

# Geospatial Analysis and the Internet of Things

## (Phân Tích Không Gian Địa Lý và IoT)

Andreas Kamilaris <sup>1,\*</sup>, Frank O. Ostermann <sup>2</sup>

1. Department of Computer Science, University of Twente, 7522 NB Enschede, The Netherlands  
2. Department of Geo-Information Processing, University of Twente, 7514 AE Enschede, The Netherlands

---

### Tóm tắt

Phân tích không gian địa lý và Internet vạn vật.

Khi Internet of Things (IoT) thâm nhập vào cuộc sống hàng ngày của chúng ta, được sử dụng để giải quyết rất nhiều thách thức và vấn đề trong cuộc sống thực, vị trí của mọi thứ trở thành tham số quan trọng. Vị trí chính xác của việc đo lường thế giới vật lý thông qua IoT có liên quan nhiều đến sự hiểu biết về điều kiện môi trường địa phương hoặc để phát triển mạnh mẽ, cá nhân hóa và nhận thức bối cảnh các dịch vụ và ứng dụng dựa trên vị trí.

Lập bản đồ và phân tích IoT dựa trên kích thước vị trí, phân loại các ứng dụng và dự án IoT theo phân tích không gian địa lý các phương pháp đã thực hiện.

---

### 1. Định vị Internet of things

Internet of Things (IoT) bao gồm các công nghệ và ngành nghiên cứu cho phép Internet tiếp cận với thế giới thực của các đối tượng vật chất.

Các dự án dựa trên IoT ngày càng tăng về số lượng và phạm vi cho các miền ứng dụng khác nhau, chẳng hạn như nhà thông minh, môi trường đô thị và nông nghiệp thông minh, được trang bị cảm biến, đo lường với chính xác trạng thái của thế giới vật chất như nhiệt độ, độ ẩm, bức xạ, điện từ, tiếng ồn, hóa chất, v.v.

Hơn nữa, sự gia tăng của điện thoại di động đa giác quan cung cấp khả năng cảm biến tiên tiến các khả năng, chẳng hạn như đo khoảng cách, gia tốc và vị trí; ghi âm / tiếng ồn; cảm ứng điện từ; hoặc chụp ảnh và quay video.

Thông tin IoT dựa trên giác quan cần được tổng hợp, được lưu trữ và phân tích để có những suy luận và suy luận công phu và toàn diện hơn. Ví dụ, một tuyến đường ứng dụng lập kế hoạch cần đầu vào từ các cảm biến giao thông khác nhau được đặt xung quanh thành phố kết hợp với thông tin chất lượng không khí hoặc dự báo thời tiết để cung cấp đầy đủ hơn và cá nhân hóa hơn đề xuất cho người dùng.

Để khai thác sự đa dạng của các phép đo IoT về loại, không gian và thời gian, phân tích không gian địa lý được sử dụng để cung cấp câu trả lời và thông tin chi tiết cho các truy vấn phức tạp và câu hỏi nghiên cứu

Các câu hỏi hướng dẫn cho công việc này là:

1. Vai trò của IoT trong nghiên cứu không gian địa lý ở thời điểm hiện tại đối với các phương pháp phân tích, ứng dụng và quy mô địa lý?
2. Các đặc điểm của IoT đối với dữ liệu vị trí và không gian địa lý, tức là thiết bị / các loại dữ liệu, độ tin cậy và độ chính xác, bảo mật và quyền riêng tư, cài đặt thiết bị và các khía cạnh triển khai?
3. Những thách thức và cơ hội của việc sử dụng IoT cho nghiên cứu không gian địa lý trong tương lai là gì?

### 2. Phương pháp luận

Tìm kiếm dựa trên từ khóa cho công việc liên quan bằng cách sử dụng Web of Science và Google Scholar, cũng như công cụ tìm kiếm của Google, sử dụng các từ khóa có liên quan, chẳng hạn như “Internet của vạn vật”, “Máy tính phổ biến”, “Phân tích

không gian địa lý” và “Hệ thống thông tin địa lý (GIS)”, cũng như sự kết hợp của các từ khóa này và các từ khóa phân tích nổi tiếng khác nhau các phương pháp sử dụng trong khoa học địa lý.

Chọn cách tiếp cận này vì các lĩnh vực nghiên cứu của khoa học thông tin địa lý và IoT vẫn tương đối tách biệt, với các mẫu xuất bản tập trung vào một hướng hoặc khác. Các giấy tờ không được viết bằng tiếng Anh đã bị loại trừ. Hai tiêu chí của một bài báo:

1. Đã sử dụng cơ sở hạ tầng IoT được áp dụng trong một số ứng dụng trong thế giới thực.
2. Đã sử dụng một số phương pháp hoặc kỹ thuật phân tích không gian địa lý dựa trên GIS, để giải quyết một số vấn đề liên quan đến không gian địa lý.

Các bài báo vượt qua hai tiêu chí này sau đó được phân loại theo "Phương pháp phân tích" phân loại được thực hiện bởi "Cơ quan Khoa học và Công nghệ Thông tin Địa lý của Kiến trúc". Phân loại này được chọn vì nó đại diện tốt cho các phương pháp được sử dụng cho phân tích trong công việc liên quan được xác định. Bảy danh mục cụ thể được chọn là "Các biện pháp hình học", "Thao tác phân tích cơ bản", "Phương pháp phân tích cơ bản", "Phân tích mạng", "Khai thác dữ liệu", "Phân tích của Surfaces "và" Geost Statistics ".

### 3. Các phương pháp và ứng dụng phân tích

Sáu loại khác nhau của phân tích không gian địa lý được phát hiện cũng như các dự án và sáng kiến IoT sử dụng các kỹ thuật phân tích này. Các dự án IoT được xác định bao gồm nhiều lĩnh vực ứng dụng khác nhau như du lịch, mạng lưới tiện ích, thăm họa giám sát, phát hiện sức khỏe và bệnh tật, vận chuyển, hậu cần, giám sát động vật hoang dã, nông nghiệp, tội phạm dự đoán, thể thao và chơi game, và môi trường vật lý.

#### 3.1 Các biện pháp hình học

Là dạng phân tích không gian địa lý cơ bản nhất, xử lý khoảng cách và độ gần của các điểm, gần kề và kết nối. Các ứng dụng này bao gồm từ giao thông vận tải đến y tế, và từ nông nghiệp đến thể thao.



Figure 1. The eco-system of location-based mobile phone IoT applications (Source: [9]).

Khoảng cách và khoảng cách gần đã được xem xét trong các khuyến nghị về du lịch theo ngữ cảnh hoặc tiếp thị dựa trên vị trí nơi các dịch vụ tiếp thị có thể được cung cấp cho khách du lịch và người dân dựa trên vị trí hiện tại của họ, ví dụ: các ưu đãi lân cận tại các nhà hàng và cửa hàng

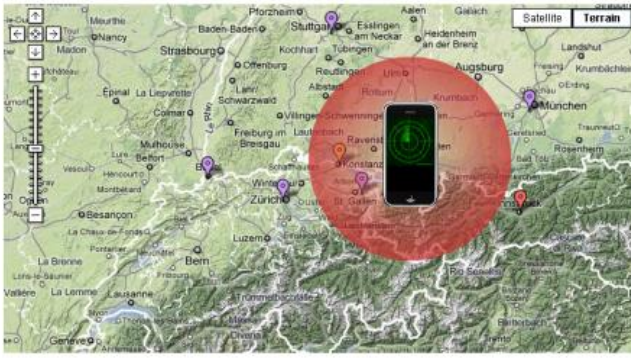


Figure 2. The concept of UrbanRadar mobile application (Source: [13]).

UrbanRadar là một ví dụ về ứng dụng di động dựa trên vị trí tương tác với IoT các cảm biến được triển khai trong vùng lân cận của người dùng, sử dụng các thư mục giác quan trực tuyến, toàn cầu để gián tiếp xác định vị trí các cảm biến lân cận này. Được mô tả ở hình 2

Cách tiếp cận này có thể được kết hợp với cảm nhận có sự tham gia hoặc nguồn lực cộng đồng để tạo ra các quan sát hoặc để xác định các sự kiện khẩn cấp. Ví dụ bao gồm chụp ảnh động cơ diesel xe tải để hiểu cộng đồng tiếp xúc với ô nhiễm không khí hoặc đo lường mức độ tiếp xúc cá nhân của công dân với tiếng ồn trong môi trường hàng ngày của họ.

Ngoài ra, tính chất cận kề rất hữu ích trong việc giám sát và ứng phó với thiên tai, chẳng hạn như giám sát sạt lở đất sự dịch chuyển và sự xuất hiện của sóng thần dưới đáy đại dương, là rất quan trọng đối với các nghiên cứu địa lý y tế và dịch tễ học, chẳng hạn như phát hiện các bệnh truyền nhiễm, bệnh tật.

Dự án HealthMap phân tích các sự cố như vậy để cải thiện giáo dục người tiêu dùng xung quanh nguy cơ dịch bệnh ở cấp địa phương và khuyến khích các thực hành phòng ngừa thích hợp. Nó cung cấp nhiều các dịch vụ liên quan như tìm kiếm các địa điểm cung cấp vắc xin cúm hoặc theo dõi địa lý và xu hướng thời gian đối với các bệnh truyền nhiễm ở khách du lịch, người nhập cư và người tị nạn.

### 3.2 Các thao tác phân tích cơ bản

Trong khoa học thông tin địa lý, các hoạt động phân tích cơ bản bao gồm đệm, lớp phủ, phân tích dựa trên vùng lân cận và đại số bản đồ. Trong phạm vi IoT, chủ yếu là bộ đệm và lớp phủ

Tạo vùng đệm là quá trình tạo các vùng xung quanh các đối tượng địa lý đã chọn, trong một khoảng cách xác định trước

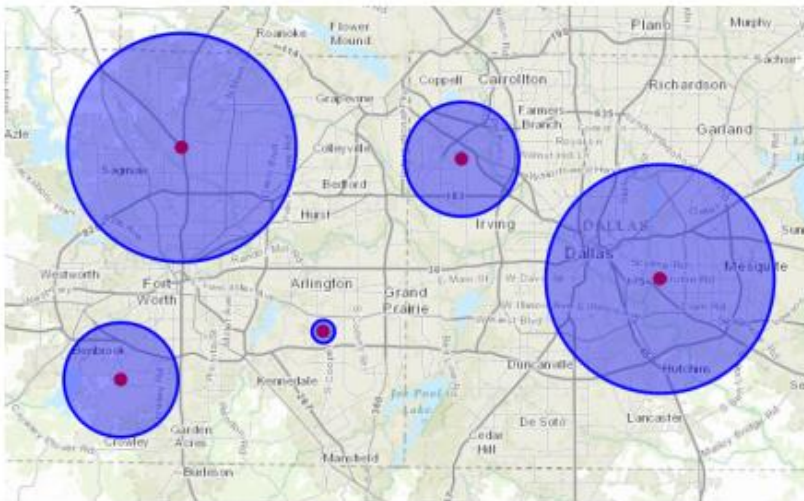


Figure 3. An example of buffering analysis (adapted from [31]).

Mô tả ở hình 3, nơi các chấm đỏ đại diện cho các tính năng và vòng tròn màu xanh lam các vùng đệm.

Lớp phủ là một hoạt động GIS chồng lên nhiều dữ liệu các tập hợp (đại diện cho các chủ đề khác nhau) với nhau nhằm mục đích xác định mối quan hệ giữa chúng. Loại giao lộ được sử dụng trong hoạt động lớp phủ là một trong chín hoạt động có thể được mô tả bởi Egenhofer, tức là liên kết, chạm, chồng chéo, v.v.

Quá trình đệm đã được quan sát thấy trong các mô hình lũ lụt, để tính toán lượng nước mưa dư thừa dự kiến và đánh giá rủi ro cháy rừng. Sự kết hợp giữa bộ đệm và lớp phủ đã được sử dụng đánh giá khả năng tàn phá của động đất, tính toán lượng chất thải nhà kính được sản xuất bởi nông nghiệp chăn nuôi và trong các kế hoạch sơ tán khẩn cấp sóng thần.

### 3.3 Các phương pháp phân tích cơ bản

Phân tích không gian của các mẫu và cụm điểm, hạt nhân và mật độ phân tích và ước lượng, lập mô hình bản đồ và các mô hình của các quá trình không gian. Trong nghiên cứu IoT không gian địa lý, chủ yếu là phân tích mật độ đã được quan sát.

Phân tích tỷ trọng lấy số lượng đã biết của một số hiện tượng được đo tại từng vị trí hoặc khu vực và xem xét mối quan hệ không gian của các vị trí được đo số lượng. Các bề mặt mật độ hiển thị nơi tập trung các đối tượng địa lý điểm hoặc đường

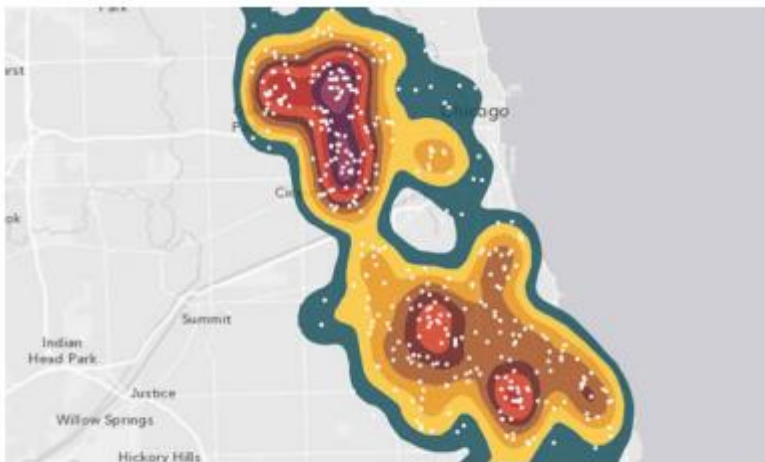


Figure 4. An example of density analysis (adapted from [31]).

Hình 4 hình dung mật độ các vụ tội phạm ở thành phố Chicago

Phân tích mật độ đã được sử dụng trong các khuyến nghị du lịch, khám phá các khu vực hấp dẫn sử dụng bộ sưu tập ảnh được gắn thẻ địa lý (check in), xác định các vùng tiềm năng nước ngầm trong đá cứng địa hình, theo dõi sự biến đổi theo mùa của các thông số hóa lý của nước đô thị, và phân tích về cách các quán rượu ảnh hưởng đến khả năng xảy ra bạo lực, cùng với các nhóm nhân khẩu học xã hội cụ thể.

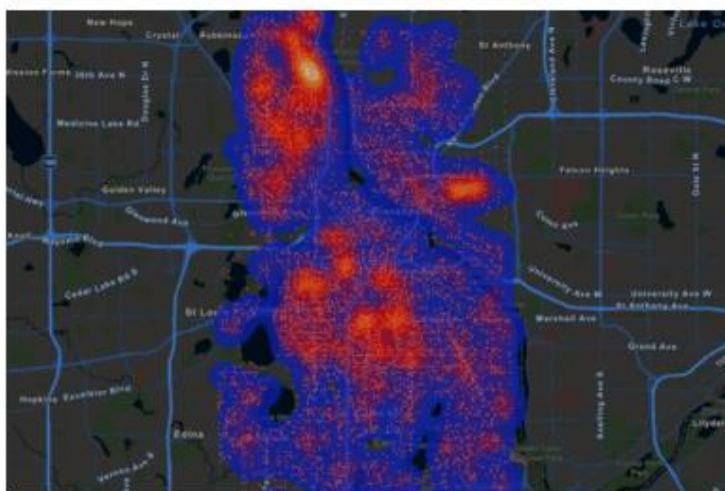


Figure 5. An example of heat map analysis (adapted from [31]).

Phổ biến của phân tích mật độ là một bản đồ nhiệt, trong đó mỗi ô raster được chỉ định một giá trị mật độ và toàn bộ lớp được hình dung bằng phép ẩn dụ gradient nhiệt độ. Màu sắc sống động hơn thường thể hiện sự tập trung cao của các phép đo hoặc giá trị lớn của một số đại lượng đo. (phân tích hình 5)

Bản đồ nhiệt trong IoT đã được sử dụng để trực quan hóa luồng giao thông để tối ưu hóa công chúng giao thông vận tải bằng cách phân tích các chuyến đi taxi và để lập chính sách dự đoán sở cảnh sát ở đâu và các tổ chức khẩn cấp phân tích dữ liệu trong quá khứ và theo thời gian thực để xác định các điểm nóng về tội phạm hoặc bạo lực, và quản lý các nguồn lực vật chất của họ. Ngoài ra, bản đồ nhiệt thường được sử dụng trong các môn thể thao di động ứng dụng theo dõi để hiểu về chất thải nhà kính từ nông nghiệp chăn nuôi, để hình dung chất lượng không khí đô thị và trong mô hình hóa đa dạng sinh học truyền thống và di truyền. Cuối cùng, một ứng dụng thú vị của bản đồ nhiệt dựa trên ước tính mật độ hạt nhân là giám sát bệnh sốt xuất huyết.

### 3.4 Phân tích mạng

Phân tích mạng có thể được sử dụng trong các phép đo biểu đồ, các vấn đề về đường đi ngắn nhất với chi phí thấp nhất và luồng làm mẫu. Theo nghĩa này, nó liên quan chặt chẽ đến phân tích khoảng cách và khoảng cách gần. Phân tích mạng có thể được sử dụng để giải quyết các vấn đề giao thông vận tải mà nếu không giải quyết được sẽ rất khó khăn.

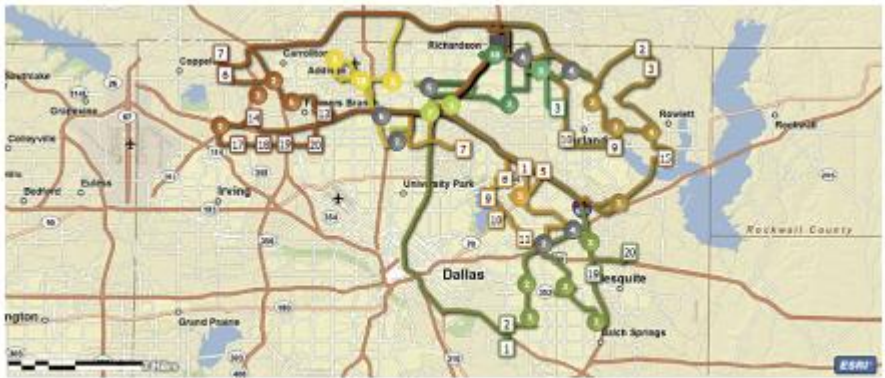


Figure 6. An example of network analysis related to finding closest facilities (adapted from [31]).

Các vấn đề giao thông cổ điển yêu cầu phân tích mạng bao gồm tìm cơ sở (hình 6), khám phá các khu vực kinh doanh tối ưu, tính toán định tuyến xe đa điểm, thực hiện phân bổ vị trí, thực hiện phân tích phụ thuộc vào thời gian và tạo ra chi phí điểm đi-điểm đến ma trận. Lập kế hoạch tuyến đường là một hạng mục phụ của phân tích mạng, nhằm tìm ra phương tiện di chuyển giữa hai hoặc nhiều địa điểm nhất định (tức là các điểm vectơ), dựa trên các tiêu chí như con đường nhanh nhất hoặc ngắn nhất, con đường rẻ nhất, v.v.

Các dự án IoT sử dụng phân tích mạng liên quan đến BALLADE (<http://sensorsandsystems.com/tuningthe-ballade-geospatial-infra-Structure-for-plug-in-Electrical-vehicles/>) một sáng kiến di động điện tử để quản lý mạng lưới các trạm sạc định vị địa lý thông minh cho xe điện cắm vào.

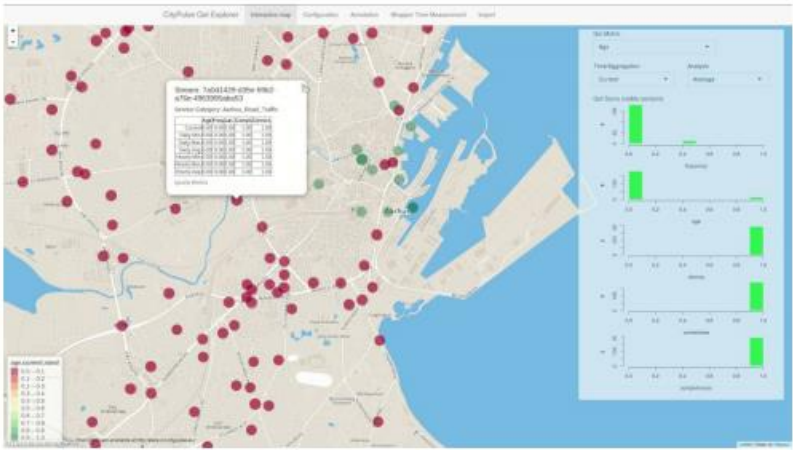


Figure 7. A snapshot of the CityPulse route planner demonstration (Source: [12]).

Dự án CityPulse đã phát triển một trình diễn lập kế hoạch tuyến đường hỗ trợ IoT, tính đến điều kiện giao thông thời gian thực tại thành phố Aarhus, Đan Mạch và xem xét nhiều người dùng khác nhau sở thích ( hình 7) . Ngoài ra, UPS đã triển khai một hệ thống được gọi là ORION được cung cấp bởi công nghệ GIS. Hệ thống hoạt động như một trung tâm chỉ huy hậu cần, cân nhắc các điểm dừng mà người lái xe phải thực hiện dựa trên các biến số như giao hàng theo thời gian và mức sử dụng nhiên liệu.

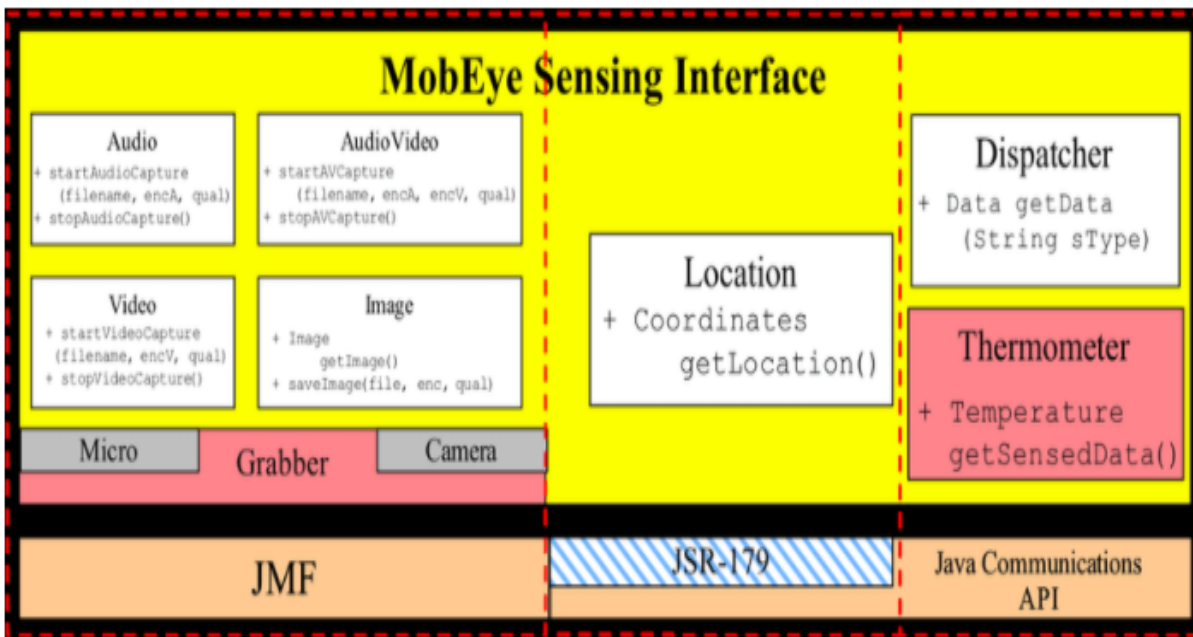
ApparkB (<https://www.areaverda.cat/es/operar-con-el-movil/qusapparkb/>) hướng người dùng đến mở các điểm đỗ xe ở Barcelona, SmartBin (<https://www.smartbin.com/>) cung cấp các giải pháp giám sát từ xa thông minh để thu gom chất thải và tái chế.

### 3.5 Khai thác dữ liệu

Khai thác dữ liệu là khám phá các mẫu từ các tập dữ liệu lớn. Khai thác dữ liệu không gian là ứng dụng của các kỹ thuật khai thác dữ liệu sang dữ liệu không gian.

Quy đạo và các mô hình hành vi trong không gian và thời gian có thể trở thành tổng hợp và nhóm lại, phân loại và được liên kết, để có các phân tích nâng cao và đầy đủ hơn cũng như các dự đoán số chính xác

Một ví dụ là dự án MobEyes thực hiện giám sát đô thị bằng phương tiện mạng cảm biến, sử dụng cơ hội phổ biến thông tin đường bộ cho các phương tiện Những ví dụ khác liên quan đến đèn giao thông thông minh hơn để tối ưu hóa quản lý giao thông và một hệ thống đường thông minh hơn cho phép các cơ quan quản lý đường bộ có được cái nhìn rộng hơn về các vấn đề có thể xảy ra trên giao thông mạng họ quản lý.



Hình mô phỏng dự án MobEye

Bên cạnh quản lý giao thông đô thị, cảm biến vị trí tổng hợp đã được sử dụng trong phân tích hành vi và sự quan tâm của du khách đối với các loại hình thăm quan liên quan đến di sản văn hóa cũng như trong hậu cần để theo dõi vị trí xe, hệ thống cơ khí và tình trạng hàng hóa, và để theo dõi thói quen và hiệu suất của người lái xe, Quản lý tài sản cơ sở hạ tầng, bảo vệ động vật hoang dã chống lại những kẻ săn trộm và dự đoán về thiên tai.

### 3.6 Phân tích bề mặt và thống kê địa lý

Phân tích bề mặt và thống kê địa lý giải quyết nội suy bề mặt và kriging.

Nội suy không gian là quá trình sử dụng các điểm khác nhau với các giá trị đã biết để ước tính các giá trị tại các điểm chưa biết khác, tạo ra một bề mặt liên tục của các giá trị. Các phương pháp nội suy là trực tiếp dựa trên các giá trị đo được xung quanh hoặc dựa trên các công thức toán học cụ thể xác định độ mịn của bề mặt kết quả.

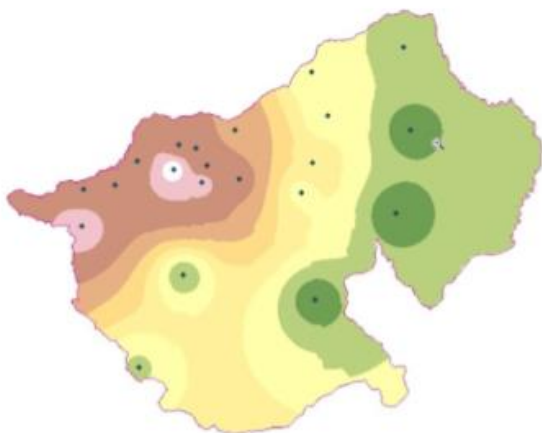


Figure 8. An example interpolation (adapted from [31]).

Phép nội suy Shepard được sử dụng để ước tính Bản đồ độ cao Grand Canyon và bản đồ lũ lụt có nguy cơ cao ( hình 8) trong đó các máy đo độ cao điểm (tức là các chấm đen) được sử dụng để tạo độ cao bề mặt của một số khu vực.

Phép nội suy đã được sử dụng cho các chủ đề đa dạng như nghiên cứu các bệnh do véc tơ truyền (tức là hồi quy tổng hợp với lựa chọn thay đổi và thuật toán spline bản mỏng) và bệnh sốt rét (tức là nội suy Bayes), để ước tính các biến thể mức độ lớp cát của các bãi cát hoặc cồn cát, để tạo bản đồ 3D động của khu vực đang nghiên cứu trong thời gian thực cũng như cho hiểu các đặc điểm của trường cá xung quanh các rạn san hô nhân tạo (tức là thuật toán IDW).

Trong bối cảnh của IoT, kriging đã được sử dụng để ước tính kẽm nồng độ, để đánh giá sự ô nhiễm ở các cạnh của Hồ Ontario và cho xem xét sự phù hợp của nước tưới. Nó cũng đã được sử dụng để mô hình hóa nhiệt độ không khí và lượng mưa.

Cả hai kỹ thuật nội suy và kriging đã được áp dụng trong để đánh giá độ ô nhiễm của đất bằng kim loại nặng, sử dụng IDW, hàm đa thức cục bộ, kriging thông thường và hàm cơ sở xuyên tâm (RBF). Kriging thông thường và RBF chính xác hơn các phương pháp khác. Cả nội suy và kriging cũng được sử dụng trong để triển khai bản đồ độ phì nhiêu của đất cụ thể cho từng địa điểm, sử dụng IDW và thông thường kriging. Hiệu quả dự đoán cho thấy kriging thông thường vượt trội hơn IDW. Do đó, trong cả hai các trường hợp, phát hiện cho thấy kriging là một kỹ thuật chính xác hơn phép nội suy.

### 3.7 Thảo luận về các phương pháp phân tích

Table 1. IoT research areas and geospatial analytical methods.

IoT Area	Geometric Measures	Data Mining	Basic Analytical Operations	Basic Analytical Methods	Network Analysis	Surface Analysis & Geostatistics
Tourism	x	x	-	x	-	-
Utility networks	x	x	-	-	x	-
Disaster monitoring	x	-	x	-	-	x
Health and disease detection	x	x	-	x	-	x
Transportation	x	x	-	x	x	-
Logistics and assets	-	x	-	-	x	-
Wildlife monitoring	-	x	-	x	x	x
Agriculture	x	-	-	x	x	x
Crime prediction	-	-	-	x	-	-
Sports and gaming	x	-	-	x	-	-
Environment	-	-	x	x	x	x

Như bảng hiển thị, Các biện pháp hình học và các phương pháp phân tích cơ bản là những phương pháp được sử dụng nhiều nhất, trong khi các lĩnh vực IoT của y tế và phát hiện dịch bệnh, vận chuyển, giám sát động vật hoang dã, nghiên cứu nông nghiệp và môi trường là những phương pháp đã sử dụng nhiều phương pháp phân tích không gian địa lý nhất được ghi lại.

#### 4. IoT trong nghiên cứu không gian đại lý

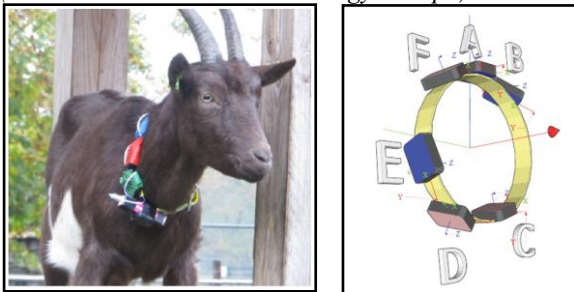
Phần này sẽ phân tích công việc liên quan đến thiết bị IoT, tiêu chuẩn truyền dữ liệu, nguồn dữ liệu và loại dữ liệu, phạm vi phân tích, độ tin cậy của thiết bị và phép đo của thiết bị, bảo mật và thông tin riêng lẻ.

##### 4.1 Thiết bị IoT và cảm biến

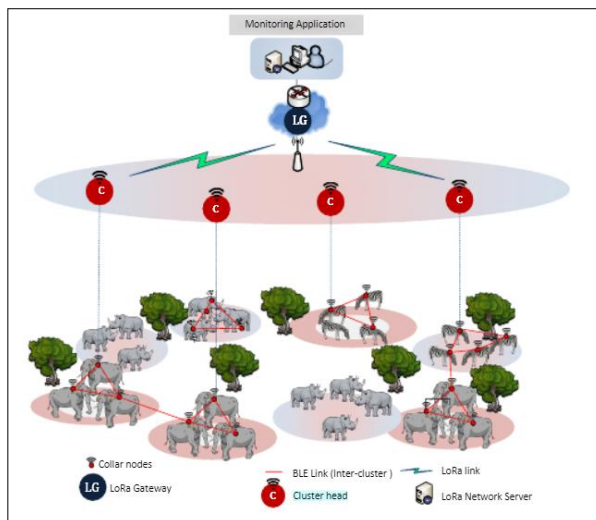
Sự đa dạng của thiết bị IoT được sử dụng trong khảo sát, bao gồm: thẻ RFID, mã vạch và mã QR, nền tảng phần cứng mở như Arduino, điện thoại di động. GPS trên thiết bị di động đã được khai thác để lấy vị trí của người sử dụng.

Thiết bị cảm biến trong nước; cảm biến ô nhiễm; camera hồng ngoại; cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, áp suất; khối lập phương địa lý, cảm biến khí tượng thủy văn; cảm biến phao, áp suất và chiều cao của nước; cảm biến nhiệt độ, oxygen và pH; 3D accelerometer và cảm biến gyroscope và thẻ đeo cổ động vật.

(3D accelerometer và Cảm biến gyroscope)



(Kết hợp BLE và LoRa trong mạng IoT)



Trong hệ thống giao thông có thiết bị cảm biến cho xe, cảm biến đèn giao thông và tuyến đường, chất lượng không khí, điều kiện giao thông, cảm biến về khả năng đỗ xe, hệ thống giao thông chung. Kính đeo thông minh và thiết bị đeo được sử dụng trong viện bảo tàng. Cảm biến hình ảnh qua vệ tinh được khai thác trong đa dạng sinh học, nông nghiệp chăn nuôi và tác động môi trường, đánh giá rủi ro cháy rừng, động đất, giám sát dịch bệnh, xác định nước ngầm và sóng thần.

Các trạm khí tượng được sử dụng để lập mô hình khí hậu và kiểm soát dịch bệnh, dữ liệu của radar ghi lại lượng mưa và dự báo lũ lụt. Trong phân tích bề mặt và thống kê địa lý sử dụng cảm biến mẫu đất bề mặt để phát hiện ô nhiễm kẽm. Máy đo quang phổ, dữ liệu âm thanh, độ dẫn điện, nhiệt độ, cảm biến độ sâu cũng được sử dụng.



Các thiết bị IoT được đặt thời gian dài được cung cấp các hệ thống hoàn chỉnh như: để giám sát nước, chất lượng không khí, dịch chuyển của đất liền, sóng thần, cảm biến xe và hệ thống giao thông, trạm quan sát thời tiết và giám sát động vật hoang dã.

Bài báo đề cập khả năng cảm biến tự động phát hiện các thiết bị cùng loại trong mạng không dây. Như Pachube sử dụng cảm biến đăng ký trên web, CityPulse sử dụng cảm biến thư mục, OnTAPP sử dụng trong việc theo dõi bệnh sốt xuất huyết. Xử lý ngôn ngữ tự nhiên và khai thác dữ liệu văn bản để khám phá nội dung thông qua web. Phát sóng tầm ngắn và tầm xa đã sử dụng để giám sát động vật hoang dã.

#### 4.2 Thiết bị IoT di động và cố định.

Những thiết bị IoT di động như: cảm biến trên điện thoại di động, thiết bị cảm biến gắn trên xe. Những thiết bị IoT cố định được lắp để theo dõi một số hiện tượng hoặc thảm họa tiềm ẩn (lở đất, lũ lụt, sóng thần, cháy rừng, động đất), theo dõi dòng nước, chất lượng không khí, sự thay đổi độ cao, lưu lượng xe. Bài báo cũng đề cập đến sự kết hợp của thiết bị IoT cố định và di động.

#### 4.3 Tiêu chuẩn truyền dữ liệu IoT

Bài báo đề cập đến các giao thức được sử dụng như 3G/4G/ GPRS/UMTS, SMS/MMS, Bluetooth, dây cáp, chuẩn không dây IEEE802.11, chuẩn không dây 2.4GHz, vệ tinh.

Một số kết hợp của các giao thức như: GPRS và wifi, Bluetooth và LoRa.

#### 4.4 Nguồn dữ liệu và loại dữ liệu.

Nhiều nguồn dữ liệu đã được tạo ra và phát triển trong các dự án trước đây, như cảm biến mặt đất ghi lại lưu lượng giao thông, dữ liệu xe taxi, dữ liệu độ phì của đất, nguồn dữ liệu từ cộng đồng dựa trên thiết bị di động, dữ liệu từ vệ tinh.

Một số dữ liệu từ nguồn tin tức trên trang web, thảo luận của chuyên gia, các báo cáo, dữ liệu đường bộ, cơ sở y tế, nhân khẩu.

Dữ liệu offline như kho dữ liệu của chính phủ, bản đồ địa hình và khảo sát. Dữ liệu các lớp bản đồ trong những nhiệm vụ trước. Dữ liệu thiên nhiên như văn bản, hình ảnh, âm thanh, video, và dữ liệu chuỗi thời gian.

#### 4.5 Chia sẻ dữ liệu và khả năng tương tác

Một số bài báo cho phép chia sẻ dữ liệu như COMPASS, CityPulse, Tool không gian đại lý trên web, nền tảng đo chất lượng không khí.

Bài báo cũng đề cập đến sự thiếu tương thích giữa OpenStreetMaps và Google's Map Maker. Khả năng tương tác giữa các dịch vụ dựa trên IoT như COMPASS sử dụng dịch vụ WS-\*Web, nền tảng chất lượng không khí sử dụng kiến trúc Plug-and-Play.

#### 4.6 Phạm vi phân tích

Bài báo tóm tắt 6 phương pháp IoT được sử dụng và 1 phương pháp khác là kết hợp của 6 phương pháp kia. Chi tiết trong bản sau:

Phương pháp dựa trên IoT	Ví dụ
Tham gia của cảm biến	Phát hiện sự kiện khẩn cấp, quảng bá bản sắc vùng lân cận và dịch vụ địa phương, tạo bản đồ tiếng ồn của thành phố, phát hiện các đợt bùng phát bệnh sốt xuất huyết, phát triển bản đồ nhiệt từ người đi xe đạp được sử dụng để quy hoạch thành phố, tạo ra sự phân bổ nguy cơ sốt rét theo không gian trên toàn cầu.
Mạng lưới xe và hệ thống giao thông	Chủ động thực hiện giám sát giao thông đô thị, lập kế hoạch du lịch dựa trên thông tin giao thông thời gian thực
Các cảm biến IoT cố định	Hỗ trợ ra quyết định ở đô thị, giám sát động vật hoang dã và hiểu biết về

	hành vi, giám sát mức độ ô nhiễm không khí, tạo bản đồ nhiệt độ không khí và lượng mưa, tìm hiểu đặc điểm đàn cá xung quanh các rạn san hô, ước tính sự thay đổi mức độ của lớp cát của các bãi cát hoặc cồn cát.
Hình ảnh vệ tinh	Hiểu làm thế nào các loài xâm lấn ảnh hưởng đến các loài bản địa, đánh giá hoạt động nông nghiệp chăn nuôi ảnh hưởng đến môi trường vật chất, xây dựng mô hình vùng nguy cơ cháy rừng, đánh giá rủi ro động đất, lập kế hoạch sơ tán sóng thần, tạo bản đồ thông tin về môi trường sống của vi khuẩn, khoanh vùng tiềm năng nước ngầm.
Mẫu cảm biến mặt đất	Ước tính bản đồ độ cao Grand Canyon, tạo ra bản đồ vùng đồng bằng có nguy cơ ngập lụt, tạo bản đồ phi nhiễu của đất, đánh giá sự biến đổi không gian của chất lượng nước ngầm và tạo bản đồ nguy cơ nhiễm mặn, đánh giá ô nhiễm kim loại nặng trong đất, ước tính nồng độ ô nhiễm kẽm xung quanh hồ.
Bộ dữ liệu IoT dựa trên web	Ước tính lưu lượng giao thông, tối ưu hóa các tuyến giao thông công cộng, liên kết tỷ lệ hành hung theo dân số và địa điểm.
Sự kết hợp của các phương pháp IoT	Đánh giá thiệt hại do động đất và tạo điều kiện ứng phó khẩn cấp, quản lý tài sản cơ sở hạ tầng.

Chuỗi thời gian được đề cập trong bài báo để tạo ra một số tin tin liên quan đến bản đồ về điểm xấu trên đường, ô nhiễm và tiếng ồn xung quanh thành phố, quan sát các thay đổi theo mùa, ... Ngoài ra, chiều thời gian cho phép lưu lại hoạt động trong quá khứ để tạo ra những khuyến nghị cho hiện tại hoặc tương lai gần.

#### 4.7 Độ tin cậy

Độ tin cậy của thiết bị IoT và phép đo của thiết bị là một chủ đề quan trọng và cần thiết. Thiếu thông tin và độ chính xác sẽ làm phức tạp các nỗ lực của con người, tạo ra tỷ lệ lỗi trong các phép tính, thiếu chính xác trong phân tích dữ liệu.

Đối phó với việc thiếu dữ liệu là cần thiết. Quy trình kiểm tra độ chính xác của thiết bị IoT là cần thiết (gửi thiết bị về nhà sản xuất để kiểm tra và điều chỉnh nếu cần). Một số thiết bị cảm biến mất khả năng quan sát, tín hiệu GNSS yếu, nên cần có quy trình bảo vệ thiết bị hoạt động ổn định như niêm phong và cách nhiệt các thiết bị cảm biến. Các vấn đề về độ chính xác cũng xuất hiện trên dữ liệu vệ tinh.

#### 4.8 Bảo mật và quyền riêng tư

Bảo mật liên quan đến thiết bị IoT, dữ liệu thu thập từ cảm biến, các nền tảng liên quan đến thu thập dữ liệu. Một số giải pháp đã được triển khai để đảm bảo tính bảo mật như sử dụng công nghệ mã hóa, chữ ký số, cơ sở hạ tầng chuyển tiếp Yaler, dịch vụ quan sát cảm biến (SOS-T).

Quyền riêng tư của thiết bị IoT và dữ liệu thu thập là vấn đề nhạy cảm và nhiều mối đe dọa. Một số giải pháp đã được sử dụng để đảm bảo quyền riêng tư như bộ điều khiển xã hội (SAC), kiến trúc AnonySense, người dùng có quyền tùy chọn để quyết định có công khai các phép đo hay không, xây dựng các quy tắc với người sử dụng, phương pháp đa dạng bảo vệ quyền riêng tư (ppDIV).

### 5. Phân tích hệ thống địa lý và IoT trong tương lai

#### Bài báo đề cập đến thách thức và dự án IoT trong tương lai.5.1 Thách thức

Những thách thức của phân tích không gian địa lý trong dự án IoT là chi phí, dữ liệu cần lưu trữ, yêu cầu xử lý dữ kiện và phân tích tính toán dữ liệu lớn. Thách thức khác là thiếu độ chính xác trong các tuyên bố chung.

Về khả năng tương tác dữ liệu, dù có nhiều tiêu chuẩn truyền dữ liệu trong mạng IoT, nhưng chưa có tiêu chuẩn phổ biến. Một số tiêu chuẩn truyền dữ liệu như: dịch vụ quan sát cảm biến (SOS-Sensor Observation Service), OGC SWE, XML, New SensorThings.

Một thách thức mới là làm sao để dễ dàng kết hợp nhiều bộ dữ liệu không đồng nhất cho mô hình 4D, cho phép xem ở các điều kiện theo thời gian.

### 5.2 Các dự án trong tương lai.

Lĩnh vực app IoT có cơ hội lớn để áp dụng phân tích không gian địa lý. Lập bản đồ không gian địa lý dựa trên thiết bị cảm biến đang trở thành cách tiếp cận để tạo ra bản đồ của bề mặt đô thị. Bản đồ đô thị có thể được tạo ra dựa trên sự đóng góp cộng đồng qua thiết bị di động. Cảm biến đô thị cũng có thể được khai thác trong tương lai để hỗ trợ việc đi lại.

Đánh giá tác động của khí hậu trong môi trường không gian địa lý và các khu vực khác trên thế giới cũng là một lĩnh vực quan trọng.

Giao thông dưới hình thức lập tuyến đường, ước tính lưu lượng xe, xây dựng hệ thống giao thông thông minh hơn và tối ưu hơn, an toàn lái xe cũng ảnh hưởng bởi hạ tầng IoT và phân tích không gian địa lý.

Bài báo đề cập một số dự án gần đây: IoBee nhằm theo dõi đàn ong, Resolute nhằm tăng cường khả năng phục hồi hệ thống giao thông.

## 6. Kết luận, ví dụ, đề xuất đề tài tốt nghiệp.

### 6.1 Kết luận

6 phương pháp phân tích không gian địa lý đã được xác định trong bài báo, được trình bày cùng 55 sáng kiến IoT.

Phân tích thực hiện liên quan đến loại thiết bị IoT và tiêu chuẩn truyền dữ liệu, loại dữ liệu, phạm vi phân tích, độ tin cậy của các phép đo, bảo mật và quyền riêng tư, khả năng tương tác giữa các thiết bị IoT, dịch vụ và dữ liệu. Những thách thức và các dự án trong tương lai trong phân tích không gian địa lý liên quan đến nghiên cứu IoT.

Nhìn chung, phân tích không gian địa lý mang lại tiềm năng lớn để hiểu rõ mô hình hóa và hình dung tốt các hệ sinh thái tự nhiên và nhân tạo, sử dụng IoT làm cơ sở hạ tầng cảm biến.

### 6.2 Các ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Meraki ứng dụng GIS vào giải pháp network. Meraki cung cấp thiết bị cảm biến môi trường, đặt thiết bị gần thiết bị Meraki sẵn có (Firewall, Wifi, Camera), hệ thống sẽ thu thập thông tin môi trường và đưa ra những cảnh báo.

Tham khảo: <https://meraki.cisco.com/products/sensors/#tabs>

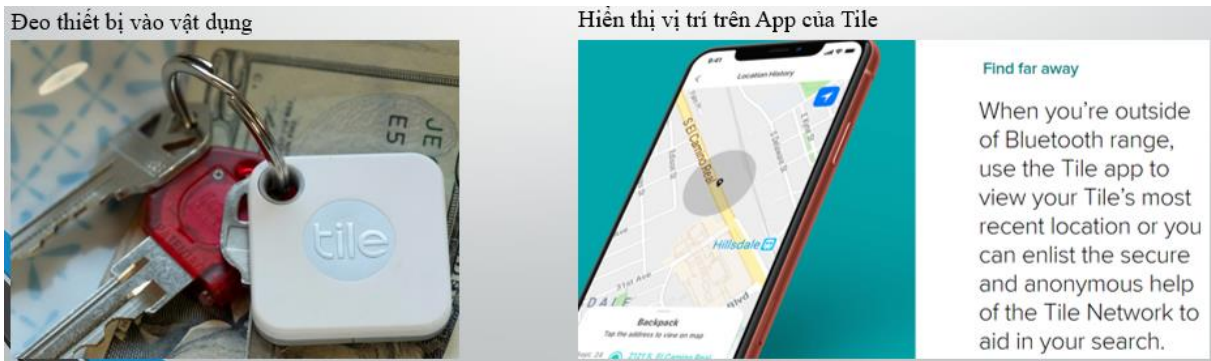


Ví dụ 2: Ứng dụng GIS vào sản phẩm Tile.

Tile cung cấp sản phẩm định vị thiết bị, sử dụng kết nối Bluetooth và App của Tile trên điện thoại để xác định vị trí của vật dụng.

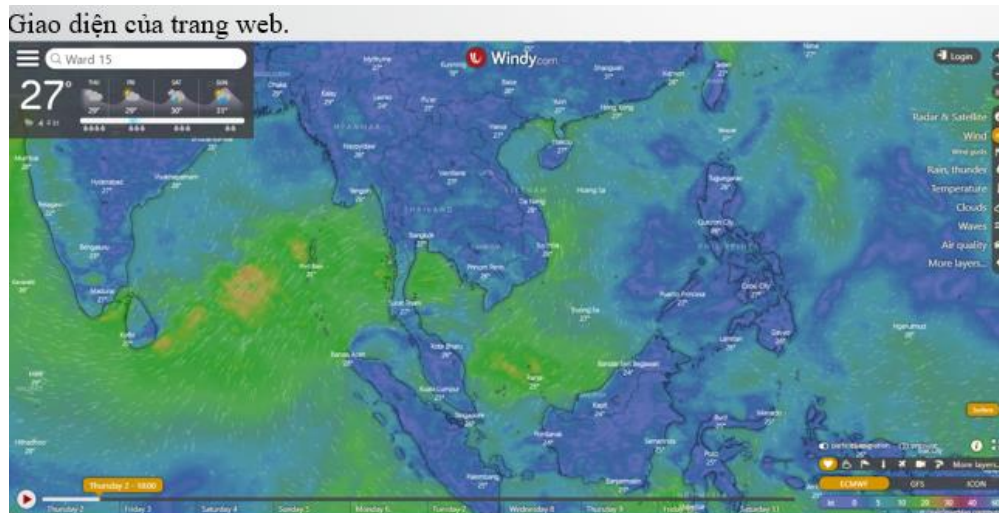
Điểm nổi bật, khi thiết bị Tile ngoài vùng kết nối Bluetooth của người sở hữu, nó có thể kết nối với Tile app bất kỳ trong vùng kết nối, và gửi thông tin về App của người sở hữu. Người sử dụng có thể tìm kiếm vật dụng của mình thông qua cách này.

Tham khảo: <https://tileteam.zendesk.com/hc/en-us/articles/200591638-Tracking-Moving-Objects>



Ví dụ 3: <https://www.windy.com/> .Website cung cấp dịch vụ thời tiết.

Cách thu thập dữ liệu: website dựa vào dữ liệu của các trung tâm dự báo thời tiết như: trung tâm dự báo thời tiết tầm trung của Châu Âu (ECMWF), ...; ECMWF thu thập dữ liệu từ vệ tinh, hệ thống quan sát trái đất của các trạm tự động và có người điều khiển, máy bay, tàu, kính khí cầu.



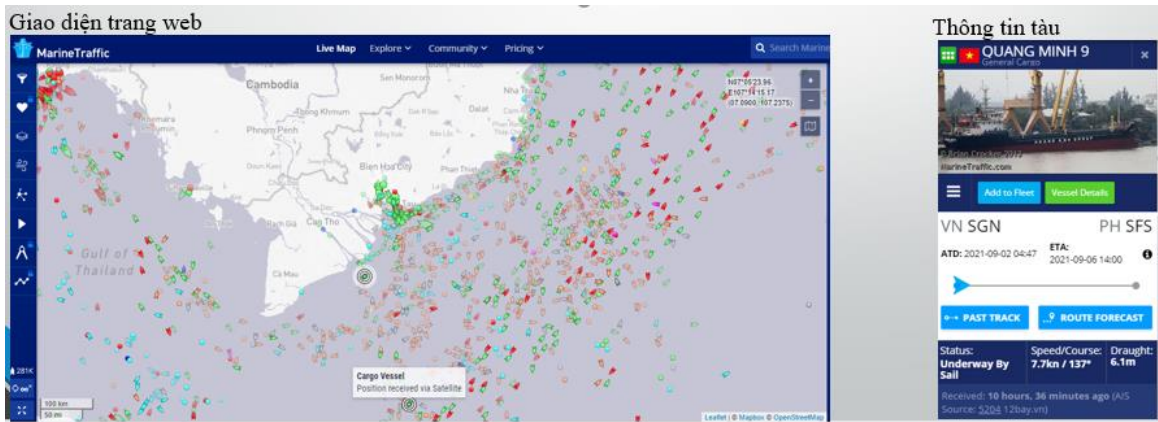
Ví dụ 4: <https://www.marinetraffic.com/>

Website cung cấp thời gian thực về chuyển động và vị trí hiện tại của các chiếc tàu.

Cách thu thập dữ liệu:

Vị trí tàu: thu thập qua hệ thống nhận dạng tự động (AIS). AIS được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực hàng hải, thông tin liên tục cập nhật qua các trạm AIS (trên tàu, trên bờ, vệ tinh)

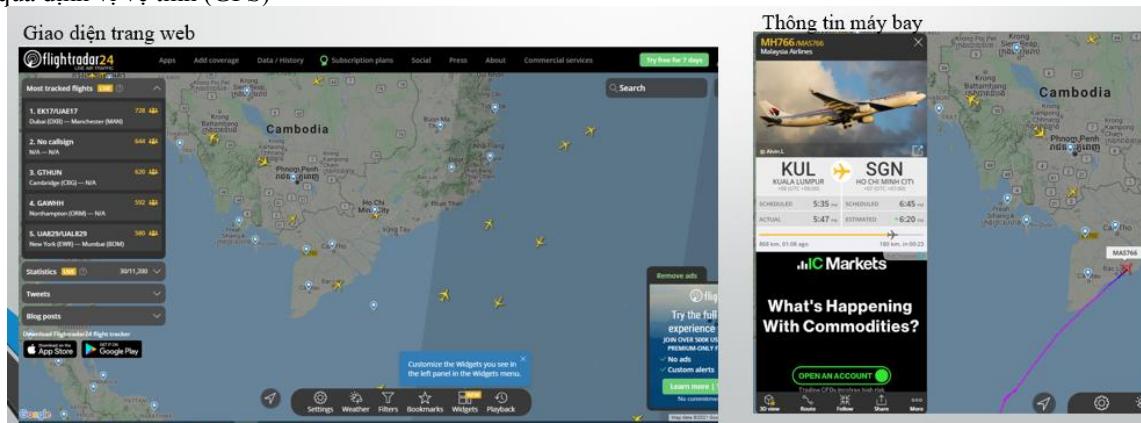
Thông tin hành trình (thông tin tàu, cảng đến/đi): dễ dàng thu thập từ các trang web chuyên dụng.



Ví dụ 5: <https://www.flightradar24.com/>

Website cung cấp thời gian thực về chuyển động và vị trí hiện tại của máy bay.

Cách thu thập dữ liệu: sử dụng hệ thống “giám sát phát tin phụ thuộc tự động” (ADS-B). ADS-B thu thập thông tin vị trí máy bay qua định vị vệ tinh (GPS)



## Tài liệu tham khảo

1. Gershenfeld, N.; Krikorian, R.; Cohen, D. The internet of things. *Sci. Am.* 2004, 291, 76–81. [CrossRef] [PubMed]
2. Kamilaris, A.; Pitsillides, A.; Yiailouros, M. Building energy-aware smart homes using web technologies. *J. Ambient Intell. Smart Environ.* 2013, 5, 161–186.
3. Kamilaris, A.; Pitsillides, A.; Prenafeta-Boldu, F.; Ali, M. A web of things based eco-system for urban computing—Towards smarter cities. In Proceedings of the 24th International Conference on Telecommunications (ICT), Limassol, Cyprus, 3–5 May 2017.
4. Kamilaris, A.; Gao, F.; Prenafeta-Boldu, F.; Ali, M. Agri-IoT: A semantic framework for Internet of Things-enabled smart farming applications. In Proceedings of the IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Reston, VA, USA, 12–14 December 2016.
5. Lane, N.; Miluzzo, E.; Lu, H.; Peebles, D.; Choudhury, T.; Campbell, A. A survey of mobile phone sensing. *IEEE Commun. Mag.* 2010, 48. [CrossRef]
6. Wilde, E.; Kofahl, M. The locative web. In Proceedings of the First International Workshop on Location and the Web (LOCWEB '08), Beijing, China, 22 April 2008; pp. 1–8.
7. Ereth, J. Geospatial Analytics in the Internet of Things. 2018. Available online: <https://www.eckerson.com/articles/geospatial-analytics-in-the-internet-of-things> (accessed on 5 July 2018).
8. Bisio, R. How Spatial Data Adds Value to the Internet of Things. 2018. Available online: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/blog/IoT-Agenda/How-spatial-data-adds-value-to-theinternet-of-things> (accessed on 5 July 2018).
9. Kamilaris, A.; Pitsillides, A. Mobile phone computing and the Internet of Things: A survey. *IEEE Internet Things (IoT) J.* 2016, 3, 885–898. [CrossRef]
10. Zeimpekis, V.; Giaglis, G.; Lekakos, G. A taxonomy of indoor and outdoor positioning techniques for mobile location services. *ACM SIGecom Exch.* 2002, 3, 19–27. [CrossRef]
11. Kamilaris, A.; Kartakoullis, A.; Prenafeta-Boldú, F. A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Comput. Electron. Agric. Int. J.* 2017, 143, 23–37. [CrossRef]
12. Puiu, D.; Barnaghi, P.; Tönjes, R.; Kümper, D.; Ali, M.I.; Mileo, A.; Parreira, J.X.; Fischer, M.; Kolozali, S.; Farajidavar, N.; et al. Citypulse: Large scale data analytics framework for smart cities. *IEEE Access* 2016, 4, 1086–1108. [CrossRef] ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2018, 7, 269 19 of 22
13. Kamilaris, A.; Pitsillides, A. The impact of remote sensing on the everyday lives of mobile users in urban areas. In Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking 2014 (ICMU2014), Singapore, 6–8 January 2014.
14. Kamilaris, A.; Iannarilli, N.; Trifa, V.; Pitsillides, A. Bridging the mobile web and the web of things in urban environments. In Proceedings of the First International Workshop the Urban Internet of Things (Urban IOT 2010), Tokyo, Japan, 29 November–1 December 2011.
15. Esri. How to Harness the Full Potential of IoT Data. 2018. Available online: <http://www.esri.com/iot> (accessed on 5 July 2018).
16. Van der Zee, E.; Scholten, H. Spatial dimensions of big data: Application of geographical concepts and spatial technology to the internet of things. In *Big Data and Internet of Things: A Roadmap for Smart Environments*; Springer: Berlin, Germany, 2014; pp. 137–168.
17. DiBiase, D.; DeMers, M.; Johnson, A.; Kemp, K.; Luck, A.T.; Plewe, B.; Wentz, E. Introducing the first edition of geographic information science and technology body of knowledge. *Cartogr. Geogr. Inf. Sci.* 2007, 34, 113–120. [CrossRef]
18. Küpper, A. Location-based services. In *Fundamental and Operation*; JohnWiley & Sons, Ltd.: Hoboken, NJ, USA, 2005.
19. Rao, B.; Minakakis, L. Evolution of mobile location-based services. *Commun. ACM* 2003, 46, 61–65. [CrossRef]
20. Van Setten, M.; Pokraev, S.; Koolwaaij, J. Context-aware recommendations in the mobile tourist application COMPASS. In *International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*, Eindhoven, The Netherlands, 23–26 August 2004; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2004; pp. 235–244.
21. Perumal, T.; Sulaiman, M.; Leong, C. Internet of Things (IoT) enabled water monitoring system. In Proceedings of the IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), Osaka, Japan, 27–30 October 2015; pp. 86–87.
22. Liu, J.; Shen, H.; Zhang, X. A survey of mobile crowdsensing techniques: A critical component for the internet of things. In Proceedings of the 25th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN), Waikoloa, HI, USA, 1–4 August 2016; pp. 1–6.
23. Xu, Z.; Zhang, H.; Sugumaran, V.; Choo, K.; Mei, L.; Zhu, Y. Participatory sensing-based semantic and spatial analysis of urban emergency events using mobile social media. *EURASIP J. Wirel. Commun. Netw.* 2016, 2016, 44. [CrossRef]
24. Goldman, J.; Shilton, K. *Participatory Sensing: A Citizen-Powered Approach to Illuminating the Patterns that Shape Our World*; WoodrowWilson International Center for Scholars: Washington, DC, USA, 2009.
25. Maisonneuve, N.; Stevens, M.; Niessen, M.; Hanappe, P.; Steels, L. Citizen noise pollution monitoring. In Proceedings of the 10th Annual International Conference on Digital Government Research, Puebla, Mexico, 17–21 May 2009; pp. 96–103.
26. Benoit, L.; Briole, P.; Martin, O.; Thom, C.; Malet, J.; Ulrich, P. Monitoring landslide displacements with the Geocube wireless network of low-cost GPS. *Eng. Geol.* 2015, 195, 111–121. [CrossRef]
27. Meinig, C.; Stalin, S.; Nakamura, A.; Milburn, H. Real-Time Deep-Ocean Tsunami Measuring, Monitoring, and Reporting System: The NOAA DART II Description and Disclosure; NOAA, Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL): Seattle, WA, USA, 2005; pp. 1–15.
28. Pfeiffer, D.; Stevens, K. Spatial and temporal epidemiological analysis in the Big Data era. *Prev. Vet. Med.* 2015, 122, 213–220. [CrossRef] [PubMed]
29. Brownstein, J.; Freifeld, C.; Reis, B.; Mandl, K. Surveillance sans frontières: Internet-based emerging infectious disease intelligence and the HealthMap project. *PLoS Med.* 2008, 5, e151. [CrossRef] [PubMed]
30. Egenhofer, M.; Franzosa, R. Point-set topological spatial relations. *Int. J. Geogr. Inf. Syst.* 1991, 5, 161–174, doi:10.1080/02693799108927841. [CrossRef]
31. Esri. Esri Training. 2018. Available online: <https://www.esri.com/training/> (accessed on 5 July 2018).
32. Berger, H. Flood forecasting for the river Meuse. *Hydrol. Water Manag. Large River Basins* 1991, 201, 317–328.
33. Puri, K.; Arendran, G.; Raj, K.; Mazumdar, S.; Joshi, P. Forest fire risk assessment in parts of Northeast India using geospatial tools. *J. For. Res.* 2011, 22, 641. [CrossRef]
34. Sharifkia, M. Vulnerability assessment and earthquake risk mapping in part of North Iran using geospatial techniques. *J. Indian Soc. Remote Sens.* 2010, 38, 708–716. [CrossRef] ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2018, 7, 269 20 of 22
35. Kamilaris, A.; Assumpcio, A.; Blasi, A.; Torrellas, M.; Prenafeta-Boldu, F. Estimating the environmental impact of agriculture by means of geospatial and Big Data analysis: The case of Catalonia. In Proceedings of the EnviroInfo, Luxembourg, 13–15 September 2017.
36. Wood, N.; Jones, J.; Schelling, J.; Schmidlein, M. Tsunami vertical-evacuation planning in the US Pacific Northwest as a geospatial, multi-criteria decision problem. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 2014, 9, 68–83. [CrossRef]
37. Kisilevich, S.; Mansmann, F.; Bak, P.; Keim, D.; Tchaikin, A. Where would you go on your next vacation? A framework for visual exploration of attractive places. In Proceedings of the Second International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services (GEOPROCESSING), St. Maarten, The Netherlands, 10–15 February 2010; pp. 21–26.

38. Kisilevich, S.; Mansmann, F.; Keim, D. P-DBSCAN: A density based clustering algorithm for exploration and analysis of attractive areas using collections of geo-tagged photos. In Proceedings of the 1st International Conference and Exhibition on Computing for Geospatial Research & Application, Bethesda, MD, USA, 21–23 June 2010; p. 38.
39. Dar, I.; Sankar, K.; Dar, M. Deciphering groundwater potential zones in hard rock terrain using geospatial technology. *Environ. Monit. Assess.* 2011, 173, 597–610. [CrossRef] [PubMed]
40. Jo, B.; Baloch, Z. Internet of Things-based arduino intelligent monitoring and cluster analysis of seasonal variation in physicochemical parameters of Jungnangcheon, an urban stream. *Water* 2017, 9, 220. [CrossRef]
41. Gruenewald, P.; Freisthler, B.; Remer, L.; LaScala, E.; Treno, A. Ecological models of alcohol outlets and violent assaults: crime potentials and geospatial analysis. *Addiction* 2006, 101, 666–677. [CrossRef] [PubMed]
42. Tostes, A.; de Duarte-Figueiredo, F.; Assunção, R.; Salles, J.; Loureiro, A. From data to knowledge: City-wide traffic flows analysis and prediction using bing maps. In Proceedings of the 2nd ACM SIGKDD International Workshop on Urban Computing, Chicago, IL, USA, 11–14 August 2013; p. 12.
43. Richly, K.; Teusner, R.; Immer, A.; Windheuser, F.; Wolf, L. Optimizing routes of public transportation systems by analyzing the data of taxi rides. In Proceedings of the 1st International ACM SIGSPATIAL Workshop on Smart Cities and Urban Analytics, Seattle, WA, USA, 3–6 November 2015; pp. 70–76.
44. Perry, W.L. Predictive Policing: The Role of Crime Forecasting in Law Enforcement Operations; Rand Corporation: Santa Monica, CA, USA, 2013.
45. Oksanen, J.; Bergman, C.; Sainio, J.; Westerholm, J. Methods for deriving and calibrating privacy-preserving heat maps from mobile sports tracking application data. *J. Transp. Geogr.* 2015, 48, 135–144. [CrossRef]
46. Kotsev, A.; Schade, S.; Craglia, M.; Gerboles, M.; Spinelle, L.; Signorini, M. Next generation air quality platform: Openness and interoperability for the internet of things. *Sensors* 2016, 16, 403. [CrossRef] [PubMed]
47. Parks, D.; Mankowski, T.; Zangoeei, S.; Porter, M.; Armanini, D.; Baird, D.; Langille, M.; Beiko, R. GenGIS 2: Geospatial analysis of traditional and genetic biodiversity, with new gradient algorithms and an extensible plugin framework. *PLoS ONE* 2013, 8, e69885. [CrossRef] [PubMed]
48. Delmelle, E.; Zhu, H.; Tang, W.; Casas, I. A web-based geospatial toolkit for the monitoring of dengue fever. *Appl. Geogr.* 2014, 52, 144–152. [CrossRef]
49. Minor, E.; Tessel, S.; Engelhardt, K.; Lookingbill, T. The role of landscape connectivity in assembling exotic plant communities: A network analysis. *Ecology* 2009, 90, 1802–1809. [CrossRef] [PubMed]
50. Kamilaris, A.; Prenafeta-Boldo, F.; Blasi, A.; Anton, A. Assessing and mitigating the impact of livestock agriculture on the environment through geospatial and big data analysis. *Int. J. Sustain. Agric. Manag. Inform.* 2018, 4. [CrossRef]
51. Kamilaris, A.; Pitsillides, A. A web-based tourist guide mobile application. In Proceedings of the International Conference on Sustainability, Technology and Education (STE), Kuala Lumpur, Malaysia, 29 November–1 December 2013.
52. Tao, C.; Xiang, L. Municipal solid waste recycle management information platform based on internet of things technology. In Proceedings of the International Conference on Multimedia Information Networking and Security (MINES), Nanjing, China, 4–5 November 2010; pp. 729–732.
53. Shekhar, S.; Zhang, P.; Huang, Y.; Vatsavai, R.R. Spatial Data Mining; Citeseer: State College, PA, USA, 2003.
54. Lee, U.; Zhou, B.; Gerla, M.; Magistretti, E.; Bellavista, P.; Corradi, A. Mobeyes: Smart mobs for urban monitoring with a vehicular sensor network. *IEEE Wirel. Commun.* 2006, 13. [CrossRef] *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2018, 7, 269–282.
55. Miz, V.; Hahanov, V. Smart traffic light in terms of the cognitive road traffic management system (CTMS) based on the Internet of Things. In Proceedings of the IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2014), Kiev, Ukraine, 12–15 September 2014; pp. 1–5.
56. Viti, F.; Hoogendoorn, S.; Immers, L.; Tampère, C.; Lanser, S. National data warehouse: How the Netherlands is creating a reliable, widespread, accessible data bank for traffic information, monitoring, and road network control. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 2008, 2049, 176–185. [CrossRef]
57. Chianese, A.; Marulli, F.; Piccialli, F.; Benedusi, P.; Jung, J. An associative engines based approach supporting collaborative analytics in the internet of cultural things. *Future Gener. Comput. Syst.* 2017, 66, 187–198. [CrossRef]
58. Jing, C.; Wang, S.; Wang, M.; Du, M.; Zhou, L.; Sun, T.; Wang, J. A low-cost collaborative location scheme with GNSS and RFID for the internet of things. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2018, 7, 180. [CrossRef]
59. Kamminga, J.; Le, D.; Meijers, J.; Bisby, H.; Meratnia, N.; Havinga, P. Robust sensor-orientation-independent feature selection for animal activity recognition on collar tags. In Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies; ACM: New York, NY, USA, 2018; Volume 2.
60. Ayele, E.; Das, K.; Meratnia, N.; Havinga, P. Leveraging BLE and LoRa in IoT network for wildlife monitoring system (WMS). In Proceedings of the IEEE 4th World Forum on Internet of Things, Singapore, 5–8 February 2018.
61. Zook, M.; Graham, M.; Shelton, T.; Gorman, S. Volunteered geographic information and crowdsourcing disaster relief: A case study of the Haitian earthquake. *World Med. Health Policy* 2010, 2, 7–33. [CrossRef]
62. Esri. Deterministic Methods for Spatial Interpolation. 2018. Available online: <http://pro.arcgis.com/en/proapp/tool-reference/spatial-analyst/an-overview-of-the-interpolation-tools.htm> (accessed on 5 July 2018).
63. Hammoudeh, M.; Newman, R.; Dennett, C.; Mount, S. Interpolation techniques for building a continuous map from discrete wireless sensor network data. *Wirel. Commun. Mob. Comput.* 2013, 13, 809–827. [CrossRef]
64. Hay, S.; Lennon, J. Deriving meteorological variables across Africa for the study and control of vector-borne disease: A comparison of remote sensing and spatial interpolation of climate. *Trop. Med. Int. Health* 1999, 4, 58–71. [CrossRef] [PubMed]
65. Clements, A.; Reid, H.; Kelly, G.; Hay, S. Further shrinking the malaria map: How can geospatial science help to achieve malaria elimination? *Lancet Infect. Dis.* 2013, 13, 709–718. [CrossRef]
66. Pozzebon, A.; Andreadis, A.; Bertoni, D.; Bove, C. A wireless sensor network framework for real-time monitoring of height and volume variations on sandy beaches and dunes. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2018, 7, 141. [CrossRef]
67. Kang, M.; Nakamura, T.; Hamano, A. A methodology for acoustic and geospatial analysis of diverse artificial-reef datasets. *ICES J. Mar. Sci.* 2011, 68, 2210–2221. [CrossRef]
68. Forsythe, K.; Paudel, K.; Marvin, C. Geospatial analysis of zinc contamination in Lake Ontario sediments. *J. Environ. Inform.* 2015, 16, 1–10. [CrossRef]
69. Omran, E. A proposed model to assess and map irrigation water well suitability using geospatial analysis. *Water* 2012, 4, 545–567. [CrossRef]
70. Ninyerola, M.; Pons, X.; Roure, J. A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *Int. J. Climatol.* 2000, 20, 1823–1841. [CrossRef]
71. Xie, Y.; Chen, T.; Lei, M.; Yang, J.; Guo, Q.; Song, B.; Zhou, X. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis. *Chemosphere* 2011, 82, 468–476. [CrossRef] [PubMed]
72. Mueller, T.; Pusuluri, N.; Mathias, K.; Cornelius, P.; Barnhisel, R.; Shearer, S. Map quality for ordinary kriging and inverse distance weighted interpolation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2004, 68, 2042–2047. [CrossRef]
73. Noonan-Wright, E.; Opperman, T.; Finney, M.; Zimmerman, G.; Seli, R.; Elenz, L.; Calkin, D.; Fiedler, J. Developing the US wildland fire decision support system. *J. Combust.* 2011, 2011, 168473. [CrossRef]

74. Kamlaris, A.; Yumusak, S.; Ali, M. WOTS2E: A search engine for a semantic web of things. In Proceedings of the IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Reston, VA, USA, 12–14 December 2016.
75. Yumusak, S.; Dogdu, E.; Kodaz, H.; Kamlaris, A.; Vandenbussche, P.Y. SpEnD: Linked data SPARQL endpoints discovery using search engines. *IEICE Trans. Inf. Syst.* 2017, 100, 758–767. [CrossRef]
76. Kamlaris, A.; Trifa, V.; Pitsillides, A. The Smart Home meets the Web of Things. *Int. J. Ad Hoc Ubiquitous Comput. (IAHUC)* 2011, 7, 145–154. [CrossRef] *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2018, 7, 269 22 of 22
77. Kamlaris, A.; Pitsillides, A.; Kondepudi, S.; Komninos, N. Privacy concerns in sharing personal consumption data through online applications. In Proceedings of the 12th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), Paphos, Cyprus, 5–9 September 2016.
78. Noguera-Iso, J.; Zarazaga-Soria, F.; Béjar, R.; Álvarez, P.; Muro-Medrano, P. OGC catalog services: A key element for the development of spatial data infrastructures. *Comput. Geosci.* 2005, 31, 199–209. [CrossRef]
79. Pschorr, J.; Henson, C.; Patni, H.; Sheth, A. Sensor Discovery on Linked Data. 2010. Available online: <http://corescholar.libraries.wright.edu/knoesis/780> (accessed on 5 July 2018).
80. Botts, M.; Percivall, G.; Reed, C.; Davidson, J. OGC® sensor web enablement: Overview and high level architecture. In *GeoSensor Networks*; Springer: Berlin, Germany, 2008; pp. 175–190.
81. Resch, B.; Mittlboeck, M.; Lippautz, M. Pervasive monitoring—An intelligent sensor pod approach for standardised measurement infrastructures. *Sensors* 2010, 10, 11440–11467, doi:10.3390/s101211440. [CrossRef] [PubMed]
82. Jazayeri, M.; Liang, S.; Huang, C. Implementation and evaluation of four interoperable open standards for the Internet of Things. *Sensors* 2015, 15, 24343–24373, doi:10.3390/s150924343. [CrossRef] [PubMed]