



Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát triển
Trường Đại học Nam Cần Thơ

Website: jsde.nctu.edu.vn



Ứng dụng phần mềm hệ thống động Stella mô phỏng sự biến động nguồn nước trong canh tác lúa

Hồng Minh Hoàng^{1*}, Huỳnh Văn Quốc¹, Lê Tấn Lợi¹

¹ Trường Đại học Nam Cần Thơ

* Người chịu trách nhiệm bài viết: Hồng Minh Hoàng (email: hmhoang69@gmail.com)

Ngày nhận bài: 10/5/2023

Ngày phản biện: 15/6/2023

Ngày duyệt đăng: 25/7/2023

Title: Applying Stella dynamic system software to simulate water resources in rice cultivation

Keywords: climate change, dynamic system model, irrigation, Stella, water balance

Từ khóa: biến đổi khí hậu, cân bằng nước, mô hình hệ thống động, nước tưới, Stella

ABSTRACT

Recently, the Mekong Delta is being significantly affected by climate change in agricultural production, especially changes in irrigation water resources. This impact tends to increase in extreme and unpredictable conditions. The study focused on building a water balance model that can simulate the variation of irrigation water in rice cultivation, including the fluctuation of water volume and the number of irrigation pumps developed by the STELLA dynamic system software. The study was carried out in Nga Nam district, Soc Trang province, which was affected by the lack of water for irrigation of rice production due to saline intrusion. This study combined factors related to water fluctuations during rice cultivation, including weather conditions, the canal system, and biological characteristics of the crop (including growth stages and water demand at each stage of development), and builds a system of interactions that fluctuate over time. The research results were meaningful in that they can provide water storage solutions for areas lacking irrigation water and assess the impacts of climate change on the water source for rice irrigation in the study site.

TÓM TẮT

Hiện nay, Đồng bằng sông Cửu Long đang chịu ảnh hưởng đáng kể bởi biến đổi khí hậu đến hoạt động sản xuất nông nghiệp, đặc biệt là sự thay đổi về nguồn tài nguyên nước tưới. Sự tác động này theo xu hướng gia tăng các điều kiện cực đoan và khó dự đoán trước. Nghiên cứu này tập trung vào việc xây dựng mô hình cân bằng nước mô phỏng sự biến động về nước tưới trong canh tác lúa bao gồm sự biến động về lượng nước, số lần bơm tưới được phát triển bằng phần mềm hệ thống động Stella. Nghiên cứu được thực hiện tại huyện Ngã Năm, tỉnh Sóc Trăng nơi đang chịu ảnh hưởng

thiếu nước tưới cho sản xuất lúa do ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn. Nghiên cứu kết hợp yếu tố liên quan đến sự biến động nguồn nước trong quá trình canh tác lúa bao gồm: điều kiện thời tiết, hệ thống kênh mương, đặc điểm sinh học của cây trồng (bao gồm: các giai đoạn phát triển và nhu cầu nước ở từng giai đoạn phát triển) và xây dựng thành một hệ thống các mối tác động với nhau biến động theo thời gian. Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa trong việc đưa ra các giải pháp trữ nước cho các vùng thiếu nước tưới và đánh giá các tác động của biến đổi khí hậu lên nguồn nước tưới cho cây lúa tại địa điểm nghiên cứu.

1. GIỚI THIỆU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đã và đang làm thay đổi các đặc tính khí hậu và điều kiện tự nhiên, dẫn đến một số ảnh hưởng tiêu cực đến cuộc sống của con người trên toàn thế giới [1]. Việt Nam được đánh giá là một trong những quốc gia bị ảnh hưởng nghiêm trọng bởi tác động của BĐKH lên nhiều lĩnh vực khác nhau và đặc biệt ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động canh tác nông nghiệp Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) [2],[3]. Các yếu tố bất lợi của BĐKH đối với ĐBSCL bao gồm: hạn hán, bão lụt và gia tăng các điều kiện thời tiết cực đoan [4]. Bên cạnh đó, BĐKH làm dâng mực nước biển, dẫn đến nước mặn xâm nhập sâu vào đất liền đã ảnh hưởng nghiêm trọng đến nguồn nước tưới cho nền nông nghiệp ĐBSCL [5],[7]. Đối với cây lúa, lượng nước cần cung cấp cho sự phát triển cao gấp 2 - 3 lần so với cây trồng khác nhưng chỉ sử dụng khoảng 20% lượng nước tưới [8] nên vấn đề thiếu hụt nguồn nước tưới cho nông nghiệp nói chung và cho cây lúa nói riêng đang là mối đe dọa đối với nền nông nghiệp ĐBSCL ở hiện tại và trong tương lai. Vì vậy, việc tiết kiệm nguồn nước và gia tăng hệ số sử dụng nước cho lúa là việc làm cần thiết cho khu vực ĐBSCL hiện nay, đặc biệt là ở vùng thiếu nước ven biển do ảnh hưởng của xâm nhập mặn. Tư duy hệ thống là quá trình tìm hiểu sự ảnh hưởng, tác động lẫn nhau trong giữa các yếu tố của một tổng thể. Trong tự nhiên, nước là một trong những yếu tố không thể thiếu cho mọi sinh vật trên trái đất. Tuy nhiên, nước luôn luôn biến

động theo không gian và thời gian vì thế việc quản lý tổng hợp nguồn tài nguyên nước đang là vấn đề được quan tâm của mỗi quốc gia, nhất là trong nông nghiệp. Việc áp dụng các phần mềm xây dựng các mô hình, kết hợp với phương pháp tư duy hệ thống ngày càng được đánh giá cao đặc biệt là trong quản lý tổng hợp nguồn tài nguyên nước [9]. Mô hình hệ thống đã được ứng dụng nhiều trong các lĩnh vực môi trường nhằm mô phỏng các diễn biến thực tế trong tự nhiên và đưa ra các dự báo cần thiết [10],[12]. Các vấn đề được nghiên cứu theo mô hình động như: Costanza and Gottlieb (1998), Costanza and Voinov (2001) [13],[14] đã xây dựng mô hình hệ thống sinh thái thể hiện tác động qua lại giữa sự phát triển của tảo và cá hồi, sự kết hợp giữa hệ sinh thái và kinh tế của rừng ngập mặn bằng phần mềm Stella ở Vịnh Chesapeake (Brazil). Tiếp theo đó, mô hình hệ thống về sự biến động tài nguyên nước của toàn cầu liên quan đến nông nghiệp, công nghiệp, dân số, và các vấn đề khác liên quan được đã được xây dựng [15]. Tuy nhiên, mô hình của Simonovic xây dựng để mô tả biến động nguồn nước cho toàn cầu chưa đủ để phản ánh chi tiết cho từng lĩnh vực cụ thể trong mô hình; Trên nền tảng đó, nghiên cứu đã thu hẹp cho lĩnh vực nông nghiệp bằng việc tối ưu hóa việc xây dựng hồ chứa nước cung cấp cho nông nghiệp ở miền Đông của Ấn Độ [16],[17]. Liên quan đến việc quản lý nguồn nước, hệ thống hồ chứa nước mưa tự nhiên phục vụ cho sản xuất nông nghiệp ở vùng bán khô cạn ở Gaoua và Fada N'Gourma của Châu Phi

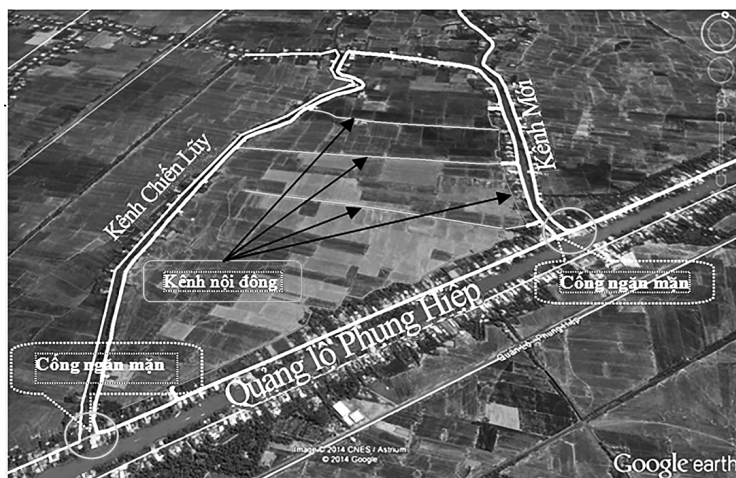
đã được xây dựng [18]. Ở Việt Nam nói chung và đồng ĐBSCL nói riêng, có nhiều nghiên cứu về mô hình hệ thống [19] đã nghiên cứu và ứng dụng mô hình hệ thống vào lĩnh vực môi trường và nhiều lĩnh vực khác. Qua các kết quả nghiên cứu cho thấy, mô hình hệ thống động có thể giải quyết được các vấn đề phức tạp biến động theo thời gian, đặc biệt là các vấn đề chứa đựng nhiều yếu tố liên quan với nhau (ví dụ: các vấn đề trong lĩnh vực nông nghiệp và môi trường).

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Địa điểm

Địa điểm nghiên cứu là ô bao khép kín nằm dọc theo Quảng Lộ Phụng Hiệp thuộc địa bàn huyện Ngã Năm tỉnh Sóc Trăng với tổng diện tích canh tác khoảng 120 ha và diện tích bề mặt kênh nội đồng khoảng 1,2 ha (Hình 1). Địa điểm

nghiên cứu là nơi chuyên sản xuất lúa và đang bị ảnh hưởng bởi hiện trạng thiếu nước tưới do nước mặn xâm nhập. Tại địa điểm nghiên cứu người dân sản xuất 2 vụ lúa gồm vụ Đông Xuân (ĐX) và Hè Thu (HT), thời gian bắt đầu từ đầu tháng 12 dl và kết thúc vào cuối tháng 7 dl năm sau của một quá trình canh tác. Hàng năm, huyện Ngã Năm bị ảnh hưởng do nước lũ của thượng nguồn từ Hậu Giang và nước mặn từ Bạc Liêu chủ yếu là dọc theo tuyến kênh Phụng Hiệp. Hiện nay, nước mặn từ Bạc Liêu đã xâm nhập đến trung tâm của huyện Ngã Năm, vượt qua hệ thống cống ngăn mặn (Huyện có hệ thống 9 cống ngăn mặn dọc theo tuyến kênh Phụng Hiệp) và xâm nhập vào hệ thống kênh trữ nước bên trong gây ra hiện trạng thiếu nước ngọt cung cấp tưới cho cây lúa.



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu của huyện Ngã Năm, tỉnh Sóc Trăng

2.2 Dữ liệu đầu vào

- Các dữ liệu khí tượng thủy văn theo ngày (bao gồm: lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm, số giờ nắng, tốc độ gió, và lượng nước bốc hơi) năm 2011 - 2012 được cung cấp từ trạm khí tượng thủy văn tỉnh Sóc Trăng.

- Điều kiện ban đầu: Tổng diện tích ruộng ở vùng nghiên cứu là 120 ha, mực nước ruộng ban đầu là 0 cm và tổng diện tích bề mặt của hệ thống kênh nội đồng là 1,2 ha với chiều sâu hiện

trạng năm 2013 là 1 m được thu thập trực tiếp tại vùng nghiên cứu.

- Giả định: Bề mặt đất là bằng phẳng và mực nước trữ trong kênh có thể đạt tối đa là 1,5 m và sau đó sẽ xảy ra hiện tượng chảy tràn (vào ruộng). Giới hạn của đề tài là không xét đến lượng nước thấm từ ruộng vào kênh.

- Giá trị của các hệ số được sử dụng trong mô hình được thể hiện qua (Bảng 1).

Bảng 1. Các biến và giá trị được sử dụng trong mô hình

Tên biến	Đơn vị	Giá trị	Tham khảo
Hệ số thấm (K_{sat})	m/ngày	0,001	[20]
Độ ẩm đồng ruộng (FC)	m^3/m^3	0,58	Phân tích từ thực tế đất trồng lúa
Độ ẩm héo cây (WP)	m^3/m^3	0,1	Phân tích từ thực tế đất trồng lúa
Hệ số (p)		0,2	[21]
Mức nước ngầm tầng nông	m	4,5	[22]
Chiều dài rễ (Zr)	m	$\approx 0,3$	Đo trực tiếp tại vùng nghiên cứu
Tham số a	-	$-0,6366 + 8.10^{-4} \cdot K_{sat}$	[23]
Tham số b	-	$-1,9165 + 0,7063 \cdot \ln(K_{sat})$	[24]

Ghi chú: Hệ số p là phần trung bình của tổng lượng nước chứa trong đất (TAW) mà có thể bị cạn kiệt từ vùng rễ trước khi đạt giá trị điểm héo ($RAW = pTAW$), $p = 0,2$ cho cây lúa, các tham số a, b mô tả sự gia tăng mao dẫn trong đất và phụ thuộc và hệ số thấm (K_{sat}) của từng loại đất khác nhau.

2.3 Mô phỏng kỹ thuật tưới cho cây lúa

Kỹ thuật tưới được xây dựng trong mô hình dựa vào cách quản lý mực nước cao nhất và thấp nhất trên ruộng qua từng giai đoạn phát triển và sinh trưởng của cây lúa. Kỹ thuật tưới áp dụng

trong mô hình cân bằng nước được xây dựng theo công thức (1), lượng nước cần tưới được xây dựng theo (2), và đặc điểm của kỹ thuật tưới nước cho cây lúa tại vùng nghiên cứu được thể hiện ở Bảng 2.

$$S_i = S_{i-1} + P - K_c * K_c * ET_0 \quad (1)$$

Trong đó: K_c : Hệ số cây trồng, hệ số K_c của cây trồng được sử dụng theo; K_s : Hệ số căng thẳng về nước; ET_0 : Lượng bốc thoát hơi của cây trồng (mm/ngày); P : Lượng mưa (mm/ngày); và S_i : Mực nước còn lại so với mực nước ban đầu trên ruộng (mm).

Mỗi giai đoạn tưới cho cây lúa, mực nước trên ruộng là khác nhau theo thời gian với L_{max} là mực nước thực tế cao nhất và L_{min} là mực nước thực tế nhỏ nhất và S_i là mực nước giới

hạn và thuộc trong khoảng giá trị L_{max} và L_{min} . Nếu S_i vượt mức L_{max} (do mưa) thì cần thoát nước ra và ngược lại, nếu S_i nhỏ hơn L_{min} thì cần bơm nước vào (2).

$$L_{tmax} \geq S_i \geq L_{tmin} \begin{cases} S_i > L_{tmax} \text{ (Thoát)} \\ S_i \leq L_{tmin} \text{ (Bơm)} \end{cases} \quad (2)$$

Bảng 2. Đặc điểm của kỹ thuật tưới nước cho cây lúa ở vùng nghiên cứu

Đặc điểm kỹ thuật tưới nước	Các giai đoạn tưới nước (ngày)			
	0 - 15	15 - 60	60 - 100	100 - 115
Thời gian giữa 2 lần bơm nước (ngày)	5 - 7	9 - 10	7 - 8	Không bơm
Mức nước cao nhất (L_{max}) (cm)	3	8	8	0
Mức nước thấp nhất (L_{min}) (cm)	1	3	3	0

Ghi chú: L_{max} và L_{min} là mực nước thực tế cao nhất và thấp nhất biến động theo thời gian qua các giai đoạn tưới nước cho cây lúa. Kết quả trên được thu thập thông qua phỏng vấn người dân địa phương tại địa điểm nghiên cứu.

2.4 Nhu cầu nước cho cây trồng ET_c .

Nhu cầu nước cho cây trồng (ET_c) là lượng nước mất đi trong quá trình bốc thoát hơi nước và cũng là lượng nước cần cung cấp cho cây trồng trong quá trình phát triển được xác định

theo (3); trong đó, hệ số K_c cho cây lúa được sử dụng trong mô hình theo TCVN 8641 (2011) [24] về công trình thủy lợi kỹ thuật tưới tiêu nước cho cây lương thực và cây thực phẩm. Giá trị bốc thoát hơi nước tham chiếu (ET_0) được

xác định theo phương pháp Penmen-Monteith (3), phương pháp cho kết quả phù hợp nhất về

xác định nhu cầu nước của cây trồng do kết hợp nhiều mối quan hệ các yếu tố khí hậu [25],[27]

$$ET_c = K_c * ET_o$$

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (3)$$

Trong đó: ET_o : Bốc thoát hơi nước tham chiếu (mm/ngày); R_n : Lưới bức xạ trên bề mặt cây trồng ($MJ/m^2/ngày$); G : Thông lượng nhiệt của đất ($MJ/m^2/ngày$); T : Nhiệt độ trung bình không khí tại độ cao 2 m ($^{\circ}C$); U_2 : Tốc độ gió tại 2 m chiều cao so với mặt đất (m/s); e_s : Áp suất hơi nước bão hòa (kPa); e_a : Áp suất hơi nước thực tế (kPa); $e_s - e_a$: Sự thiếu hụt áp lực bão hòa hơi nước (kPa); Δ : Độ nghiêng của đường quan hệ giữa nhiệt độ với áp suất hơi bão hòa tại nhiệt độ t (kPa/ $^{\circ}C$); γ : Hằng số biểu nhiệt (kPa/ $^{\circ}C$)

2.5 Cân bằng nước trong vùng rễ

Cân bằng nước trong đất là sự biến động lượng nước trong đất tại vùng rễ của cây trồng và được tính toán dựa theo phương pháp của Allen et al. (1998) [28] được thể hiện qua Hình

2. Nếu mực nước trữ trong ruộng giảm xuống thấp hơn giá trị ngưỡng của của cây lúa thì xảy ra hiện trạng căng thẳng về nước và được thể hiện thông qua hệ số K_s , khi đó giá trị ET_c được tính theo (4).

$$ET_{adj} = K_s * K_c * ET_o \quad (4)$$

Giá trị K_s được tính theo (5)

$$K_s = \frac{TAW - Dr}{(1 - p)TAW} \quad (5)$$

Trong đó: TAW : Tổng lượng nước trong đất (mm) được tính theo công (CT 6); Dr : Lượng nước suy giảm vùng rễ (mm) được xác định theo (CT 7); p : Giá trị % của TAW ($p = 0,2$ cho cây lúa)

$$TAW = 1000(\theta_{FC} - \theta_{WP})Z_r \quad (6)$$

$$Dr = \frac{\text{Nước trữ trong ruộng}}{\text{Diện tích ruộng} * \theta\%} (\Delta t) \quad (7)$$

Trong đó: θ_{FC} : Thể tích nước trong đất tại độ ẩm thủy dung (m^3/m^3); θ_{WP} : Thể tích nước tại điểm héo nơi cây trồng không thể hút được nước (m^3/m^3); Z_r : Chiều sâu của rễ (m); $\theta\%$: Phần trăm độ ẩm của đất theo thể tích được xác định theo [29]

- Lượng nước mao dẫn từ mực nước ngầm nông được tính theo (8). Giá trị này được đưa vào tính toán trong mô hình nhằm mô phỏng chính xác hơn về sự biến động nguồn nước

trong quá trình canh tác lúa tại các vùng có điều kiện tự nhiên khác nhau và là giá trị mới được thêm vào mô hình so với nghiên cứu trước của Hồng Minh Hoàng và ctv. (2014) [30].

$$CR = \exp\left(\frac{\ln(z)-b}{a}\right) \quad (8)$$

Trong đó: CR : Nước mao dẫn lên (mm/ngày); Z : Độ sâu của mực nước ngầm nông (m); a, b : Tham số cho từng loại đất khác nhau và phụ thuộc vào độ thấm bão hòa (K_{sat}) theo TCVN 8641 (2011)[24].

- Lượng nước thấm lậu được tính theo (9)

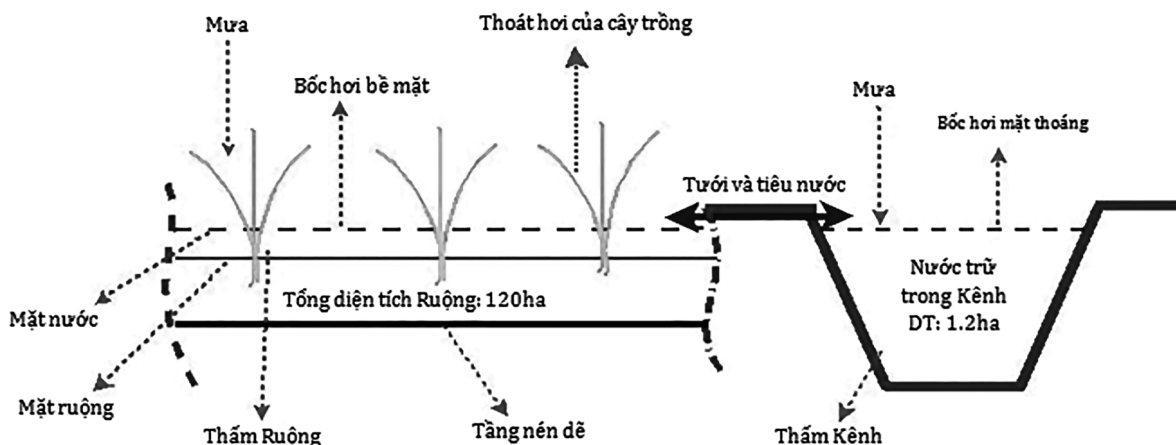
$$Dp = K_{sat} * S_r \quad (9)$$

Trong đó: Dp : Độ thấm lậu của đất (mm/ngày); S : Diện tích ruộng hoặc kênh (m^2); K_{sat} : Hệ số thấm của đất (mm/ngày). Tùy vào loại đất mà có hệ số thấm khác nhau, giá trị hệ số thấm K_{sat} trong nghiên cứu này là 1mm/ngày dựa theo nghiên cứu của Sivapalan and Palmer (2014)[20].

2.6 Biến động nguồn nước giữa ruộng và kênh nội đồng

Mô hình cân bằng nước trong hệ thống canh tác lúa thể hiện sự biến động của lượng nước vào và lượng nước ra trong hệ thống được dựa

theo Sivapalan and Palmer (2014) [20]. Mô hình mô phỏng biến động nguồn nước được xây dựng theo các điều kiện thực tế trong quá trình canh tác lúa của người dân tại khu vực nghiên cứu cho mùa vụ Đông Xuân (Hình 2).



Hình 2. Mô hình cân bằng nước giữa ruộng và kênh trong quá trình canh tác lúa

- Đối với kênh, lượng nước vào bao gồm từ: lượng mưa, trạm bơm, lượng nước chảy tràn

từ ruộng và lượng nước ra bao gồm từ: bốc hơi, thấm, thoát nước và được thể hiện qua (10).

$$f(x_1) = (R_c + P + C_r) - (I_c + E + D) \quad (10)$$

- Đối với ruộng, lượng nước vào bao gồm từ lượng mưa, lượng nước chảy tràn từ kênh và lượng nước ra bao gồm từ bốc thoát hơi

cây trồng, thấm, thoát nước và được thể hiện qua (11).

$$f(x_2) = (R_r + C_c) - (I_r + ET_c) \quad (11)$$

- Sự tác động giữa nguồn nước trong kênh và nguồn nước trong ruộng của hệ thống canh tác lúa được thể hiện qua (12).

$$f(x) = f(x_1) + f(x_2) = (R_c + R_r + P + C_r + C_c) - (I_c + E + I_r + ET_c + D) \quad (12)$$

Trong đó: R_c : Nước vào kênh từ mưa ($m^3/ngày$); R_r : Nước vào ruộng từ mưa ($m^3/ngày$); C_r : Nước vào kênh từ ruộng ($m^3/ngày$); C_c : Nước vào ruộng từ kênh ($m^3/ngày$); P : Nước vào kênh từ trạm bơm ($m^3/ngày$); I_c : Lượng nước mất do thấm của kênh ($m^3/ngày$); I_r : Lượng nước mất do thấm của ruộng ($m^3/ngày$); E : Lượng nước bốc hơi từ kênh ($m^3/ngày$); ET_c : Lượng nước bốc thoát hơi ($m^3/ngày$); D : Tiêu nước ($m^3/ngày$).

- Sự tác động giữa nguồn nước trong kênh và nguồn nước trong ruộng của hệ thống canh tác lúa có 4 yếu tố quan trọng đó là: Lượng nước vào kênh do bơm (P); Lượng nước vào ruộng từ kênh (C_c); Lượng nước vào kênh từ ruộng (C_r) và Lượng nước toát ra ngoài (D) được thể hiện

qua các phương trình.

- Lượng nước trữ trong ruộng khác nhau qua các giai đoạn phát triển của cây lúa dẫn đến lượng nước bơm vào kênh cũng khác nhau theo nhu cầu nước của cây lúa. Lượng nước bơm vào kênh được xây dựng theo (13).

$$P = \text{If } TIME < \text{time and time} \leq TIME \text{ and } Q_r + R_r + C_c \leq S_r * H_{min} \text{ then } S_r * H_{max} - (Q_r + R_r) \text{ else if...then...else } 0 \quad (13)$$

Trong đó: Q_r : Lượng nước trữ trong ruộng (m^3); S_r : Diện tích ruộng (m^2)

- Nước vào kênh từ trạm bơm làm cho mực nước kênh tăng lên và chảy tràn vào ruộng cung cấp nước cho cây lúa và được xác định qua (14).

$$C_c = \text{If } C_r > 0 \text{ then } 0 \text{ else if } TIME < \text{time and time} \leq TIME \text{ and } Q_r < S_r * H_{max} \text{ and } Q_c > S_n * 1.5 \text{ then } Q_c - S_c * 1.5 \text{ else if... then...else } 0 \quad (14)$$

Trong đó: Q_c : Lượng nước trữ trong kênh (m^3); S_c : Diện tích kênh (m^2) và giá trị 1,5 m là mực nước tại đó nước chảy tràn vào ruộng.

- Trong quá trình canh tác, nếu gặp thời tiết do mưa hay lũ lụt dẫn đến lượng nước trong ruộng tăng lên quá mức khi đó nước trong ruộng sẽ chảy vào kênh và được thể hiện qua (15).

$$C_r = \text{If } TIME < \text{time and time} \leq TIME \text{ and } Q_r > D_r * H_{max} \text{ then } Q_r - S_r * H_{max} \text{ else if... then...else } 0 \quad (15)$$

- Lượng nước từ ruộng chảy vào kênh làm cho lượng nước trong kênh tăng lên đến khi lượng nước trong kênh vượt khả năng chứa thì thoát nước ra ngoài và được thể hiện qua (16).

$$D = \text{If } TIME < \text{time and time} \leq TIME \text{ and } Q_r > S_r * H_{max} \text{ and } (Q_c + C_r) > S_c * H_{max} \text{ then } (Q_c + C_r) - S_c * H_{max} \text{ else if... then...else } 0 \quad (16)$$

Trong các phương trình trên, thời gian (TIME) và mực nước (H_{max} ; H_{min}) thay đổi theo cách tưới và áp dụng chung cho các phương pháp tưới khác nhau. Các phương pháp còn lại được xây dựng dựa trên các số liệu, đặc điểm cây trồng và các điều kiện tự nhiên của vùng nghiên cứu.

2.7 Hiệu chỉnh và kiểm định

2.7.1 Phương pháp hiệu chỉnh

Phương pháp hiệu chỉnh dựa theo nghiên cứu của Hồng Minh Hoàng và ctv. (2014) [30] hiệu chỉnh biến “Trạm bơm”. Các bước hiệu chỉnh bao gồm:

- Bước 1: Hiệu chỉnh giá trị H_{max} . Hiệu chỉnh giá trị H_{max} để kết quả của mô hình phù hợp với kết quả thực tế về mực nước cao nhất (L_{tmax}).

- Bước 2: Hiệu chỉnh giá trị H_{min} . Sau khi hiệu chỉnh H_{tmax} tiến hành hiệu chỉnh H_{tmin} để kết quả của mô hình phù hợp với kết quả thực tế về mực nước thấp nhất (L_{tmin}).

- Bước 3: Hiệu chỉnh lại với bước 1 và bước 2 đến khi kết quả mô phỏng mực nước cao nhất và thấp nhất của mô hình tương đương với giá trị mực nước thực tế qua các giai đoạn phát triển

của cây lúa. Trong nghiên cứu này, khoảng chấp nhận sai lệch mực nước của mô hình và thực tế trong khoảng $\pm 0,5$ cm.

2.7.2 Phương pháp kiểm định

Các yếu tố của các biến trong mô hình được xây dựng bộ dữ liệu của vụ ĐX và được kiểm định trong bộ số liệu của vụ HT. Các chỉ tiêu để kiểm định mô hình là về số lần bơm nước và mực nước (cao nhất và thấp nhất) qua các giai đoạn tưới trong quá trình phát triển của cây lúa.

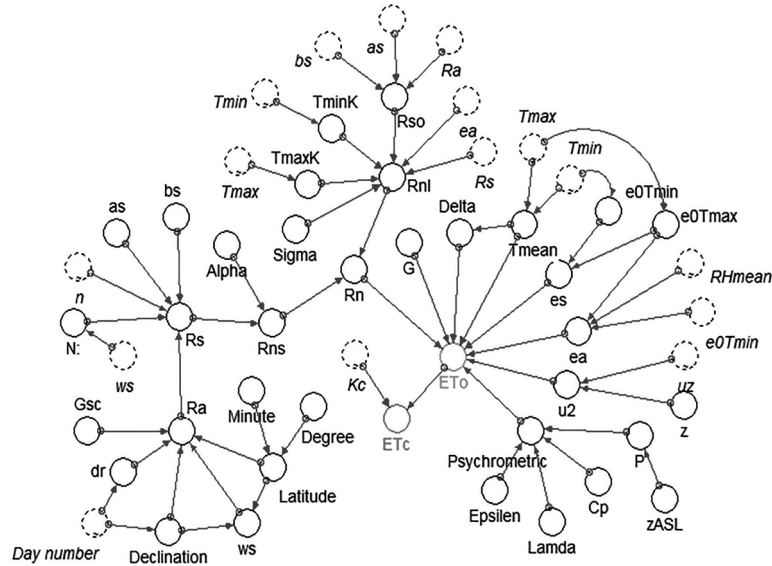
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Mô hình tính toán lượng bốc thoát hơi nước của cây trồng (ET_0)

Lượng bốc thoát hơi nước của cây trồng theo công thức Penmen-Monteith đã được xây dựng thành một hệ thống biến động theo điều kiện tự nhiên của khu vực nghiên cứu (Hình 3). Việc thiết lập công thức tính ET_0 trong mô hình hệ thống

nhằm để hỗ trợ cho sự tác động lẫn nhau giữa các yếu tố liên tục theo thời gian của mô hình hệ thống cân bằng nước giữa ruộng và kênh. Bên cạnh đó,

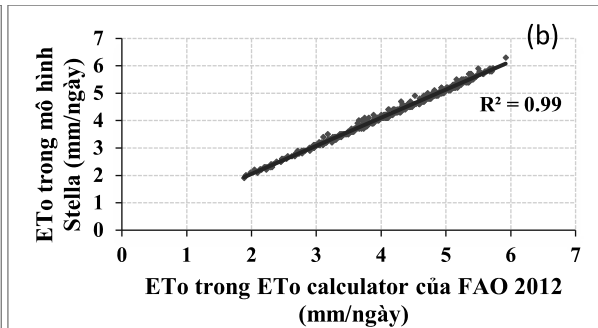
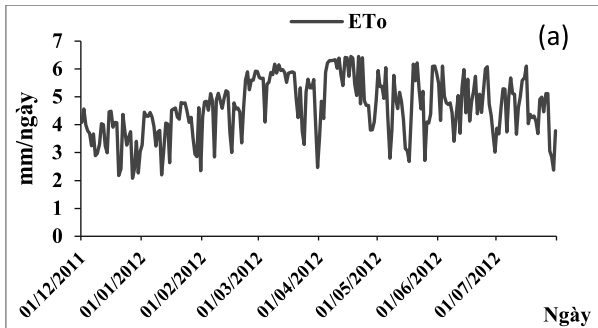
công thức tính ET_0 trong mô hình hệ thống còn có thể hỗ trợ cho các nghiên cứu khác về các vấn đề liên quan đến nguồn nước cho cây trồng.



Hình 3. Mô hình ET_0 tính theo công thức Penmen-Monteith trong phần mềm Stella

Kết quả cho thấy, giá trị ET_0 theo công thức Penmen-Monteith được thiết kế trong mô hình Stella dao động trong khoảng từ 2 – 7 mm/ngày

(Hình 4a) và phù hợp với kết quả tính toán ET_0 theo mô hình ET_0 Calculator của TCVN 8641. (2011) [24] ($R^2 = 0,99$) (Hình 4b).



Hình 4. Giá trị ET_0 tính toán trong Mô hình Stella (a) và kết quả kiểm định mô hình tính toán của FAO (b)

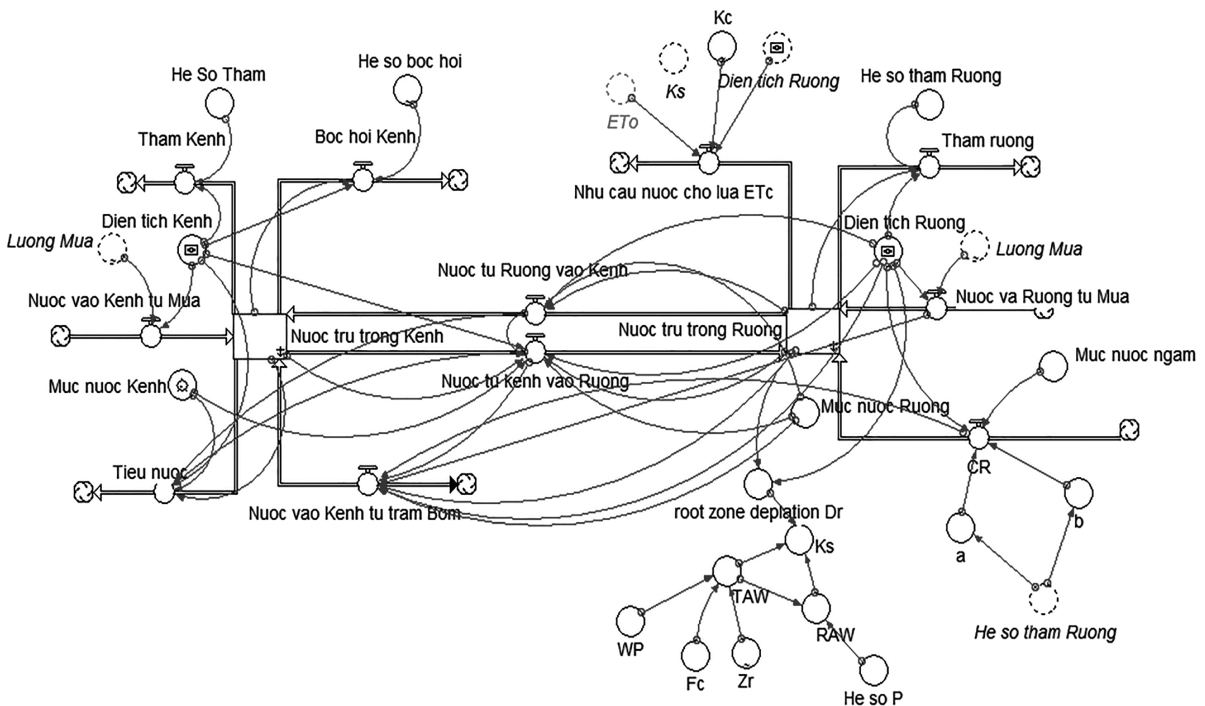
3.2 Mô hình cân bằng nước giữa ruộng và kênh

Những yếu tố liên quan có ảnh hưởng đến sự biến động nguồn nước giữa ruộng và kênh nội đồng trong quá trình canh tác lúa tại vùng nghiên cứu được tổng hợp và xây dựng thành mô hình hệ thống biến đổi động theo thời gian. Mô hình đã thể hiện chi tiết mối quan hệ của các yếu tố liên quan có tác động đến sự biến

đổi nguồn nước giữa ruộng và hệ thống kênh nội đồng. Ngoài ra, nghiên cứu này còn đưa vào mô hình ảnh hưởng của sự mao dẫn của nguồn nước ngầm tầng nông đến biến động nguồn nước ruộng trong quá trình canh tác lúa (Hình 5). Trong mô hình, mỗi biến giá trị thể hiện một chức năng riêng biệt nhưng có liên kết với nhau tạo thành hệ thống bởi các vector

(hay mũi tên liên kết) và ảnh hưởng đến hoạt động của toàn hệ thống. Nhìn chung, mô hình cân bằng nước đã hệ thống hóa các yếu tố tác động đến sự biến động của nguồn nước giữa ruộng và hệ thống kênh nội đồng trong tự nhiên tại vùng nghiên cứu, giúp tiết kiệm thời gian và chi phí làm thực nghiệm. Bên cạnh đó, mô

hình có thể đánh giá mức độ ảnh hưởng của biến giá trị khác nhau đến kết quả đầu ra của hệ thống và cho ra kết quả nhanh chóng, làm cơ sở cho các lựa chọn, các giải pháp với nhiều yếu tố có mối quan hệ phức tạp với nhau mà trong thực tế cần phải tốn nhiều thời gian và chi phí làm thực nghiệm đánh giá.



Hình 5. Mô hình cân bằng nước (động) giữa ruộng và kênh nội đồng ở vùng nghiên cứu

3.3 Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

3.3.1 Hiệu chỉnh mô hình

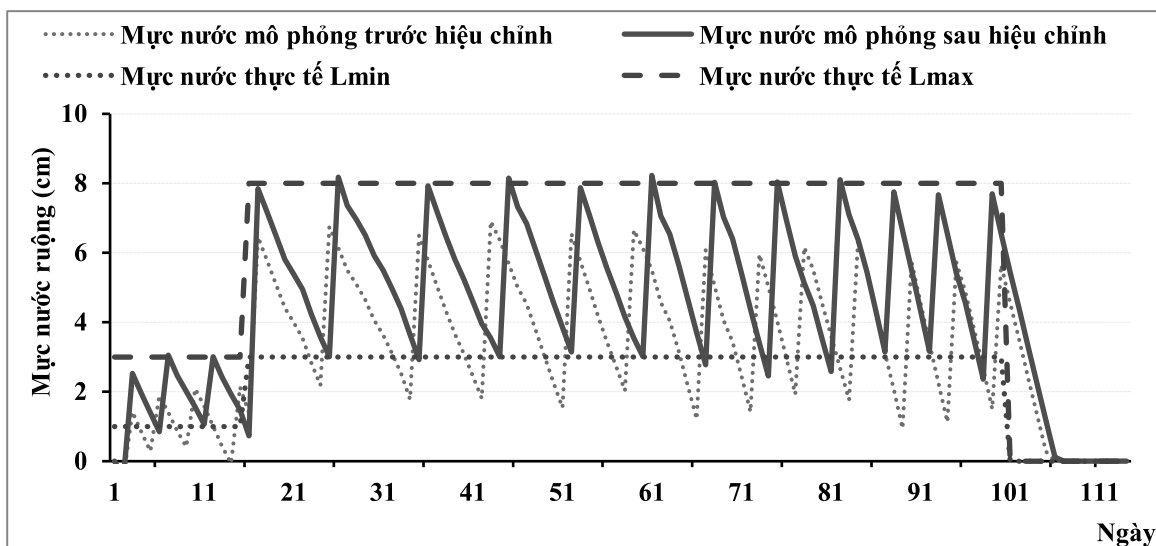
Mô hình sau khi hiệu chỉnh đã cho kết quả mô phỏng phù hợp với thực tế về mực nước trên ruộng qua các giai đoạn phát triển của cây lúa (Hình 3). Kết quả mô phỏng của mô hình về mực nước (mực nước cao nhất và thấp nhất) đối với giá trị H_{tmin} và H_{tmax} ban đầu còn chênh lệch lớn so với thực tế và sự chênh lệch vượt mức giá trị chấp nhận ($> 0,5$ cm) được thể hiện qua (Bảng 3). Qua các bước thực hiện theo phương pháp hiệu chỉnh, kết quả hiệu chỉnh cuối cùng của mô hình cho kết quả phù hợp với kết quả thực tế về mực nước cao nhất và thấp nhất (L_{min} và L_{max}) và giá trị sai lệch thỏa điều kiện chấp

nhận ($< 0,5$ cm); khi đó, ở biến “Trạm bơm”, kết quả giá trị $H_{tmin} = (1,9; 3,9; 4,3; 5,0$ cm) và $H_{tmax} = (4,1; 9,4; 10,0$ cm) lần lượt qua các giá đoạn tưới nước cho cây lúa. Sự chênh lệch giữa giá trị H_{tmin} và H_{tmax} trong mô hình so với giá trị thực tế L_{min} và L_{max} nguyên nhân là do bước thời gian mô phỏng và sai số nhất định của mô hình. Mô hình cân bằng nước được mô phỏng ở bước thời gian là 1 ngày trong khi đó ngoài thực tế sự biến động về nguồn nước diễn ra liên tục và điều này không thể mô phỏng trong mô hình do số liệu không được đáp ứng như trong thực tế. Tuy nhiên, kết quả mô phỏng của mô hình cân bằng nước không sai lệch đáng kể so với kết quả thực tế được thu thập trực tiếp tại vùng nghiên cứu.

Bảng 3. Kết quả hiệu chỉnh mực nước trên ruộng (cm) qua các giai đoạn tưới cho cây lúa tại vùng nghiên cứu trong vụ ĐX

		Các giai đoạn tưới (ngày)							
		0 - 15		15 - 60		60 - 100		100 - 115	
		TB L_{min}	TB L_{max}	TB L_{min}	TB L_{max}	TB L_{min}	TB L_{max}	TB L_{min}	TB L_{max}
*	MP	0,2	1,8	1,86	6,6	1,4	5,97	0	0
	TT	1	3	3	8	3	8	0	0
	Sai lệch	0,8	1,2	1,14	1,4	1,6	2,03	0	0
HC _i	MP	...	...	...	...	...	...	...	...
	TT	...	...	...	...	...	...	...	...
HC _f	MP	0,95	28,6	3	7,98	2,8	7,93	0	0
	TT	1	3	3	8	3	8	0	0
	Sai lệch	0,05	0,14	0	0,02	0,2	0,07	0	0

Ghi chú: * Tại giá trị mực nước khảo sát thực tế; MP: Mô phỏng; TT: Thực tế; HC_i: Các lần hiệu chỉnh; HC_f: Hiệu chỉnh cuối cùng; TB: Trung bình (cm); Lmin: Mực nước thấp nhất; Lmax: Mực nước cao nhất.

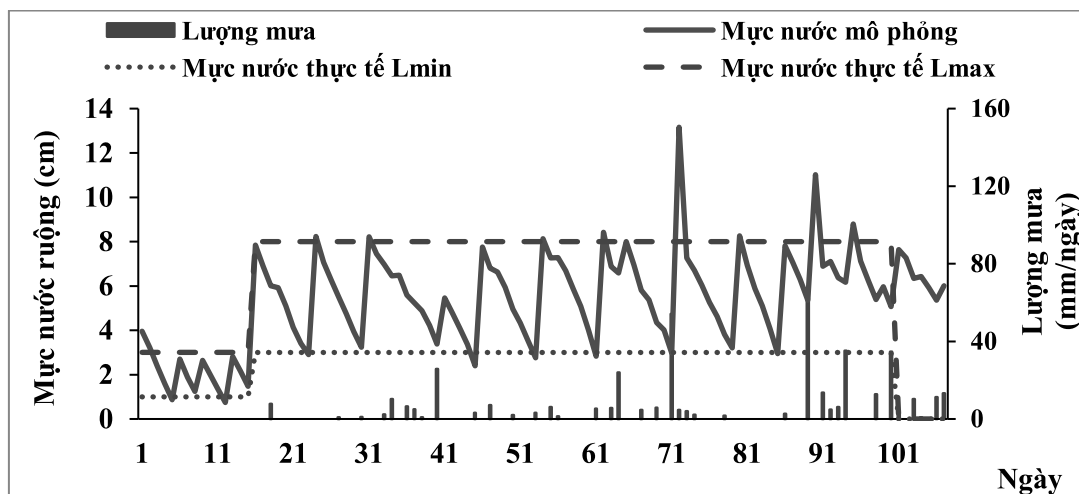


Hình 6. Kết quả mô phỏng của mô hình về với kỹ thuật tưới nước cho cây lúa so với thực tế tại vùng nghiên cứu trong vụ ĐX

3.3.2 Kiểm định mô hình

Trong vụ HT, mực nước trên ruộng biến động nhiều hơn so với vụ ĐX do ảnh hưởng của mưa trong thời gian này nhưng kết quả mô phỏng của mô hình về mực nước ruộng (cao nhất và thấp nhất) qua các giai đoạn tưới nước cho cây lúa vẫn phù hợp so với thực tế (Hình 7). Sự ảnh hưởng của mưa làm cho mực nước ruộng thay đổi đột ngột, thể hiện cụ thể ở Hình 4 là sự biến

đổi xung quanh các ngày thứ 71 và 91, nhưng mô hình đã tự động điều chỉnh giá trị này về phù hợp với giá trị thực tế. Qua đó cho thấy, mô hình cho kết quả mô phỏng phù hợp với kết quả thực tế địa phương về cách quản lý nguồn nước cho cây lúa và thể hiện được cách thức hoạt động của mô hình (động) là tự động thay đổi kết quả khi giá trị đầu vào thay đổi nhưng không làm thay đổi tính đúng của hệ thống.



Hình 7. Kết quả mô phỏng của mô hình về với kỹ thuật tưới nước cho cây lúa so với thực tế tại vùng nghiên cứu trong vụ HT

4. KẾT LUẬN

Mô hình hệ thống động đã mô phỏng phù hợp sự biến động thực tế về nguồn nước (lượng nước và số luân tưới) trong quá trình canh tác lúa tại địa điểm nghiên cứu. Kết quả này có thể làm cơ sở cho các cơ quan quản lý địa phương trong việc lựa chọn giải pháp tưới nước hiệu quả cho cây lúa nhằm giảm tác động của hiện tượng thiếu nước tưới như ở vùng nghiên cứu và thích ứng với ảnh hưởng của biến đổi khí hậu ngày

càng gia tăng đến nguồn tài nguyên nước, đặc biệt đây là vùng đang bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn. Mô hình cân bằng nước, đã hệ thống hóa các yếu tố tác động đến sự biến động nguồn nước giữa ruộng và hệ thống kênh nội đồng tại vùng nghiên cứu, là công cụ giúp đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau khác nhau đến sự biến động nguồn nước trong quá trình canh tác lúa và đưa ra các giải pháp thích ứng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hughes, T.P. et al. (2003). Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science*, vol. 301, pp. 929–933, doi: 10.1126/science.1085046.
- [2] IPCC (2007). Climate change: impacts, adaptation and vulnerability: Working Group II contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. *Assessment*, vol. 1, p. 976, doi: 10.2134/jeq2008.0015br.
- [3] Rasmussen, P. (2013). Assessing impacts of climate change, sea level rise, and drainage canals on saltwater intrusion to coastal aquifer. *Hydrol Earth Syst Sci*, vol. 17, no. 1, pp. 421–443.
- [4] Yu, B., Zhu, T., Breisinger, C., & Hai, N.M. (2010). *Impacts of climate change on agriculture and policy options for adaptation. The case of Vietnam*. IFPRI Discussion Paper 01015. Truy cập ngày 1/2/2023. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ebrary.ifpri.org/utis/getfile/collection/p15738coll2/id/3453/filename/3454.pdf
- [5] Wassmann, R., Hien, N., Hoanh, C., & Tuong, T. (2004). Sea level rise affecting the Vietnamese Mekong Delta: water elevation in the flood season and implications for rice production. *Clim Change*, pp. 89–107.

- [6] Mekong ARCC. (2013). *Mekong adaptation and resilience to climate change*. Mekong ARCC.
- [7] Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam. (2013). *Hiện trạng dự báo xâm nhập mặn tại các cửa sông vùng ven biển ĐBSCL và đề xuất các giải pháp đảm bảo nước ngọt phục vụ sản xuất nông nghiệp và sinh hoạt*. Thành phố Hồ Chí Minh, pp. 1–18.
- [8] Tuong, T.P. (2005). Technologies for efficient utilization of water in rice production. In *Advance in Rice Science* (K. S. Lee, K. K. Jena, and K. L. Heong. Eds.), Proceeding of International Rice Conference, Korea, September 13-15, 2004 Conference, pp. 141–146.
- [9] Pollard, S and Toit, D. (2008). Integrated water resource management in complex systems: How the catchment management strategies seek to achieve sustainability and equity in water resources in South Africa. *Water SA*, vol. 34, no. 6, pp. 671–680.
- [10] Costanza, R., and Ruth, M. (1998). Using Dynamic Modeling to Scope Environmental Problems and Build Consensus. *Environ Manage*, vol. 22, no. 2, pp. 183–95.
- [11] Leal Neto, A.D.C., Legey, L.F.L, González-Araya, M.C., & Jablonski, S. (2006). A system dynamics model for the environmental management of the Sepetiba Bay Watershed, Brazil. *Environ Manage*, vol. 38, no. 5, pp. 879–88, doi: 10.1007/s00267-005-0211-5.
- [12] Elsayah, S., Haase, D., Van Delden, H., & Pierce, S. (2012). Using system dynamics for environmental modelling: Lessons learnt from six case studies. *International Environmental Modelling and Software Society* (iEMSs), pp. 1–8.
- [13] Costanza, R. and Gottlieb, S. (1998). Modelling ecological and economic systems with STELLA: Part II. *Ecol Modell*, vol. 112, no. 2–3, pp. 81–84.
- [14] Costanza, R. and Voinov, A. (2001). Modeling ecological and economic systems with STELLA: Part III. *Ecol Modell*, vol. 143, no. 1–2, pp. 1–7.
- [15] Simonovic, S.P. (2002). World water dynamics: global modeling of water resources. *J Environ Manage*, vol. 66, no. 3, pp. 249–267, doi: 10.1006/jema.2002.0585.
- [16] Panigrahi, B., Panda, S.N, & Agrawal, A. (2006). Water Balance Simulation and Economic Analysis for Optimal Size of On-Farm Reservoir. *Water Resources Management*, vol. 10, no. 3, pp. 233–350.
- [17] Panigrahi, B., Panda, S.N., & Mull, R. (2011). Simulation of water harvesting potential in rainfed ricelands using water balance model. *Agric Syst*, vol. 6, no. 3, pp. 165–182.
- [18] Traore, S. and Wang, Y.M (2011). On-farm rainwater reservoir system optimal sizing for increasing rainfed production in the semiarid region of Africa. *Afr J Agric Res*, vol. 6(20), pp. 4711–4720.
- [19] Ngô Ngọc Hưng (2008). *Nguyên lý và ứng dụng mô hình toán trong nghiên cứu sinh học, nông nghiệp và môi trường*. Thành Phố Hồ Chí Minh. Nhà Xuất Bản Nông Nghiệp, Thành phố Hồ Chí Minh.
- [20] Sivapalan, S. and Palmer, C. (2014). *Measurement of deep percolation losses under flooded rice system in Kununurra clay soil*, pp. 2–6.
- [21] FAO (1994). *Water quality for agriculture*. <http://www.fao.org/docrep/003/t0234e/t0234e00.HTM>. Truy cập ngày 20/1/2023.
- [22] Sở TNMT tỉnh Sóc Trăng. (2010). *Báo cáo điều tra hiện trạng khai thác sử dụng nước dưới đất*. Sóc Trăng.
- [23] Janssens, P. (2006). *Invloed van een ondiepe grondwatertafel op de planning van irrigaties voor intensieve groenteteelt* (Master dissertation). Fac. Bio-

- ingenieurswetenschappen, K.U. Leuven University, Leuven, Belgium.
- [24] TCVN 8641. (2011). *Công trình thủy lợi kỹ thuật tưới tiêu nước cho cây lương thực và cây thực phẩm*. Hà Nội.
- [25] FAO. (2012). *The ETo Calculator*. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/eto-calculator/en/>. Truy cập ngày 1/2/2023.
- [26] Triệu Ánh Ngọc, Nguyễn Thị Kim Oanh, Lê Minh Tuấn, & Đặng Hữu Phương (2006). *Tính toán tối ưu nhu cầu nước cho cây trồng*. Trường Đại học Thủy Lợi cơ sở 2, Thành Phố Hồ Chí Minh, pp. 1–37.
- [27] Meyer, W.S. (1999). *Standard reference evaporation calculation for inland*. South Eastern Australia.
- [28] Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirement*. *Irrigation and Drainages Paper n.56*. FAO, Rome, Italy.
- [29] Lê Anh Tuấn (2005). *Nhu cầu nước và nhu cầu tưới cho cây trồng*. Hệ thống tưới tiêu, pp. 17–40.
- [30] Hồng Minh Hoàng, Văn Phạm Đăng Trí, & Nguyễn Hiếu Trung (2014). Quản lý nguồn nước mặt cho hệ thống canh tác lúa vùng ven biển Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Đại Học Cần Thơ*, vol. 35a, no. ISSN 1859-2333, pp. 90–103.