



登革熱防治的整合監測系統

林培生

群體健康研究所/國家衛生研究院

June 26, 2018

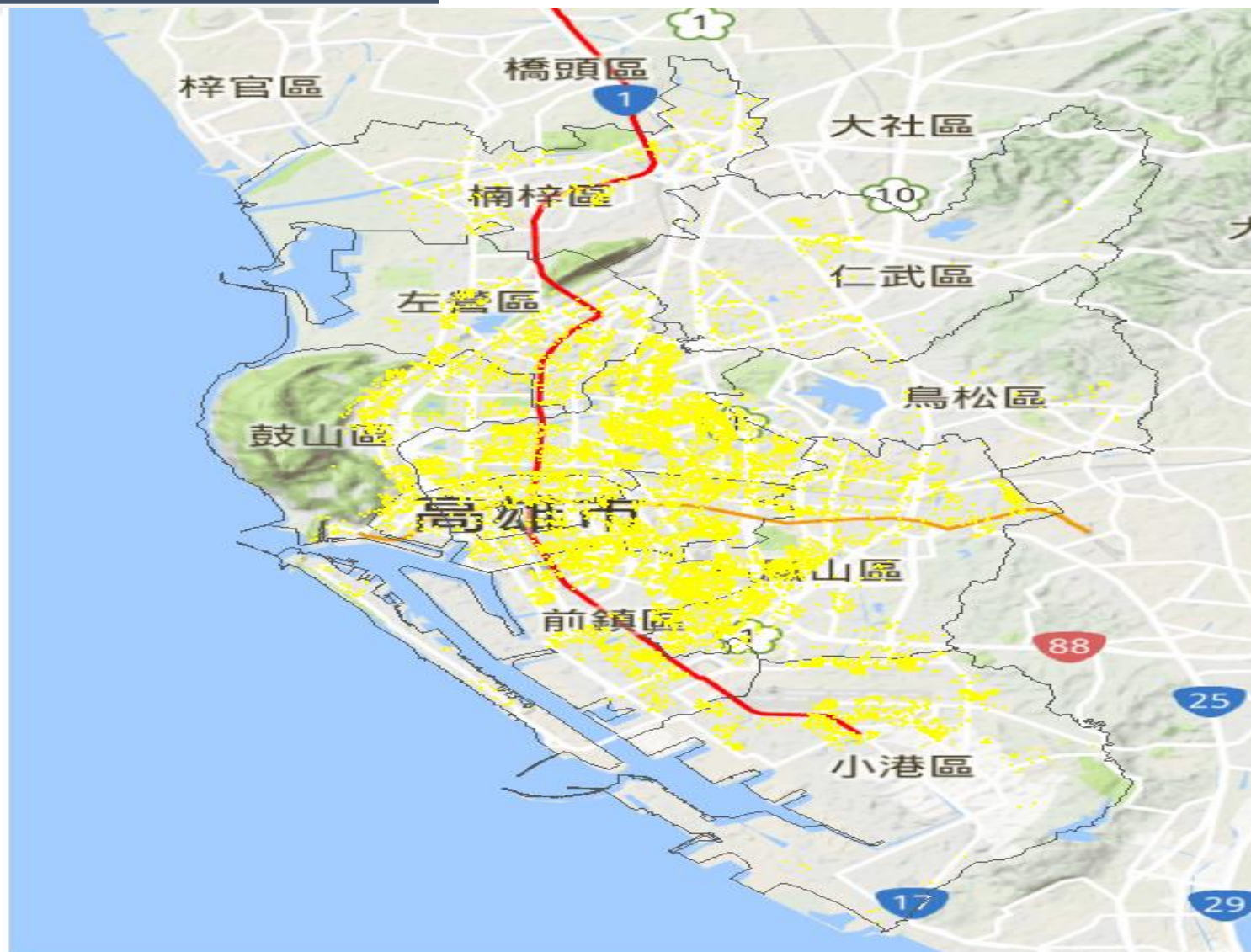


Motivating Project

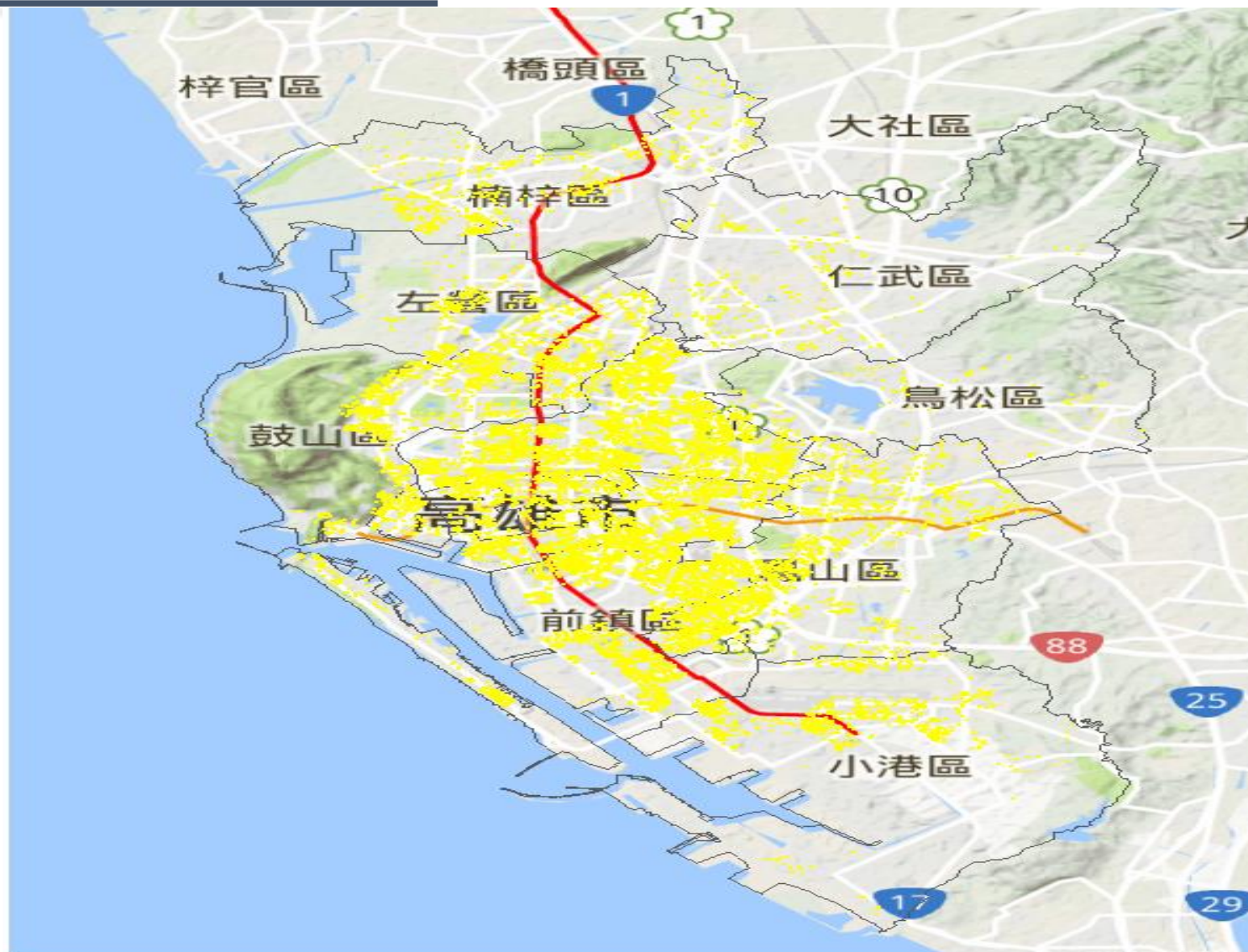
National Dengue Fever (DF) Project

- Global warming due to climate change ([Nature](#), 2013).
- Consecutive DF outbreaks in [2014](#) and [2015](#).
- 5-year project to control mosquito-borne disease in NHRI.

Kao-Hsiung Dengue Distribution (2014)



Kao-Hsiung Dengue Distribution (2015)



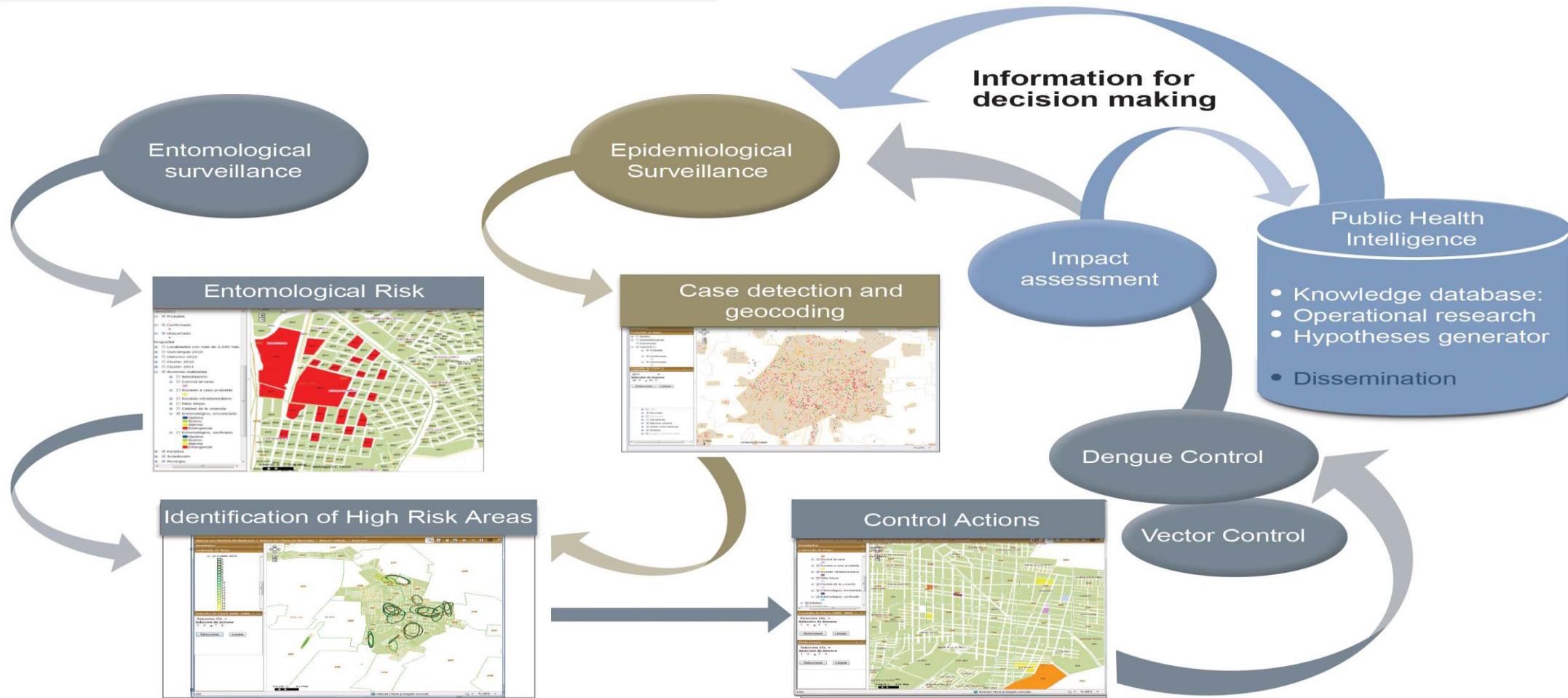


Mission of the Project

Four research groups

- Group 1: Vector surveillance and control group.
- Group 2: Serological surveillance group.
- Group 3: Education group.
- Group 4: Geographic information system (GIS) for risk factor group.

Integrated Surveillance System



Lozano-Fuentes et al. (2008) in the Bulletin of the World Health Organization



Requirements for Disease Surveillance

An integrated disease surveillance system should...

- Reduce duplication in reporting,
- Have clear case definition and reporting mechanism,
- Be an efficient communication system.



Big Data Surveillance

Establish computer systems for

- Systematic Collection (digitized information),
- Collation and Storage (cloud system with coding book),
- Integration (unified platform for extract, transform and load (ETL)) ,
- Analysis (statistics and machine learning),
- Dissemination of information (data visualization).



Our Goals

1. Serve as an early warning system.
2. Evaluate impact of control and intervention.
3. Monitor and identify high risk areas to set priorities for intervention.
4. Establish a data set for disease activity for future reference.



Surveillance System for Dengue Control

蚊媒傳染病監測系統

地理資訊

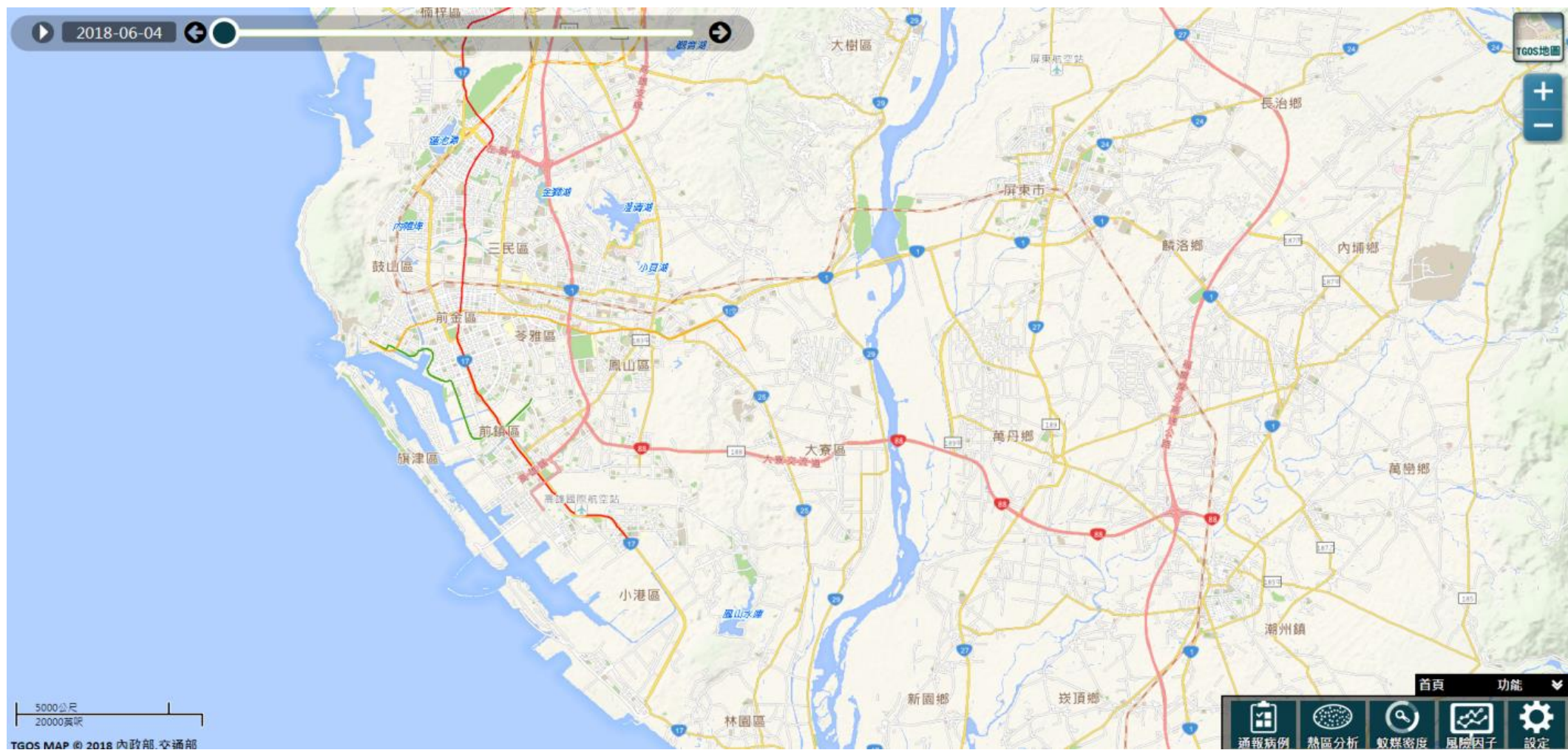
統計圖表

資料查詢

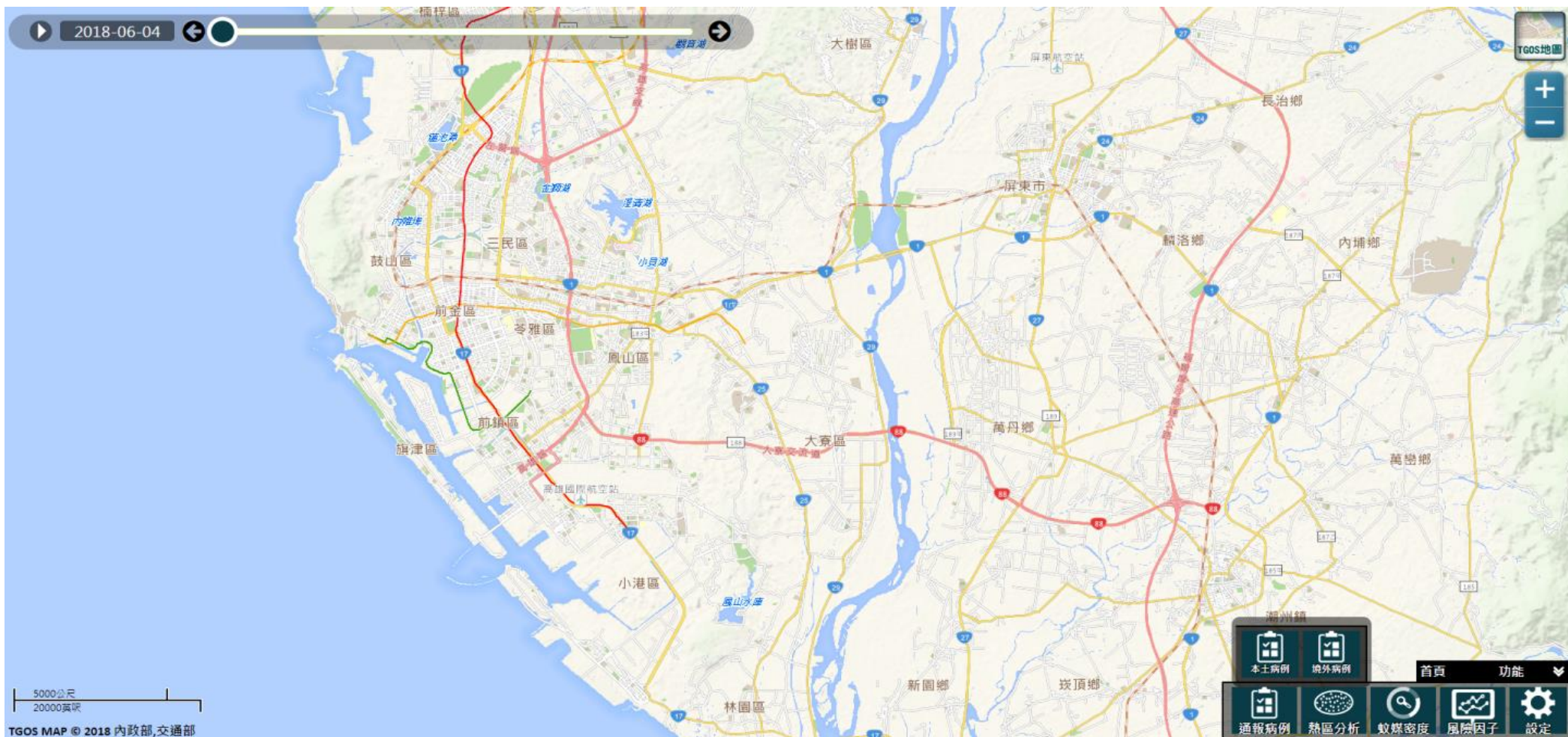
系統管理

使用者操作手冊

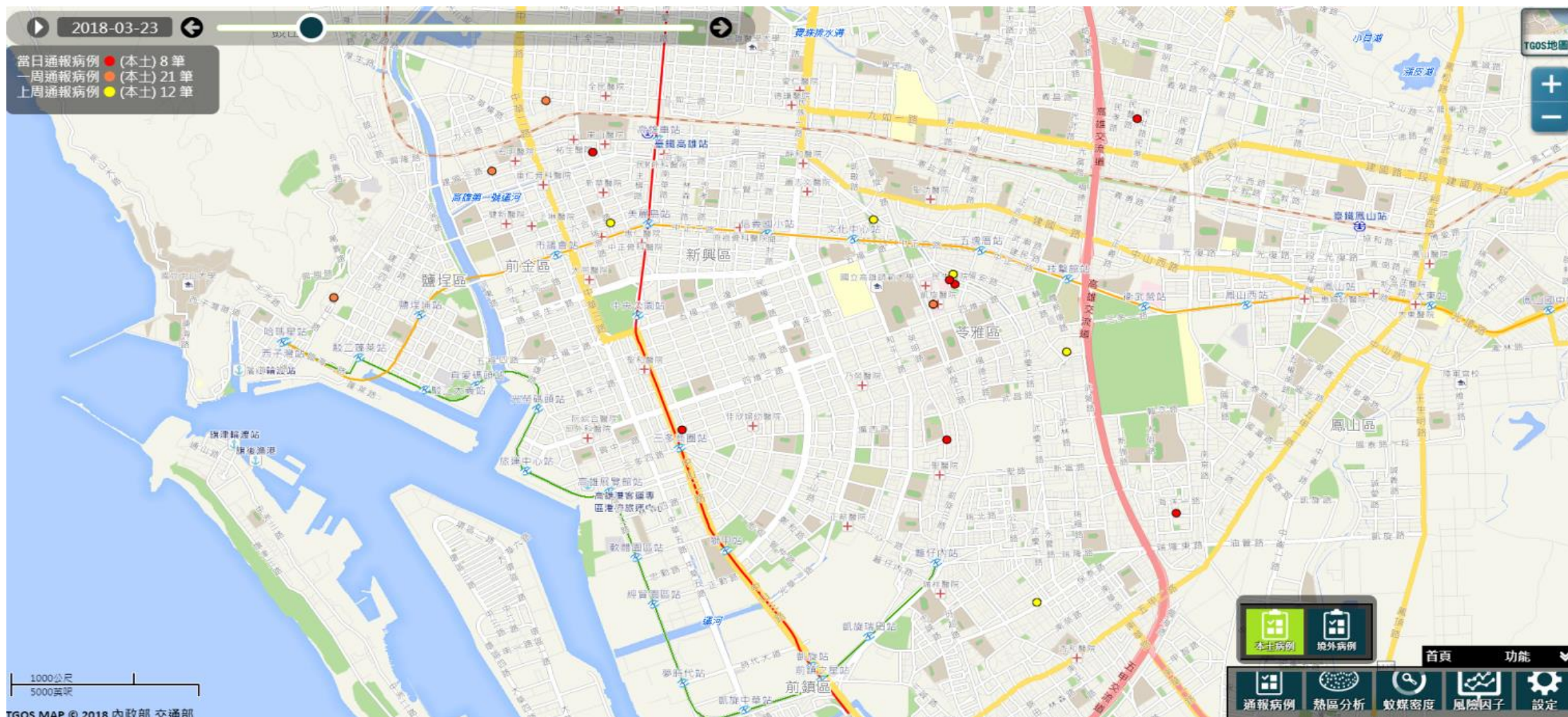
最佳瀏覽環境：螢幕解析度 1280x720 以上 · © 蚊媒傳染病監測系統



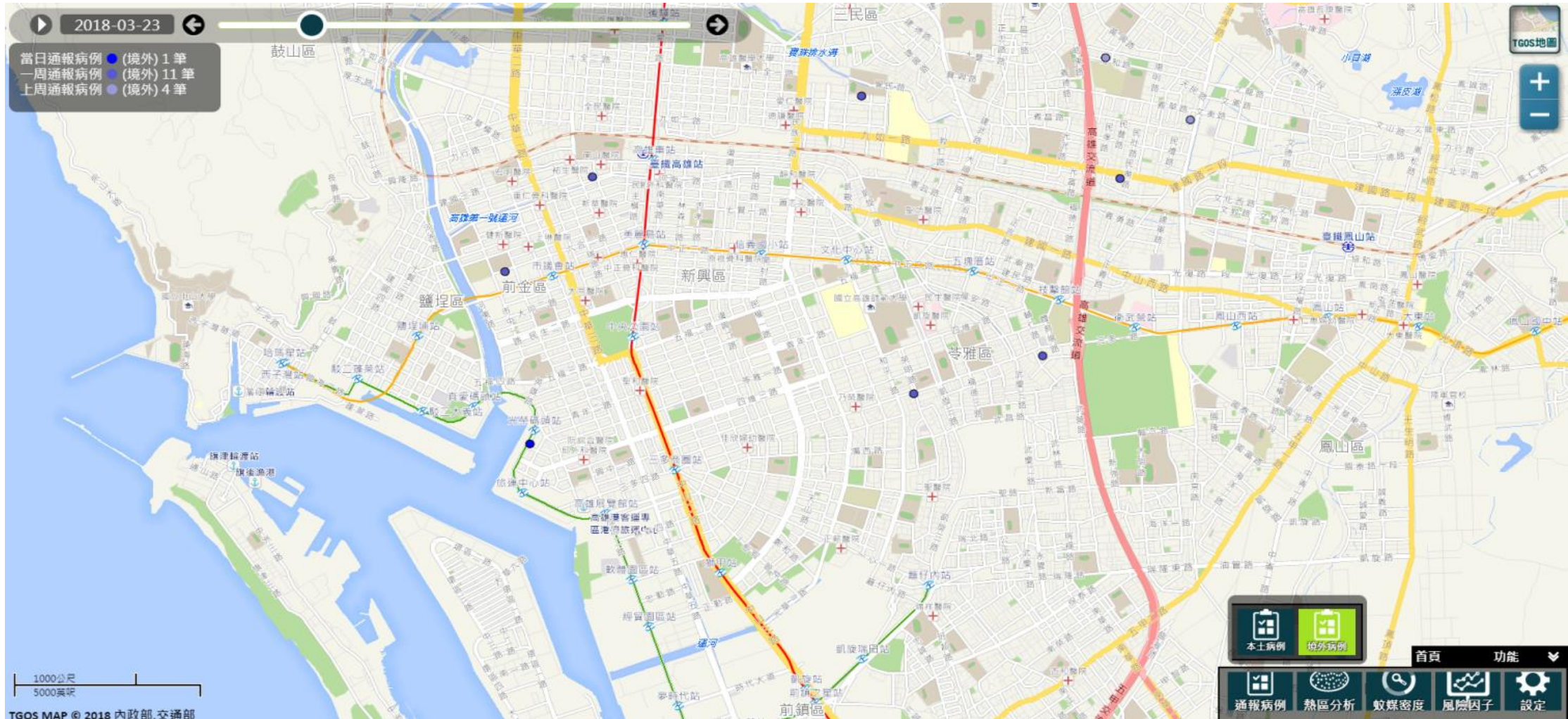
System for Reporting Case



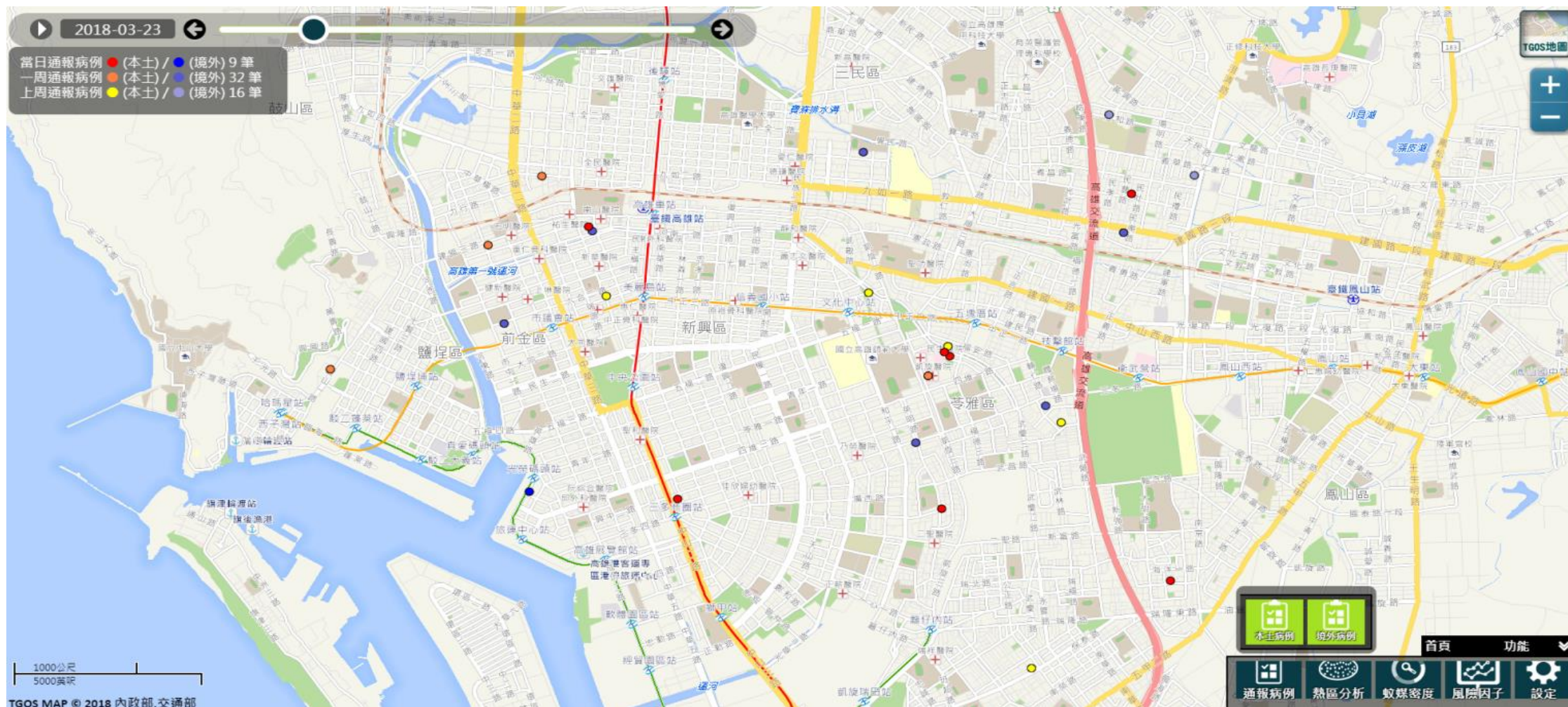
System for Reporting Cases



System for Reporting Cases



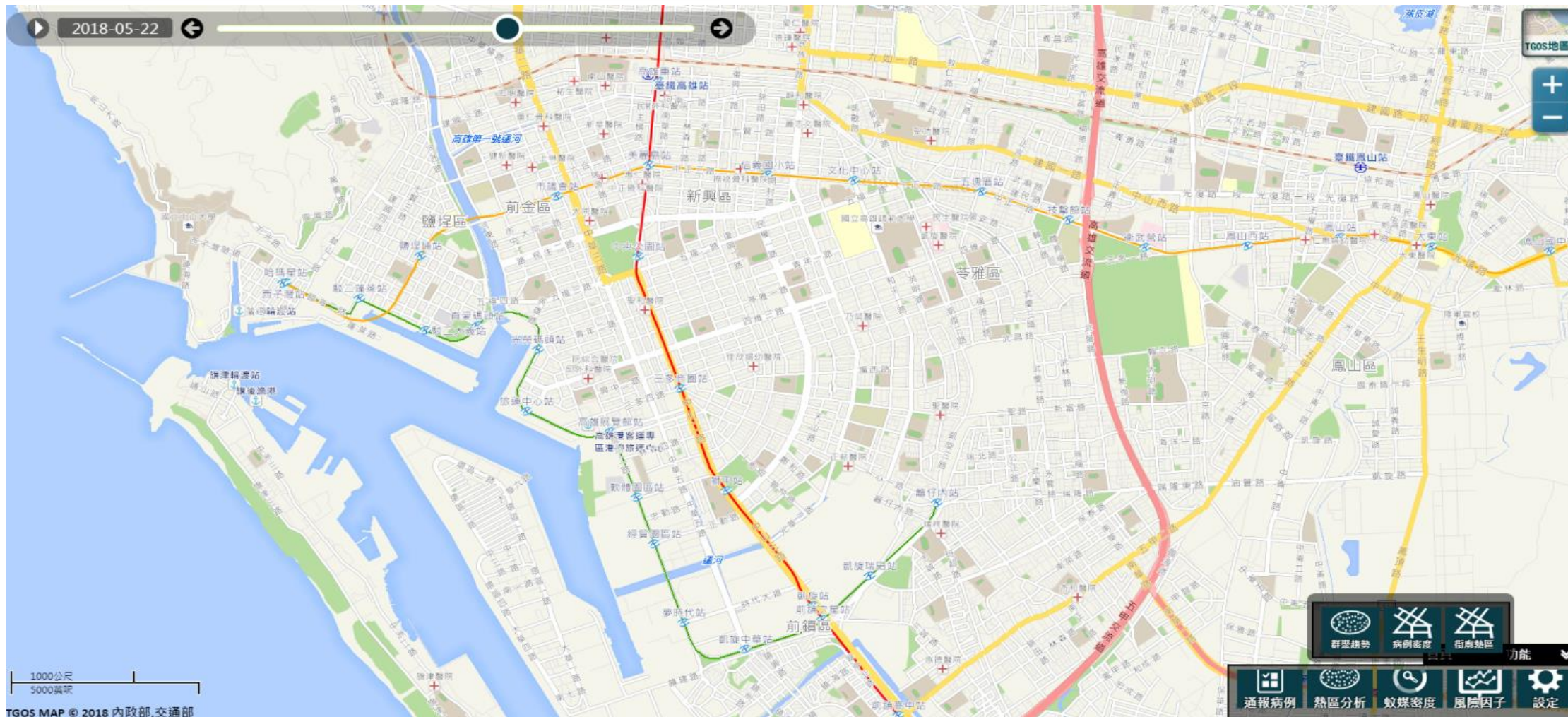
System for Reporting Cases



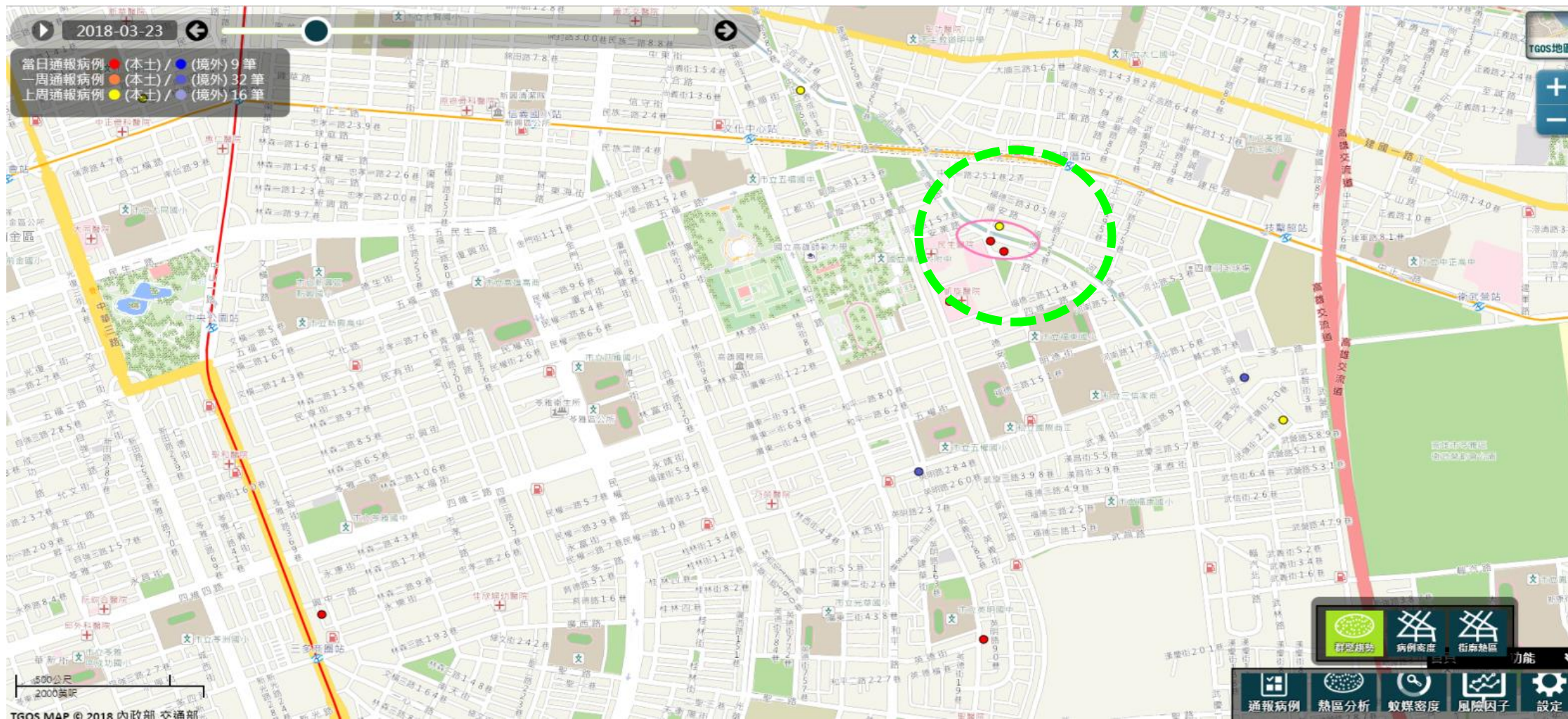


An Early Warning System by Ellipse Clusters

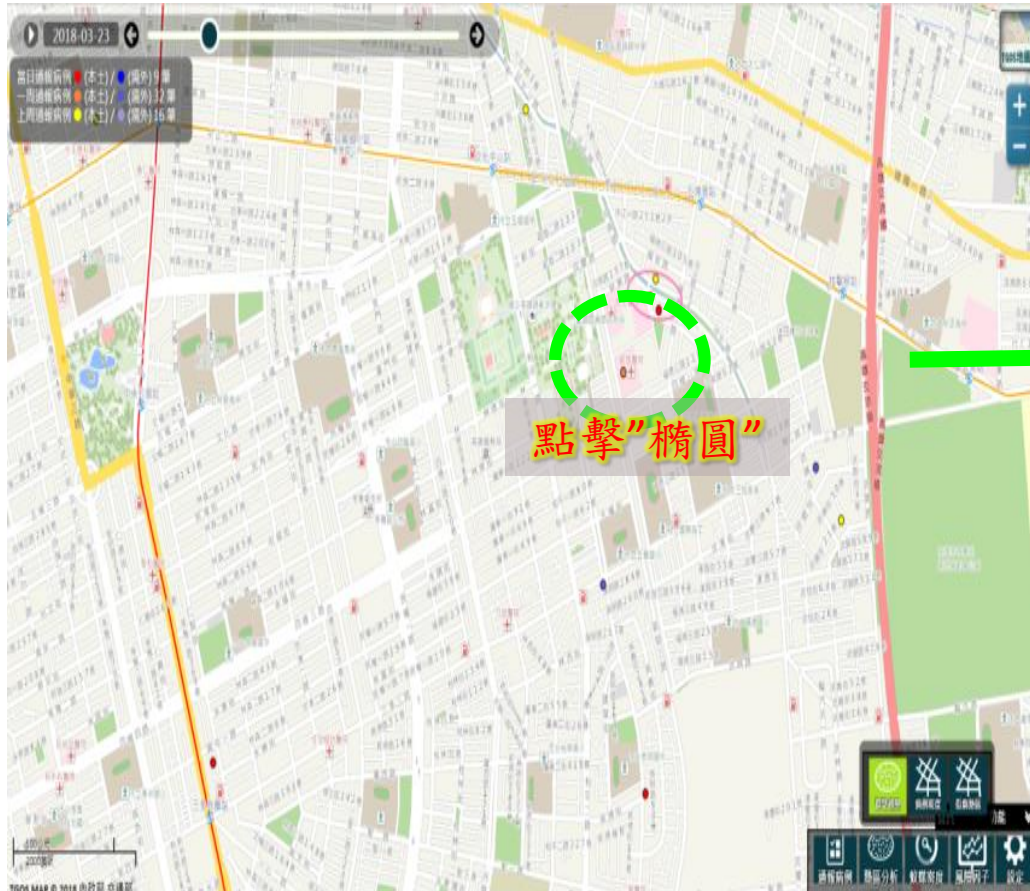
Analysis for Hot Spots



Ellipse Clusters



Identification for Addresses in Clusters



縣市	鄉鎮	村里	鄰	地址
高雄市	苓雅區	葵捷里	004	河南路144號
高雄市	苓雅區	葵捷里	004	河南路145號
高雄市	苓雅區	葵捷里	004	河南路146號
高雄市	苓雅區	葵捷里	004	河南路147號
高雄市	苓雅區	葵捷里	004	河南路143巷10號
高雄市	苓雅區	葵捷里	004	河南路143巷2號
高雄市	苓雅區	葵捷里	004	河南路143巷4號
高雄市	苓雅區	葵捷里	004	河南路143巷6號
高雄市	苓雅區	葵捷里	004	河南路143巷8號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	河南路118號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	河南路120號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	河南路121號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	河南路123號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	河南路124號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	河南路126號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	河南路128號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	福壽街192號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	福壽街194號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	福壽街196號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	福壽街198號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	福壽街200號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	福壽街202號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	福壽街204號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	福壽街206號
高雄市	苓雅區	葵捷里	013	福壽街206號2樓之1

Integrated GIS for Early Warning

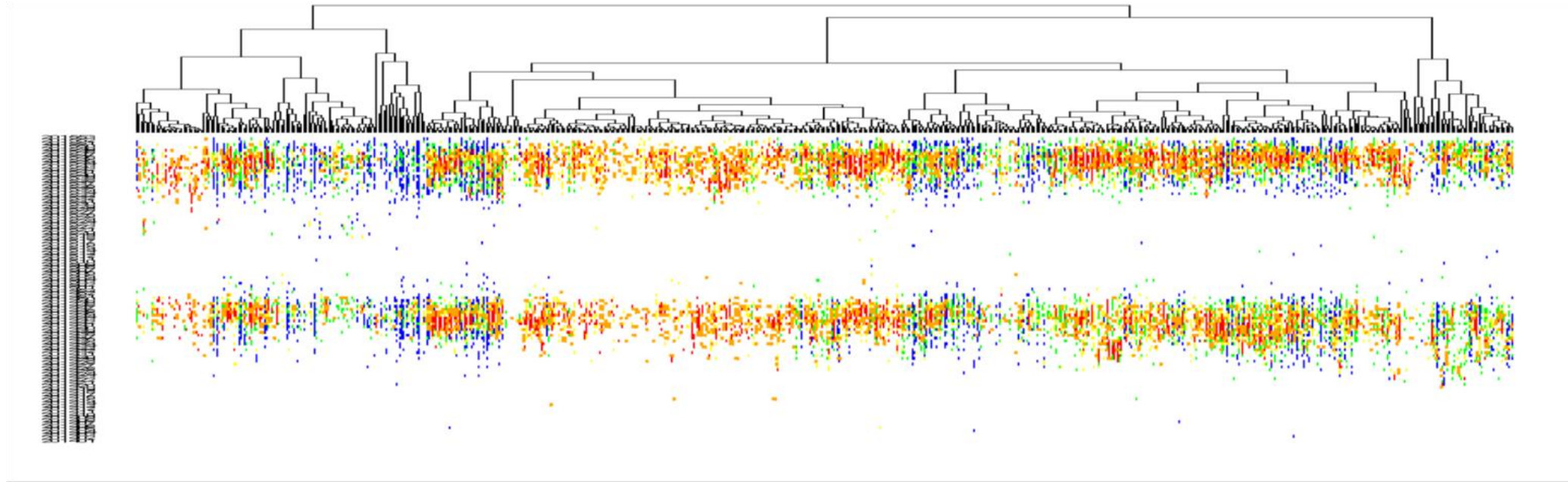


sizes and directions
for clusters of cases

Vector index by
field investigation

Heat Map for Relative Risks

A heat map for space(village)-time(week) patterns of RRs.





Knox test for Space-time Interaction

- Distance between neighboring houses is an important for DF spread.
- By the experience and heat map, temporal distance at **15 days** and spatial distance at **150m** could have space-time interaction.
- We evaluate whether the number of pairs of cases at such spatial and temporal distance are significantly higher than expected.

Contingency table

	$\leq 150\text{m}$	$> 150\text{m}$
$\leq 15\text{D}$	45807	4628914
$> 15\text{D}$	45354	9551018

p-value=0.001



Warning Criterion

The Knox test suggests that pairs of cases within 15 days and 150m have strong space-time interaction.

We will develop ellipse clusters to track diffusion patterns.

- The warning criterion: 2 cases within 150m, orange light; 2-9 cases within 150m, pink light; more than 10 cases within 150m, red light.
- Computer systems will update diffusion patterns day by day based on information on 2-week time frame.

Formula for Ellipse Clusters

Let $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ denote case locations with a center $\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i\right) = (\bar{x}, \bar{y})$

Compute a standard deviation matrix $\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y^2 \end{pmatrix}$

Here $\sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$, $\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$, $\sigma_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$

Decompose the matrix by eigenvalue and eigenvector $\Sigma = \frac{1}{\lambda_1} \mathbf{e}_1 \mathbf{e}_1^t + \frac{1}{\lambda_2} \mathbf{e}_2 \mathbf{e}_2^t$

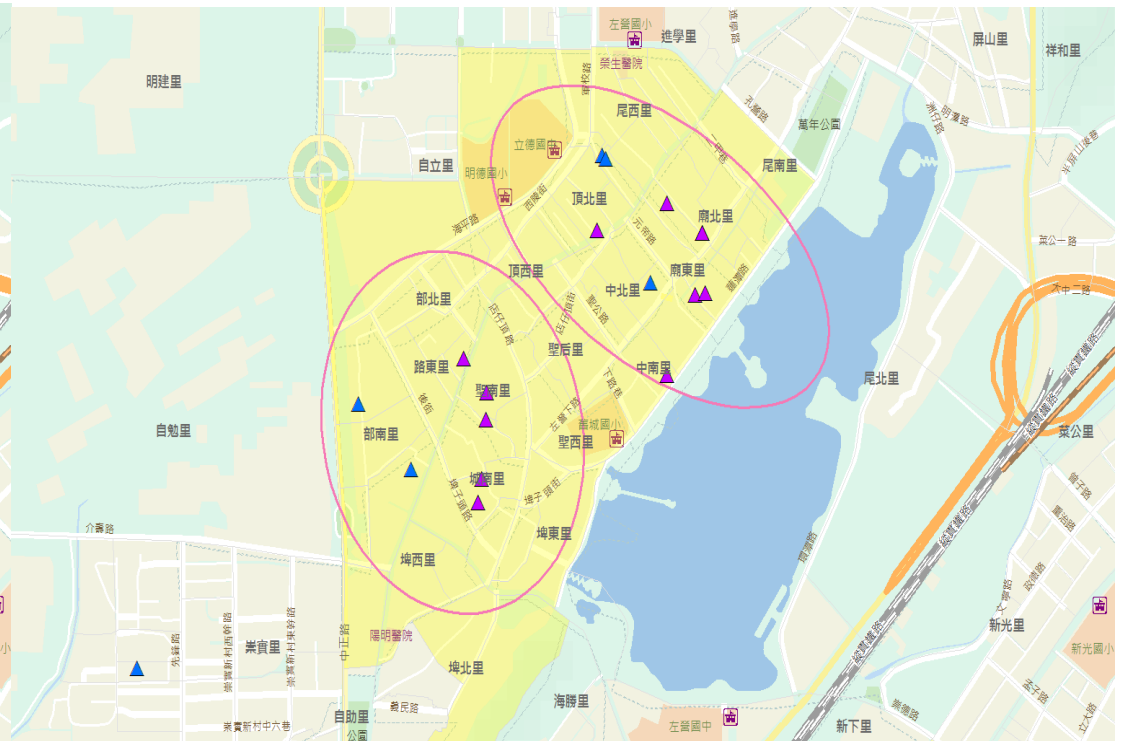
Bivariate confidence interval is $\frac{1}{\lambda_1} \mathbf{e}_1 \mathbf{e}_1^t + \frac{1}{\lambda_2} \mathbf{e}_2 \mathbf{e}_2^t = \chi_{2,1-\alpha}^2$

Examples for Ellipse Clusters

2015/8/18 Ellipse hot spots
Week 2



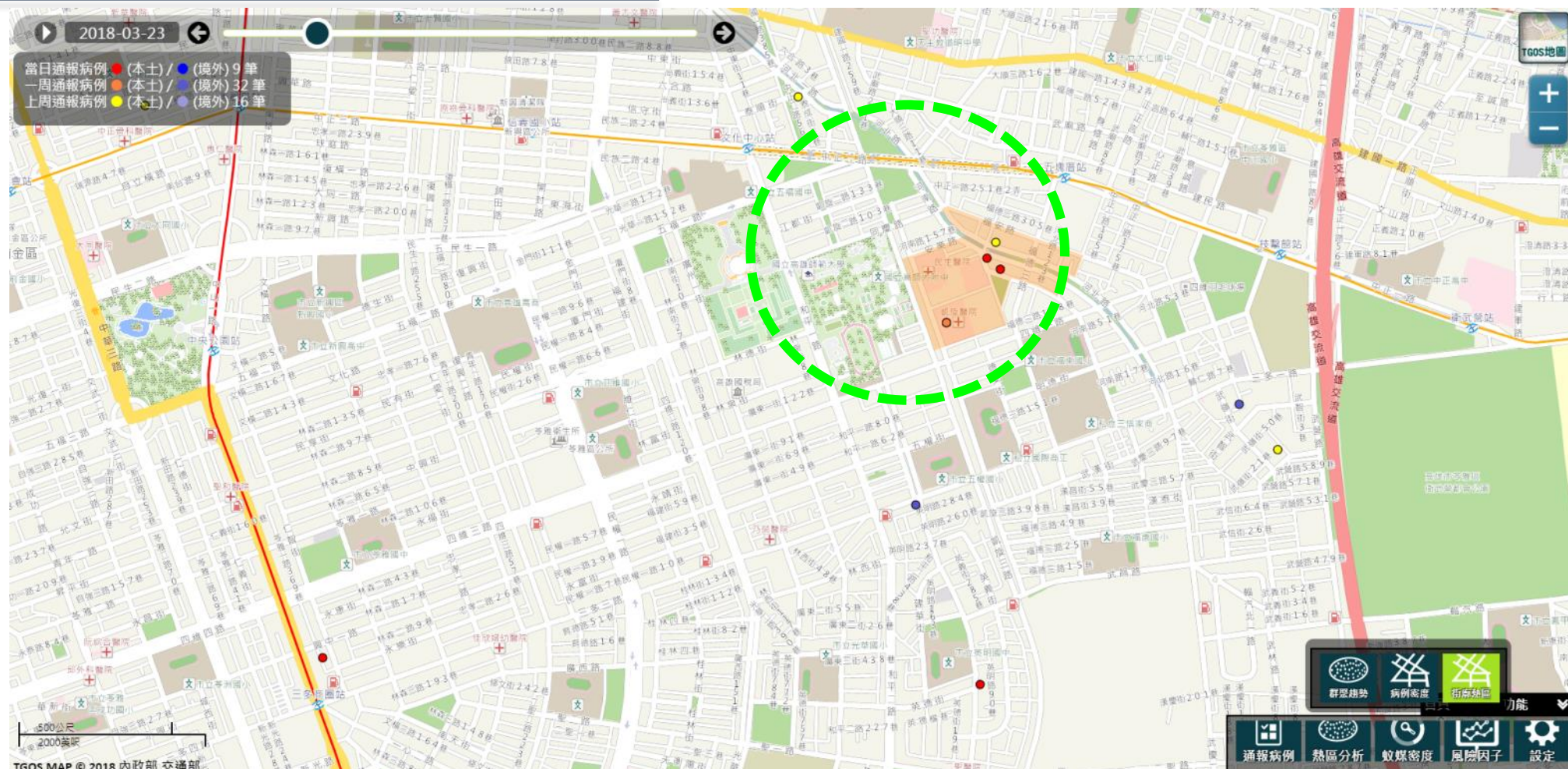
2015/8/25 Ellipse hot spots
Week 3



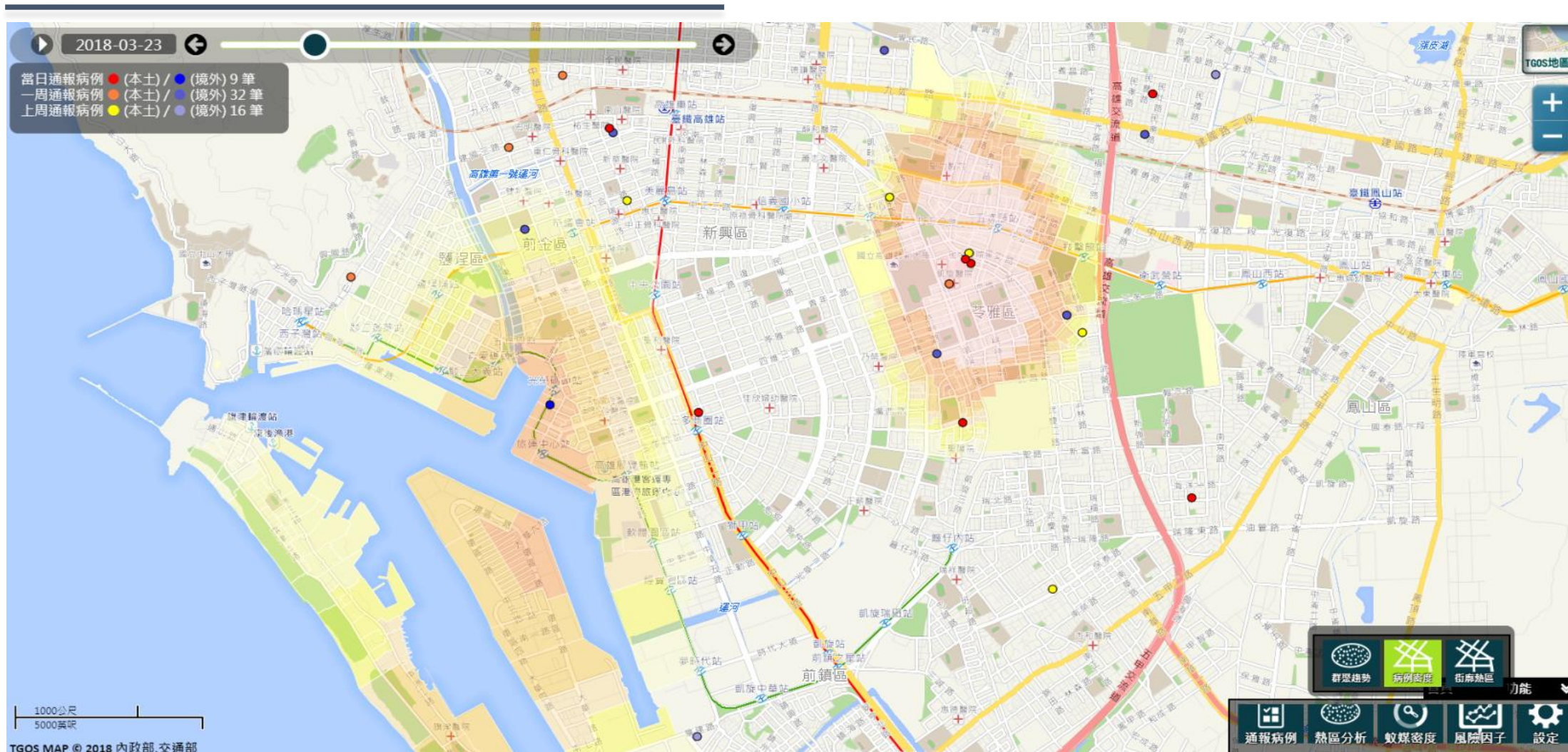


Evaluation of Intervention Effectiveness by Density Estimation

Map of Street Blocks for DF Controls



Density Estimation for DF Cases





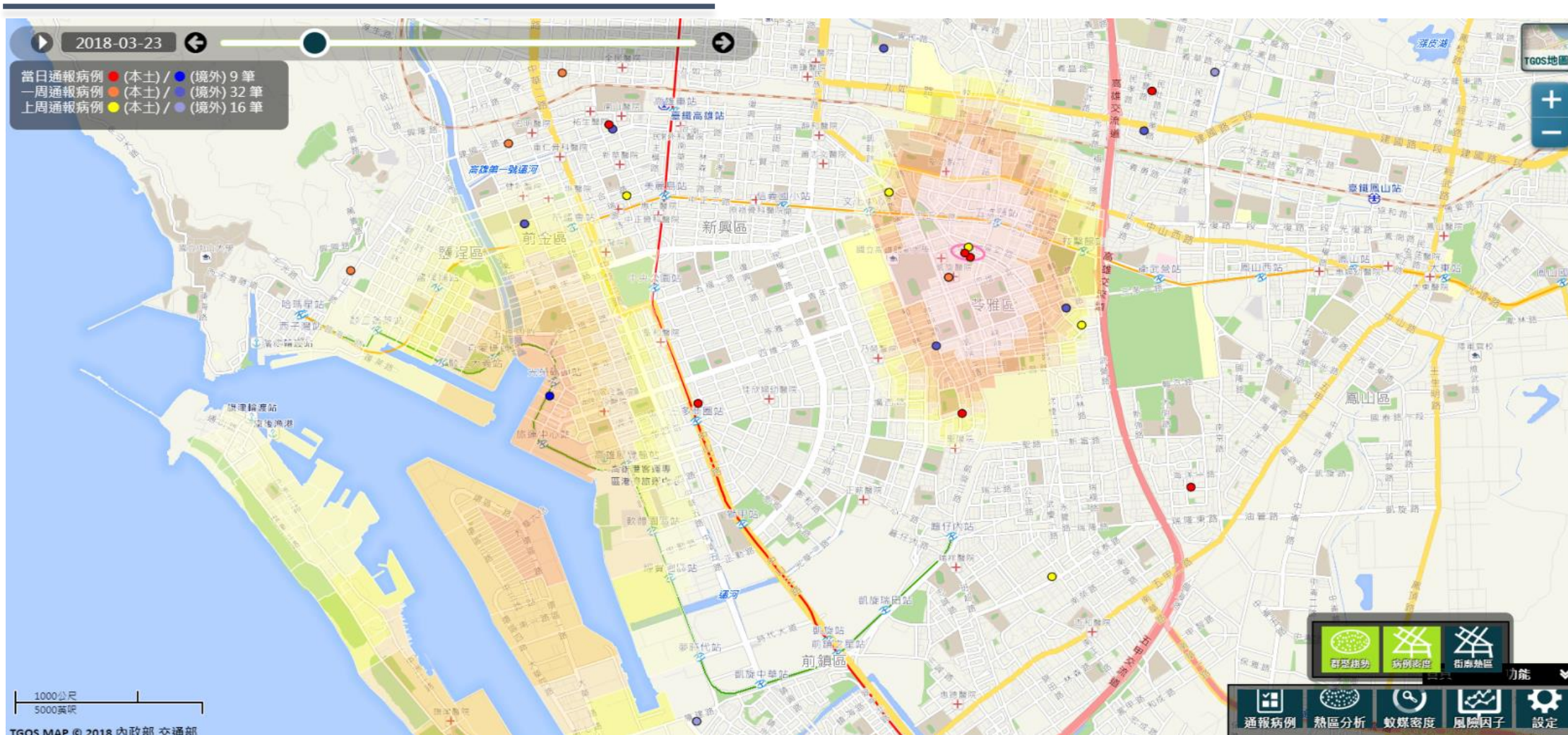
Procedure for Density Estimation

GIS and spatial statistics are combined to study relationship between environmental factors and cases.

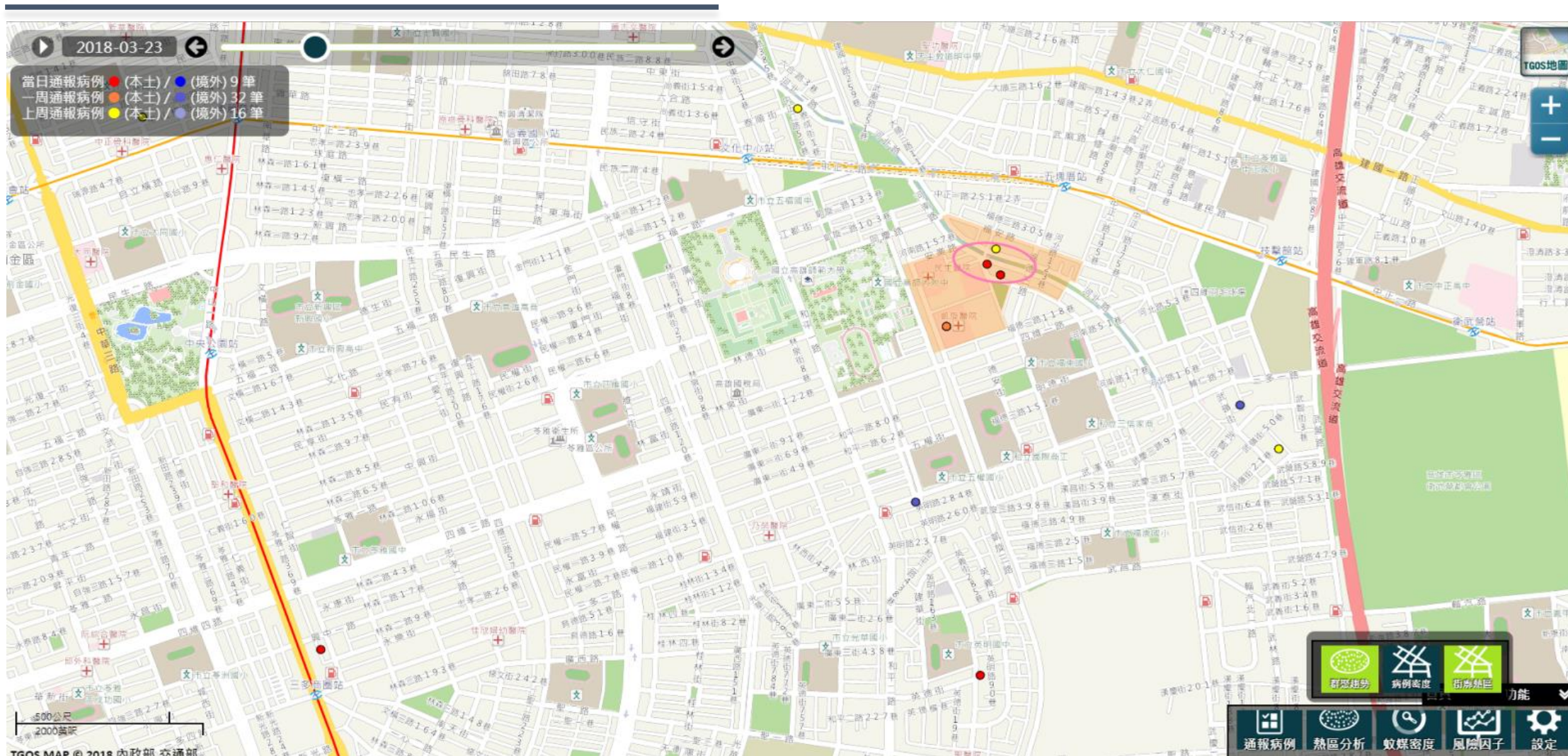
The surveillance system perform the procedure:

- Partition the study regions into tiny quadrats.
- Compute probability of occurrences by the kernel density method.
- Simulate 1000 samples under the assumption that cases happen by chance.
- Use a permutation test to find thresholds.

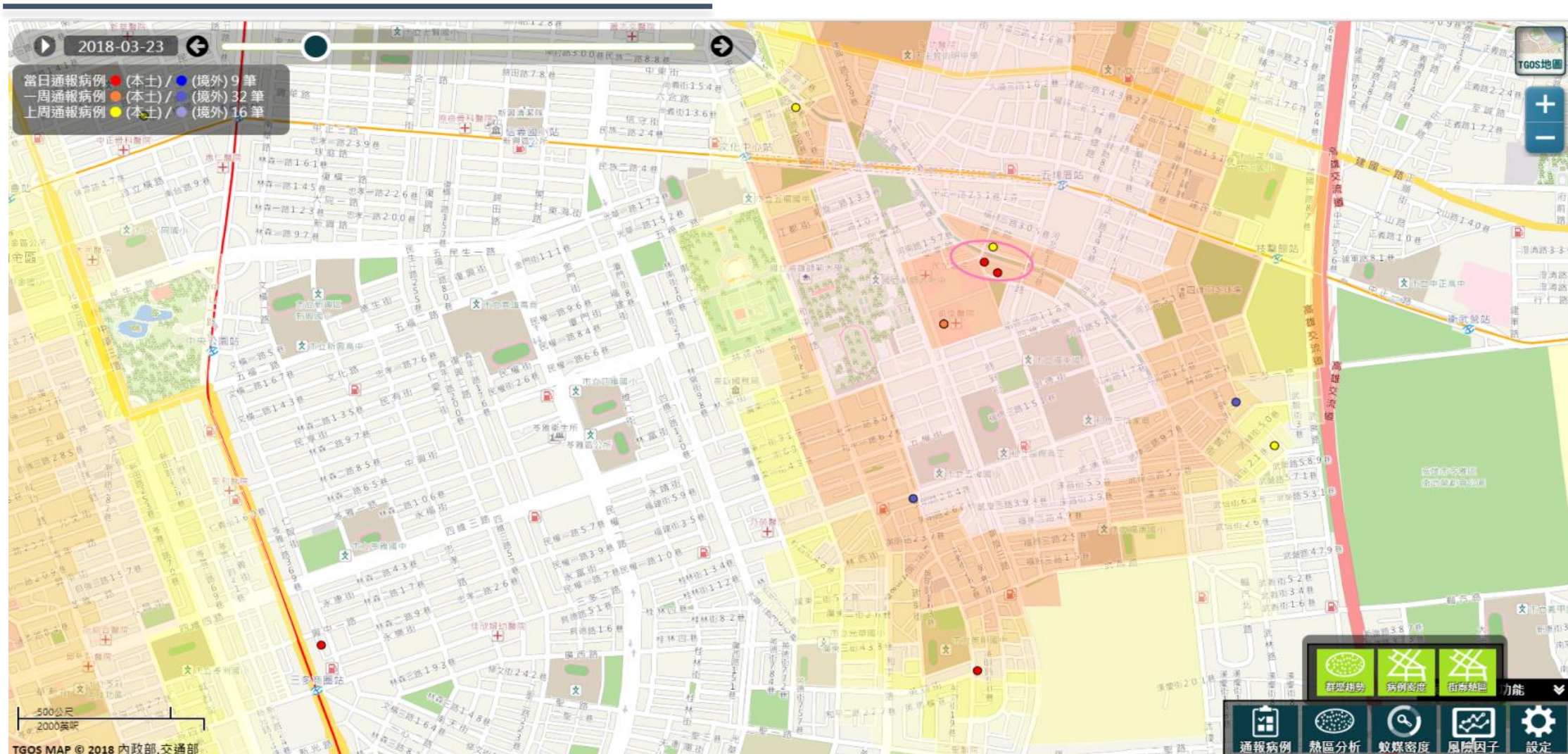
Analysis of Hot-Spots by Figure Overlay



Analysis of Clusters by Figure Overlay



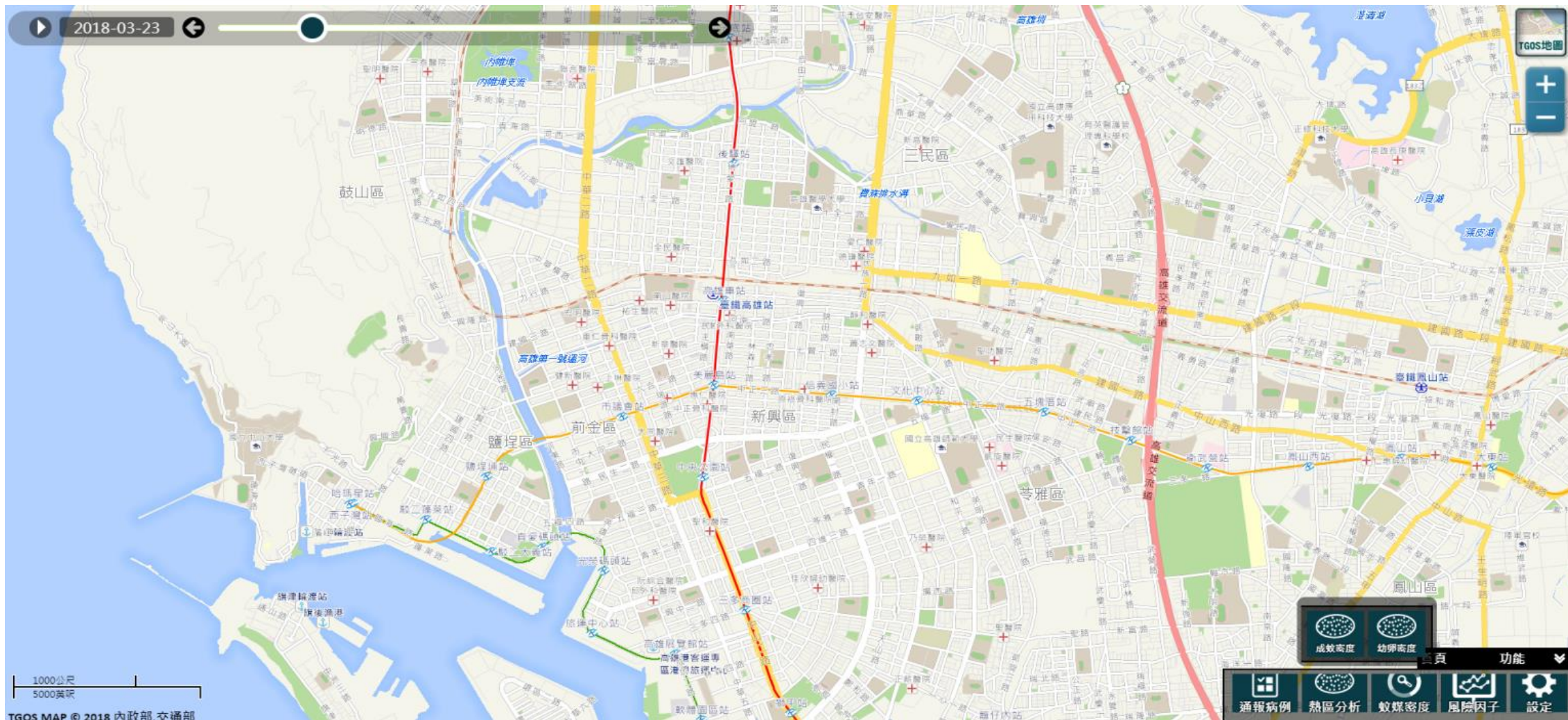
Analysis of Hot Spots by Figure Overlay





Monitor High Risk Area by Vector Index

Vector Index System



Vector Index by Ovitrap



Vector Index and Case Numbers



Vector Investigation System by Gravitrap

Task assignment systems for KH Dengue prevention teams:

病媒蚊調查作業管理系統

首頁 登出 你好, 環興科技

任務管理 成果查詢 空間資訊查詢 系統管理

任務管理

行政分區:
 時段:

任務類別:
 規劃日期: -

執行人員:

查詢 新增任務 匯出行程報表

提供後台新增及報表下載功能，顯示任務資訊，並可修改或刪除。

區里編號	行政分區	里名	狀態類別	規劃日期	時段	執行人員		
33	前金區	三川里	複查2(收)	2016/11/15	上午	test1, test2	修改	刪除
99	苓雅區	英明里	複查2(收)	2016/11/29	下午	江沛芸, 黃富祝	修改	刪除
147	鼓山區	民強里	複查2(收)	2016/11/17	上午	test1, test1	修改	刪除
147	鼓山區	民強里	複查1	2016/11/10	上午	test1, test1	修改	刪除
147	鼓山區	民強里	佈放	2016/11/3	上午	test1, test1	修改	刪除

All tables and photos are digitized to upload the system:

The screenshot displays two views of the 'Vector Investigation System' web application. The left view shows the '佈放資料' (Deployment Data) entry screen, and the right view shows the '複查資料' (Re-check Data) entry screen.

佈放資料 (Deployment Data) Entry Form:

- 調查點編號: 786-170208153848
- 行政分區: 三民區 德行里
- 鄰近地址: 嘉峯街79號
- 備註說明: 左前盆栽
- X座標: 178060.580000
- Y座標: 2504980.200000

複查資料 (Re-check Data) Entry Form:

- 調查點編號: 797-170119092500
- 行政分區: 三民區 寶珠里
- 鄰近地址: 正志路338號
- 備註說明: 屋右前盆栽
- X座標: 181156.450000
- Y座標: 2505425.030000

Both screens include a '拍攝照片' (Take Photos) section with a grid for uploading images (e.g., 照片 1, 照片 2, etc.).

At the bottom of the interface, a footer contains the text: 最佳瀏覽環境: 螢幕解析度 1280x720 以上 · © 2016 病媒蚊調查作業管理系統

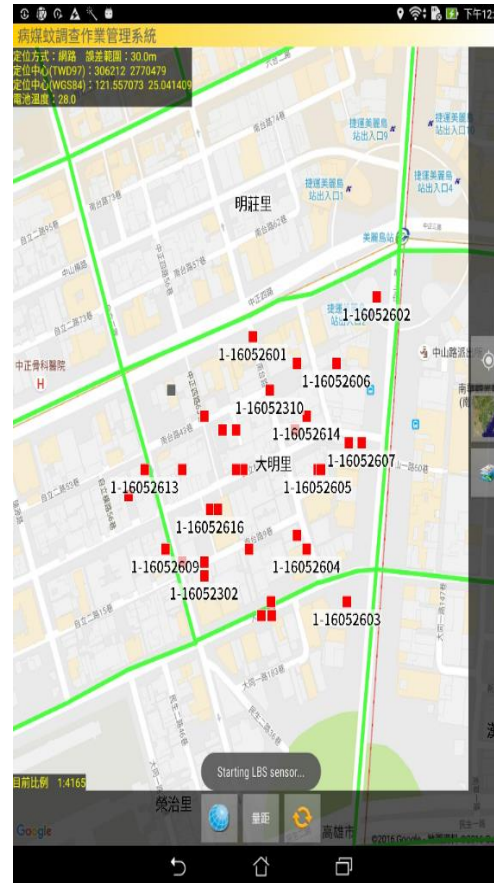
可於系統上修改或刪除調查資料及現地拍攝之照片。

App for Vector Investigation

App for mobile phone



Satellite positioning system

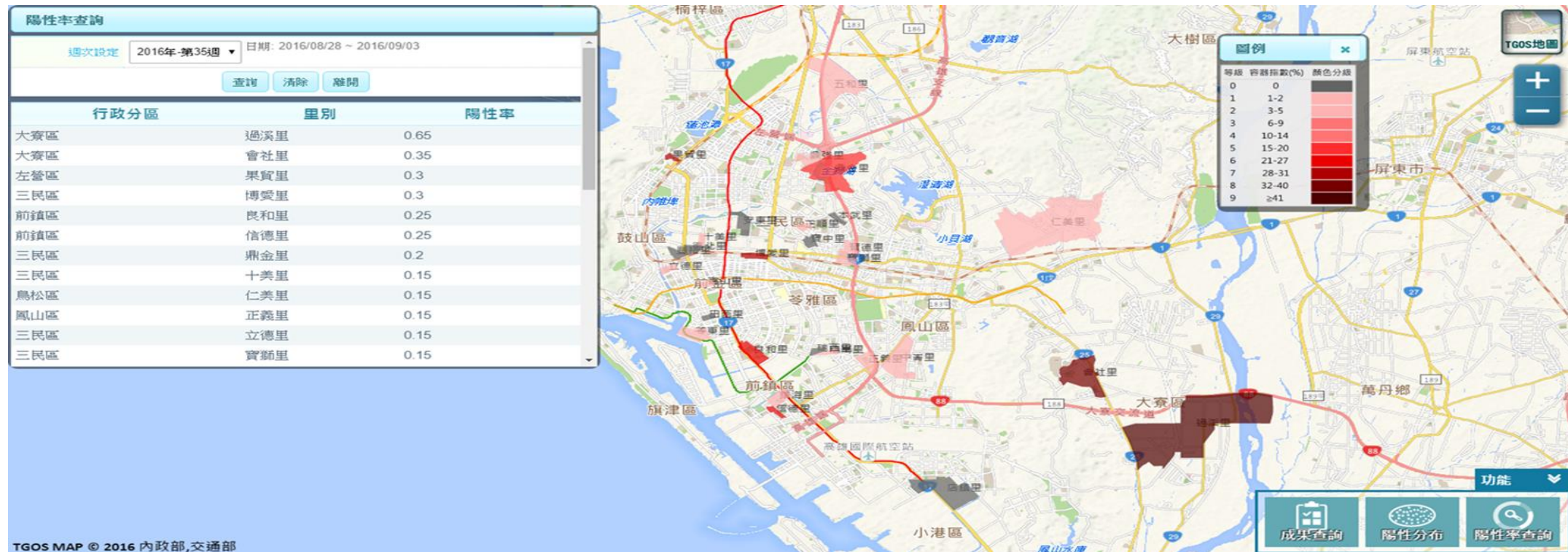


Task information

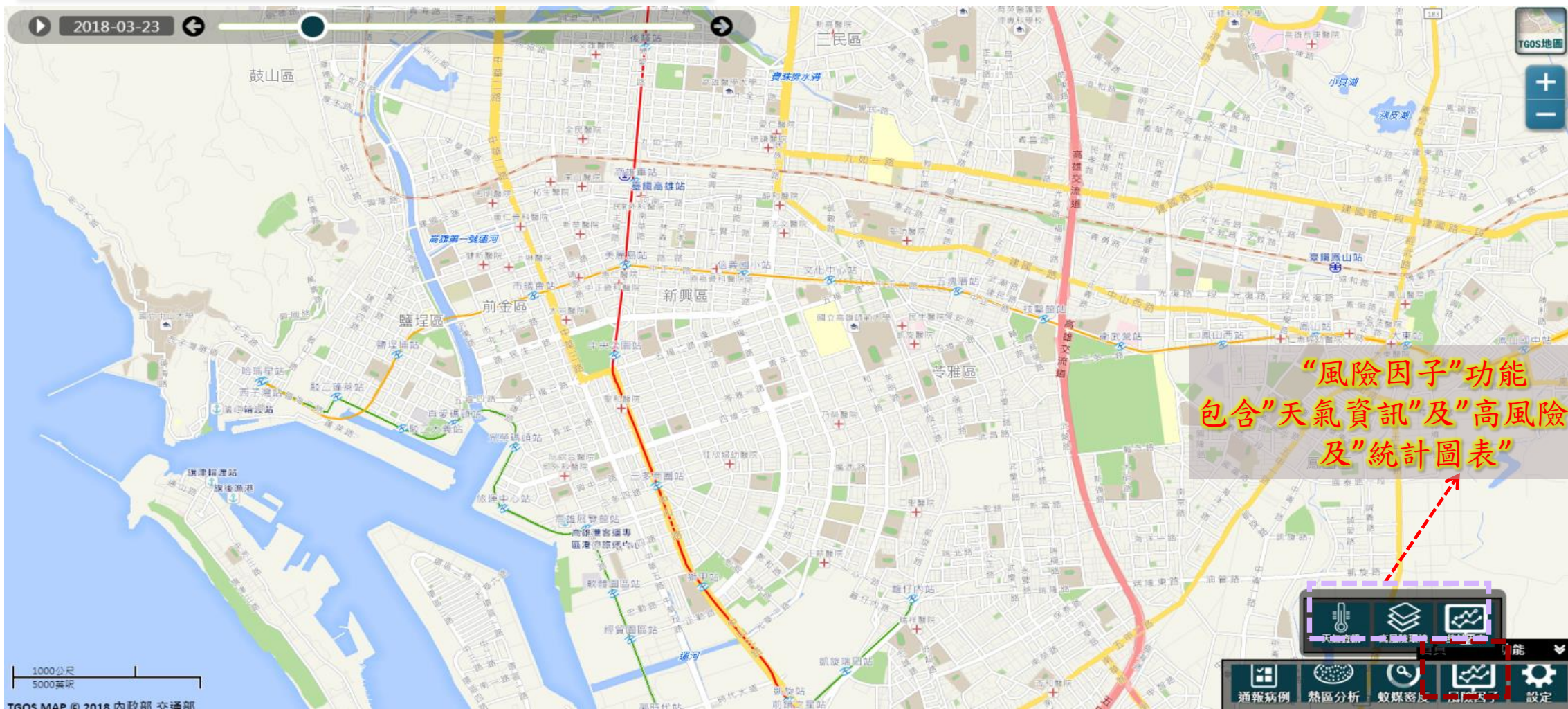


Vector Index for Gravitrap

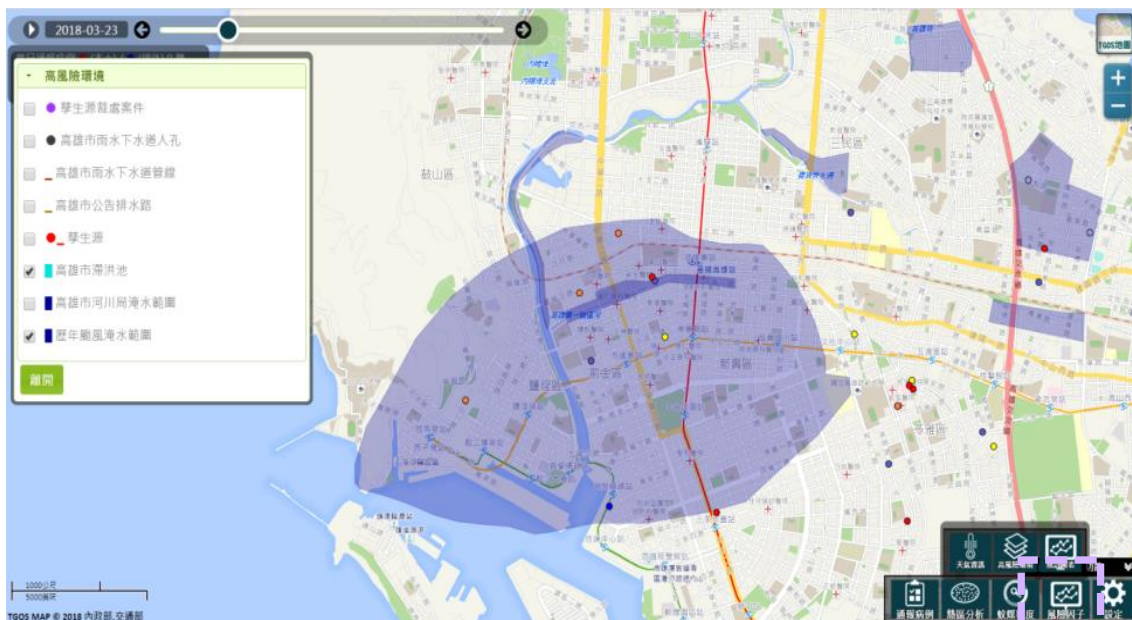
Systems updates vector index for each village by the investigation result.
The integrated GIS visualizes vector indices in the surveillance platform.



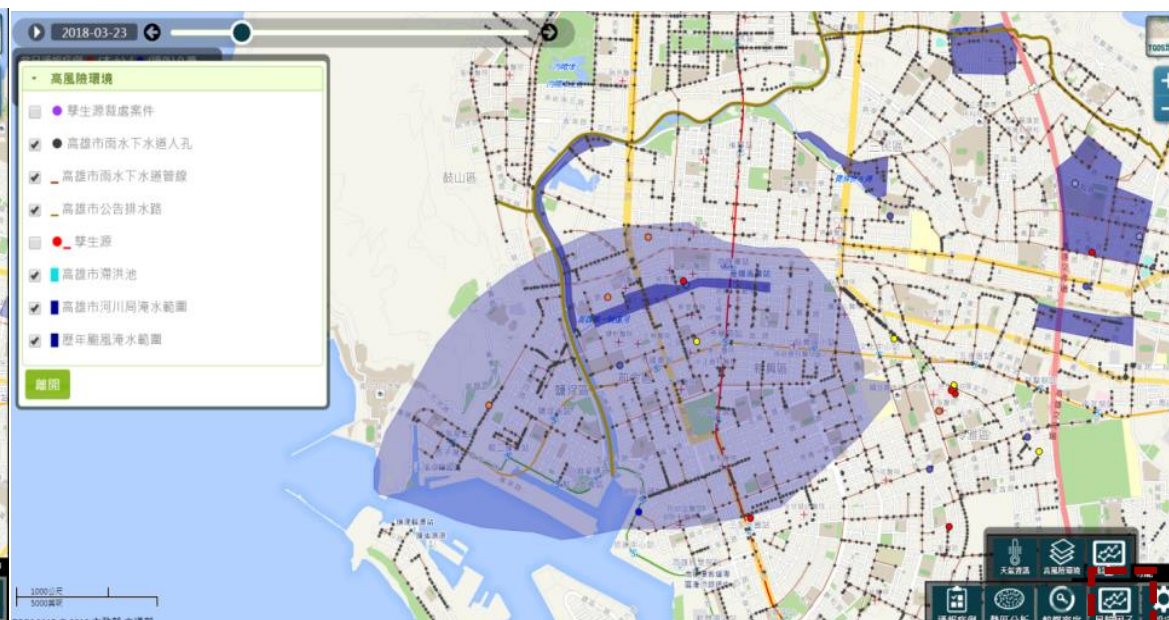
Environmental Risk Factors



High Risk Areas

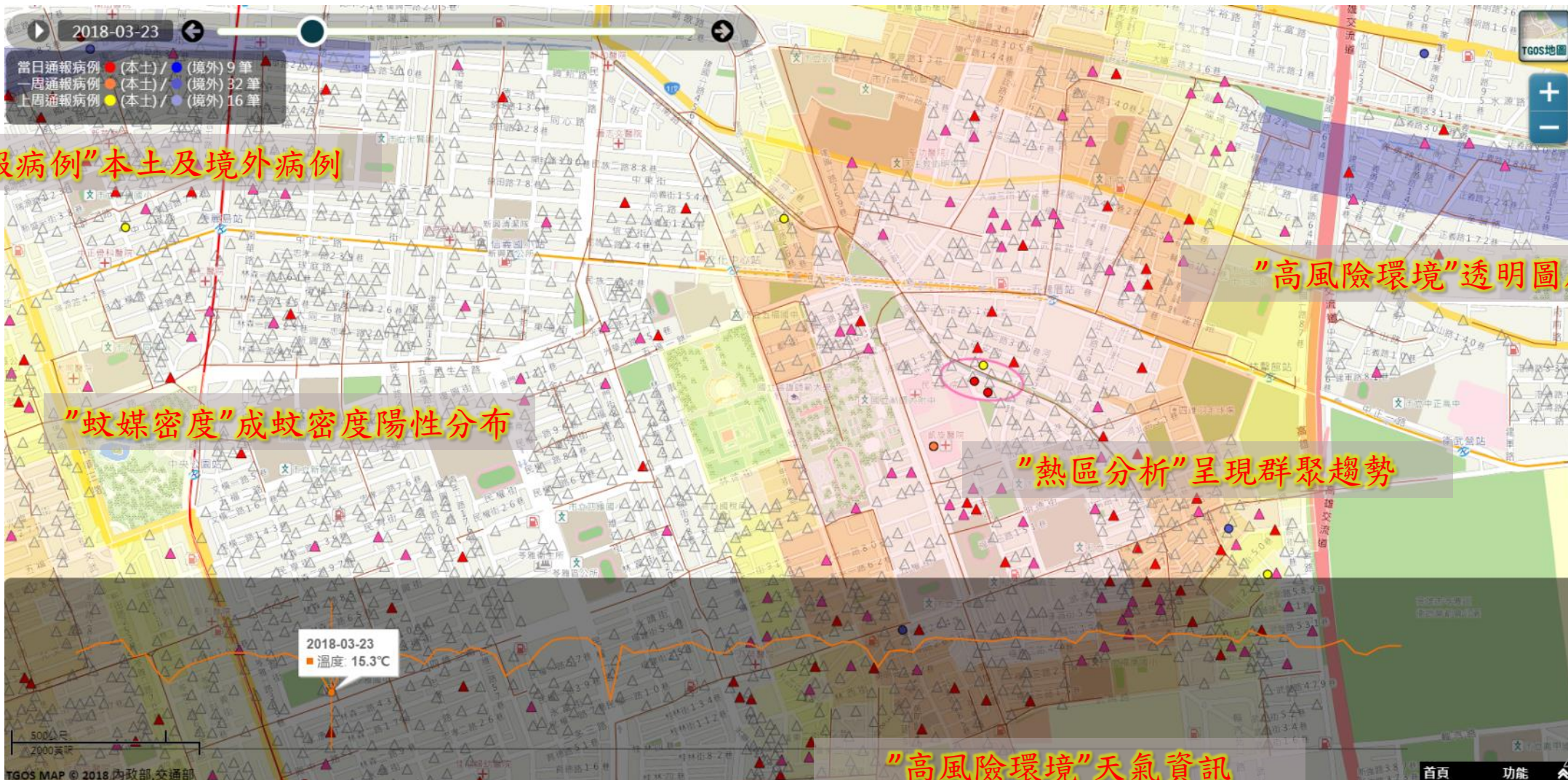


“高風險環境”功能
以透明底圖套疊高風險環境因子，如：歷年颱風淹水範圍



“高風險環境”功能
以透明底圖套疊高風險環境因子，如：歷年颱風淹水範圍、河川局淹水範圍、滯洪池、高告排水路、雨水下水道管線及人孔等

Display of All Systems



2018-03-23
當日通報病例 (本土) / (境外) 9 筆
一周通報病例 (本土) / (境外) 32 筆
上周通報病例 (本土) / (境外) 16 筆

“通報病例”本土及境外病例

“高風險環境”透明圖層

“蚊媒密度”成蚊密度陽性分布

“熱區分析”呈現群聚趨勢

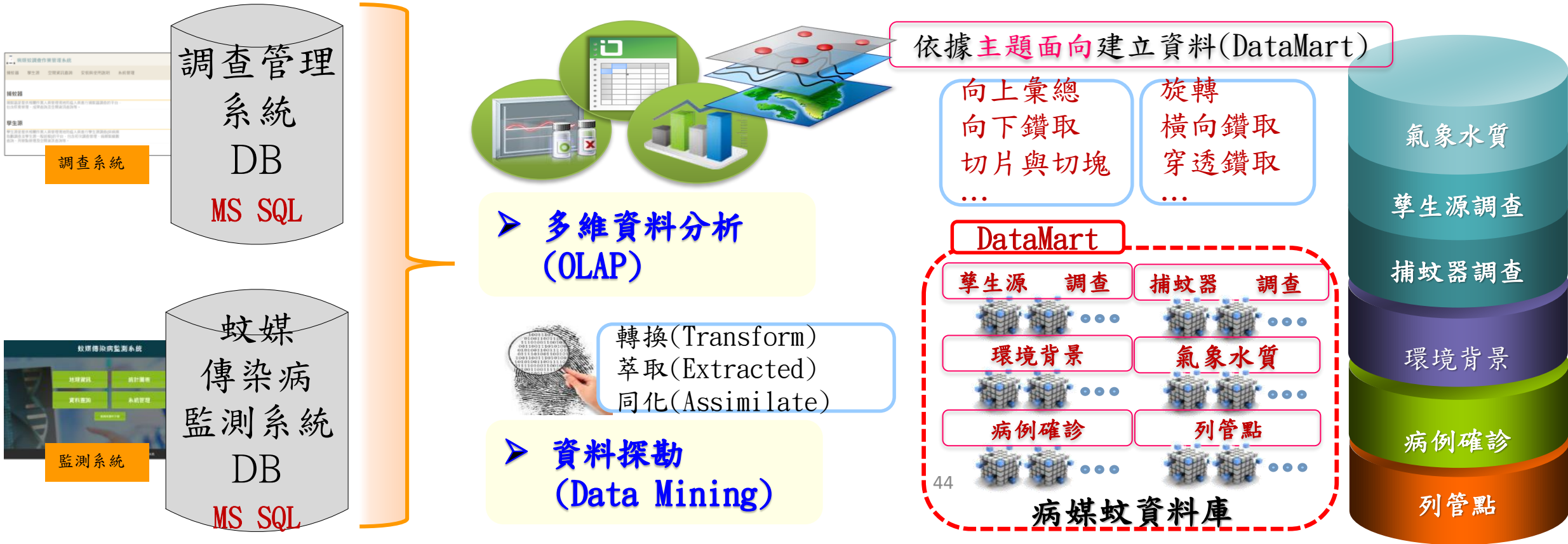
“高風險環境”天氣資訊

2018-03-23
溫度: 15.3°C



Management for Big Data

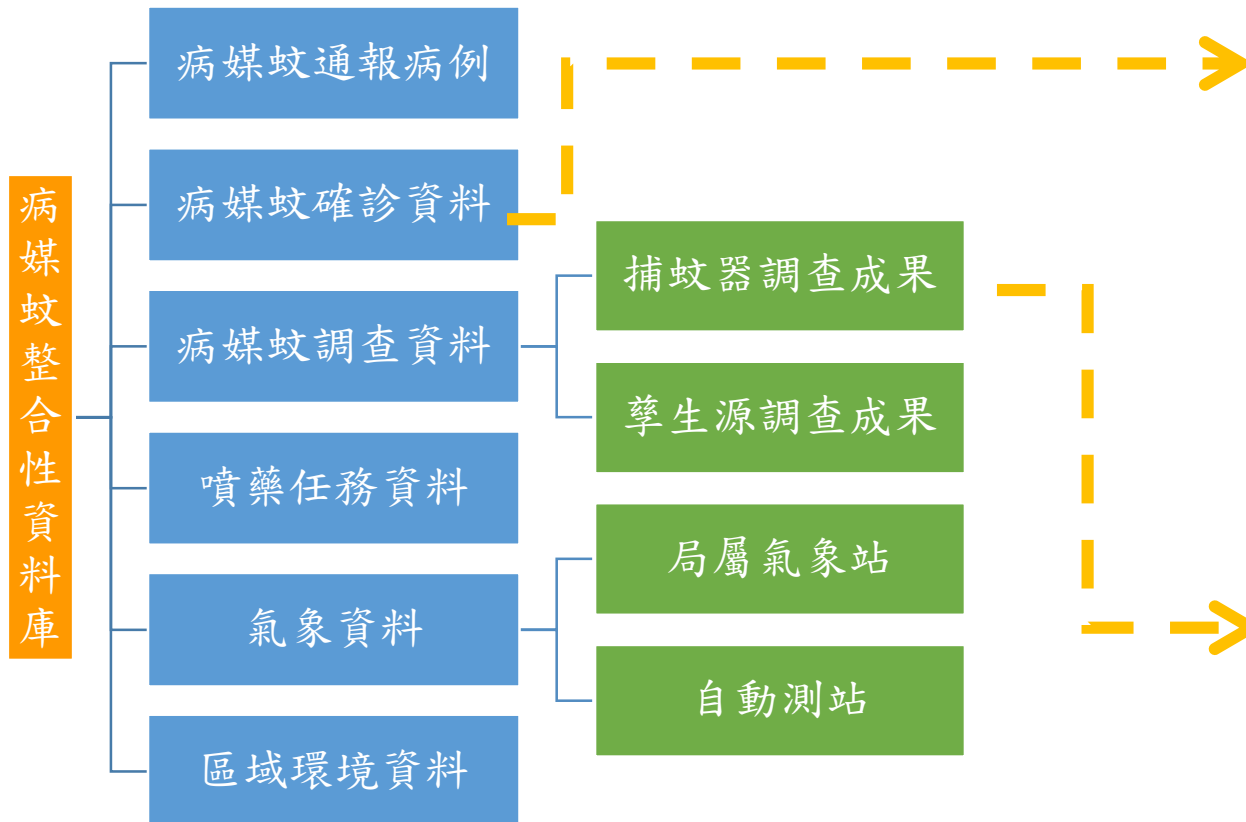
Data Management System



將現有MS SQL資料庫，依個主題面向建立資料集，
 建構資料倉儲架構。

Data Management for Big Data

資料倉儲規劃：以年度及鄉鎮切割資料



欄位	描述	資料型態
PKID	系統流水號	float
CASE_REPORT_ID	AUDIT_CASE_REPORT_PKID	float
NO_CONFIRM	確診編號	float
C_DATE	個案研判日 OR 確診日	nvarchar
VIREMIA	病毒血期	ntext
VIREMIA_PLACE	病毒血期所在地點	ntext
VIREMIA_PLACE_DETAIL	病毒血期所在地點 詳細	ntext
I_CONTACTS	同住接觸者	float
I_HISTORY	過去登革熱病史	ntext
I_TREAT	就醫次數	float
VI_DATE	病媒調查日期	nvarchar
B_NO	布氏指數	float
A_NO	成蟲指數	float
F_MONTH	發病月份	float
RELATIVE	家人	ntext
COMMENT	備註	ntext
NO_REGION	第幾例流水號	float
VILLAGE_X	村里	ntext
DIST_X	鄉鎮區	ntext
F_DATE_X	發病日	nvarchar

欄位	描述	資料型態
S_Co	調查紀錄編號	varchar
Box_Co	誘卵器編號(關聯至佈放的"編號")	varchar
S_Date	調查日期	datetime
S_User	調查記錄者	nvarchar
Egypt_M	公埃及斑蚊數量	int
Egypt_F	母埃及斑蚊數量	int
White_M	公白線斑蚊數量	int
White_F	母白線斑蚊數量	int
Bug	孑孓數量	int
Egg	卵數量	int
Other	其他說明	nvarchar
OutSide_Egypt_M	非誘卵器病媒蚊-埃及斑蚊公數量	int
OutSide_Egypt_F	非誘卵器病媒蚊-埃及斑蚊母數量	int
OutSide_White_M	非誘卵器病媒蚊-白線斑蚊公數量	int
OutSide_White_F	非誘卵器病媒蚊-白線斑蚊母數量	int
OutSide_Bug	非誘卵器病媒蚊-孑孓數量	int
OutSide_Egg	非誘卵器病媒蚊-卵數量	int
OutSide_Method	非誘卵器調查方法	int
OutSide_Other	非誘卵器病媒蚊-其他說明	nvarchar

整合環境資源資料開放平臺及蚊媒各平台 MS SQL 資料。

配合不同資料及來源，以日、周、月為交換週期作人工批次匯入及 Web Service 排程批次交換。

以資料倉儲方式儲存整合於國衛院作業環境內之 MySQL 資料庫。

Integrated System for Big Data

系統畫面規劃

蚊媒傳染病監測系統

- 地理資訊
- 統計圖表
- 資料查詢
- 系統管理
- 資料表單下載
- 使用者操作手冊

氣象資料

資料日期
最高氣溫
最低氣溫
平均氣溫
最高相對溼度
最低相對溼度
平均相對溼度
降水量

病媒蚊確診資料

AUDIT CASE REPORT PKID
確診編號
個案研判日 OR 確診日
病毒血期
病毒血期所在地點
病毒血期所在地點 詳細
同住接觸者
過去登革熱病史
就醫次數
病媒調查日期
布氏指數
成蟲指數
發病月份
家人
備註
第幾例流水號
發病日

捕蚊器調查資料

調查紀錄編號
誘卵器編號(關聯至佈放的"編號")
調查日期
調查記錄者
公埃及斑蚊數量
母埃及斑蚊數量
公白線斑蚊數量
母白線斑蚊數量
孑孓數量
卵數量
其他說明
非誘卵器病媒蚊-埃及斑蚊公數量
非誘卵器病媒蚊-埃及斑蚊母數量
非誘卵器病媒蚊-白線斑蚊公數量
非誘卵器病媒蚊-白線斑蚊母數量
非誘卵器病媒蚊-孑孓數量
非誘卵器病媒蚊-卵數量
非誘卵器調查方法
非誘卵器病媒蚊-其他說明

孳生源調查資料

*調查地區分類
*機關代表地點
調查類別
調查戶數
陽性戶數
陽性戶數 (有埃及斑蚊幼蟲)
調查(積水)容器數 戶內
調查(積水)容器數 戶外
調查(積水)容器數 合計
陽性容器數 戶內
陽性容器數 戶外
陽性容器數 合計
採獲斑蚊雌蟲數 埃及 戶內
採獲斑蚊雌蟲數 埃及 戶外
採獲斑蚊雌蟲數 白線 戶內
採獲斑蚊雌蟲數 白線 戶外
孳生斑蚊蟲隻數 埃及
孳生斑蚊蟲隻數 白線
孳生斑蚊蟲隻數 未分類
布氏指數 指數
布氏指數-級數
成蟲指數(♀) 埃及
成蟲指數(♀) 白線
住宅指數 指數
住宅指數 級數
住宅指數 (埃及斑蚊) 指數
住宅指數 (埃及斑蚊) 級數
容器指數 指數
容器指數 級數
幼蟲指數 指數
幼蟲指數-級數
*孳生斑蚊蛹數
蛹指數
調查機關

孳生源調查資料

*積水容器戶內1(花瓶)
*積水容器戶外1(花瓶)
*陽性容器戶內1(花瓶)
*陽性容器戶外1(花瓶)
*積水容器戶內2(各式底盤)
*積水容器戶外2(各式底盤)
*陽性容器戶內2(各式底盤)
*陽性容器戶外2(各式底盤)
*積水容器戶內3(水溝)
*積水容器戶外3(水溝)
*陽性容器戶內3(水溝)
*陽性容器戶外3(水溝)
*積水容器戶內4(水塔、冷卻水塔)
*積水容器戶外4(水塔、冷卻水塔)
*陽性容器戶內4(水塔、冷卻水塔)
*陽性容器戶外4(水塔、冷卻水塔)
*積水容器戶內5(帆布、塑膠布)
*積水容器戶外5(帆布、塑膠布)
*陽性容器戶內5(帆布、塑膠布)
*陽性容器戶外5(帆布、塑膠布)
*積水容器戶內6(桶、缸甕、盆)
*積水容器戶外6(桶、缸甕、盆)
*陽性容器戶內6(桶、缸甕、盆)
*陽性容器戶外6(桶、缸甕、盆)
*積水容器戶內7(保利龍箱盤、塑膠籃)
*積水容器戶外7(保利龍箱盤、塑膠籃)
*陽性容器戶內7(保利龍箱盤、塑膠籃)
*陽性容器戶外7(保利龍箱盤、塑膠籃)
*積水容器戶內8(馬桶水箱)
*積水容器戶外8(馬桶水箱)
*陽性容器戶內8(馬桶水箱)
*陽性容器戶外8(馬桶水箱)
*積水容器戶內9(杯瓶碗罐盒)
*積水容器戶外9(杯瓶碗罐盒)
*陽性容器戶內9(杯瓶碗罐盒)
*陽性容器戶外9(杯瓶碗罐盒)
*積水容器戶內10(地下室、防空洞)
*積水容器戶外10(地下室、防空洞)
*陽性容器戶內10(地下室、防空洞)
*陽性容器戶外10(地下室、防空洞)
*積水容器戶內11(輪胎)
*積水容器戶外11(輪胎)
*陽性容器戶內11(輪胎)
*陽性容器戶外11(輪胎)
*積水容器戶內12(其他)
*積水容器戶外12(其他)
*陽性容器戶內12(其他)
*陽性容器戶外12(其他)

各類原始資料欄位下載項目規劃

查詢條件

年度

鄉鎮區

欄位選擇

病媒蚊確診資料 計畫欄位 年度 綱要計畫主政單位 綱

捕蚊器調查資料 計畫欄位 執行計畫業管單位 執行計畫程度 執行機構名稱 主管機關

孳生源調查資料 經費欄位 核定經費 全程經費 本期經費 (其他)

氣象資料 行計畫) 否 是

產生報表



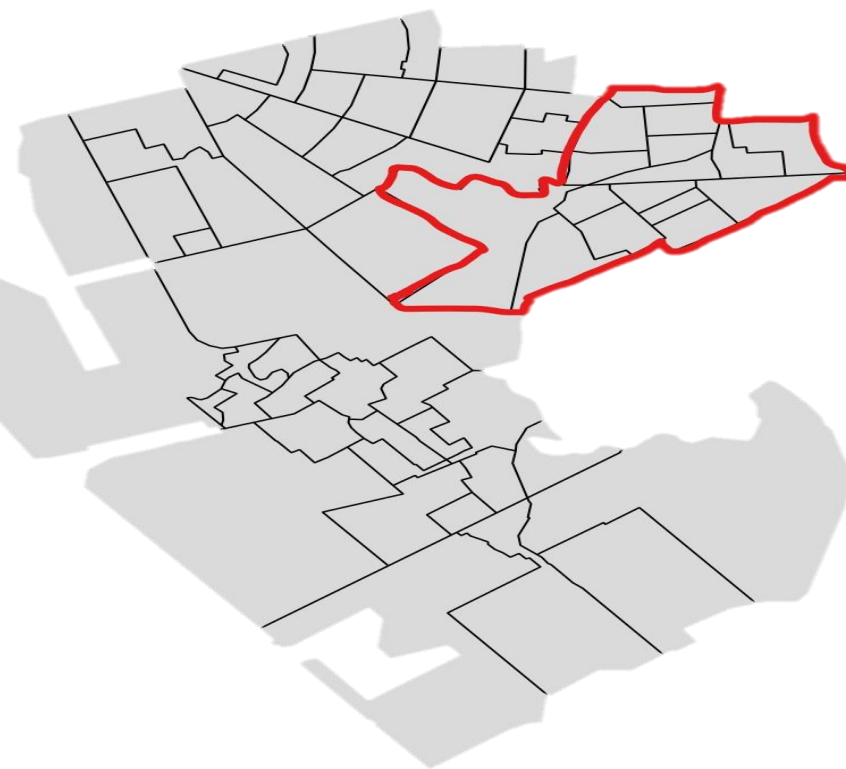
Current Research for DF Control

Study of Vector Index by Gravitrap

高雄市前鎮區行政區域圖



放大圖



Data from the 8th week of 2017



Statistical Method for Testing Change of Numbers

We consider a hypothesis for time-point change

$$H_0: \mu_i = \mu; \quad i = 1, \dots, n.$$

$$H_1: \mu_i = \mu; \quad i = 1, \dots, k,$$
$$\mu_i = \mu'; \quad i = k + 1, \dots, n.$$

A Worsley's likelihood ratio test is $W = \max_{1 \leq k \leq n-1} \sqrt{n-2} |T_k| / S_k$, which is related to the sample means before and after change.



Numerical Result for Change Point

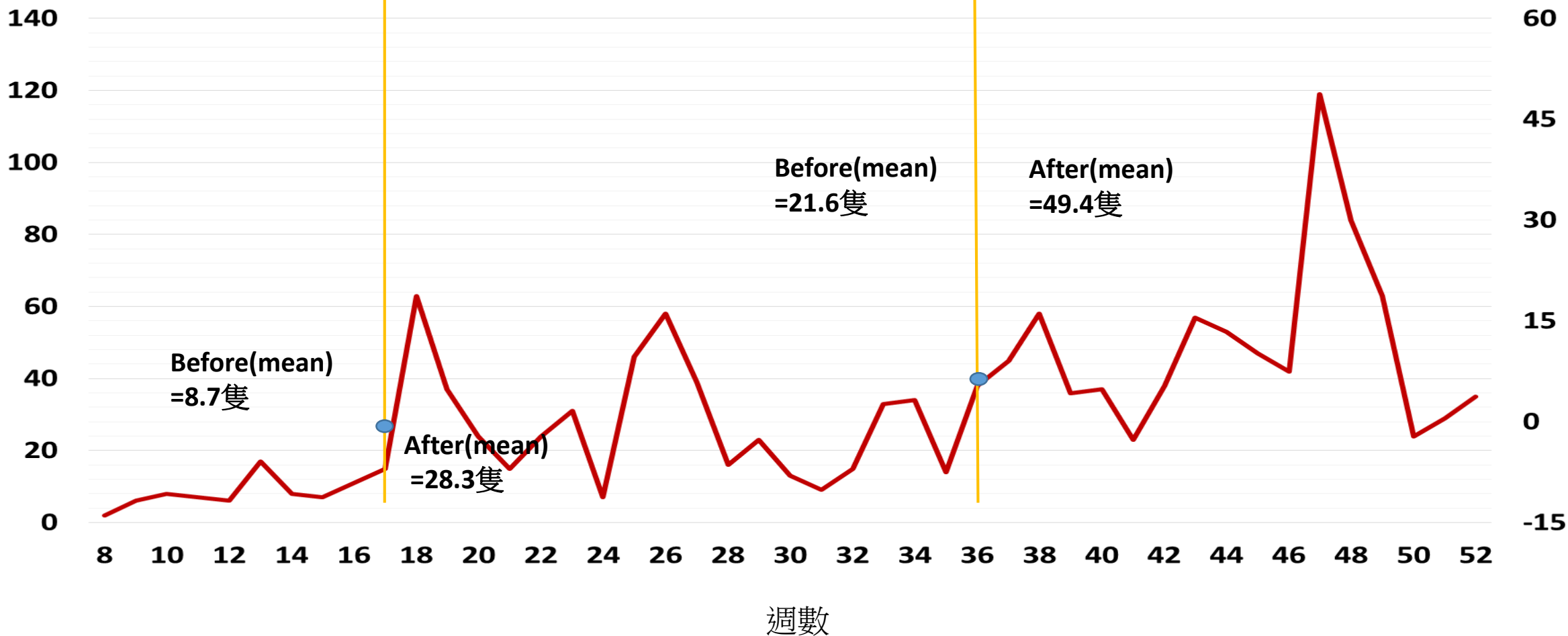
週數	O	E	Z-Score	Worsley	週數	O	E	Z-Score	Worsley	週數	O	E	Z-Score	Worsley
8	2	1	0.91	1.43	24	7	1	4.65	3.76	40	37	1.42	19.82	4.37
9	6	1	3.95	1.88	25	46	1.77	22.07	3.50	41	23	1.28	13.26	4.75
10	8	1	5.33	2.19	26	58	1.81	27.15	3.08	42	38	1.46	20.08	4.79
11	7	1.4	3.83	2.59	27	39	1.3	21.64	2.89	43	57	1.5	28.98	4.35
12	6	1.2	3.54	3.01	28	16	1.45	8.84	3.15	44	53	1.39	27.99	3.99
13	17	1.55	9.08	3.12	29	23	1.15	13.91	3.25	45	47	1.34	25.42	3.80
14	8	1	5.33	3.45	30	13	1.18	7.96	3.57	46	42	1.24	23.67	3.73
15	7	1.17	4.26	3.85	31	9	1.29	5.26	4.05	47	119	1.51	57.49	1.89
16	11	1.22	6.64	4.14	32	15	1.25	8.90	4.41	48	84	1.5	41.62	0.89
17	15	1	9.87	4.28	33	33	1.38	18.03	4.39	49	63	1.31	33.74	0.12
18	63	1.47	32.09	3.38	34	34	1.89	16.13	4.47	50	24	1.33	13.57	0.35
19	37	1.16	21.64	3.06	35	14	1.17	8.59	4.95	51	29	1.07	17.85	0.38
20	24	1.2	14.21	3.07	36	38	2.11	17.07	5.04	52	35	1.09	21.11	NA
21	15	1.67	7.74	3.33	37	45	1.55	22.91	4.83					
22	24	1.5	12.86	3.41	38	58	1.61	28.57	4.35					
23	31	1.41	16.84	3.34	39	36	1.44	19.20	4.36					



Time Change for Mosquito Numbers

病媒蚊數量

— 病媒蚊數



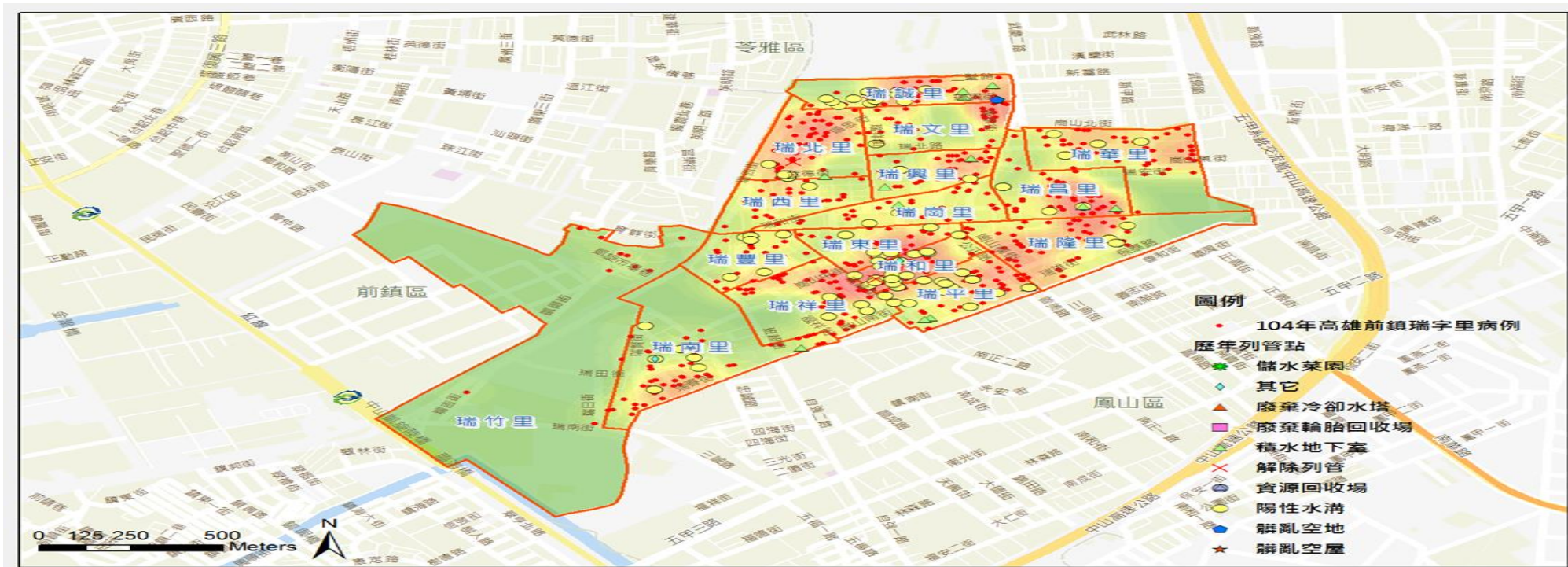
Environmental Factors for DF

The integrated GIS can map possible risk factors associated with disease vectors.



Risk Factor Map for Cases and Vector

An example for cases associated with DF lanes and positive ditches.
 Red color means high probability for occurrence of DF infection.





Prediction Model with Risk Factors

Extreme weather would affect mosquito-borne diseases.

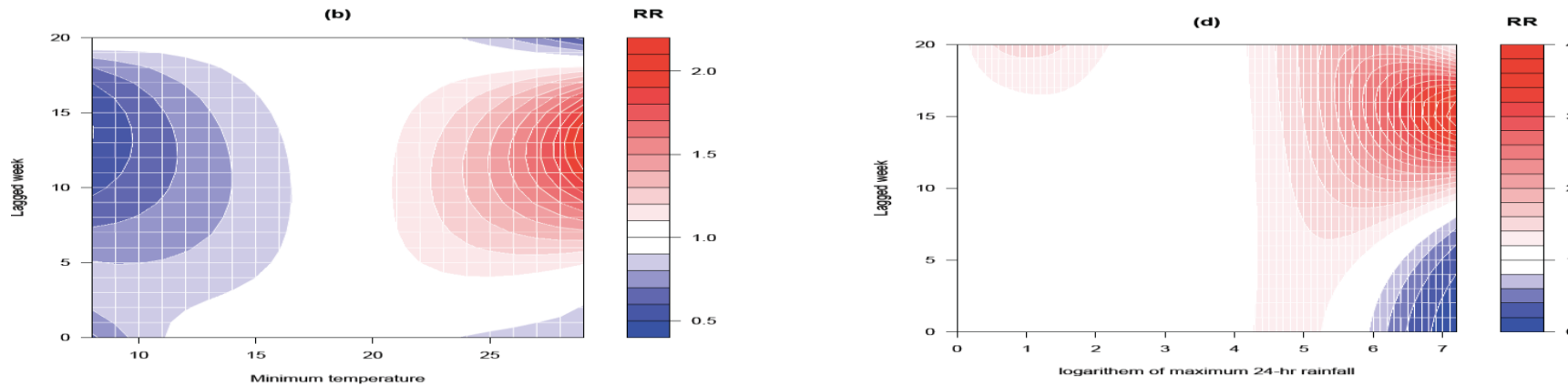
Taiwan is an excellent place to study impact of climate change for DF:

- An isolated island.
- Tropical and temperate climates.

Research Results can be used for reference in temperate countries, such as Japan.

Prediction Model with Risk Factors

Relationship between maximum rainfall and minimum temperature:



- Use Poisson model to predict annual cases.
- Sequentially add variables by AIC.



Leave-one-out Cross Validation

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
-2005	103	958	168	422	787	1047	1165	504	65	15085	19975	3
-2006	126	905	168	422	787	1047	1165	504	65	15085	19975	3
-2007	126	958	92	422	787	1047	1165	504	65	15085	19975	3
-2008	126	958	168	382	787	1047	1165	504	65	15085	19975	3
-2009	126	958	168	422	186	1047	1165	504	65	15085	19975	3
-2010	126	958	168	422	787	624	1165	504	65	15085	19975	3
-2011	126	958	168	422	787	1047	1191	504	65	15085	19975	3
-2012	126	958	168	422	787	1047	1165	560	65	15085	19975	3
-2013	126	958	168	422	787	1047	1165	504	18	15085	19975	3
-2014	126	958	168	422	787	1047	1165	504	65	14618	19975	3
-2015	126	958	168	422	787	1047	1165	504	65	15085	21202	3
-2016	126	958	168	422	787	1047	1165	504	65	15085	19975	2
實際值	126	958	168	422	787	1047	1165	504	65	15085	19975	3

Minimum temperatures from May to July were positively associated with large outbreak in 2014 and 2015.



Research Team

National Health Research Institutes:

Dr. Hsiao-Hui Tsou (Data-management center)

National Taiwan University

Dr. Tzai-Hung Wen (Dengue epidemiology)

University of Wisconsin-Madison

Dr. Jun Zhu (Statistics and Entomology)

City University of Hong Kong

Dr. Hsiang-Yu Yuan (Bioinformatics)

Chinese University of Hong Kong

Dr. Kin-On Kwok (Infectious diseases)