF có thể thành dạng một báo cáo, bản tin văn bản để gửi đến các đơn vị, cơ quan khác nhau,... Trong hoạt động hàng ngày của một trung tâm dự báo, những dự báo viên tương tác với Delft-FEWS chủ yếu thông qua giao diện người dùng. Thiết kế giao diện người dùng tập trung vào việc cung cấp hiệu quả quyền truy cập vào lượng lớn dữ liệu thường cần được tham khảo và theo dõi để phục vụ công tác dự báo. Hình 3 cung cấp một ví dụ về màn hình chính của hệ thống.

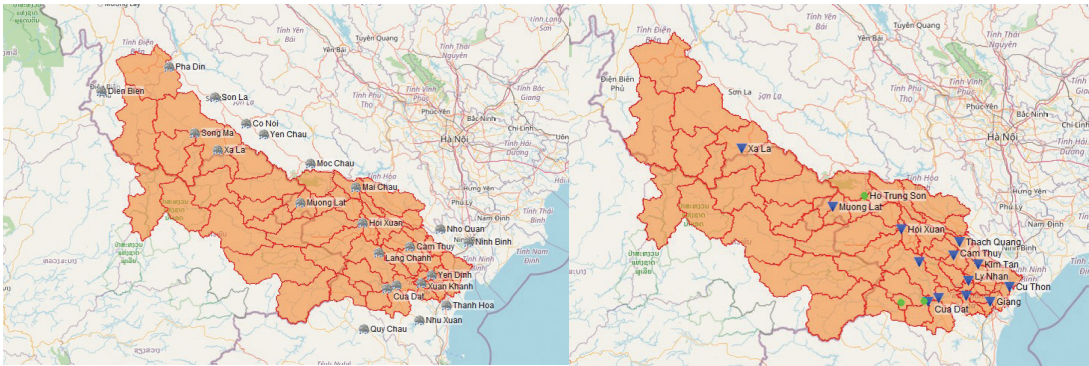


Hình 3. Giao diện người dùng của hệ thống FEWS

3. Ứng dụng xây dựng hệ thống hỗ trợ dự báo lũ FEWS cho lưu vực sông Mã

Để minh họa việc sử dụng hệ thống hỗ trợ dự báo lũ DELFT-FEWS, hệ thống dự báo lũ ứng dụng thử nghiệm tại lưu vực sông Mã được trình bày tại đây. Hệ thống hỗ trợ dự báo lũ bao gồm tất cả các hạng mục được mô tả ở trên gồm các kỹ thuật mô hình hóa và các cách tiếp cận khác nhau trong việc sử dụng dữ liệu. Đây là hệ thống được phát triển dựa trên phiên bản Delft-FEWS 2019.02, được cung cấp hoàn toàn miễn phí cho mục đích nghiên cứu khoa học.

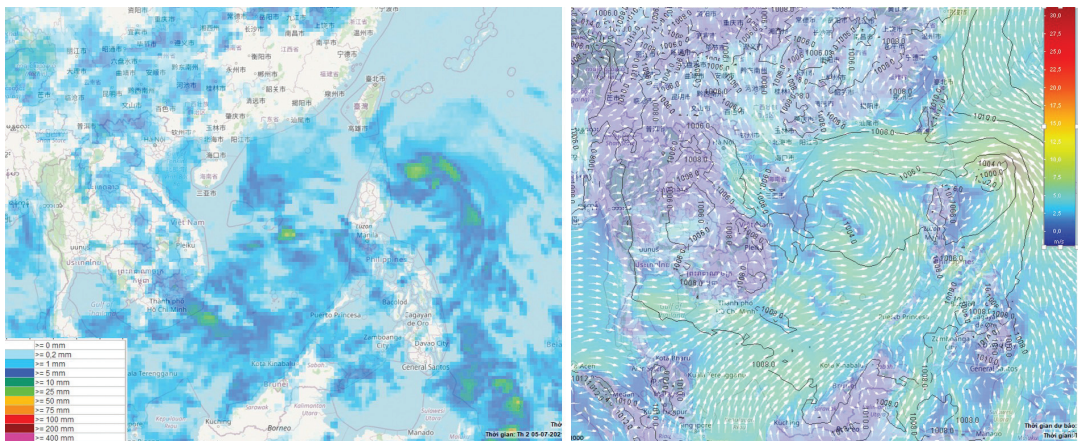
Dữ liệu phục vụ hệ thống dự báo
 Dữ liệu mưa thực đo từ mạng lưới quan trắc gồm: 21 trạm khí tượng, 20 trạm thủy văn, 11 trạm đo mưa. Dữ liệu vận hành hồ chứa (lưu lượng đến hồ, lưu lượng xả, mực nước thượng lưu) của 03 hồ lớn gồm: Hỏa Na, Cửa Đạt, Trung Sơn; dữ liệu mực nước thực đo tại các trạm thủy văn: Cửa Đạt, Xuân Khánh (sông Chu), Xã Là, Mường Lát, Hồi Xuân, Cẩm Thủy, Lý Nhân, Giàng (trên sông Mã); dữ liệu này được cung cấp hằng ngày từ Ban Chỉ đạo Trung ương về Phòng chống thiên tai và được cập nhật bán tự động vào hệ thống FEWS.



Hình 4. Các trạm quan trắc khí tượng (trái), trạm thủy văn và hồ chứa (phải) thuộc lưu vực sông Mã hiển thị trên hệ thống

Bên cạnh các dữ liệu thực đo, hệ thống hỗ trợ dự báo được cấu hình để thu thập bổ sung tự động các nguồn số liệu tái phân tích và dự báo gồm: Số liệu mưa dự báo GFS hạn 10 ngày [19], số liệu dự báo số trị WRF-CEFD hạn 7 ngày,

cập nhật liên tục hằng ngày, số liệu mưa vệ tinh GSMaP cập nhật liên tục hằng giờ [19] dữ liệu mưa tái phân tích CPC [8], cập nhật..., các yếu tố khác gồm nhiệt độ, bốc hơi, gió (U, V), bức xạ mặt trời tái phân tích từ ECMWF [16].

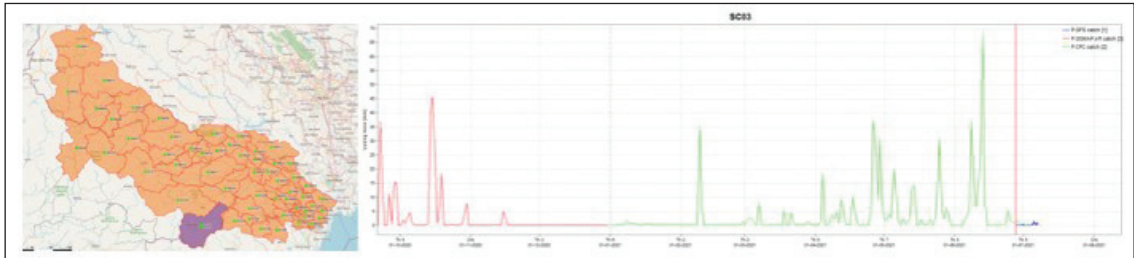


Hình 5. Hiển thị dữ liệu mưa (trái) và khí tượng (vận tốc, hướng gió, áp suất - bên phải) theo không gian trên hệ thống

Xử lý các dữ liệu

Một trong những chức năng hiệu quả nhất của hệ thống FEWS là khả năng xử lý dữ liệu. Ở bước đầu tiên trong quy trình dự báo, hệ thống thu thập dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau, lượng dữ liệu lớn. Hệ thống được thiết lập các chức năng xử lý gồm: Xử lý các số liệu ngoại lai, số liệu khuyết thiếu. Xử lý số liệu mưa điểm (từ số liệu trạm) và mưa lưới từ số liệu tái phân tích/dự báo về số liệu mưa trung

bình các tiểu lưu vực của mô hình thủy văn thông số tập trung. Dạng file chuỗi thời gian cho từng tiểu lưu vực đáp ứng yêu cầu cho mô hình thủy văn thông số tập trung; xử lý về mưa lưới với độ phân giải 1 x 1 km cho mô hình thủy văn thông số phân bố; Xử lý số liệu lưu lượng, mực nước thực đo về chuẩn định dạng của mô hình thủy lực. Việc xử lý này được thực hiện tự động, tuy nhiên dự báo viên có thể can thiệp thủ công.

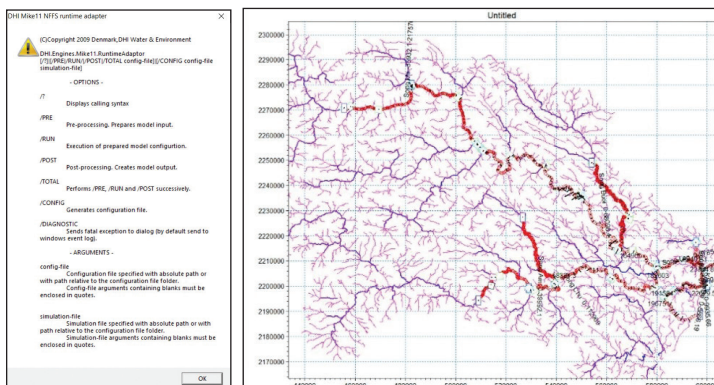


Hình 6. Dữ liệu mưa tính toán trung bình lưu vực từ nhiều nguồn số liệu khác nhau

Mô hình thủy văn và thủy lực

Mô hình thủy văn sử dụng gồm: Mô hình MIKE NAM và mô hình WFLOW. Các mô hình này đã được thiết lập, hiệu chỉnh và kiểm định cho lưu vực sông Mã đảm bảo độ tin cậy [16, 1, 4]. Mô hình thủy lực sử dụng là MIKE 11, bộ mô hình này được thiết lập, hiệu chỉnh và kiểm định trong khuôn khổ dự án C2DV3 [2]. Quá trình thiết lập như sau: Bộ mô hình được liên kết, tích hợp với Delft-FEWS thông qua sử dụng định dạng XML giao diện mở (có thể xem cách tiếp cận về phương pháp trong [21]). Dòng chảy từ mô hình mưa dòng chảy MIKE NAM được sử dụng làm đầu vào cho các mô hình dòng chảy thủy lực MIKE 11 cho sông Mã. Hai bộ mô hình được chạy trong DELFT-FEWS thông qua các bộ

điều hợp (adapter) do DHI cung cấp. Khi được gọi và chạy, mô-đun điều hợp (General Adapter) gọi đến bộ điều hợp của mô hình và truy cập vào cơ sở dữ liệu của hệ thống để cung cấp số liệu đầu vào. Khi đó, bộ điều hợp của mô hình MIKE sẽ chạy tuần tự từng bước: PRE - RUN - POST (Hình 7 - trái). Theo đó, PRE sẽ thực hiện nhận dữ liệu mà hệ thống cung cấp và chuyển hóa thành định dạng đầu vào cho mô hình MIKE. Trên cơ sở này, RUN sẽ gọi bộ mô hình và chạy tính toán trên cơ sở các dữ liệu đầu vào đã được chuyển hóa định dạng và xuất ra kết quả. Cuối cùng, POST sẽ thực hiện chuyển hóa kết quả từ định dạng của mô hình MIKE sang định dạng XML (định dạng mà hệ thống Delft-FEWS có thể hiểu được).

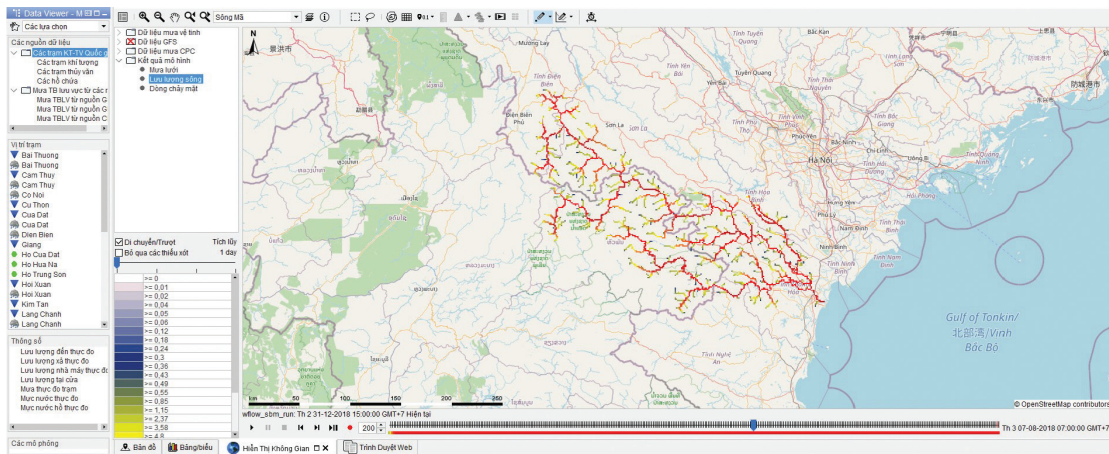


Hình 7. Bộ điều hợp (trái) và sơ đồ thủy lực (phải) của bộ mô hình MIKE 11 sử dụng trong hệ thống Delft-FEWS thiết lập cho sông Mã

Kết quả tích hợp hệ thống hỗ trợ dự báo

Sau khi được thiết lập, hệ thống được thử nghiệm chạy nghiệp vụ hàng ngày tự động theo các mốc thời gian định sẵn. Kể đến, hệ thống sử dụng sản phẩm khí tượng đã được thu thập và xử lý đưa vào hai bộ mô hình thủy văn WFLOW và MIKE NAM. Theo đó, hai nguồn số liệu này cung cấp dữ liệu đầu vào cho mô hình thủy lực MIKE 11. Tại đây, mô hình cung cấp các thông tin bao gồm lưu lượng đến các hồ Hòa Na, Cửa Đạt (sông Chu), hồ Trung Sơn (sông Mã) với thời gian dự báo tối đa lên tới 10 ngày. Dựa trên các

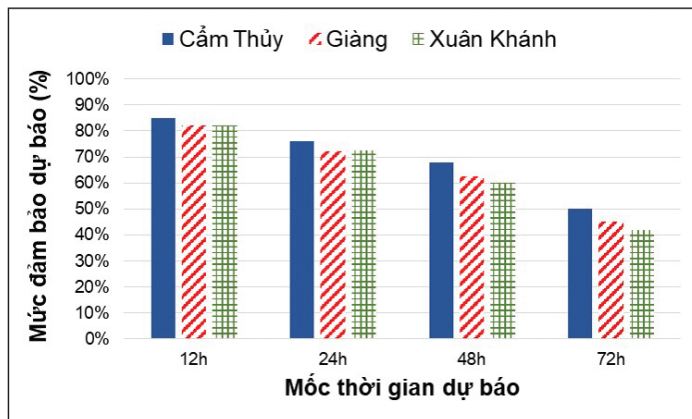
thông tin này, các dự báo viên có thể ước lượng lưu lượng xả tại các hồ để tham gia công tác điều tiết, vận hành các hồ an toàn trong mùa mưa lũ. Bên cạnh đó, hệ thống cung cấp thông tin dự báo lên đến 10 ngày cho các yếu tố lưu lượng và mực nước bao tại các trạm thủy văn thuộc lưu vực sông, có thể kể đến như Cẩm Thủy, Giàng, Xuân Khánh... Các dự báo viên có thể quan sát, đánh giá, thảo luận về các kết quả được hiển thị trên hệ thống hoặc từ các files số liệu được xuất ra để từ đó đưa ra các dự báo cuối cùng trong bản tin.



Hình 8. Hệ thống sau khi được tích hợp và hiển thị kết quả trên hệ thống

Hình 9 thể hiện các kết quả xếp hạng chất lượng dự báo tại các trạm Cẩm Thủy, Giàng và Xuân Khánh trong kết quả dự báo thử nghiệm trong đợt lũ tháng 6/2021. Theo đó, với mốc thời gian 12 h, các trạm đều cho mức đảm bảo dự báo tốt, cả ba trạm đều đạt khoảng 80%; với mốc dự báo 24 h mức đảm bảo dự báo có giảm,

số lần dự báo đúng của các trạm đạt khoảng hơn 70%; với mốc 72 h (3 ngày), cả 3 trạm đạt số lần dự báo đúng gần 50%. Có thể thấy, các kết quả đánh giá chất lượng dự báo đều cho kết quả từ khá tới tốt trong mốc thời gian 12 h và 24 h, đồng thời cho thấy hệ thống có thể đáp ứng được các yêu cầu của công tác dự báo nghiệp vụ.



Hình 9. Các kết quả đánh giá xếp hạng chất lượng dự báo mực nước tại các trạm Cẩm Thủy, Giàng và Xuân Khánh

4. Kết luận

Trong bài báo này, các giới thiệu chung nền tảng hỗ trợ dự báo lũ của Delft-FEWS và ứng dụng hệ thống cho lưu vực sông Mã. Mục tiêu của hệ thống không phải là cung cấp các khả năng dự báo dưới dạng các thuật toán mô hình thủy văn, mà là cung cấp nền tảng mà thông qua đó các tác vụ trong quy trình dự báo được hỗ trợ nhiều nhất, nhanh nhất và thuận tiện nhất cho người sử dụng (dự báo viên). Hệ thống hỗ trợ dự báo được thiết lập với nhiều các mô-đun và chức năng khác nhau, có thể giải quyết nhiều yêu cầu mà một hệ thống dự báo, cảnh báo lũ sớm đặt ra như có thể thu thập và xử lý dữ liệu về các yếu tố khí tượng và thủy văn từ nhiều nguồn khác nhau, liên kết, tích hợp các mô hình thủy văn và thủy lực dự báo lũ và hỗ trợ tạo các bản tin. Hệ thống đảm bảo sự linh hoạt đối với những sự thay đổi, nhất là trong sự phát triển công nghệ đo đạc, công nghệ lưu trữ dữ liệu hay công nghệ dự báo (mô hình số) hiện nay mà không cần xây dựng một hệ thống hoàn toàn mới. Tuy nhiên, bộ công cụ nào cũng có những giới hạn nhất

định. Những người thiết lập hệ thống sẽ không chỉ cần đối mặt với sự phức tạp trong cấu hình của Delft-FEWS và liên kết với các mô hình bên ngoài, mà còn với sự phức tạp của chính các mô hình bên ngoài. Mỗi một mô hình sẽ có cấu trúc khác nhau, yêu cầu bộ điều hợp (adapter) khác nhau, và không phải mô hình nào cũng có sẵn bộ điều hợp như vậy. Trong nhiều trường hợp, người thiết lập hệ thống sẽ cần phải tự phát triển bộ điều hợp (trong trường hợp không có bộ điều hợp sẵn có). Việc phát triển này rất khó khăn và cần nhiều nguồn lực cả về con người, tài chính và thời gian do yêu cầu cao về mức độ hiểu biết của mô hình, độ mở của mô hình và các kiến thức về lập trình xây dựng bộ điều hợp. Do đó khi liên kết và tích hợp, người dùng (người thiết lập hệ thống) cần cân nhắc theo mục tiêu và yêu cầu của bản thân để lựa chọn loại mô hình có sẵn hay tự phát triển các bộ điều hợp. Mặc dù vậy, hệ thống Delft-FEWS vẫn là một hệ thống có thể hỗ trợ đắc lực công tác dự báo, cảnh báo lũ sớm và cần được nhân rộng, phát triển cho các lưu vực khác nhau ở Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ Đề tài TN.20.20 "Nghiên cứu tích hợp hệ thống Delft-FEWS trong việc nâng cao hiệu quả dự báo lũ", Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội. Nhóm thực hiện xin cảm ơn sự hỗ trợ về số liệu, hệ thống tính toán hiệu năng cao của Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.

Tài liệu tham khảo

Tài liệu tiếng Việt

1. Trần Ngọc Anh và cộng sự (2021), "Giới thiệu bộ công cụ mô hình Wflow trong mô phỏng dòng chảy các lưu vực sông Việt Nam. Phần 1: Mô hình Wflow_sbm", Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 722, 68-76; doi:10.36335/VNJHM.2021(722).68-76.
2. Báo cáo mô hình thủy lực, Gói thầu C2-DV3, Dự án Hợp phần 2 "Tăng cường hệ thống dự báo thời tiết và cảnh báo sớm" thuộc dự án "Quản lý thiên tai" - WB5/VN-Haz, Tổng Cục Khí tượng Thủy văn - Bộ Tài nguyên và Môi trường.
3. Tống Ngọc Công (2018), Ứng dụng mô hình MIKE 11 phục vụ dự báo lũ hệ thống sông Đáy - Hoàng Long, Luận văn thạc sỹ, Đại học Quốc gia Hà Nội, Việt Nam.
4. Đặng Đình Đức và cộng sự (2017), "Đánh giá hiện trạng và khả năng khai thác số liệu mưa phục vụ dự báo lũ; Áp dụng thử nghiệm cho lưu vực sông Chu", Tạp chí Khoa học Biến đổi Khí hậu, số 2, tháng 6/2017, tr.99-103.
5. Nguyễn Hồng Quân (2013), "Một số phương pháp xây dựng bản đồ ngập lụt tỉnh Long An trong điều kiện biến đổi khí hậu và mực nước biển dâng", Science & Technology Development, Vol 16, No.M1-2013.
6. Hoàng Ngọc Tuấn (2017), Ứng dụng mô hình HEC-HMS để dự báo dòng chảy lũ và xây dựng đường

quá trình xả lũ về hạ du cho các hồ chứa thuộc lưu vực sông Sê Rê Pốk tỉnh Đắk Lắk: Áp dụng điển hình cho hồ chứa nước Đắk Minh, huyện Buôn Đôn", Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 681, tr.8-14.

Tài liệu tiếng Anh

7. Burnash, R., (1995), "The NWS river forecasting system catchment modelling, In: Singh, V. (Ed.), *Computer Models of Watershed Hydrology*", Water Resources Publications, New York, USA, 311-366.
8. CPC Global Unified Precipitation data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSL, Boulder, Colorado, USA, from their Web site at <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.cpc.globalprecip.html>
9. Daryl T. Kleist, David F. Parrish, John C. Derber, Russ Treadon, Wan-Shu Wu, and Stephen Lord, (2009), "Introduction of the GSI into the NCEP Global Data Assimilation System", *Weather and Forecasting*, Vol 24, Issue 6, 1691-1705.
10. De Roo, A. et al. (2003), "Development of a European flood forecasting system", *International Journal of River Basin Management* 1, 49-59.
11. Dhondia, Juser & Van de Ven, Frans., (2014), *Implementation of Operational Urban Water Supply and Demand Forecasting System to Reduce its Exposure to Extreme Climate Events*. 10.13140/2.1.1398.0808.
12. Dobson, C., Davies, G., White, W., (1990), "Integrated real time data retrieval and flood forecasting using conceptual models", In: *International Conference on River Flood Hydraulics*. John Wiley & Sons, Oxford, UK, 21-30.
13. Godae: 10 Years of Achievement, (2009), "Special Issue on the Revolution in Global Ocean Forecasting", *Oceanography Society*, 22, 96-109.
14. Grijssen, J. et al. (1992), "An information system for flood early warning", In: Saul, A. (Ed.), *Floods and Flood Management*. Kluwer Academic Publishing, 263-289.
15. Haggett, C., (1998), "An integrated approach to flood forecasting and warning in England and Wales", *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management* 12, 425-432.
16. Hersbach, H. et al. (2018), *ERA5 hourly data on single levels from 1979 to present*. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). 10.24381/cds.adbb2d47.
17. <http://www.kttvqg.gov.vn/public/index.php/tin-tuc-khcn-120/phat-trien-he-thong-phan-mem-phuc-vu-tich-hop-du-lieu-va-ho-tro-du-bao-thoi-tiet-5406.html>
18. <https://publicwiki.deltares.nl/display/FEWSDOC/Models+linked+to+Delft-FEWS>
19. <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP>
20. Ide, K., et al. (1997), "Unified notation for data assimilation: operational, sequential and variational", *J. Meteorol. Soc. JPN*, 75, 181-189.
21. Karssenber, D., et al. (2010), A software framework for construction of process-based stochastic spatio-temporal models and data assimilation, *Environmental Modelling & Software* 25, 489-502.
22. Krzysztofowicz, R., Kelly, K., Long, D., (1992), "Reliability of flood warning systems", *Journal of Water Resources Planning and Management* 120, 906-926.
23. Madsen, H., et al. (2000), "Data assimilation in rainfall runoff forecasting", In *Proceedings of the 4th Hydroinformatics Conference*, Iowa, USA. IAHR
24. Moore, R., (1990), "A basin-wide flow forecasting system for real time flood warning, river control and water management", In: White, W. (Ed.), *International Conference on River Flood Hydraulics*. John Wiley & Sons, Oxford, UK, 21-30.
25. Parrish, D. F. and Derber, J. C. (1992), "The national meteorological center's spectral statistical interpolation analysis system", *Mon. Weather Rev.*, 120, 1747-1763.
26. Rabier, F., (2000), "The ECMWF operational implementation of fourdimensional variational assimilation. Part I: Experimental results with simplified physics", *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 126, 1143-1170.

27. Werner, M., Heynert, K., (2006), "Open model integration e a review of practical examples in operational flood forecasting", In: Gourbesville, P., Cunge, J., Guinot, V., Liong, S. (Eds.), 7th International Conference on Hydroinformatics, Nice, France, 155-162.

DEVELOPMENT OF THE SUPPORT FLOOD FORECASTING SYSTEM ON THE BASIS OF DEFLT FEWS FOR MA RIVER BASIN

Nguyen Xuan Loc, Dang Dinh Duc, Nguyen Hong Thuy
Center for Environmental Fluid Dynamics, VNU University of Science

Received: 01/7/2021; Accepted: 20/7/2021

Abstract: *Flood forecasting is one of the essential tasks to minimize flood damage. With the development of hydrometeorology, more and more data sources can be exploited for flood forecasting, and at the same time, hydrological and hydraulic modelling tools are increasingly diversified and advanced. However, the problem in flood forecasting is that there needs to be proper technology to optimise those strengths. This paper introduces the DELFT FEWS flood forecasting support system, allowing flexible adaptation to diverse requirements in terms of data types and models. At the same time, the system provide forecasters with an intuitive, easy-to-follow results display interface. This system has been applied at many international forecasting centres and initially applied in Viet Nam. Finally, this study illustrates a pilot application for the Ma River basin and some user points to note.*

Keywords: *Delft-FEWS, Ma river, flood forecast.*