

Nghiên cứu phát triển hệ thống tính toán dự báo và thu thập dữ liệu nghiên cứu sâu keo mùa thu trên cây ngô

Hoàng Thị Điệp^{1*}, Nguyễn Thị Ánh Dương¹, Nguyễn Kiến Thái Dương¹, Nguyễn Duy Vũ¹,
Luu Thị Quỳnh Trang¹, Trần Thị Thu Phương², Phạm Minh Triển^{1*}

¹Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội, 144 Xuân Thủy, phường Dịch Vọng Hậu, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Học viện Nông nghiệp Việt Nam, thị trấn Trâu Quỳ, huyện Gia Lâm, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 3/3/2023; ngày chuyển phản biện 6/3/2023; ngày nhận phản biện 27/3/2023; ngày chấp nhận đăng 30/3/2023

Tóm tắt:

Trong những năm gần đây, việc trồng ngô trên toàn thế giới gặp thách thức lớn bởi sự gia tăng nhanh chóng của sâu keo mùa thu (*Spodoptera frugiperda*, tên tiếng Anh là Fall armyworm - FAW). Để duy trì mật độ ấu trùng dưới ngưỡng thiệt hại kinh tế, chúng ta cần có các giải pháp liên ngành kịp thời hỗ trợ nông nghiệp như sử dụng dịch tể học bảo vệ thực vật, internet vạn vật và các phương pháp khoa học dữ liệu thực hiện phát hiện sớm, theo dõi, dự báo và đưa ra các lựa chọn thông minh. Việc lên kế hoạch phòng trừ đúng thời điểm sẽ tránh phun thuốc trừ sâu bừa bãi, gây lãng phí và ảnh hưởng đến môi trường xung quanh. Trong nghiên cứu này, các tác giả đề xuất phát triển hệ thống phần mềm iFAWcast xây dựng trên nền tảng web và mobile, tự động dự báo, cảnh báo và thu thập dữ liệu nghiên cứu FAW trên cây ngô ở Việt Nam. Hệ thống có 3 thành phần chính: (i) Công cụ dự báo, cảnh báo dịch FAW tự động trên nền tảng web; (ii) Công cụ quản lý báo cáo nông nghiệp, dự báo, cảnh báo và người dùng trên nền tảng web; (iii) Ứng dụng trên nền tảng mobile cung cấp dịch vụ theo dõi dự báo, cảnh báo dịch FAW đến người nông dân tùy vị trí địa lý. Hệ thống iFAWcast có lõi tính toán tự động cập nhật dự báo thời tiết từ API Visual Crossing, API OpenWeatherMap và dựa trên công thức tổng tích ôn hữu hiệu xây dựng riêng cho FAW trên cây ngô ở Việt Nam. Hệ thống được phát triển và thử nghiệm dựa trên dữ liệu thu thập trực tiếp từ đồng ruộng để kiểm chứng đã cho kết quả với độ chính xác cao, đáng tin cậy.

Từ khóa: cảnh báo sớm, cây ngô, sâu keo mùa thu, thời tiết.

Chỉ số phân loại: 2.2

1. Đặt vấn đề

Ngô là loại ngũ cốc quan trọng thứ ba sau lúa mì và gạo trên toàn cầu [1]. Ngoài ra, ngô là loại cây truyền thống được sử dụng làm lương thực, thức ăn chăn nuôi và gia súc. Hiện nay, nhu cầu về ngô đang rất lớn trên toàn cầu, nhất là khi ngô được sử dụng như hạt dinh dưỡng. Ở Việt Nam, ngô là nguồn lương thực đứng thứ hai chỉ sau lúa gạo, đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển kinh tế nông nghiệp cũng như đảm bảo nguồn lương thực của nước nhà. Tuy nhiên, có nhiều yếu tố đã cản trở việc đạt sản lượng theo kế hoạch người nông dân đề ra như thời tiết, sâu bệnh... FAW là một trong những loài côn trùng tác động trực tiếp, mạnh mẽ đến sản lượng ngô không chỉ ở Việt Nam mà còn được báo cáo trên toàn cầu.

FAW là loài côn trùng đa thực nguy hiểm, đặc hữu ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới, có nguồn gốc và bùng phát đầu tiên ở châu Mỹ, sau đó lần đầu tiên được nhìn thấy ở châu Phi vào tháng 1/2016 [2]. Kể từ đó, dịch hại đã lan rộng hơn 100 quốc gia trên thế giới chỉ sau thời gian ngắn [3]. Đây là loài dịch hại có tính đa thực cao, được báo cáo tấn

công hơn 350 cây ký chủ có tính thương mại và phi thương mại trên 76 họ thực vật [3]. FAW có thể ăn hơn 80 loài thực vật khác nhau bao gồm ngô, bông, lúa, kê, đậu phộng, các loài thực vật dại và cây trồng khác... [4]. Tuy nhiên, ngô là đối tượng chính của dịch hại này. Tồn thất năng suất trực tiếp có thể xảy ra do ấu trùng ăn phần đang phát triển hoặc trưởng thành của cây thu hoạch (như xâm nhập vào bắp ngô và ăn lõi ngô, hoặc ăn trực tiếp hạt) [5], do đó trực tiếp làm giảm sản lượng. Mất năng suất gián tiếp có thể xảy ra do rụng lá, điều này có thể làm giảm sản lượng ngũ cốc do giảm diện tích quang hợp, hoặc mất cây con. Tồn thất chất lượng do FAW gây ra cũng có thể phát sinh khi thức ăn của ấu trùng giới thiệu các loại nấm hoại sinh và gây bệnh, làm ô nhiễm độc tố nấm mốc trong hạt [6].

Loài sâu này đã gây ra thiệt hại kinh tế nông nghiệp nặng nề. Ở Trung Quốc, ước tính có khoảng 31 tỉnh bị thiệt hại, trung bình mỗi tỉnh thiệt hại khoảng 5-10 triệu USD [7]. Tại châu Phi, Ghana là nước bị thiệt hại nặng nề nhất, theo báo cáo của CABI dịch FAW đã tiêu tốn của nước này khoảng 162 triệu USD vào năm 2017 và ảnh hưởng tới 500.000 tấn

*Tác giả liên hệ: Email: diepht@vnu.edu.vn, trienpm@vnu.edu.vn

Research and development of a predictive system for fall armyworm early warning on maize crop

Thi Diep Hoang^{1*}, Thi Anh Duong Nguyen¹,
Kien Thai Duong Nguyen¹, Duy Vu Nguyen¹,
Thi Quynh Trang Luu¹, Thi Thu Phuong Tran²,
Minh Trien Pham^{1*}

¹University of Engineering and Technology, Vietnam National University - Hanoi,
144 Xuan Thuy Street, Dich Vong Hau Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

²Vietnam National University of Agriculture,
Trau Quy Town, Gia Lam District, Hanoi, Vietnam

Received 3 March 2023; revised 27 March 2023; accepted 30 March 2023

Abstract:

The rapid increase in fall armyworms (FAW, *Spodoptera frugiperda*) in recent years has posed major challenges to maize growers around the globe. To keep larval density below the economic threshold, we need interdisciplinary agricultural solutions like plant protection epidemiology, the Internet of Things, and scientific data techniques for early detection, monitoring, forecasting, and making informed decisions. Pest control should be planned ahead of time to prevent indiscriminate pesticide spraying, waste, and a negative effect on the environment. In this study, the authors plan to create a comprehensive iFAWcast software system that will automatically predict, alert, and gather research data on fall armyworms on maize crops in Vietnam. The system is comprised of three major components: (i) An automatic forecasting and alerting tool for fall armyworm outbreaks on the web platform; (ii) An agriculture reporting, forecasting, alerting, and user management tool on the web platform; and (iii) A mobile app that provides forecasting and alerting services on fall armyworms to farmers based on their geographical location. The iFAWcast system includes a central computation that dynamically updates weather forecasts from the Visual Crossing API and the OpenWeatherMap API, as well as a formula for the effective cumulative temperature based on the characteristics of fall armyworms on maize crops in Vietnam. The developed system was tested using data collected straight from the field, yielding extremely accurate and dependable results.

Keywords: early warning, fall armyworms, maize, weather.

Classification number: 2.2

ngô và lúa miến [8]. Đã có thống kê 12 quốc gia bị thiệt hại do FAW nặng nề nhất ở châu Phi, trong đó Nigeria thiệt hại 3271,8 triệu USD [8]. Ở Hoa Kỳ, ước tính giá trị sản lượng bị mất do FAW hàng năm khoảng 300 triệu USD và tăng trên 500 triệu USD vào các năm bùng dịch lớn [9].

Với sự phát tán khủng khiếp, FAW có thể di chuyển như các loài côn trùng bướm khác với hơn 1.600 km chỉ trong 30 giờ [10] khi là ấu trùng bướm. Rất nhanh chóng, vào năm 2019, Việt Nam đã có những phát hiện đầu tiên về dịch bệnh này. FAW đã gây nhiều tổn hại cho kinh tế nông nghiệp Việt Nam. Cụ thể, theo báo cáo của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, FAW đã gây thiệt hại khoảng 15.000 ha khi mới phát hiện vào năm 2019, gây thiệt hại nặng ở các tỉnh miền núi phía Bắc và Tây Nguyên [11].

Hiện nay để chống lại FAW, nông dân ở các nước vẫn sử dụng các biện pháp thủ công vật lý và biện pháp hóa học như phun thuốc trừ sâu. Trong đó chủ yếu là sử dụng thuốc trừ sâu. Đây là biện pháp vô cùng tốn kém, song ít hiệu quả so với kỳ vọng. Đồng thời biện pháp này có thể gây dư thừa thuốc trừ sâu cho sản phẩm, đất bạc màu, ô nhiễm nguồn nước, đất.

Với những thách thức nêu trên, trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một giải pháp liên ngành - kết hợp dịch tễ học bảo vệ thực vật, khoa học dữ liệu và IoT cho bài toán kiểm soát FAW và giới thiệu iFAWcast - một hệ thống hoàn thiện cài đặt giải pháp này. Hệ thống có 3 thành phần chính: (i) Công cụ dự báo, cảnh báo dịch FAW tự động trên nền tảng web; (ii) Công cụ quản lý báo cáo, nông nghiệp, dự báo, cảnh báo và người dùng trên nền tảng web, (iii) Ứng dụng trên nền tảng mobile cung cấp dịch vụ theo dõi dự báo, cảnh báo dịch FAW tùy biến địa điểm. Với iFAWcast, chúng tôi đưa ra kết quả dự báo, khuyến cáo người nông dân chỉ phun một lần cho đồng ruộng. Từ đó, mang lại hiệu quả cao, tiết kiệm chi phí, nếu áp dụng trên các đơn vị trồng chuyên nghiệp thì đây là giải pháp rất kinh tế. Bên cạnh đó, còn giúp giảm lượng lớn thuốc trừ sâu trong cây trồng cũng như giảm các vấn đề ô nhiễm do dư lượng thuốc bảo vệ thực vật.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Việc xác định được thời điểm trưởng thành rộ của FAW có ý nghĩa lớn đối với người nông dân trong quá trình canh tác. Dự báo thời điểm bùng dịch cho phép người dân có kế hoạch phòng trừ hiệu quả. Để mô hình cảnh báo hiệu quả, các thông tin về số lượng sâu trưởng thành, điều kiện thời tiết, tình trạng cây trồng cần phải được thu thập. Thông qua các mô hình toán học về tổng tích ôn hữu hiệu, thời điểm sâu trưởng thành rộ sẽ được dự báo.

Hầu hết các loại côn trùng, bao gồm cả bướm đêm FAW đều giao tiếp với nhau thông qua pheromone. Pheromone là hormon do bướm cái tiết ra để gửi tín hiệu thu hút bướm

đêm đực [12]. Các nhà khoa học đã lợi dụng điều này để tạo ra pheromone tổng hợp được sử dụng làm bả trong bẫy để theo dõi và kiểm soát dịch hại. Người nông dân đặt bẫy pheromone để kiểm soát sự lây lan của côn trùng bằng cách giữ bướm đực tránh xa bướm cái, hay còn gọi là gián đoạn giao phối. Từ đó, quy mô quần thể của côn trùng sẽ giảm vì bướm cái không thể đẻ trứng. Hiệu quả của bẫy pheromone phụ thuộc vào các yếu tố như hình dạng của bẫy và khả năng mỗi có thể cung cấp pheromone giới tính cần thiết để thu hút. Đây là biện pháp thân thiện với môi trường, rẻ, được sử dụng chủ yếu để kiểm soát loài. Tuy nhiên, sử dụng bẫy yêu cầu người dùng có chuyên môn cao để mang lại hiệu quả tốt. Vì vậy, bẫy pheromone ít được người nông dân sử dụng với mục đích diệt trừ dịch hại, chủ yếu được sử dụng với mục đích quản lý dịch hại.

Tổng tích ôn hữu hiệu hay còn được biết đến là GDD (Growing degree days) hoặc cũng có thể là GDUs (Growing degree units), là một phương pháp heuristic trong hiện tượng học, để ước tính thời gian chuyển đổi hình thái học ở thực vật và động vật [12-14]. Phương pháp này là thước đo tích lũy nhiệt, được sử dụng để dự đoán tốc độ phát triển của thực vật, động vật. Nguyên lý hoạt động của phương pháp tổng tích ôn hữu hiệu dựa trên quan sát rằng: tốc độ phát triển của các sinh vật biến nhiệt phụ thuộc vào môi trường.

Mỗi giai đoạn phát triển của sinh vật có tổng nhu cầu nhiệt riêng. Đối với nhiều loài côn trùng gây hại, lượng nhiệt tích lũy cụ thể (đơn vị nhiệt) trên ngưỡng nhiệt độ thấp hơn cần thiết để kích hoạt sự kiện vòng đời đã được định lượng là "hằng số nhiệt" [15].

Sự phát triển có thể được ước tính bằng cách tích lũy giữa các ngưỡng nhiệt độ trong suốt mùa. Mỗi loài yêu cầu một số ngày xác định để hoàn thành quá trình phát triển của nó. Số ngày tích lũy từ điểm xuất phát có thể giúp dự báo khi nào sẽ đạt đến một giai đoạn phát triển. Ngày bắt đầu tích lũy tích ôn, được gọi là ngày cố định sinh học (thường dựa trên các sự kiện sinh học cụ thể như ngày trồng, lần đặt bẫy pheromone đầu tiên hoặc lần xuất hiện đầu tiên của dịch hại). Nhiệt độ được tích lũy từng ngày thường xuyên đạt đến ngưỡng nhiệt để chuyển hóa thành giai đoạn khác của côn trùng theo đặc trưng loài, được tính như công thức:

$$GDD = \int (T(t) - T_{base}) dt \quad (1)$$

trong đó: T_{base} : nhiệt độ phát dục đặc trưng; $T(t)$: nhiệt độ tại thời điểm t ; dt : là biến tích phân theo thời gian.

Từ phương trình trên, có nhiều cách để diễn giải tính toán GDD một cách đơn giản cho các mô hình tùy thuộc vào dữ liệu của mô hình và độ nhạy cảm với nhiệt độ đặc trưng của dịch bệnh. Hiện nay có 2 cách tính GDD phổ biến là (1) tính theo nhiệt độ trung bình của ngày và (2) tính theo nhiệt độ tối thiểu hoặc tối đa của ngày.

Việc sử dụng các mô hình hình thái học như trên cho các hành động kiểm soát thời gian, trùng khớp với tính nhạy cảm cao nhất của sinh vật mục tiêu tối ưu hóa hiệu quả bằng cách tận dụng các giai đoạn sống nhạy cảm, giảm sử dụng hóa chất, tiết kiệm thời gian và tiền bạc, giảm thiểu ảnh hưởng đến các loài không mục tiêu. Để sử dụng tốt mô hình hình thái học cần có sự hiểu biết về thời điểm các loài xâm lấn sẽ chuyển đổi giữa các vòng đời khác nhau, hoặc các giai đoạn hình thái học có thể tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động chuyển đổi các giai đoạn vòng đời.

Để ước tính độ tuổi FAW, hệ thống sử dụng phương pháp tổng tích ôn hữu hiệu. Trong một ngày quần thể được coi là đang ở mức tuổi nhất định nếu lượng tổng tích ôn của quần thể trong ngày đó lớn hơn ngưỡng tổng tích ôn của độ tuổi đó. Tổng tích ôn được tính bằng tổng lượng tổng tích ôn tích lũy được trong mỗi ngày. Công thức tính tổng tích ôn hữu hiệu (K) như sau:

$$K = x(t_n - t_0) \quad (2)$$

trong đó: K : tổng tích ôn hữu hiệu (là một hằng số nhiệt độ có hiệu quả cho sự phát dục của mỗi loài côn trùng); t_n : nhiệt độ môi trường; t_0 : nhiệt độ khởi điểm phát dục; x : thời gian phát dục; t_0 và K : hằng số không đổi.

Các đặc trưng của FAW [16] được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Số liệu đặc trưng t_0 và K của FAW.

Giai đoạn	Nhiệt độ phát dục (t_0)	K từng giai đoạn (K_i)	Tổng tích ôn hữu hiệu (K)
Trứng	15	38	38
Sâu non 1	14	37	75
Sâu non 2	14	20	95
Sâu non 3	14	23	118
Sâu non 4	14	24	142
Sâu non 5	14	40	182
Sâu non 6	14	51	233
Nhộng	13	114	347

Khi tích lũy mỗi ngày đạt ngưỡng lớn hơn hoặc bằng các giá trị đã cho như ở bảng 1, mô hình sẽ đưa ra dự đoán đó là thời điểm rộ của giai đoạn sâu tương ứng theo phương pháp GDD. Chúng tôi đưa ra một ví dụ đơn giản, khi tích lũy hôm trước là 85, K tích lũy hôm nay đạt 100. Vậy mô hình sẽ đưa ra thông báo hôm nay là thời điểm rộ sâu non 2 (đối chiếu bảng 1) theo đúng như lý thuyết tổng tích ôn đã được giới thiệu ở trên. Trong mô hình này, dữ liệu thời gian rộ của FAW trưởng thành được cập nhật liên tục dựa vào việc bẫy pheromone của chuyên gia và dữ liệu đó chỉ được phục vụ tính độ tuổi rộ tiếp theo trong một vòng đời.

3. Mô hình đề xuất

Trong mô hình này, bẫy pheromone để bẫy sâu trưởng thành rõ nhằm xác định thời gian trưởng thành rõ có thể được sử dụng kết hợp. Để tối ưu, bẫy khuyến nghị được treo vào ngày bắt đầu gieo trồng. Do đó, mô hình sẽ tự động tính dự báo tuổi sâu giả định ngày gieo trồng là ngày trưởng thành rõ.

Bên cạnh đưa ra dự báo, mô hình có thể tính toán được cảnh báo dựa vào việc kết hợp tuổi sâu và tuổi cây. Cụ thể, chúng tôi dựa trên cơ sở vòng đời của sâu gồm các giai đoạn: trưởng thành, trứng, sâu non 1, sâu non 2, sâu non 3, sâu non 4, sâu non 5, sâu non 6 và nhộng. Chu trình phát triển của cây ngô được xem là gồm các giai đoạn: cây non, cây con và cây trưởng thành. Mức độ nguy hiểm khi các giai đoạn cây ngô kết hợp bị ăn bởi các giai đoạn sâu sẽ có kết quả như ở bảng 2.

Mô hình tổng quan hệ thống đề xuất được thể hiện ở hình 1, gồm:

1) Công cụ tính toán tự động (công cụ 1): Công cụ này cài đặt trên nền web phương pháp dự báo đã bàn trong công thức (2).

2) Công cụ quản lý dữ liệu (công cụ 2): Công cụ được cài đặt trên nền tảng web giúp số hóa việc quản lý báo cáo nông nghiệp, dự báo, cảnh báo và người dùng. Dữ liệu này được hệ thống lưu lại để phục vụ các nghiên cứu khoa học dữ liệu tiếp theo về FAW và quản lý FAW.

3) Dịch vụ theo dõi qua mobile (công cụ 3): Công cụ này được cài đặt trên nền tảng mobile và cho phép nông dân theo dõi dự báo, cảnh báo dịch FAW tùy vị trí địa lý.

4) Dữ liệu khảo sát đồng ruộng cho tuổi sâu và tuổi cây: Chuyên gia nông nghiệp sẽ nhập các thông tin này cho hệ thống thông qua công cụ 2 (quản lý dữ liệu).

5) Dữ liệu thời tiết: mỗi ngày, công cụ 1 (tự động

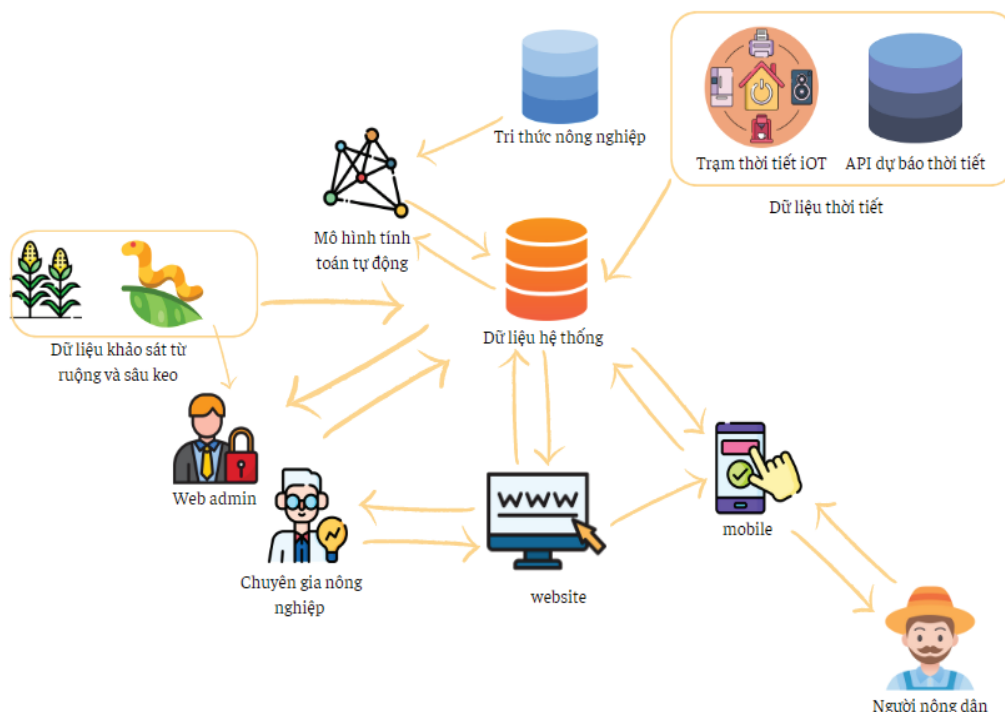
Bảng 2. Mức độ nguy hiểm của FAW với cây ngô.

	Cây non	Cây con	Cây trưởng thành
Trưởng thành	Mức 1	Mức 1	Mức 1
Trứng	Mức 1	Mức 1	Mức 1
Sâu non 1	Mức 1	Mức 1	Mức 1
Sâu non 2	Mức 2	Mức 2	Mức 1
Sâu non 3	Mức 2	Mức 2	Mức 1
Sâu non 4	Mức 3	Mức 3	Mức 1
Sâu non 5	Mức 3	Mức 3	Mức 1
Sâu non 6	Mức 3	Mức 3	Mức 1
Nhộng	Mức 1	Mức 1	Mức 1

Mức độ nguy hiểm nhất là mức độ 3, mức độ nhẹ nhất là mức độ 1.

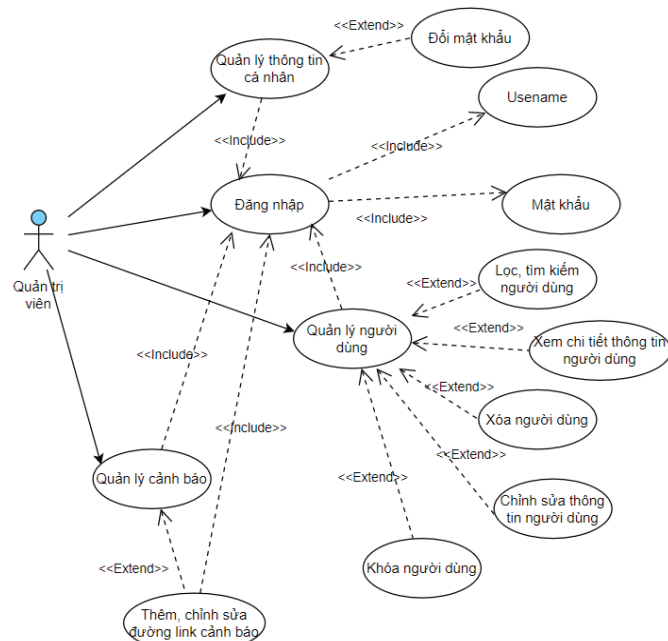
dự báo cảnh báo) sẽ tự động truy xuất và lưu trữ dữ liệu này cho những khu vực gieo trồng được quản lý. Nhóm chúng tôi sử dụng dữ liệu thời tiết được cập nhật từ: API Visual Crossing (<https://www.visualcrossing.com/>) và API OpenWeatherMap (<https://openweathermap.org/>).

Trong quá trình thực hiện nghiên cứu, OpenWeatherMap cập nhật chính sách và cắt dữ liệu trả về trong bản miễn phí chỉ còn dự báo 5 ngày, do đó mặc định tính toán hiện tại của iFAWcast dùng API Visual Crossing.

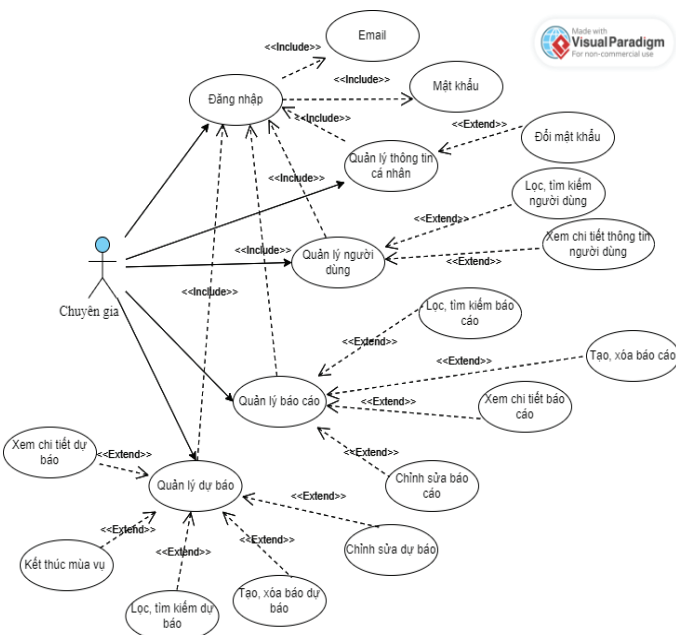


Hình 1. Mô hình tổng quan hệ thống.

Chúng tôi cung cấp đặc tả và thiết kế trong việc phát triển 3 công cụ của hệ thống iFAWcast. Hệ thống dựa trên hai kênh đang được sử dụng phổ biến nhất là web app và mobile (ứng dụng trên điện thoại) để tiện cho người nông dân dễ dàng theo dõi. Hệ thống của chúng tôi sẽ phân quyền chuyên gia và quản trị viên (admin) sử dụng web và người nông dân sẽ sử dụng điện thoại thông minh (hình 2).

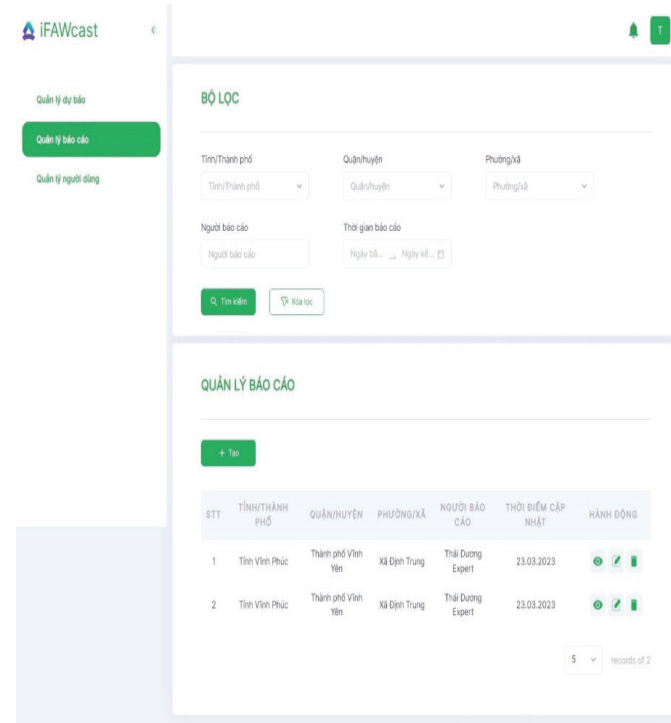


Hình 2. Biểu đồ tổng quan của hệ thống phát triển trên nền tảng web và di động.

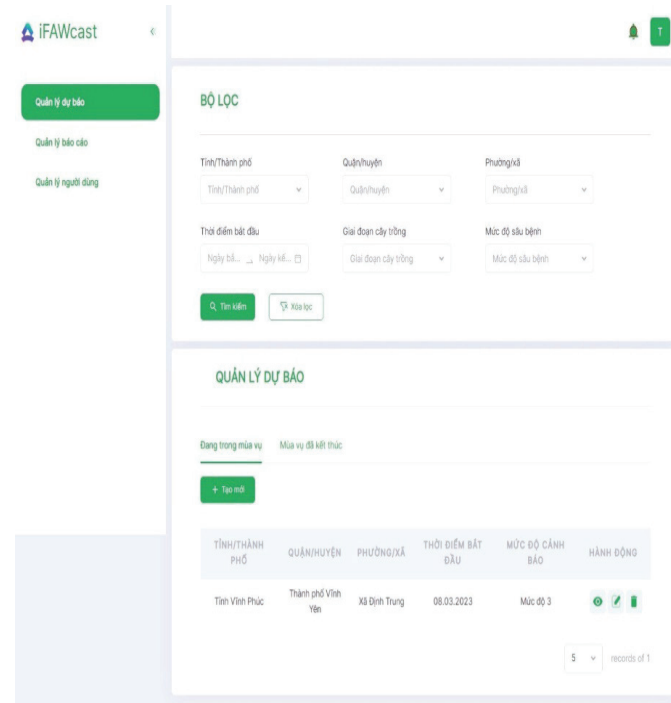


Hình 3. Biểu đồ tổng quan thể hiện mối quan hệ giữa các ca sử dụng dành cho chuyên gia.

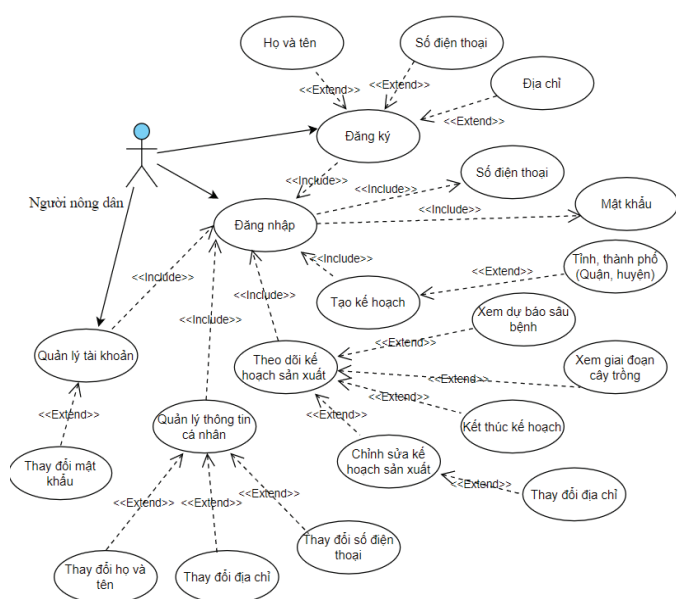
Hình 3 là các biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa các ca sử dụng, thiết kế sơ đồ này là bước tất yếu để xây dựng hệ thống trong công nghệ phần mềm. Sau bước đặc tả tính năng như trên, chúng tôi thiết kế giao diện của các công cụ như quản lý báo cáo (hình 4) và quản lý dự báo (hình 5).



Hình 4. Giao diện “quản lý báo cáo” của chuyên gia.



Hình 5. Giao diện “quản lý dự báo” của chuyên gia.



Hình 6. Mô hình tổng quan chức năng phục vụ người nông dân.

Như đã mô tả ở hình 6, người dùng di động (người nông dân) có thể đăng ký, đăng nhập và quản lý tài khoản của mình để theo dõi các thông tin về tình trạng FAW theo địa điểm mà mình trồng ngô.



Hình 7. Giao diện dự báo FAW đến người dùng.

Hình 7 cho thấy giao diện thân thiện với người dùng, cho phép người nông dân dễ dàng tiếp cận dự báo và cảnh báo liên quan đến khu vực trồng ngô của mình.

4. Kết quả và bàn luận

Vì dữ liệu cho dự báo của chúng tôi có chênh lệch nhiệt độ với thực tế và do tập tính di cư đặc trưng của FAW nên với mỗi lần có báo cáo mới của chuyên gia nông nghiệp, chúng tôi thực hiện chạy lại dữ liệu một lần để đảm bảo tính chính xác, tránh trường hợp khít dữ liệu.

Kết quả dự đoán cho xã Trung Kiên, huyện Yên Lạc, tỉnh Vĩnh Phúc vào tháng 9/2020 và đối chiếu với báo cáo của chuyên gia nông nghiệp được thể hiện ở các bảng 3-7: 3/9/2020 là ngày trưởng thành rộ (bảng 3); 9/9/2020 là ngày sâu tuổi 1 rộ, do kết quả này trùng với kết quả khảo sát nên không có sự chênh lệch so với số liệu dự đoán ở bảng 3; 16/9/2020 là ngày sâu tuổi 3 rộ (bảng 4); 23/9/2020 là ngày sâu non tuổi 2 rộ (bảng 5); 30/9/2020 là ngày sâu non tuổi 5 rộ (bảng 6); 7/10/2020 và 14/10/2020 là ngày sâu tuổi 6 rộ (bảng 7).

Bảng 3. Thực hiện yêu cầu (1).

Thời gian	Dự đoán	Thực tế
3/9/2020		Trưởng thành rộ
9/9/2020	Sâu non tuổi 1 rộ	Sâu non tuổi 1 rộ
16/9/2020	Sâu non tuổi 5 rộ	Sâu non tuổi 3 rộ
23/9/2020	Nhộng rộ	Sâu non tuổi 2 rộ
30/9/2020	Trứng rộ	Sâu non tuổi 5, 6 rộ

Bảng 4. Thực hiện yêu cầu (3).

Thời gian	Dự đoán	Thực tế
16/9/2020		Sâu non tuổi 3 rộ
23/9/2020	Sâu non tuổi 6 rộ	Sâu non tuổi 2 rộ
26/9/2020	Nhộng rộ	
30/9/2020		Sâu non tuổi 5, 6 rộ
3/10/2020	Trưởng thành	

Bảng 5. Thực hiện yêu cầu (4).

Thời gian	Dự đoán	Thực tế
23/9/2020		Sâu non tuổi 2 rộ
29/9/2020	Sâu non tuổi 5 rộ	
30/9/2020		Sâu non tuổi 5, 6 rộ
2/10/2020	Sâu non tuổi 6 rộ	
7/10/2020		Sâu non tuổi 6 rộ
5/10/2020	Nhộng	
14/10/2020	Trưởng thành	Sâu non tuổi 6

Bảng 6. Thực hiện yêu cầu (5).

Thời gian	Dự đoán	Thực tế
30/9/2020		Sâu non tuổi 5 rộ
3/10/2020	Sâu tuổi 6 rộ	
6/10/2020	Nhộng	
7/10/2020		Sâu non tuổi 6 rộ
14/10/2020		Sâu non tuổi 6 rộ
16/10/2020	Trưởng thành	

Bảng 7. Thực hiện yêu cầu (6).

Thời gian	Dự đoán	Thực tế
07/10/2020		Sâu non tuổi 6 rộ
11/10/2020	Nhộng	
14/10/2020		Sâu non tuổi 6 rộ
23/10/2020	Trưởng thành	

Kết quả nghiên cứu cho thấy, mô hình chúng tôi đề xuất có thể tin cậy được. Vì hạn chế do tập tính di cư của loài nên hệ thống dự báo đã đạt một số kết quả bước đầu. Kết quả được chuyên gia nông nghiệp về sâu bệnh đánh giá tốt và sai số có thể chấp nhận được. Vì dữ liệu của chúng tôi có chạy lại cho các điểm theo các kết quả khảo sát để đối chiếu, cập nhật lại kết quả tăng tính xác thực của mô hình. Tuy nhiên, việc này được thực hiện sau khi đã ra khỏi khu vực khảo sát nên gây ra các ô trống dữ liệu thực tế ở các bảng 4-7.

Hệ thống đã vận hành thành công, có kết quả mô hình trên nền tảng web dành cho quản trị viên và chuyên gia như ở hình 4, 5 và có kết quả trên điện thoại phục vụ cho người nông dân như ở hình 7.

Cả hai công cụ (web và di động) của chúng tôi đều đảm bảo: i) Hoạt động hiệu quả: yêu cầu thời gian phản hồi nhanh, sử dụng tài nguyên tối ưu; ii) Tương thích: ứng dụng của quản trị viên chạy tốt trên các trình duyệt web app, ứng dụng người dùng chạy tốt trên các thiết bị di động; iii) Tính khả dụng: đáp ứng được nhu cầu sử dụng; giao diện dễ thao tác, dễ học; iv) Tính tin cậy: luôn sẵn sàng sử dụng. Thời gian giữa các lần xảy ra sự cố gián đoạn hoạt động của ứng dụng thấp; v) An toàn thông tin: ứng dụng được đảm bảo tính bảo mật, toàn vẹn và xác thực.

Như kết quả ở bảng 2, độ chính xác mô hình của chúng tôi vẫn chưa đạt tuyệt đối. Nguyên nhân lớn nhất có lẽ do chúng tôi sử dụng hệ thống API dự báo thời tiết (OpenWeatherMap và Visual Crossing) chỉ cập nhật được nhiệt độ, độ ẩm của tỉnh Vĩnh Phúc khá chung chung, chưa cập nhật được thời tiết cụ thể chính xác địa điểm thực nghiệm là xã Trung Kiên. Chúng tôi đã chuẩn bị giải pháp khắc phục nhược điểm này, đó là bắt kịp sự phát triển của IoT, mô hình của chúng tôi sẽ được kết nối với các trạm cảm ứng nhiệt độ được lắp đặt tại các địa điểm cụ thể đưa ra dự báo sâu bệnh. Khi đó sẽ nhận được kết quả cải thiện hơn. Bên cạnh sử dụng dữ liệu nhiệt độ, mô hình chúng tôi dự kiến mở rộng với các thông số môi trường khác, tác động đến sinh trưởng của FAW như độ ẩm, mưa [17] để mô hình đáng tin cậy hơn.

Hiện nay, FAW không chỉ tàn phá mạnh mẽ trên vật chủ ngô, nó còn tấn công trên các cây có tầm quan trọng khác như lúa miến, bông, lúa, kê, đậu phộng, cỏ linh lăng. Vì vậy hệ thống mà chúng tôi đề xuất không chỉ có thể áp dụng trên cây ngô mà còn áp dụng trên nhiều loại cây khác.

5. Kết luận

Với mục tiêu xây dựng một hệ thống thu thập dữ liệu về FAW và thời tiết để tính toán thời điểm phát triển mạnh của FAW trên cây ngô, một hệ thống gồm giao diện web cho chuyên gia, phần mềm trên thiết bị di động cho người dùng và hệ quản trị cơ sở dữ liệu trên máy chủ đã được phát triển thành công. Kết quả tính toán dự báo được kiểm chứng với dữ liệu thu thập thực tế ngoài đồng ruộng cho thấy tính tin cậy của hệ thống. Thông tin cảnh báo này giúp người nông dân chủ động phun thuốc phòng trừ đúng thời điểm thay vì phun tràn lan, gây ảnh hưởng môi trường sống cũng như giảm chi phí sản xuất. Với sự duy trì của các trung tâm khuyến nông, bảo vệ thực vật của tất cả các tỉnh, thành phố thì việc mở rộng sẽ rất thuận lợi. Tuy nhiên, đây cũng là hạn chế của hệ thống khi phải phụ thuộc vào chuyên gia hay kinh nghiệm của người dân. Nếu tự động hoá được quá trình thu thập dữ liệu này hệ thống sẽ hoạt động tốt hơn.

Hệ thống đã được cung cấp sử dụng cho người dùng trên google play tại địa chỉ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ifawcast&pli=1> và cho chuyên gia tại địa chỉ: <http://35.241.127.11:8080/>. Trong thời gian tới với sự tham gia của nhiều chuyên gia và người dùng, kết quả tính toán sẽ được tăng cường về độ chính xác cũng như mở rộng khu vực cảnh báo cho hệ thống. Ngoài ra, trong tương lai chúng tôi sẽ tiếp tục phát triển thêm các mô đun thu thập dữ liệu tự động về số lượng FAW trưởng thành qua bẫy tự động đếm, mô đun thu thập dữ liệu khí hậu tại khu vực theo dõi. Đây sẽ là những thông tin quan trọng nâng cao độ chính xác cảnh báo của hệ thống.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội thông qua đề tài mã số CN21.29. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Souki, J. Almarza, C. Cano, et al. (2011), "Metabolic effects of β -glucans addition to corn maize flour", *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, Academic Press, pp.451-461.
- [2] W. Ding, G. Taylor (2016), "Automatic moth detection from trap images for pest management", *Comput. Electron. Agric.*, **123**, pp.17-28, DOI: 10.1016/j.compag.2016.02.003.
- [3] S. Bhusal, E. Chapagain (2020), "Threats of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) incidence in Nepal and its integrated management - A review", *J. Agric. Nat. Resour.*, **3(1)**, pp.345-359, DOI: 10.3126/janr.v3i1.27186.
- [4] D.K. Belay, R.M. Huckaba, J.E. Foster (2012), "Susceptibility of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), at Santa Isabel, Puerto Rico, to different insecticides", *Florida Entomol.*, **95(2)**, pp.476-478.
- [5] R. Day, A. Phil, B. Melalie, et al. (2017), "Fall armyworm: Impacts and implications for Africa", *Outlooks Pest Manag.*, **28(5)**, pp.196-201, DOI: 10.1564/v28oct02.
- [6] C.A. Farias, M.J. Brewer, D. Anderson, et al. (2014), "Native maize resistance to corn earworm, *Helicoverpa zea*, and fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, with notes on aflatoxin content", *Southwest. Entomol.*, **39(3)**, pp.411-426, DOI: 10.3958/059.039.0303.
- [7] P. Wu, F. Wu, J. Fan, et al. (2021), "Potential economic impact of invasive fall armyworm on mainly affected crops in China", *J. Pest Sci.*, **94**, pp.1065-1073, DOI: 10.1007/s10340-021-01336-9.
- [8] S. Laminou, Z.M. Ousmane, L. Amadou, et al. (2022), "Perception and level of knowledge of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) by maize farmers in the southern agricultural zone of niger", *Agricultural Sciences*, **13(12)**, pp.1321-1333, DOI: 10.4236/as.2022.1312081.
- [9] E.R. Mitchell (1979), "Fall armyworm symposium: Preface", *Florida Entomol.*, **62(2)**, p.81.
- [10] A.H. Rose, R.H. Silversides, O.H. Lindquist (1975), "Migration flight by an aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae), and a noctuid, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)", *Can. Entomol.*, **107(6)**, pp.567-576, DOI: 10.4039/Ent107567-6.
- [11] B. Hong (2019), "The entire country has about 15,000 hectares of land affected by fall army worm", *Vietnam News Agency*, <https://bnews.vn/ca-nuoc-co-khoang-15-000-ha-ngo-bi-sau-keo-mua-thu-gay-hai/128272.html>, accessed 1 March 2022 (in Vietnamese).
- [12] N. Wedell (2005), "Female receptivity in butterflies and moths", *J. Exp. Biol.*, **208(18)**, pp.3433-3440, DOI: 10.1242/jeb.01774.
- [13] G.S. McMaster, W.W. Wilhelm (1997), "Growing degree-days: One equation, two interpretations", *Agric. For. Meteorol.*, **87(4)**, pp.291-300, DOI: 10.1016/S0168-1923(97)00027-0.
- [14] J.Y. Wang (1960), "A critique of the heat unit approach to plant response studies", *Ecology*, **41(4)**, pp.785-790, DOI: 10.2307/1931815.
- [15] A. Campbell, B.D. Frazer, N. Gilbert, et al. (1974), "Temperature requirements of some aphids and their parasites", *J. Appl. Ecol.*, **11(2)**, pp.431-438, DOI: 10.2307/2402197.
- [16] J.E.S. Lepidoptera, J.E. Smith, L. Noctuidae (2022), "Guidance on preventing the spread of *Spodoptera frugiperda*, emergency preparedness and response", *Prevention, Preparedness and Response Guidelines for Spodoptera Frugiperda*, DOI: 10.4060/cb5880en.
- [17] K. Charleston (2013), *Maize Insect Pest Management Northern Grains Region*, https://ipmguidelinesforgrains.com.au/wp-content/uploads/Maize_IPM-Workshops_north-March2013.pdf, accessed 1 March 2022.