

Bài báo khoa học

Nghiên cứu thử nghiệm xây dựng hệ thống giám sát và cảnh báo lũ, lụt và hạn hán tích hợp theo thời gian thực trên nền tảng WebGIS

Trần Anh Phương¹, Trần Văn Trà^{1*}, Nguyễn Anh Đức¹, Dương Hồng Sơn¹, Trần Mạnh Cường¹, Phạm Nhật Anh¹, Bùi Huyền Linh¹, Trần Thùy Nhung¹

¹Viện Khoa học tài nguyên nước, phuongtran.monre@gmail.com; tranvantra@gmail.com; nganhduc@yahoo.com; dhson.monre@gmail.com; manhcuongkt11@gmail.com; phanhataanh2803@gmail.com; linhhuyenbuihl@gmail.com; tranthuyhung1990@gmail.com

*Tác giả liên hệ: tranvantra@gmail.com; Tel.: +84-964101418

Ban Biên tập nhận bài: 5/2/2022; Ngày phản biện xong: 10/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, với sự phát triển của khoa học công nghệ, các công nghệ giám sát và cảnh báo tài nguyên nước theo thời gian thực đã có những bước phát triển vượt bậc. Trong bài báo này, hệ thống cảnh báo lũ, lụt và hạn hán được phát triển bởi Viện Khoa học tài nguyên nước được giới thiệu. Trong đó, hệ thống cảnh báo lũ, lụt bao gồm 3 thành phần chính: 1) Hệ thống quan trắc và giám sát, 2) Hệ thống lưu trữ, xử lý thông tin và dự báo, 3) Hệ thống cung cấp thông tin và hỗ trợ ứng phó khẩn cấp. Đầu vào của hệ thống này là các số liệu mưa, mực nước quan trắc theo thời gian thực và số liệu mưa dự báo từ mô hình dự báo thời tiết toàn cầu. Đầu ra của hệ thống là các thông tin dự báo về mực nước và ngập lụt cũng như các thông tin cảnh báo, hỗ trợ ứng phó khẩn cấp với lũ, ngập lụt. Hệ thống giám sát hạn hán cung cấp các thông tin hạn hán sử dụng các chỉ số: 1) Chỉ số hạn lượng mưa chuẩn hóa *SPI*, 2) Chỉ số thiếu hụt độ ẩm *SWDI* và 3) Chỉ số mực nước hồ chứa. Trong khi số liệu phục vụ tính toán các chỉ số *SPI* và *SWDI* được lấy từ các nguồn dữ liệu toàn cầu, dữ liệu hồ chứa là dữ liệu thời gian thực đo đạc trực tiếp tại các hồ chứa. Hệ thống được phát triển trên nền tảng WebGIS với giao diện thân thiện, cung cấp các thông tin tới người dùng một cách trực quan, góp phần giảm nhẹ thiệt hại do lũ, lụt và hạn hán gây ra.

Từ khóa: Lũ lụt; Hạn hán; Cảnh báo; Thời gian thực; WebGIS.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, các thiên tai liên quan đến nước như hạn hán và lũ lụt xuất hiện với tần suất ngày càng cao đã gây ra nhiều thiệt hại về người và tài sản cho người dân. Lũ lụt mặc dù diễn ra trong khoảng thời gian ngắn nhưng để lại hậu quả nặng nề về kinh tế, môi trường và an sinh xã hội. Chẳng hạn, đợt mưa lũ từ 06-20/10/2020 ở miền Trung nước ta đã khiến 154 người thiệt mạng và mất tích, 6.235 nhà sập đổ, hư hỏng, 16.692 ha lúa và hoa màu bị thiệt hại, 121 km đê kè và 73,5 km bờ sông, bờ biển bị sạt lở. Ước tính thiệt hại về kinh tế khoảng 15.469 tỷ đồng [1].

Mặt khác, hạn hán diễn ra âm thầm và chậm hơn nhưng cũng ảnh hưởng lớn tới mọi đối tượng, mọi lĩnh vực của đời sống xã hội. Hạn hán làm gián đoạn mùa vụ, suy giảm năng suất cây trồng và do đó ảnh hưởng trực tiếp đến sinh kế của người dân và an ninh lương thực quốc gia. Hạn hán cũng gây ra tình trạng thiếu nước sinh hoạt, dòng chảy vào các hồ chứa, gây ra các căng thẳng, tranh chấp về nước giữa các đối tượng sử dụng nước cũng như giữa các địa

phương và các quốc gia với nhau. Đợt hạn mùa khô năm 2015–2016 gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến đời sống sản xuất của các tỉnh khu vực Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Đặc biệt, 10/13 tỉnh, thành phố thuộc khu vực ĐBSCL đã phải công bố thiên tai hạn hán, xâm nhập mặn. Tổng thiệt hại do hạn hán gây ra cho khu vực này lên đến 7.900 tỷ đồng [2]. Mùa khô năm 2019–2020, mặc dù hạn hán, xâm nhập mặn ở ĐBSCL còn gay gắt hơn cả mùa khô 2015–2016 nhưng do công tác dự báo sớm của Tổng cục Khí tượng Thủy văn và chỉ đạo điều hành sát sao của các cấp lãnh đạo, thiệt hại đã giảm thiểu đáng kể. Tổng diện tích lúa bị thiệt hại do hạn mặn là 58.400 ha, bằng 14% so với diện tích bị ảnh hưởng năm 2015–2016. Tổng số hộ dân bị thiếu nước sinh hoạt bằng 54% mức ảnh hưởng so với năm 2015–2016 [3]. Điều này cho thấy công tác giám sát, dự báo, cảnh báo sớm đóng vai trò quan trọng trong việc chủ động ứng phó, giảm thiểu thiệt hại do thiên tai gây ra cho Nhà nước và nhân dân. Do đó, để đóng góp thêm cho các nỗ lực của Tổng cục Khí tượng Thủy văn, Viện Khoa học tài nguyên nước cũng đã sớm chủ động có những nghiên cứu thử nghiệm các hệ thống giám sát cảnh báo lũ lụt và hạn hán.

Trong thời gian gần đây, cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 với sự phát triển triển của các hệ thống quan trắc IoT và các thuật toán trí tuệ nhân tạo, công tác giám sát và cảnh báo hạn hán, lũ, lụt đã có những tiến bộ đáng kể. Các thông tin dự báo, cảnh báo có độ chính xác ngày càng cao. Tuy nhiên, để truyền tải các thông tin thiên tai kịp thời và hiệu quả hơn đến chính quyền và người dân, cần một hệ thống truyền tải thông tin trực quan, dễ hiểu trên nền tảng Web để mọi đối tượng đều có thể tiếp cận được, phù hợp với xu hướng chuyển đổi số. Trong bài báo này chúng tôi trình bày hệ thống cảnh báo lũ, lụt, hạn hán tích hợp theo thời gian thực đang được nghiên cứu thử nghiệm tại Viện Khoa học tài nguyên nước (canhbaolu.bache.vn; canhbaotainguyennuoc.wri.vn). Hệ thống được xây dựng trên nền tảng WebGIS đảm bảo thuận lợi cho người dùng truy xuất thông tin. Hệ thống được xây dựng cho phép tự động hoá toàn bộ các giai đoạn từ nhận và xử lý số liệu đầu vào đến biểu diễn kết quả đầu ra trên hệ thống trang web cũng như truyền/phát các thông tin cảnh báo. Khi hệ thống được hoàn thiện, các sản phẩm cũng sẽ là những đóng góp quan trọng cho các nỗ lực dự báo và cảnh báo thiên tai tại Tổng cục Khí tượng Thủy văn.

2. Cơ sở lý thuyết hệ thống giám sát và cảnh báo lũ, lụt và hạn hán

2.1. Hệ thống giám sát và cảnh báo lũ, lụt

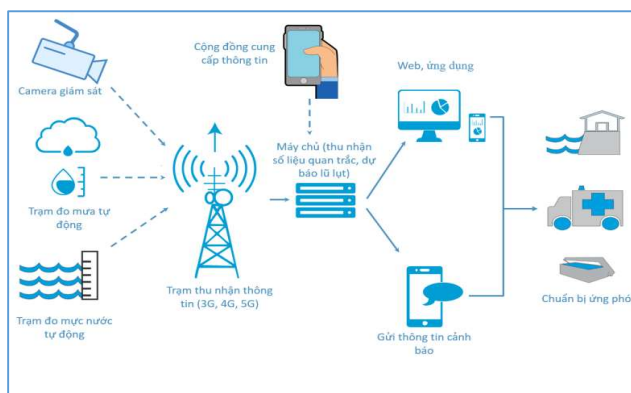
Hệ thống giám sát và cảnh báo lũ, lụt bao gồm 3 thành phần chính như sau (Hình 1):

Hệ thống quan trắc và giám sát: Hệ thống này bao gồm các thiết bị đo mưa, mực nước và camera giám sát theo thời gian thực. Các số liệu quan trắc và giám sát được truyền về máy chủ theo thời gian thực qua đường truyền internet hoặc 3G/4G. Đồng thời hệ thống giám sát còn cho phép tiếp nhận thông tin từ cộng đồng như các ảnh chụp hiện trường phục vụ công tác cứu hộ, cứu nạn.

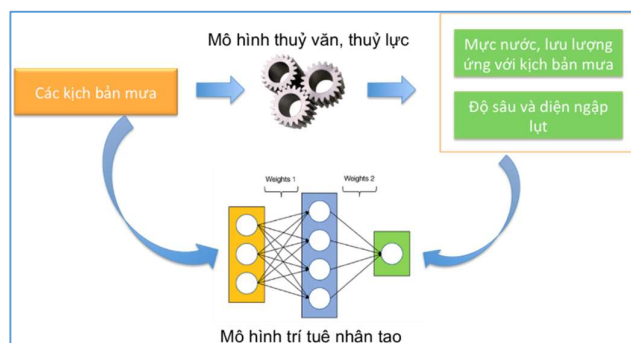
Hệ thống lưu trữ, xử lý thông tin và dự báo: Hệ thống này thu nhận các thông tin quan trắc, giám sát và phản ánh từ người dùng, sau đó xử lý thông tin và lưu vào cơ sở dữ liệu. Đồng thời, trong trường hợp có mưa lũ lớn xảy ra, hệ thống sẽ tiến hành dự báo lũ và ngập lụt từ số liệu mưa dự báo toàn cầu GFS (Global Forecast System) [4], số liệu mưa và mực nước thực đo sử dụng cách tiếp cận kết hợp các thuật toán trí tuệ nhân tạo và mô hình số trị như trình bày ở Hình 2. Cách tiếp cận này cho phép kết hợp các tính toán phức tạp của các mô hình thủy văn, thủy lực với các thuật toán trí tuệ nhân tạo phục vụ dự báo lũ, lụt. Cách tiếp cận này giúp việc dự báo lũ, lụt theo thời gian thực không lệ thuộc vào các phần mềm thủy văn, thủy lực nên thời gian tính toán nhanh và không yêu cầu người dùng có chuyên môn sâu về thủy văn/thủy lực khi vận hành hệ thống.

Hệ thống cung cấp thông tin và hỗ trợ ứng phó khẩn cấp: Hệ thống này cung cấp các thông tin giám sát, cảnh báo một cách trực quan cho người dùng trên nền tảng WebGIS. Các thông tin cung cấp được chia thành các thông tin mở cho tất cả mọi người và thông tin phục

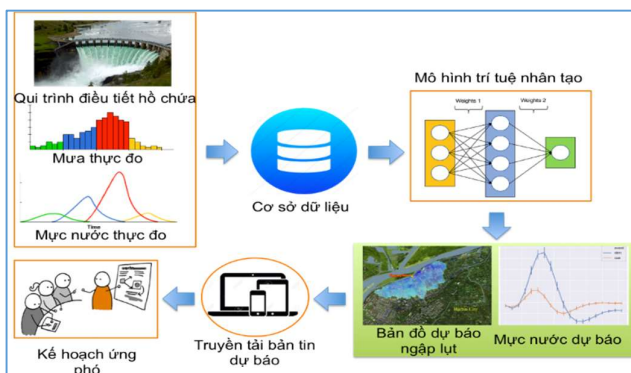
vụ riêng cho các đối tượng sử dụng có tài khoản truy cập hệ thống. Tất cả người dùng sẽ được truy cập thông tin mưa, mực nước tại thời điểm hiện tại và 24 giờ vừa qua. Trong điều kiện ngập lụt xảy ra, người dùng sẽ xem được bản đồ ngập lụt hiện trạng và dự báo trên trang web. Đồng thời, khi mực nước tại các trạm đo đặc vượt mức cảnh báo cấp 2 hoặc 3, hệ thống sẽ tự động gửi tin nhắn cảnh báo đến các số điện thoại chịu trách nhiệm trong công tác phòng chống lũ, bão. Hệ thống hỗ trợ ứng phó khẩn cấp cho phép hiển thị các thông tin hỗ trợ cứu hộ, cứu nạn như hiển thị các vị trí tránh, trú ngập lụt an toàn, đường di chuyển đến các vị trí này; hiển thị hình ảnh và vị trí cần cứu trợ của người dùng khi người dùng chụp ảnh cung cấp thông tin... Các thành phần này được kết nối với nhau thành một hệ thống giám sát, cảnh báo thống nhất và tự động, không cần sự can thiệp của người vận hành hoạt động liên tục và cung cấp thông tin liên tục theo thời gian thực.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống quan trắc, cảnh báo, dự báo lũ.



Bước 1. Xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo từ kết quả mô phỏng thủy văn, thủy lực.



Bước 2: Hệ thống dự báo lũ, lụt theo thời gian thực.

Hình 2. Sơ đồ hệ thống cảnh báo, dự báo lũ sử dụng kết hợp công nghệ trí tuệ nhân tạo và mô hình số trị.

2.2. Hệ thống giám sát hạn hán

2.2.1 Các chỉ số hạn

Trong nghiên cứu này 3 chỉ số hạn đại diện cho 3 loại hạn hán được sử dụng bao gồm: Chỉ số hạn mưa chuẩn hóa SPI (Standard Precipitation Index) đại diện cho hạn khí tượng, chỉ số thiếu hụt độ ẩm SWDI (Soil Water Deficit Index) đại diện cho hạn nông nghiệp và chỉ số mực nước hồ chứa đại diện cho hạn thủy văn. Các chỉ số hạn này được trình bày dưới đây:

Chỉ số hạn khí tượng SPI: Chỉ số SPI được phát triển bởi [5] và được định nghĩa là xác suất của lượng mưa được mô tả bằng hàm mật độ Gamma hai tham số như sau:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \tag{1}$$

Trong đó $\Gamma(\alpha)$ là hàm Gamma, x là lượng mưa. α và β là các tham số về hình dạng và tỉ lệ của hàm mật độ Gamma. Hàm phân phối lũy tích Gamma như sau:

$$G(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-\frac{t}{\beta}} dt \tag{2}$$

Vì phương trình (2) không xác định với lượng mưa bằng 0 ($x = 0$), một hàm phân phối xác suất có xem xét đến lượng mưa bằng 0 được đề xuất như sau:

$$H(x) = q + (1 - a)G(x) \tag{3}$$

Trong đó q và $1-q$ là các xác suất của lượng mưa $x = 0$ và $x \neq 0$. SPI được xác định bằng cách chuyển hàm $H(x)$ thành hàm phân phối chuẩn với trung bình bằng 0 và độ lệch chuẩn bằng 1. SPI dương tương ứng với thời kỳ ẩm ướt và SPI âm tương ứng với thời kỳ khô hạn.

Thay vì sử dụng hàm phân phối Gamma, Farahmand và AghaKouchak [6] phát triển một hàm xác suất kinh nghiệm như sau:

$$p(x_i) = \frac{i - 0.44}{n + 0.12} \tag{4}$$

Trong đó n là kích thước mẫu, i là số thứ tự của lượng mưa trong chuỗi số liệu được sắp xếp theo thứ tự từ cao đến thấp. $p(x_i)$ là xác suất kinh nghiệm và được dùng để tính chỉ số SPI như sau:

$$SPI = \Phi^{-1}(p) \tag{5}$$

Trong đó Φ là phân phối xác suất chuẩn với trung bình bằng 0 và độ lệch chuẩn bằng 1. Farahmand và AghaKouchak [6] đã chứng minh phương pháp kinh nghiệm này cho kết quả không khác nhiều so với cách tính từ hàm phân phối Gamma. Do đó, nghiên cứu này sẽ sử dụng phương pháp này để tính chỉ số SPI. Dựa vào chỉ số SPI, mức độ hạn hán được phân thành 7 cấp như sau:

Bảng 1. Bảng phân cấp hạn hán sử dụng chỉ số SPI.

SPI	Mức độ hạn	Xác suất lũy tích (%)	Xác suất xuất hiện (%)
$SPI < -2,0$	Hạn nghiêm trọng	0,000–0,023	2,3
$-2,0 \leq SPI < -1,5$	Hạn nặng	0,023–0,067	4,4
$-1,5 \leq SPI < -1,0$	Hạn trung bình	0,067–0,159	9,2
$-1,0 \leq SPI < 1,0$	Không hạn	0,159–0,841	68,2
$1,0 \leq SPI < 1,5$	Ẩm ướt	0,841–0,933	9,2
$1,5 \leq SPI < 2,0$	Cực ẩm ướt	0,933–0,977	4,4
$SPI \geq 2,0$	Cực kỳ ẩm ướt	0,977–1,000	2,3

Các chỉ số SPI thường được tính bao gồm: SPI1 (1 tháng), SPI3 (3 tháng) và SPI6 (6 tháng). Nghiên cứu này sẽ sử dụng chỉ số SPI3 để giám sát hạn hán cho toàn lãnh thổ Việt Nam.

Chỉ số thiếu hụt độ ẩm SWDI: Chỉ số hạn nông nghiệp *SWDI* được xác định từ độ ẩm đất ở tầng rễ cây (root zone) theo công thức sau [7]:

$$SWDI = \frac{\theta - \theta_{FC}}{\theta_{AWC}} \tag{5}$$

$$\theta_{AWC} = \theta_{FC} - \theta_{WP}$$

Trong đó θ là độ ẩm đất tầng rễ cây (m^3/m^3), θ_{FC} , θ_{WP} và θ_{AWC} là khả năng chứa nước của đất (field capacity), lượng nước nhỏ nhất của nước mà cây cần để không héo và lượng nước đất có thể chứa để cây sử dụng (available water capacity). Các chỉ số θ_{FC} , θ_{WP} và θ_{AWC} được xác định bằng nhiều cách. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp đề xuất bởi [7], xác định các tham số θ_{FC} và θ_{WP} là các giá trị tương ứng với tần suất 5% và 95% của chuỗi số liệu độ ẩm. Nghiên cứu sẽ tính chỉ số *SWDI* cho từng ô lưới từ đó lập bản đồ hạn cho khu vực nghiên cứu.

So với chỉ số *SPI*, chỉ số hạn hán *SWDI* được xem xét với qui mô thời gian nhỏ hơn, thường là qui mô 1 tuần (7 ngày). Qui mô thời gian này tương ứng với qui mô thời gian của các kế hoạch tưới. Chỉ số *SWDI* nhỏ hơn 0 tương ứng với điều kiện hạn và lớn hơn 0 tương ứng với điều kiện không hạn. Trong khi chỉ số hạn *SPI* cho biết mức độ hạn hán trong trung và dài hạn, chỉ số *SWDI* cho biết mức độ hạn hán trong khoảng thời gian ngắn. Dựa vào chỉ số *SWDI*, hạn hán được phân thành 5 cấp như Bảng 2.

Bảng 2. Bảng phân cấp hạn hán sử dụng chỉ số *SWDI*.

SWDI	Mức độ hạn
>0	Không hạn
0 ~ -2	Hạn ít
-2 ~ -5	Hạn trung bình
-5 ~ -10	Hạn nặng
< -10	Hạn nghiêm trọng

Chỉ số hạn dựa vào mực nước hồ chứa: Hiện nay, trên hầu khắp các lưu vực sông, các hồ chứa thủy lợi, thủy điện đã được xây dựng phục vụ các mục đích khác nhau như phát điện, cấp nước sinh hoạt, nông nghiệp, công nghiệp, góp phần quan trọng vào công tác phòng lũ vào mùa mưa và chống hạn vào mùa khô. Do đó, sự biến thiên của mực nước hồ chứa cũng là một chỉ số quan trọng xác định mức độ hạn hán trên các lưu vực sông. Trong nghiên cứu này, bước đầu hạn hán được xác định từ mực nước hồ chứa ở 3 cấp: Thấp, trung bình và cao. Mực nước hồ tương ứng với các cấp này như sau: Thấp: Mực nước nhỏ hơn hoặc bằng mực nước chết; Trung bình: Mực nước lớn hơn mực nước chết và nhỏ mực nước dâng bình thường; Cao: Mực nước lớn hơn hoặc bằng mực nước dâng bình thường.

2.2.2 Nguồn số liệu phục vụ tính toán các chỉ số hạn

Do các số liệu quan trắc còn thưa thớt, độ phân giải theo không gian chưa đảm bảo, nghiên cứu này sử dụng số liệu mở toàn cầu để tính toán các chỉ số hạn *SPI* và *SWDI*. Theo đó, số liệu để tính toán chỉ số *SPI* là số liệu mưa vệ tinh toàn cầu GPM-IMERG (Integrated Multi-satellitE Retrievals for Gloval Precipitation Mission) theo tháng với độ phân giải 11 km (0.1°). Số liệu mưa này được tính toán từ thông tin tổ hợp của các vệ tinh của cơ quan quan vũ trụ Mỹ (NASA) và Nhật Bản (JAXA) đang hoạt động trên quỹ đạo Trái đất [8]. Sử dụng số liệu này, bản đồ chỉ số *SPI* cho toàn lãnh thổ Việt Nam được xây dựng.

Đối với hạn nông nghiệp, chỉ số *SWDI* được tính toán từ số liệu độ ẩm từ quan trắc của vệ tinh SMAP (*Soil Moisture Active Passive*) được phóng lên quỹ đạo ngày 31/1/2015. Độ ẩm được tính toán từ phát xạ điện từ từ bề mặt đất ở tần số 1,41 GHz. SMAP cung cấp thông tin độ ẩm ở 5 cm trên cùng của bề mặt đất với độ phân giải không gian tương đối thấp là 36 km

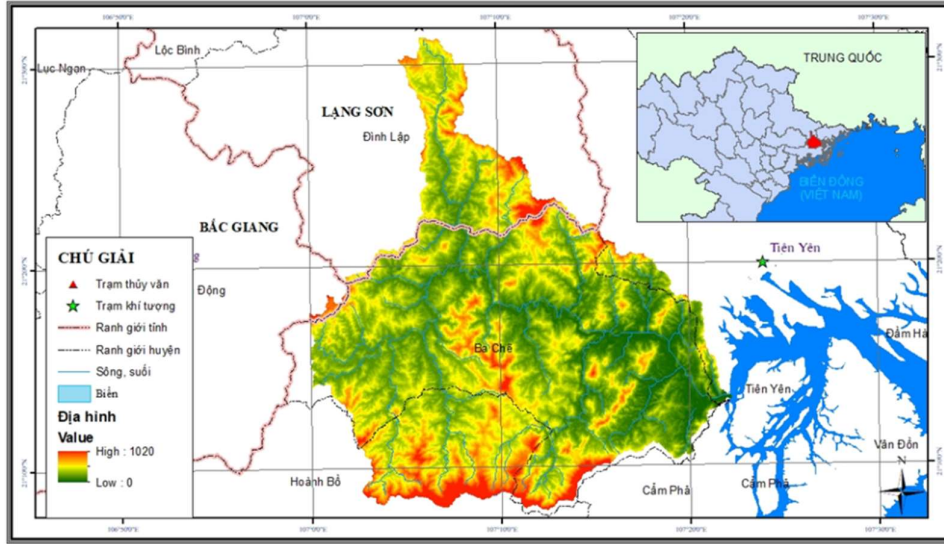
(Cấp độ 1) [9]. Dữ liệu độ ẩm này không đáp ứng được yêu cầu về cảnh báo hạn với độ phân giải không gian cao hơn và độ sâu lớp đất lớn hơn. Đồng thời, với số liệu độ ẩm ở cấp độ 1, các giá trị độ ẩm chỉ bao phủ 1 phần lãnh thổ Việt Nam. Do đó, độ ẩm SMAP cấp 4 (SPL4SM) cho giá trị độ ẩm ở tầng rễ cây (độ ẩm trung bình của lớp đất trên cùng có độ sâu 1 m) với độ phân giải 9 km đã được sử dụng [10]. Độ ẩm SPL4SM thu được bằng cách tổ hợp các quan trắc độ ẩm bề mặt từ SMAP với các tính toán độ ẩm bằng mô hình bề mặt đất (land surface model) trong hệ thống đồng hóa dữ liệu độ ẩm đất. Hệ thống đồng hóa dữ liệu độ ẩm đất bao gồm 2 thành phần chính: 1) Bộ mô hình số trị bao gồm 2 mô hình: Mô hình lưu vực bề mặt đất (Catchment Land Surface) và mô hình truyền bức xạ điện từ (*Microwave radiative transfer model*), và 2) Thuật toán đồng hóa dữ liệu GEOS Ensemble-Based Land Data Assimilation Algorithm. Trong khi mô hình số trị mô tả các quá trình động lực của nước và năng lượng giữa đất và khí quyển kết hợp với quá trình truyền bức xạ điện từ trên bề mặt đất, thuật toán đồng hóa dữ liệu được sử dụng để kết hợp các quan trắc từ vệ tinh SMAP với các ước tính từ bộ mô hình số trị để cải thiện độ tin cậy của mô hình số trị. Số liệu độ ẩm được cung cấp 3 giờ 1 lần. Độ ẩm trung bình ngày được tính bằng cách trung bình độ ẩm của tất cả các lần đo trong 1 ngày. Sử dụng các số liệu vệ tinh này nghiên cứu có thể xây dựng các bản đồ giám sát hạn nông nghiệp theo thời gian gần thực, phục vụ cho công tác tưới.

Đối với chỉ số hạn dựa vào mực nước hồ chứa, nghiên cứu lấy số liệu mực nước theo thời gian thực được chia sẻ từ Cục Quản lý tài nguyên nước. Đây là các số liệu được truyền trực tiếp từ các hồ về máy chủ do Cục quản lý tài nguyên nước quản lý và được cập nhật mặc định 4 lần/ngày. Trong các tình huống khẩn cấp, bão thì hệ thống sẽ được cập nhật thường xuyên hơn. Ngoài thông tin về mực nước hồ, các số liệu khác được hiển thị bao gồm: lưu lượng đến hồ, lưu lượng xả qua nhà máy và lưu lượng xả tràn.

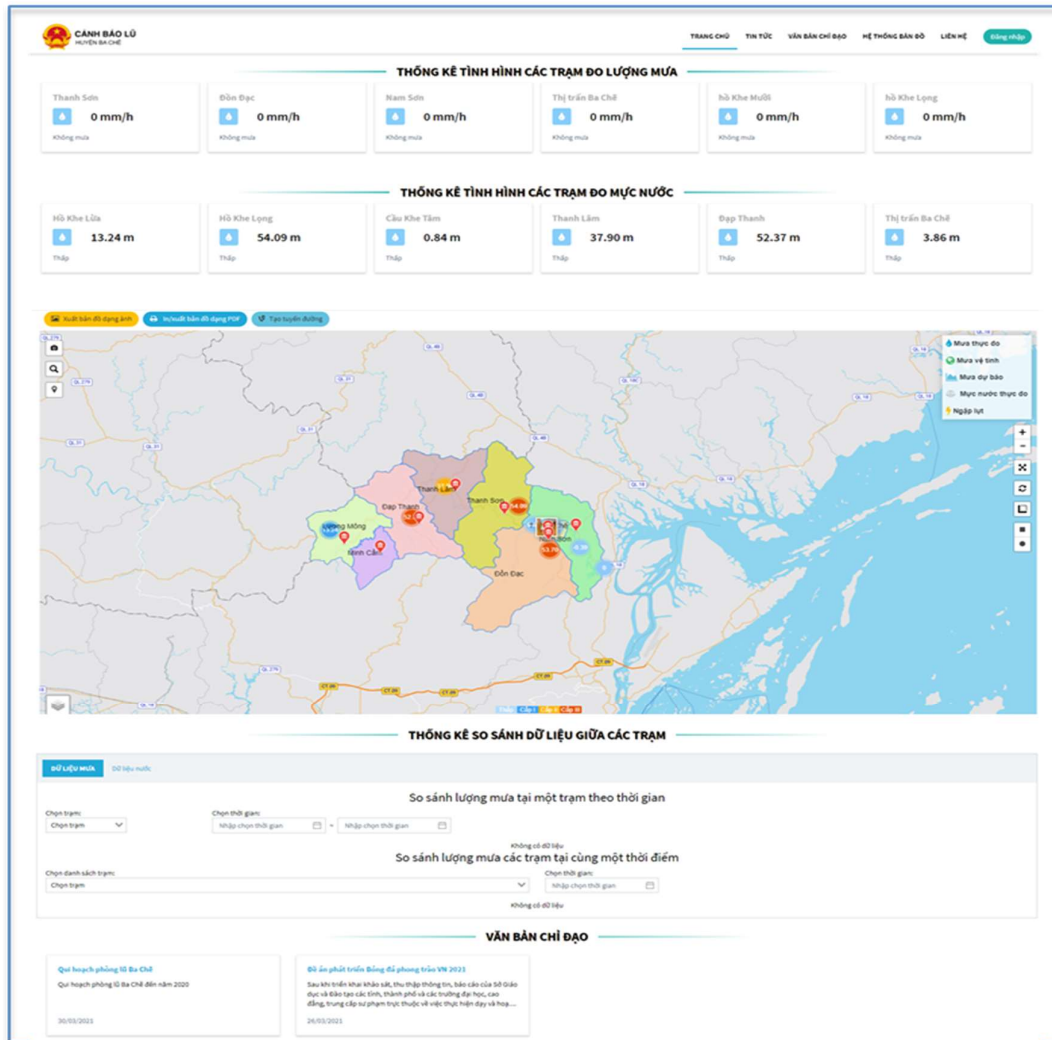
3. Một số trường hợp nghiên cứu

3.1 Hệ thống giám sát và cảnh báo lũ, lụt trên lưu vực sông Ba Chẽ

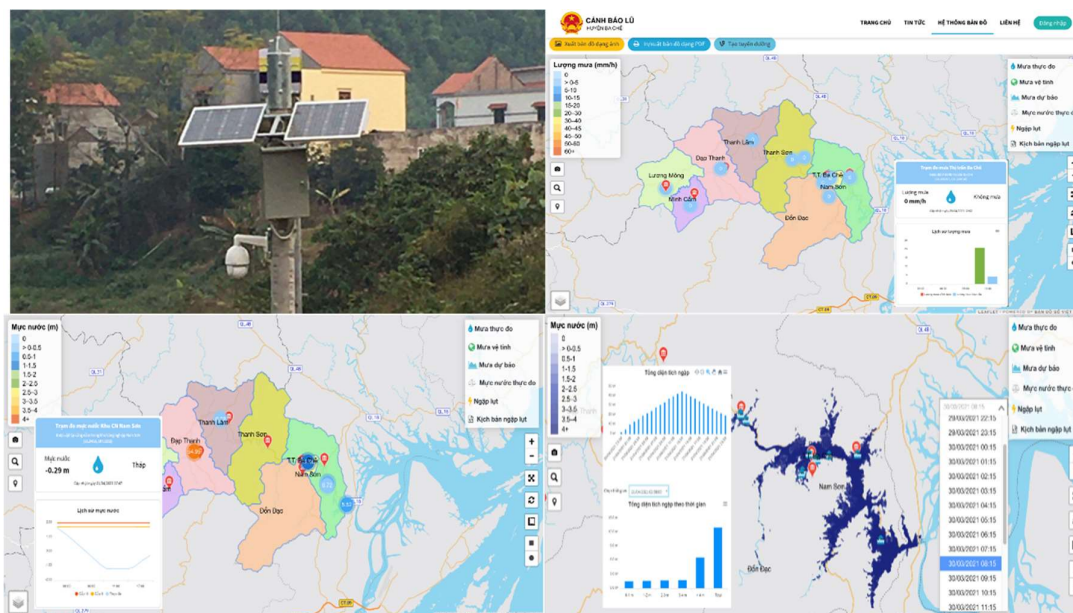
Nghiên cứu đã thử nghiệm áp dụng hệ thống giám sát và cảnh báo lũ, lụt cho lưu vực sông Ba Chẽ (Hình 3). Đây là lưu vực sông có diện tích lớn thứ hai của tỉnh Quảng Ninh với tổng diện tích là 978 km². Dòng chính sông Ba Chẽ dài 80 km bắt nguồn ở độ cao 789 m. Do lưu vực sông có nền địa hình bị chia cắt phức tạp với độ dốc lớn, khi có mưa lớn, lũ lên nhanh, thời gian tập trung nước lớn, gây nhiều khó khăn cho công tác ứng phó. Hơn 70% diện tích lưu vực được che phủ bởi rừng tuy nhiên chỉ có 12% diện tích rừng này là rừng phòng hộ còn lại 88% là rừng trồng sản xuất có tuổi thu hoạch trung bình từ 5–7 năm nên có sự biến động lớn theo không gian và thời gian, khả năng giữ nước và đất của rừng tương đối kém. Mùa khô kéo dài 6 tháng từ tháng 11 năm trước đến tháng 4 năm sau, mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 và kết thúc vào tháng 10. Lượng mưa mùa mưa chiếm đến 85% tổng lượng mưa năm dẫn đến tình trạng mưa lũ thường xuyên xảy ra, gây nhiều thiệt hại cho Nhà nước và nhân dân sinh sống trên lưu vực. Tuy nhiên, trên lưu vực chưa có hệ thống quan trắc mưa, mực nước, dẫn đến việc thiếu thông tin phục vụ công tác phòng chống lũ bão, tìm kiếm, cứu hộ, cứu nạn. Trước tình hình đó, tỉnh Quảng Ninh đã đầu tư xây dựng hệ thống giám sát, cảnh báo, dự báo lũ trên lưu vực sông Ba Chẽ. Tổng cộng có 10 trạm đo mưa, 11 trạm đo mực nước và 9 camera giám sát được lắp đặt. Cùng với đó, hệ thống cảnh báo, dự báo lũ trên nền tảng WebGIS được phát triển tích hợp với hệ thống giám sát. Hệ thống giám sát, cảnh báo, dự báo lũ này được xây dựng theo nguyên lý đã trình ở mục 2.1. Một số hình ảnh của hệ thống được trình bày ở Hình 4.



Hình 3. Lưu vực sông Ba Chẽ.



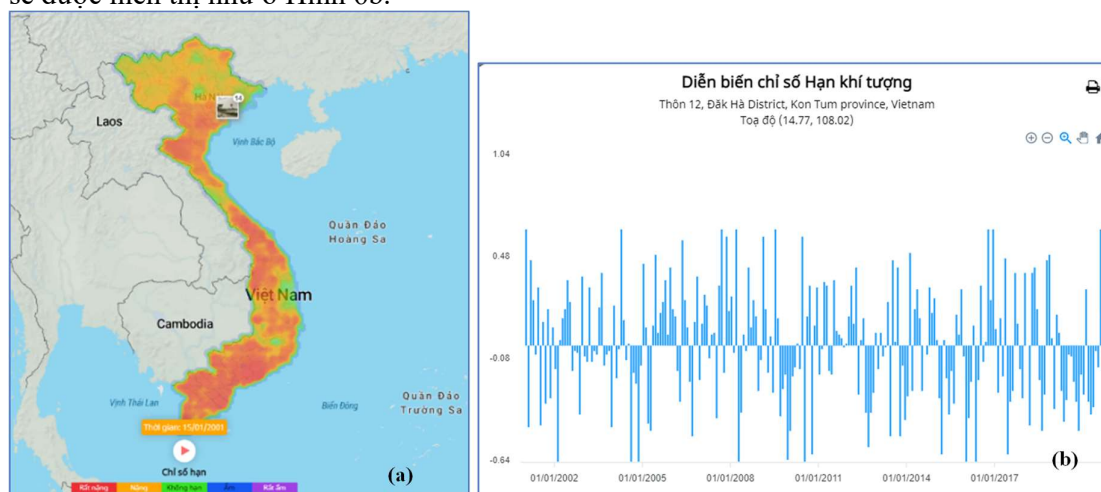
Hình 4. Trang chủ giao diện của hệ thống cảnh báo lũ.



Hình 5. Một số chức năng của hệ thống cảnh báo lũ.

3.2 Hệ thống giám sát hạn

Chỉ số hạn SPI: Bản đồ chỉ số hạn khí tượng *SPI* được lập sử dụng dữ liệu mưa toàn cầu theo tháng từ 1/2001 đến 12/2020. Hình 6a dưới đây thể hiện bản đồ chỉ số hạn *SPI3* vào tháng 1/2001 để minh họa diễn biến theo không gian của hạn hán. Sử dụng thuật toán nội suy, thông tin về hạn hán tại bất kỳ vị trí nào đều có thể được xác định. Khi người dùng nhấp chuột vào vị trí bất kỳ trên bản đồ, thông tin về vị trí nhấp chuột và diễn biến chỉ số *SPI* tại vị trí đó sẽ được hiển thị như ở Hình 6b.

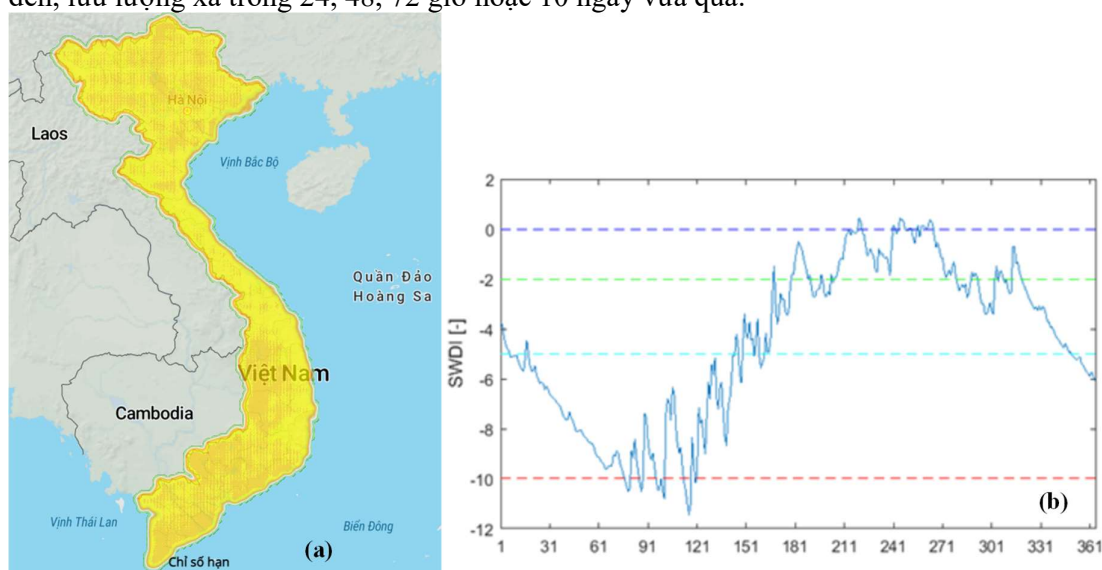


Hình 6. Bản đồ chỉ số hạn *SPI* tháng 1/2001 và diễn biến chỉ số hạn *SPI* tại một địa điểm khi người dùng nhấp chuột vào trên bản đồ: a) Bản đồ hạn hán tháng 1/2001; b) Diễn biến chỉ số *SPI* theo thời gian tại 1 điểm bất kỳ khi người dùng nhấp chuột vào.

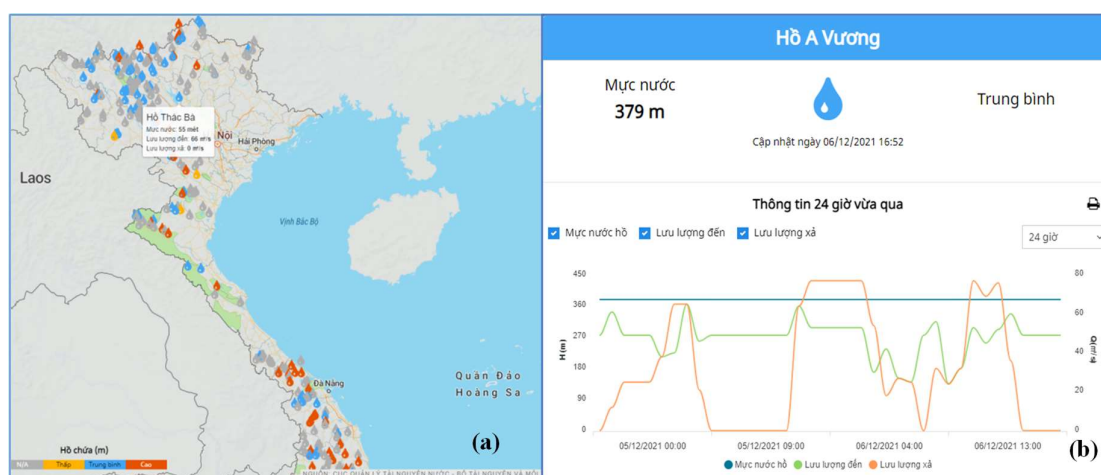
Chỉ số hạn SDWI: Chỉ số hạn nông nghiệp *SDWI* được xác định từ số liệu độ ẩm đất như trình bày ở Mục 2. Chỉ số hạn này được tính từ độ ẩm trung bình 7 ngày và được thể hiện trên WebGIS tương tự như chỉ số hạn khí tượng *SPI*. Hình 7 dưới đây thể hiện chỉ số hạn hán của tháng 2/2019 (mùa khô) của cả nước và diễn biến chỉ số hạn *SDWI* trong năm 2019 trung bình trên khu vực Tây Nguyên. Có thể nhận thấy trong mùa khô năm 2019 chỉ số hạn trên toàn

lãnh thổ Việt Nam tương đối thấp, độ ẩm chưa đáp ứng được yêu cầu của cây trồng. Diễn biến chỉ số hạn *SWDI* theo thời gian trong năm tương đồng với diễn biến lượng mưa. Theo đó *SWDI* ở khu vực Tây Nguyên thấp nhất vào các tháng 2, 3 và 4 và cao nhất vào các tháng 7, 8 và 9.

Chỉ số hạn hồ chứa: Chỉ số hạn hồ chứa lấy thông tin thời gian thực về mực nước, lưu lượng đến và lưu lượng xả từ máy chủ của Cục Quản lý tài nguyên nước. Trên bản đồ diễn biến hạn mực nước hồ chứa thể hiện các cấp: Không có tin về hồ chứa (màu xám), mực nước thấp (vàng), mực nước trung bình (xanh) và mực nước cao (màu đỏ) (Hình 8a). Người dân và nhà quản lý khi nhìn vào bản đồ sẽ biết rõ thông tin hiện trạng của toàn bộ hệ thống các hồ trên lãnh thổ Việt Nam. Thông tin thời gian thực về mực nước, lưu lượng đến, lưu lượng xả của từng hồ sẽ hiển thị khi người dùng di chuyển con trỏ tới vị trí từng hồ chứa. Đồng thời, khi muốn biết thông tin chi tiết của một hồ, người dùng nhấp chuột vào hồ đó hoặc tìm tên hồ, thông tin chi tiết của từng hồ sẽ được thể hiện như trên hình 8b. Các thông tin hiển thị bao gồm: Tên hồ, mực nước hồ hiện tại, cấp hạn hán và thông tin diễn biến mực nước, lưu lượng đến, lưu lượng xả trong 24, 48, 72 giờ hoặc 10 ngày vừa qua.



Hình 7. Bản đồ hạn hán tháng 2/2019 và diễn biến chỉ số hạn của khu vực Tây Nguyên năm 2019: (a) Bản đồ hạn hán 2/2019; (b) Diễn biến chỉ số hạn cho khu vực Tây Nguyên năm 2019.



Hình 8. Bản đồ chỉ số hạn mực nước hồ chứa: (a) Bản đồ hiện trạng mực nước các hồ chứa; (b) Diễn biến mực nước, lưu lượng đến lưu lượng xả tại hồ A Vương theo thời gian thực.

4. Kết luận

Nghiên cứu này trình bày nguyên lý xây dựng hệ thống giám sát và cảnh báo hạn hán, lũ lụt trên nền tảng WebGIS. Hệ thống giám sát, cảnh báo, dự báo lũ, lụt được xây dựng cho phép sử dụng số liệu mưa, mực nước đo đạc theo thời gian thực và lượng mưa dự báo để dự báo mức độ và độ sâu ngập lụt và đưa ra các hỗ trợ cứu hộ, cứu nạn cần thiết. Hệ thống giám sát hạn hán cung cấp thông tin giám sát hạn hán qua 3 chỉ số hạn hán bao gồm chỉ số hạn khí tượng SPI, chỉ hạn nông nghiệp SWDI và chỉ số hạn mực nước hồ chứa cho toàn bộ lãnh thổ Việt Nam sử dụng các số liệu tính toán, mô phỏng từ các quan sát vệ tinh toàn cầu (với chỉ số SPI và SWDI) và số liệu đo đạc theo thời gian thực (với chỉ số hạn mực nước hồ chứa). Giao diện WebGIS của hệ thống thân thiện, dễ sử dụng và cung cấp các thông tin đầy đủ cho người dùng. Hệ thống được xây dựng đảm bảo có thể mở rộng cho các ứng dụng khác nhau và tự động ở tất cả các giai đoạn theo thời gian thực từ thu nhận và xử lý số liệu đầu vào, tính toán, mô phỏng, dự báo đến cung cấp thông tin tới người dùng.

Hệ thống giám sát và cảnh báo hạn hán, lũ lụt được nghiên cứu xây dựng này có tiềm năng để đóng góp cho các hoạt động dự báo và cảnh báo tại Tổng cục Khí tượng Thủy văn. Tuy nhiên, hệ thống mới đang trong giai đoạn phát triển và hoàn thiện, cần bổ sung cải tiến hơn nữa để hỗ trợ người dùng tốt hơn. Một số cải tiến sẽ được triển khai trong thời gian tới bao gồm: Cải tiến giao diện người dùng, cung cấp các thông tin cảnh báo mức độ hạn hán theo tháng và ngày, cải tiến thuật toán dự báo ngập lụt, mở rộng ứng dụng sang các ứng dụng khác như cảnh báo sự cố ô nhiễm nguồn nước và cảnh báo xâm nhập mặn. Việc hoàn thiện hệ thống sẽ được tiến hành tại Viện Khoa học tài nguyên nước trên cơ sở phối hợp với các đơn vị liên quan, đặc biệt là Tổng cục Khí tượng Thủy văn. Khi hoàn thiện, hệ thống được kỳ vọng sẽ góp phần vào các nỗ lực giảm nhẹ thiệt hại do hạn hán và lũ, lụt gây ra tại Việt Nam.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.A.P; phân tích số liệu: T.A.P, T.M.C., B.H.L., P.N.A., B.H.L., T.T.N.; Viết bản thảo bài báo: T.A.P, D.H.S., N.A.D., T.V.T.; Chỉnh sửa bài báo: T.A.P.

Lời cam đoan: Bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không có sự trùng lặp hay sao chép từ những nghiên cứu trước đây.

Tài liệu tham khảo

1. <http://phongchongthientai.mard.gov.vn/Pages/thiet-hai-do-thien-tai-tu-dau-nam-2020-va-trong-thang-10-2020-cap-nhat-6-11-2020-.aspx>
2. <http://www.kttvqg.gov.vn/tin-tuc-bdkh-112/dong-bang-song-cuu-long--xam-nhap-man-pha-moc-ky-luc-5097.html>
3. <https://vietnamnet.vn/vn/goc-nhin/nhieu-bai-hoc-quy-duc-ket-sau-dot-han-man-lich-su-650726.html>
4. <https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-climate-models/global-forecast>.
5. McKee, T.B., Doesken, N.J.; Kleist, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 1993, 17, 22.
6. Farahmand, Alireza, and Amir AghaKouchak. A generalized framework for deriving nonparametric standardized drought indicators. *Adv. Water Res.* **2015**, 76, 140–145.
7. Martínez–Fernández, José, et al. Satellite soil moisture for agricultural drought monitoring: Assessment of the SMOS derived Soil Water Deficit Index. *Remote Sen. Environ.* **2016**, 177, 277–286.
8. <https://gpm.nasa.gov/data/imerg>.
9. <https://smap.jpl.nasa.gov>.
10. Reichle, R.; De Lannoy, G.; Koster, R.D.; Crow, W.T.; Kimball, J.S. SMAP L4 9 km EASE–Grid Surface and Root Zone Soil Moisture Land Model Constants, Version 1. Boulder, Colorado USA. NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center, 2015.

Development of a WebGIS-based integrated flood and drought monitoring and early warning system in real-time: A preliminary study

Tran Anh Phuong¹, Tran Văn Tra^{1*}, Nguyen Anh Duc¹, Duong Hong Son¹, Tran Manh Cuong¹, Pham Nhat Anh¹, Bui Huyen Linh¹, Tran Thuy Nhung¹

¹Water Resources Institute, phuongtran.monre@gmail.com; tranvantra@gmail.com; nganhduc@yahoo.com; dhson.monre@gmail.com; manhcuongkt11@gmail.com; phamnhatanh2803@gmail.com; linhhuyenbuihl@gmail.com; tranthuynhung1990@gmail.com

Abstract: Recently, with advances in science and technology, real-time water monitoring and early warning have made a great progress. In this paper, a flood and drought warning system developed by the Water Resources Institute is introduced. The system consists of three main components, namely, a monitoring system, a real-time data processing and flood and drought forecast system and a WebGIS-based website that provides monitoring and forecasting information for public interests. The inputs of the forecasting system include measured rainfall, real-time observed water level and forecasting rain data from the global weather forecast model. The output of this system is forecasting flood and inundation information as well as warning messages for decision makers in emergency cases of flooding. The drought monitoring system provides drought information using the following indicators: Standard Precipitation Index (SPI), Soil Moisture Deficiency Index (SWDI) and Reservoir Water Level Index (RWLI). While the data for the SPI and SWDI estimation are obtained from open-source global data, the RWLI is derived from observations at the reservoirs. The system is developed on the WebGIS platform with a user-friendly interface, which provides monitoring and forecasting information to users in an intuitive way, contributing to flood and drought damage mitigation.

Keywords: Flood; Drought; Warning; Real-time; WebGIS.