

ỨNG DỤNG GIS TRỢ GIÚP CÔNG TÁC QUẢN LÝ CHẤT THẢI RẮN TẠI CÁC ĐÔ THỊ, THÀNH PHỐ VIỆT NAM

TSKH. Bùi Tá Long, ThS. Nguyễn Thu Hương, KS. Cao Duy Trường
Viện Môi trường và Tài nguyên
Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh

Sự tăng trưởng nhanh chóng trong lĩnh vực tiêu thụ tại các khu đô thị trong thời gian qua trên phạm vi toàn cầu đã dẫn tới sự gia tăng đáng kể lượng chất thải rắn đô thị (CTRĐT) được tạo ra. Các CTRĐT không chỉ làm mất thẩm mỹ môi trường cảnh quan xung quanh chúng ta mà còn có thể là nguồn gia nhập các chất hóa học, sinh học độc hại vào môi trường. Điều này tạo nên mối đe dọa cho sức khỏe và cuộc sống người dân trong thành phố cũng như khu vực phụ cận và sức khỏe thế hệ tương lai.

Để phát triển bền vững cần có sự thay đổi về tư duy trong vấn đề quản lý CTRĐT. Bên cạnh giảm thiểu ảnh hưởng nguy hiểm lên môi trường bằng cách cách ly các bãi rác khỏi khu vực nước ngầm, làm sạch các phát thải của nhà máy đốt rác, cần phải kiểm soát những gì đi vào bãi rác bằng cách tiến hành phân loại tại nguồn thải bởi vì kiểm soát những gì đi vào bãi rác dễ dàng hơn kiểm soát những gì từ bãi rác đi vào môi trường. Để đạt được mục tiêu này nhất thiết phải xây dựng thật tốt các công cụ quản lý CTRĐT dựa trên nền tảng ứng dụng công nghệ thông tin.

Bài báo này trình bày một số kết quả bước đầu nghiên cứu xây dựng phần mềm quản lý số liệu chất thải rắn đô thị được thực hiện trong thời gian qua tại Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh. Khu vực Tp. Hồ Chí Minh được đề cập đến.

1. Mở đầu

Thành phố Hồ Chí Minh với dân số hơn 7 triệu người sống tại 24 quận huyện, với hơn 800 nhà máy riêng rẽ, 23,000 cơ sở sản xuất vừa và nhỏ, 12 Khu Công Nghiệp, 03 Khu Chế Xuất và 01 Khu Công Nghệ Cao, hàng trăm bệnh viện, trung tâm chuyên khoa, trung tâm y tế, hàng ngàn phòng khám tư nhân, ... đang đổ ra mỗi ngày khoảng 4,500 - 5,000 tấn chất thải rắn sinh hoạt, 1.000 - 1,100 tấn chất thải rắn xây dựng (xà bần), khoảng hơn 1,000 tấn (ước tính) chất thải rắn công nghiệp, trong đó có khoảng 200 tấn chất thải nguy hại, 7 - 9 tấn chất thải rắn (CTR) y tế.

Một phần lớn lượng chất thải rắn sinh hoạt nói trên được thu gom và vận chuyển lên các

bãi chôn lấp Gò Cát (Bình Chánh), Phước Hiệp (Củ Chi), chất thải rắn xây dựng (xà bần) được đổ tại bãi chôn lấp Đông Thạnh (Quận 12), nay đã đóng bãi một phần. Một phần chất thải rắn công nghiệp được tái sinh, tái chế và xử lý tại một số công ty trách nhiệm hữu hạn (TNHH) và cơ sở nhỏ, phần còn lại (kể cả chất thải nguy hại) được thu gom và đổ bỏ cùng với chất thải rắn đô thị. Chôn lấp là phương pháp xử lý chất thải rắn đô thị duy nhất của thành phố Hồ Chí Minh. Chất thải rắn y tế được thu gom và xử lý bằng phương pháp đốt tại Bình Hưng Hoà.

Để quản lý khối lượng chất thải rắn khổng lồ nói trên với mức tăng 10 -15% năm, Tp. Hồ Chí Minh đã hình thành (có tổ chức và tự phát) hệ thống quản lý chất thải rắn từ hàng chục

Người phản biện: TS. Nguyễn Kiên Dũng

năm nay với sự tham gia của gần 30 công ty nhà nước, 3 - 5 công ty TNHH, 01 hợp tác xã, hàng trăm cơ sở tái sinh tái, chế tư nhân, hàng ngàn tổ dân lập và 30.000 người (gồm hơn 6.000 người hoạt động trong hệ thống thu gom, vận chuyển, chôn lấp và hơn 20.000 người hoạt động trong hệ thống phân loại, thu nhặt và mua bán trao đổi phế liệu).

Một trong những nguyên nhân dẫn đến tình trạng trên là do công tác quản lý CTR chưa áp dụng công nghệ quản lý CTR hiện đại. Vì vậy, xây dựng công cụ quản lý dựa trên ứng dụng Công nghệ Thông tin (CNTT) kết hợp với việc thống kê, phân tích và tổng hợp các vấn đề có liên quan, xây dựng các kế hoạch dài hạn và ngắn hạn nhằm nâng cao hiệu quả của hệ thống quản lý CTR của Tp. Hồ Chí Minh là một việc làm cần thiết và cấp bách.

2. Nghiên cứu ứng dụng GIS trong bài toán quản lý CTR trong nước và trên thế giới.

Ngày nay, công tác quản lý chất thải rắn bằng công nghệ GIS (Geographical Information System) được thực hiện ở nhiều nước trên thế giới. Ví dụ tại nước Anh hơn 90% rác thải đô thị được xử lý bằng chôn lấp. Từ đó, công tác xử lý rác thải là vấn đề hết sức quan trọng. Nhiều hướng dẫn của Ủy ban Châu Âu và pháp luật do nước Anh ban hành cùng với nhiều vấn đề môi trường liên quan đã tạo áp lực lên các nhà đầu tư để xây dựng những bãi chôn lấp lớn với giá thành lại rẻ và hạn chế các tác động môi trường. Damian C. Green, chuyên viên môi trường thuộc Đại học Sunderland trong bài báo "GIS và ứng dụng nó trong quản lý chất thải rắn tại nước Anh" cho rằng các hoạt động chôn lấp có thể được cải tiến với khả năng điều khiển chính xác bằng việc ứng dụng hệ thống thông tin địa lý (GIS). Sự phân tích thành phần, tỷ trọng của rác thải với sự thay đổi thể tích trong suốt thời kỳ chôn lấp đảm bảo hiệu quả của phương pháp lựa chọn. GIS cũng có thể đóng vai trò quan trọng trong quá trình quan

trắc môi trường ở các bãi chôn lấp.

Tính cấp thiết cần ứng dụng GIS trong công tác quản lý chất thải rắn là /[4] - [8]/:

80% thông tin được sử dụng liên quan tới quản lý CTR có liên quan tới dữ liệu không gian;

Sự tích hợp thông tin từ các nguồn khác nhau là rất cần thiết. GIS có thể đóng vai trò nền cho sự tích hợp này;

GIS là môi trường thuận lợi cho tích hợp một số lượng lớn thông tin. Trong bài toán quản lý CTR số lượng thông tin này là rất lớn;

Bản đồ và các dữ liệu không gian không còn quá hiếm nữa;

Rất nhiều dữ liệu liên quan tới CTR liên quan tới vị trí không gian nhưng vẫn chưa được ứng dụng vào GIS;

Không thể xử lý bằng tay hay bằng công cụ không chuyên một khối lượng lớn dữ liệu liên quan tới CTR.

Một hệ thống ứng dụng GIS sẽ tạo cơ sở cho sự đầu tư vào cơ sở hạ tầng, sử dụng máy móc có hiệu quả và các phương tiện chuyên chở hiện đại.

Trên quan điểm đó, các chuyên gia thành phố Bangalore Agenda, Ấn Độ đã xây dựng dự án ứng dụng GIS trong công tác quản lý CTR sinh hoạt cho Tp. Bangalore với các mục tiêu được đặt ra cho dự án này là:

Biến GIS thành công cụ giúp cho ra quyết định đầu tư vào cơ sở hạ tầng một cách thuận lợi;

Quản lý tổng hợp và thống nhất hệ thống các vị trí đặt thùng rác theo các tuyến đường.

Tìm ra lộ trình ngắn nhất từ các điểm trung chuyển tới các bãi chôn lấp;

Tối ưu hóa sử dụng cơ sở hạ tầng dựa trên ứng dụng công nghệ GIS (tìm đường đi ngắn nhất);

Giúp ra quyết định tối ưu hóa số lượng điểm thu gom và vận chuyển các thùng rác;

Tối ưu hóa sử dụng nhiên liệu trong hệ thống xe vận chuyển được sử dụng;

Tối ưu hóa sự chuyên chở thùng rác từ điểm thu gom đến bãi chôn lấp.

Một trong những ý tưởng đáng được chú ý nhất trong công trình của Senthil Shanmugan là kết hợp 3 module trong hệ thống quản lý CTR là: GIS, MIS (Management Information System), GPS (hệ thống định vị toàn cầu) trong đó các chức năng được phân chia rạch ròi như sau:

Trong báo cáo khoa học có tiêu đề "Phần mềm hỗ trợ quy hoạch bãi chôn lấp rác" được trình bày tại Hội nghị khoa học và công nghệ Nam Trung Bộ và Tây Nguyên tổ chức tại Qui Nhơn (21-22/12/2003), TSKH. Bùi Văn Ga cùng các cộng sự đưa ra một phần mềm hỗ trợ quy hoạch bãi chôn lấp rác cho Tp. Đà Nẵng, mới được công nhận là Tp. loại 1 cấp quốc gia với một số điều chỉnh trong quy hoạch tổng thể. Theo đó, một trạm trung chuyển rác sẽ được xây dựng ở Hòa Quý, phía nam Đà Nẵng và một nhà máy sản xuất phân vi sinh, phù hợp với những nghiên cứu đề xuất của dự án thử nghiệm. Riêng về vị trí bãi chôn lấp rác, nhóm nghiên cứu đã khảo sát 3 vị trí mới cho Tp. Đà Nẵng. Việc khảo sát được tiến hành trên cơ sở dữ liệu GIS thu thập được và điều tra xã hội học.

Một số kết quả ứng dụng GIS xây dựng các công cụ tin học hỗ trợ công tác quản lý môi trường tại Việt Nam được thực hiện trong các công trình [1] - [3]

3. Xây dựng phần mềm Waste hỗ trợ quản lý CTR cho thành phố đô thị

Có thể nói quản lý CTR ở các đô thị của Việt Nam thực sự đã bùng nổ và đang là mối quan tâm sâu sắc của toàn xã hội. Trong suốt

thập kỷ qua công tác quản lý CTR ở Việt Nam đi từ con số 0 tới nay đã hình thành hệ thống quản lý nhờ vào sự hoàn thiện về mặt pháp luật của nhà nước, hướng dẫn thi hành các qui định, tới sự cưỡng chế thi hành và điều chỉnh bằng các công cụ kinh tế. Nhiều dự án liên quan tới CTR đã được xây dựng và thực hiện tại nhiều điểm nóng trong cả nước. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Sở Tài nguyên và Môi trường các tỉnh thành cũng đã ban hành nhiều hướng dẫn nhằm ngăn chặn sự gia tăng không kiểm soát của CTR, tăng cường việc tái chế rác thải và giảm thiểu ảnh hưởng xấu tới môi trường và sức khỏe người dân.

Để mà đạt được những mục đích cuối cùng cần thiết lập ra kế hoạch quản lý CTR toàn diện hơn cũng như để cho chính sách quản lý CTR được thực thi có hiệu quả hơn rất cần tập hợp dữ liệu và xây dựng những hệ thống thông tin trong việc quản lý CTR.

Hiện nay thông tin và dữ liệu liên quan tới quản lý CTR tại các đô thị lớn của đất nước thường được quản lý trên giấy hoặc bằng các phần mềm không chuyên. Hầu hết những thông tin này thường lưu trữ độc lập với nhau và không liên kết với một số thông tin thuộc tính của đối tượng cũng như không kết nối được với vị trí của đối tượng trong không gian thực. Điều này gây khó khăn cho việc quản lý, khai thác và phân tích thông tin về hệ thống quản lý CTR.

Một trong những công cụ có thể khắc phục khó khăn này là GIS. Với khả năng quản lý đối tượng trong mối quan hệ giữa thuộc tính đối tượng và vị trí của đối tượng trong thế giới thực cùng với các phần mềm thích hợp, GIS là một giải pháp tốt nhất cho việc quản lý hệ thống thu gom, vận chuyển, xử lý CTR cũng như thực hiện các bài toán nghiệp vụ liên quan đến hệ thống quản lý CTR như: (i) quản lý các

bãi chôn rác, điểm hẹn, điểm trung chuyển, điểm đặt thùng rác, nhà máy xử lý CTR, bãi tập kết xe chuyên chở rác, (ii) gắn kết đầy đủ thông tin liên quan với đối tượng cần quản lý: tuyến thu gom do tổ nào phụ trách, thời gian tới thu gom,... (iii) quản lý và phân tích các thông tin liên quan đến lượng rác hàng ngày, tháng, quý. Quản lý phân tích thông tin về sự vận chuyển rác trong ngày, tháng, ... và (iv) xây dựng các báo cáo theo định kỳ.

Trong mục này đề xuất cấu trúc phần mềm SAGOTISWAM (Tool for Improving Solid Waste Management for Sai Gon - công cụ giúp quản lý chất thải rắn trên địa bàn Tp.HCM). Mục tiêu của SAGOTISWAM là hỗ trợ công tác quản lý CTRĐT trên địa bàn Tp. Hồ Chí Minh.

SAGOTISWAM là phần mềm tích hợp cơ sở dữ liệu về chất thải rắn, GIS và các mô hình đánh giá chất lượng công tác quản lý chất thải rắn. Do đó, SAGOTISWAM có thể tạo điều kiện thuận lợi cho việc lưu trữ và diễn giải thông tin về chất thải rắn, hỗ trợ hiệu quả trong việc phân tích thông tin về chất thải rắn tại Tp. Hồ Chí Minh. Ngoài ra, SAGOTISWAM còn được tích hợp công cụ đánh giá công tác quản lý chất thải rắn đô thị theo các kịch bản khác nhau. Trong SAGOTISWAM, hệ thống thông tin địa lý (GIS) đóng vai trò nền tích hợp cho SAGOTISWAM. GIS giúp tổ chức thông tin không gian sao cho SAGOTISWAM có thể hiện thị bản đồ, bảng tính hay biểu đồ. GIS cung cấp kỹ thuật cho việc phân tích các lớp thông tin môi trường và hiển thị các mối quan hệ.

SAGOTISWAM bao gồm một số các thành phần khác nhau trợ giúp cho việc phân tích các số liệu môi trường. Các thành phần đó bao gồm:

Các công cụ lưu trữ, đánh giá và khai thác dữ liệu. Các công cụ này có thể giúp cho việc phân tích một số lượng lớn các dữ liệu liên quan tới công tác quản lý CTR tại Tp. Hồ Chí Minh.

Các tiện ích giúp tra cứu các tài liệu cần thiết cho công tác quản lý CTR.

Công cụ trợ giúp làm báo cáo tự động, hỗ trợ cho người sử dụng một công cụ thuận tiện để làm báo cáo dựa trên các số liệu từ các cơ sở dữ liệu được lưu trữ.

SAGOTISWAM gồm 6 khối chính liên kết với nhau:

Khối GIS - quản lý các đối tượng một cách trực diện trên bản đồ.

Khối quản lý CSDL về chất thải rắn.

Khối thực hiện các Báo cáo.

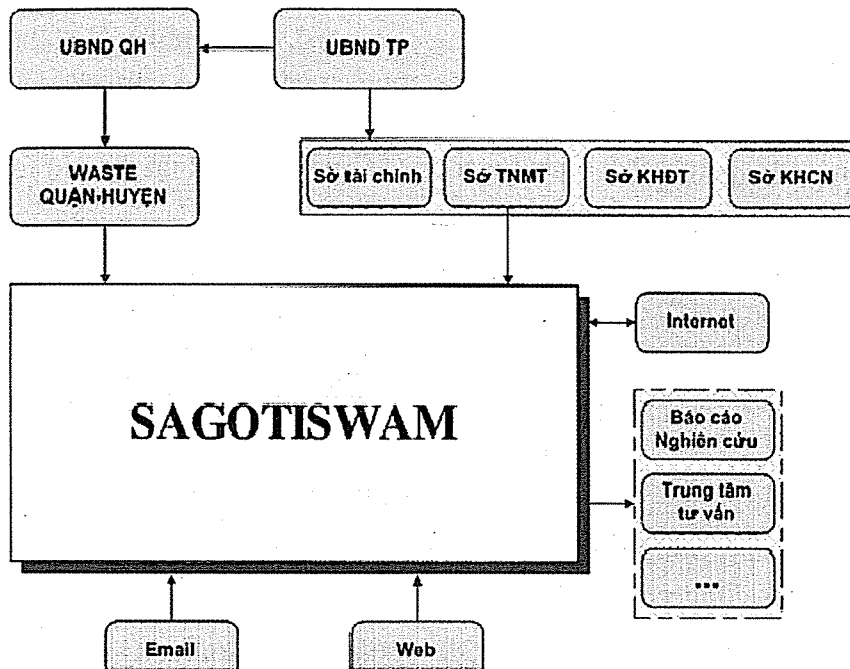
Khối CSDL về các văn bản pháp qui.

Khối tiện ích (tìm kiếm thông tin, cập nhật,...)

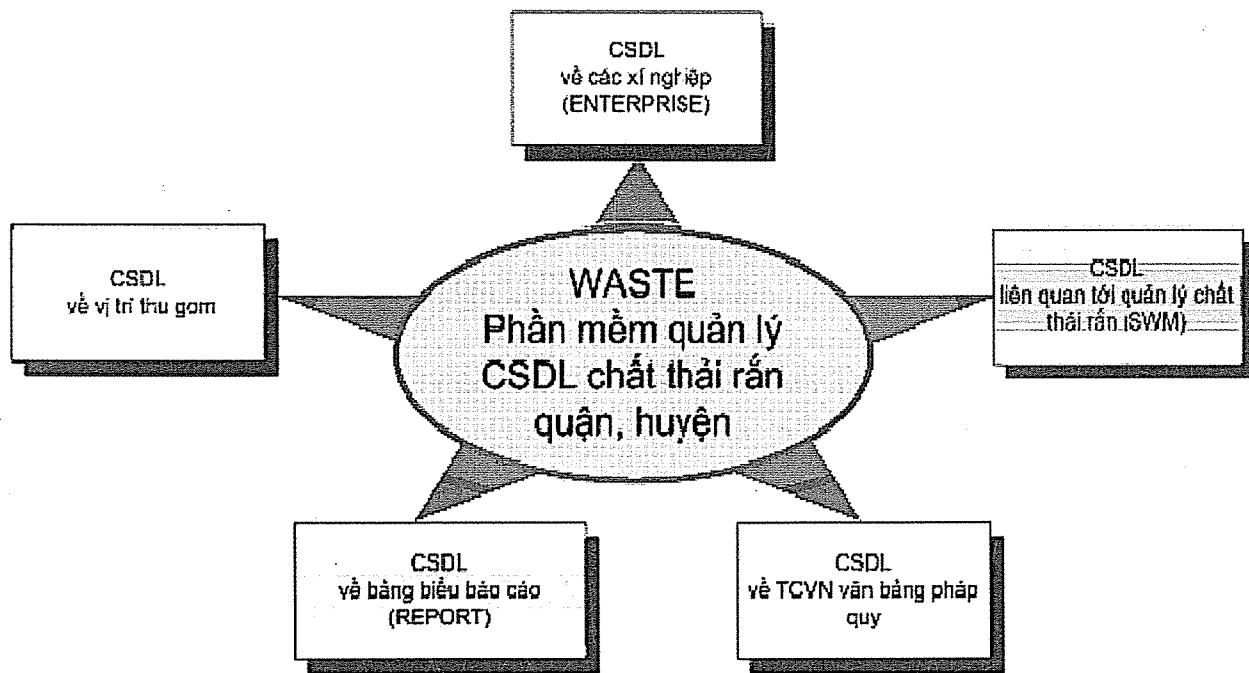
Khối mô hình toán.

Hiện nay với một thành phố lớn như Tp. Hồ Chí Minh công việc quản lý CTR đô thị được phân cấp cho các quận huyện nên cần thiết phải xây dựng phần mềm hỗ trợ quản lý CTR cho cấp quận huyện, phần mềm này được đặt tên là WASTE. phần mềm SAGOTISWAM là mức cao hơn trong thang bậc quản lý, nó nhận số liệu được lưu trữ trong phần mềm WASTE. Nói cách khác SAGOTISWAM và WASTE là hai mức độ khác nhau trong cùng hệ thống quản lý. WASTE được thực hiện ở cấp quận, huyện. SAGOTISWAM được thực hiện ở cấp thành phố. Mối liên hệ giữa SAGOTISWAM với WASTE và các dòng thông tin khác được thể hiện trên hình 1.

Nghiên cứu & Trao đổi



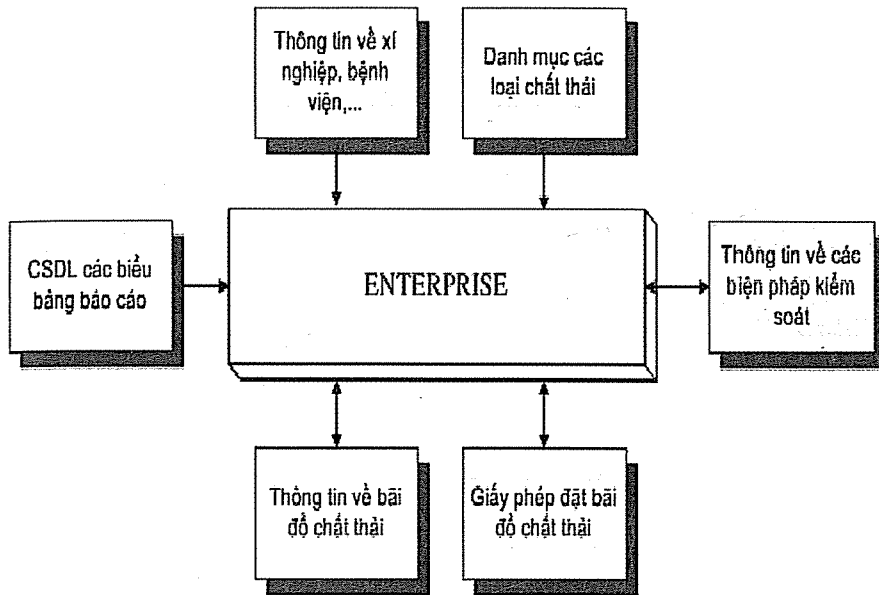
Hình 1. Vị trí của SAGO-TISWAM, WASTE và mối liên hệ với dòng thông tin liên quan.



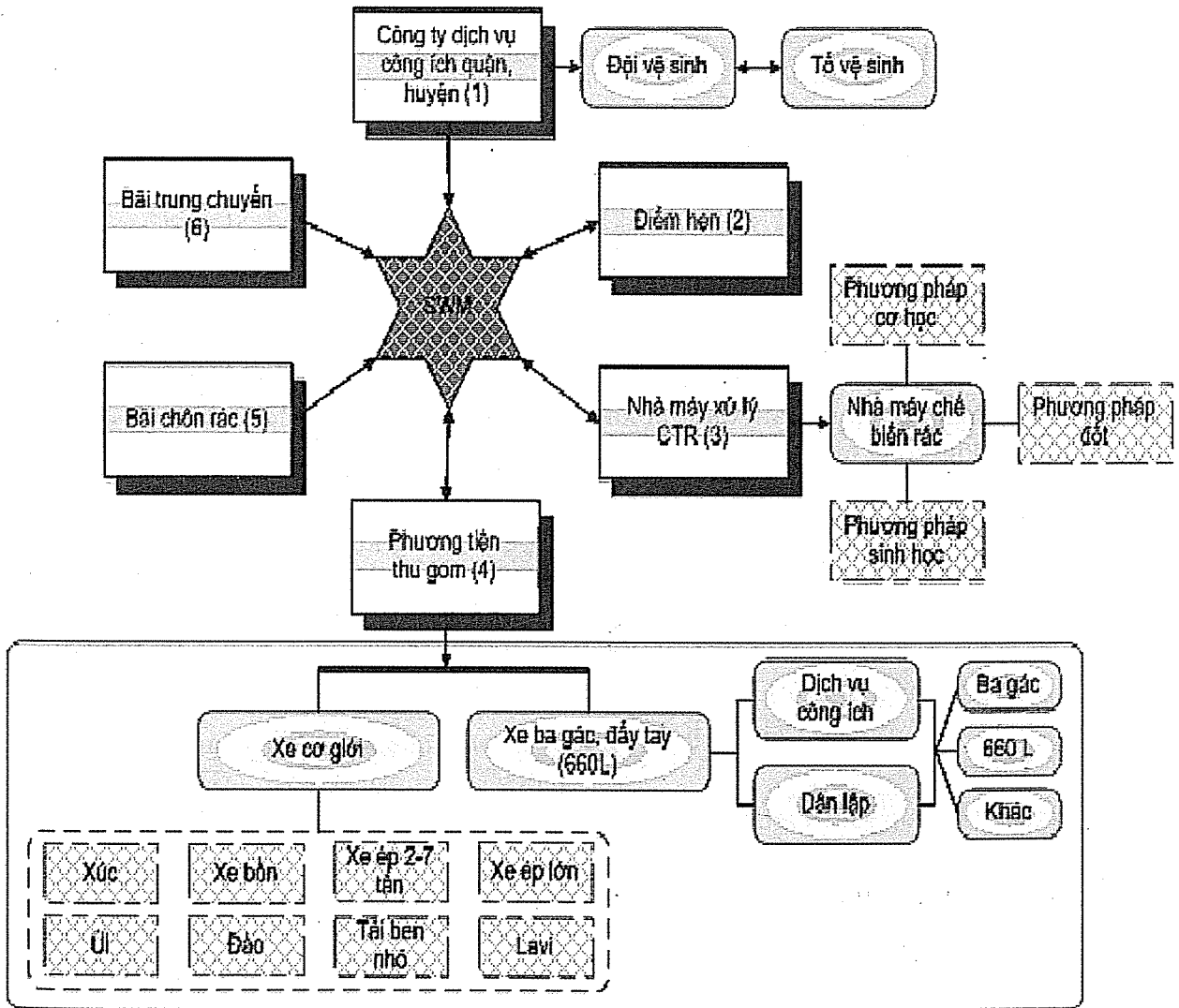
Hình 2. Sơ đồ cấu trúc CSDL trong WASTE

WASTE đóng vai trò quan trọng trong SAGOTISWAM bởi đây là phần mềm quản lý CTR áp dụng cho cấp quận huyện và đóng vai trò trung gian cho SAGOTISWAM, sơ đồ cấu trúc của WASTE được trình bày trên hình 2,3,4. WASTE được tích hợp từ một số module khác nhau: module ENTERPRISE - quản lý xí

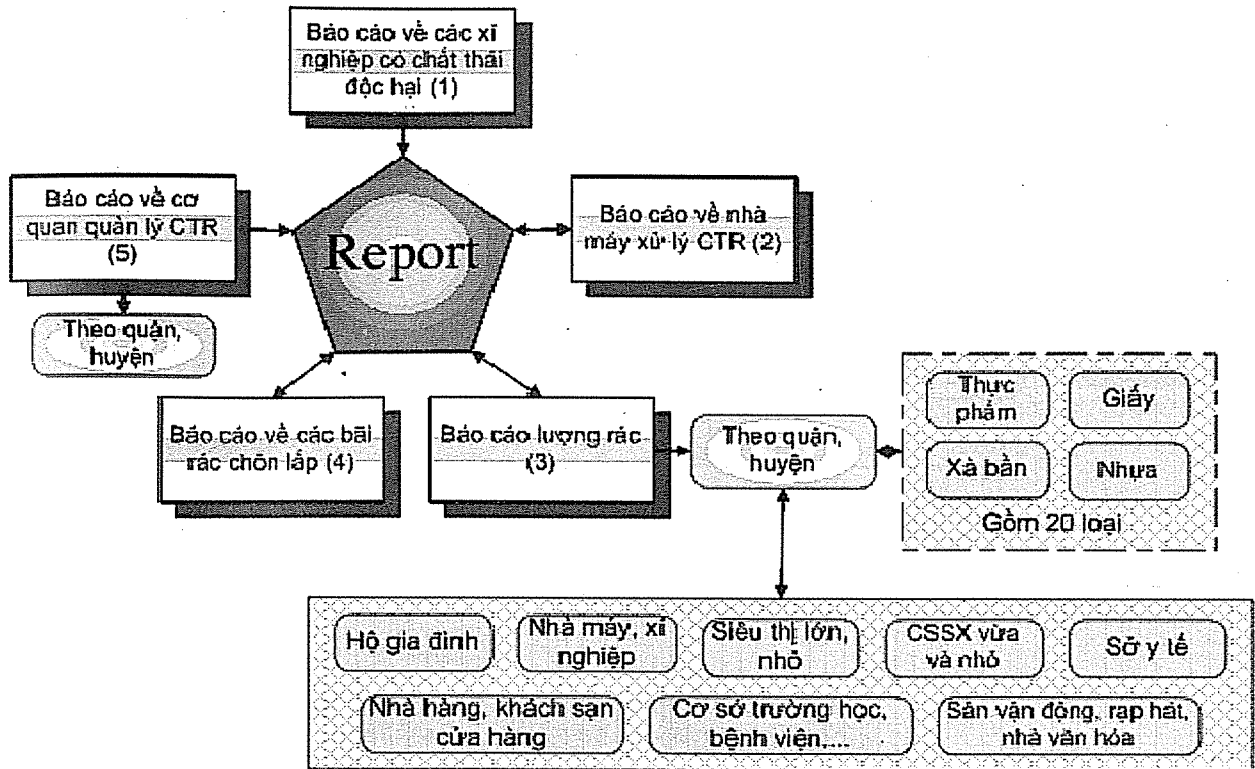
nghiệp, cơ sở sản xuất, module SWM (Solid Waste Management) quản lý CSDL về CTR cấp quận, huyện //; module REPORT thực hiện chức năng báo cáo //. Ngoài ra WASTE còn có các module khác : module các văn bản pháp quy, CSDL về các vị trí thu gom CTR trên địa bàn quận.



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc của module ENTERPRISE



Hình 4. Sơ đồ cấu trúc của module SWM trong WASTE



Hình 5. Sơ đồ cấu trúc module Report trong WASTE

Các thành phần chức năng chính của module REPORT gồm 5 module con như được chỉ ra trên hình 5.

Module con số (1) thực hiện chức năng báo cáo về các xí nghiệp, cơ sở sản xuất, bệnh viện,... Đây là đối tượng tạo ra chất thải rắn, trong đó có chất thải rắn nguy hại. Kỹ thuật GIS cho phép quản lý các đối tượng này theo phường.

Đối với những quận huyện trên địa bàn thành phố có nhà máy xử lý CTR, module con (2) trong REPORT giúp cho SAGOTISWAM nắm được thông tin về vấn đề xử lý CTR: công nghệ được sử dụng, hiệu suất,...

Module con (3) giúp thực hiện báo cáo về lượng rác cho từng quận huyện. Hiện nay mỗi quận huyện đều có Cơ quan chuyên trách về quản lý CTR, thông tin về lượng rác trong từng quận có thể nhận được theo đánh giá chuyên gia hoặc theo phương pháp quan trắc. Các số liệu cho WASTE tại từng quận huyện sẽ được

tích hợp vào SAGOTISWAM.

Đối với những quận huyện có bãi chôn lấp, module con (4) giúp nắm được lượng CTR đi vào, cùng các thông tin liên quan tới bãi chôn lấp, chất lượng nước rác,

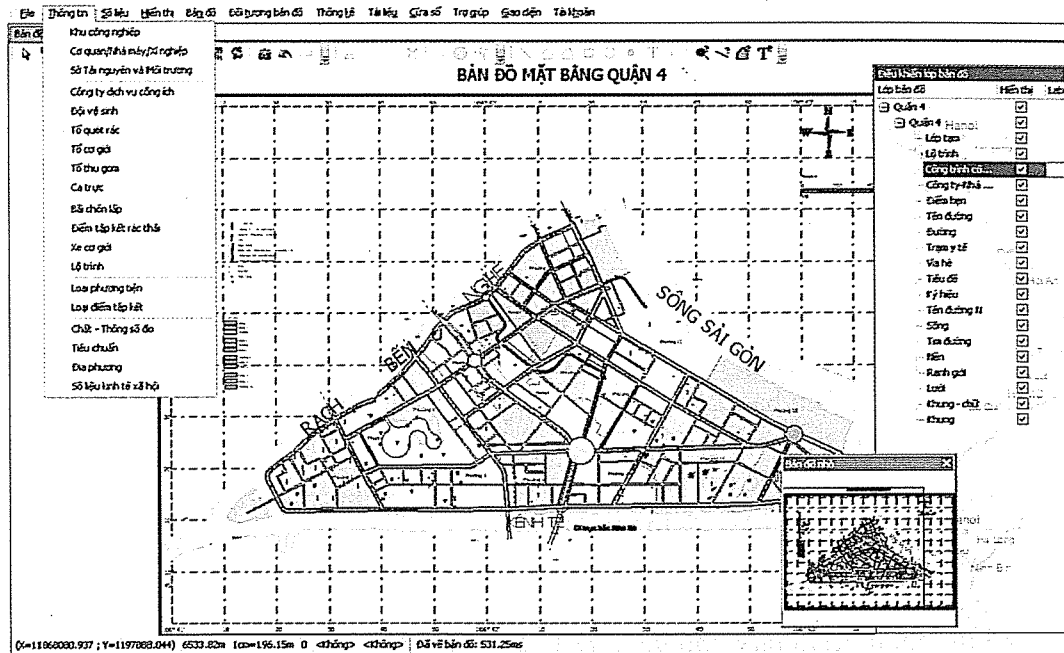
Module con (5) quản lý các cơ quan liên quan tới quản lý CTR trên địa bàn quận huyện. Trong khuôn khổ WASTE cũng như tích hợp dữ liệu chúng trong SAGOTISWAM sẽ giúp cho cơ quan quản lý cấp thành phố nắm được tiềm lực của từng quận, huyện cũng như của thành phố.

Cơ sở dữ liệu (CSDL) là linh hồn của bất cứ một phần mềm nào mà WASTE không phải là ngoại lệ. Các nhóm CSDL chính trong WASTE được phân thành 2 nhóm chính là: CSDL về những cơ quan chức năng quản lý công tác bảo vệ môi trường và CSDL cho quá trình thu gom, vận chuyển CTR đô thị. Trong nhóm thứ hai này có: CSDL về tổ thu gom quét rác (ban ngày, ban đêm, các chợ, các hẻm), tổ

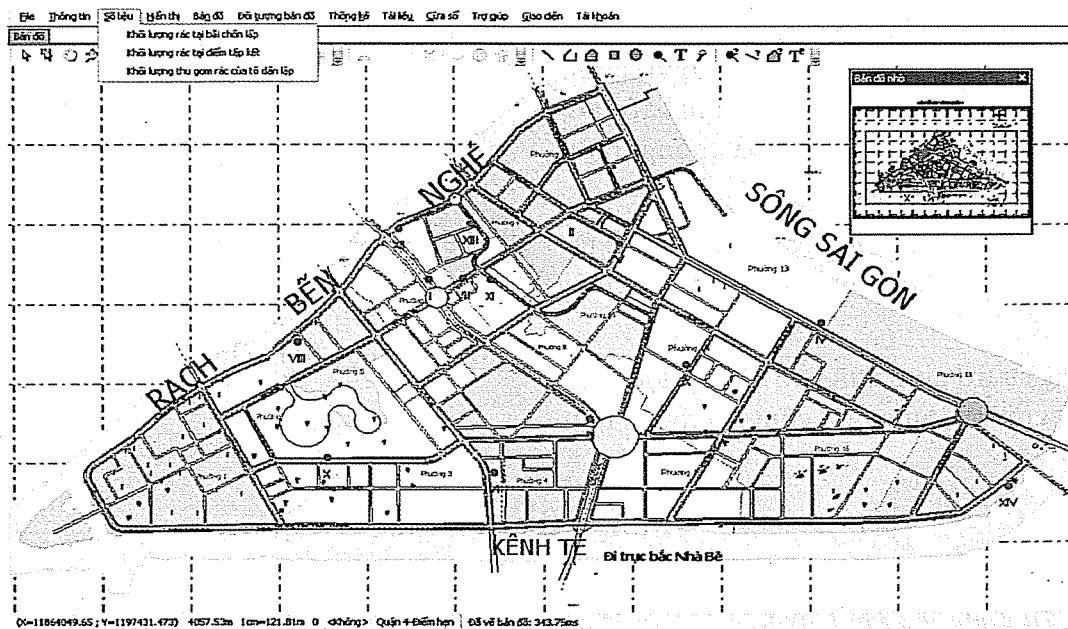
xe cơ giới cùng lộ trình thu gom của từng loại xe, các vị trí tập kết rác, các hợp đồng thu gom rác, số liệu kinh tế - xã hội, các văn bản pháp qui.

Bài báo này đã xây dựng phần mềm WASTE với nền GIS là quận 4, Tp. Hồ Chí Minh.

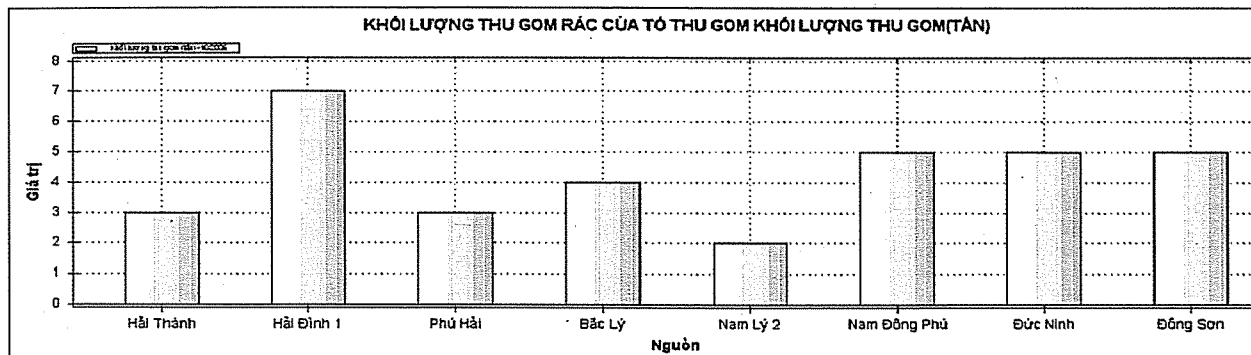
Các dữ liệu thu thập được đã được nhập vào phần mềm. Giao diện và nhóm thông tin cơ bản trong WASTE được thể hiện trên hình 6. Các vị trí tập kết CTR được thể hiện trên WASTE hình 7, chức năng thống kê lượng CTR của các tổ được thể hiện trên hình 8.



Hình 6. Phần mềm hỗ trợ quản lý CTR WASTE ứng dụng cho quận 4, Tp. Hồ Chí Minh



Hình 7. Thể hiện các vị trí điểm hẹn và tuyến thu gom



Hình 8. Chức năng thống kê lượng CTR thu gom của từng tổ

4. Kết luận và kiến nghị

Trong nhiều năm qua, nghiên cứu để đưa ra sản phẩm cuối cùng là một phần mềm quản lý CTR đã được thực hiện trong một số đề tài khoa học. Bài báo này trình bày kết quả bước đầu xây dựng công cụ tích hợp GIS, CSDL môi trường liên quan tới CTR trợ giúp công tác quản lý CTR. Sản phẩm SAGOTISWAM, WASTE là các công cụ tin học giúp phân tích, đánh giá công tác quản lý chất thải rắn tại các đô thị. Ngoài ra, phần mềm này còn có nhiều thành phần khác nhau để trợ giúp cho việc phân tích các số liệu môi trường. Các công cụ này mang lại một số lợi ích sau đây:

- Giúp cho các nhà quản lý có một công cụ quản lý chuyên nghiệp về CTR. Với việc cập nhật số liệu định kỳ. Các vấn đề làm báo cáo, thống kê được thực hiện nhanh chóng, hiệu quả.

- Cung cấp các tiện ích giúp tra cứu các tài liệu cần thiết có liên quan đến công tác môi trường.

- Công cụ trợ giúp làm báo cáo tự động, hỗ trợ cho người sử dụng một công cụ thuận tiện

để làm báo cáo dựa trên các số liệu quan trắc từ các cơ sở dữ liệu được lưu trữ;

- Giúp các nhà quản lý ra quyết định có cơ sở: tạo thêm điểm trung chuyển, xây dựng thêm bãi rác mới, xây dựng thêm nhà máy xử lý rác ở đâu cho thuận lợi vận chuyển.

- Giúp thể hiện thông tin toàn diện: xem thông tin liên quan trong từng phường. So sánh giữa các Phường với nhau;

- Cập nhật thông tin kịp thời, dễ dàng so với trước đây chỉ nhập vào file word hay excel rất khó tổng hợp;

- Hạn chế những dữ liệu không cần thiết, đồng thời lưu trữ dữ liệu thuận lợi và an toàn. giúp chia sẻ dữ liệu thuận lợi.

Trong thời gian qua, phần mềm WASTE còn được ứng dụng cho công tác quản lý CTR tại Tp. Mỹ Tho, Đồng Hới, thị xã Tam Kỳ thông qua các Luận văn tốt nghiệp. Cuối cùng, tác giả xin cảm ơn các học trò đã tham gia phần xử lý số liệu trong WASTE nhằm nâng cao cơ sở thực tiễn của đề tài.

Tài liệu tham khảo

1. Bùi Tá Long, Lê Thị Quỳnh Hà, Lưu Minh Tùng. Xây dựng phần mềm hỗ trợ công tác giám sát chất lượng môi trường cho các tỉnh thành Việt Nam. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, N 12 (517), 2004, trang 10 – 19. 2004.

2. *Bùi Tá Long, Lê Thị Quỳnh Hà, Lưu Minh Tùng. Một số giải pháp ứng dụng công nghệ thông tin trong công tác quản lý môi trường cho các tỉnh thành Việt Nam. Tuyển tập Báo cáo tại Hội nghị môi trường toàn quốc 4/2005 tại Hà Nội, trang 1200 – 1208. 2005.*
3. *Bùi Tá Long, Lê Thị Quỳnh Hà, Lưu Minh Tùng, Võ Đăng Khoa. Xây dựng hệ thống thông tin môi trường hỗ trợ thông qua quyết định môi trường cấp tỉnh thành. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 5 (533), trang 31 – 40. 2005.*
4. *Kurt Fedra, 1999. Urban environment management: monitoring, GIS and modeling. Computer, Environment and Urban Systems, 23(1999) 443-457.*
5. *Monica M. DeAngelo. Siting of waste to energy facilities in New York city. M.S. thesis in Earth Resources Engineering (nguồn Internet).*
6. *G. van den Dool, T. Mustonen, K. Sirvio, M. Kolehmainen and J. Ruuskanen1, Intelligent Waste Management (nguồn Internet).*
7. *S. Moore, B. Kung, S-Y Tu, P. Grime. Progress towards the establishment of a national waste database. Waste Service of NSW (nguồn Internet).*
8. *Stephen Moore and Shin-Yu Tu. Application of the Australian waste database to regional environment management. CRC for Waste Management & Pollution Control Ltd., University of New South Wales Sydney 2052 Australia (nguồn Internet).*