

導入專業測繪成果於開放街圖

朱宏杰^{1*}

曾義星²

江凱偉³

摘要

「開放街圖」OSM(OpenStreetMap)，於 2004 年由英國 Steve Coast 發起，其為一群眾計劃任何人皆可參與，經由貢獻者主動編輯周遭與家鄉的地圖。然而開放街圖的精度是一值得探討的議題，所以將使用測量專業知識，例如：控制測量、水準測量、GPS 測量等專業技術以提高 OSM 精度，使 OSM 能夠更加精確。

本研究主要是讓專業測量成果融入於 OSM，以「台南市台南公園」為例，測量的時間為 2014 年 7 至 8 月，並匯入專業測量成果於 JOSM 編輯器，進行 OSM 編修。透過實際進行編修前後 OSM 比對，可瞭解專業測量結果確實豐富了開放街圖，也透過 OSM，讓大眾看到測量製圖結果，因此除了內容豐富之外，編修前後建物與水池位置、數量、面積與形狀確實有大幅改變。

關鍵字：測量、製圖、開放街圖

1. 前言

過去，地圖產製是測量與製圖專業人士的工作，隨著開放街圖(OpenStreetMap, OSM)的出現，製圖不再是專利，OSM 有開放格式及開放授權，可由全球群眾及在地者共同協作來繪製地圖(Haklay & Weber, 2008)。依照群眾外包(crowdsourcing)與自發性地理資訊(Volunteered Geographic Information, VGI)的觀念(Goodchild, 2007)，OSM 貢獻者藉由 GPS 軌跡、衛星影像等，甚至僅靠使用者對本地的認知，進行繪製地圖。相較於 VGI，專業地理資訊(Professional Geographic Information, PGI)由專業測繪單位負責產製專業性地理資料，為符合資料品質，往往需要投入較高成本，也常使得更新速度慢(Vandenbroucke *et al.*, 2013)。介紹了 VGI 與 PGI 的差異，然而 OSM 的資料品質是值得被探討的議題，根據 Haklay (2010)研究指出 OSM 與英國地形測量局(Ordnance Survey)專業測量比較後，發現平均約有 6 公尺的誤差，雖然誤差尚可被 GIS 地圖

使用者接受，仍有精度之疑慮。有鑑於此，在使用 OSM 之前，最好對資料精度與完整性有所瞭解(Jackson *et al.*, 2013)，本研究考量若能以專業測量後，再將其製圖成果整合於 OSM 開放街圖，便可以解決 OSM 製圖誤差之疑慮。

因此，為了提升 OSM 地圖精度，本研究考量專業測量技術應用於開放街圖，並將開放街圖融入本系 2014 測量總實習課程，測量總實習為本系之特色課程，其課程內容目的在於讓學生透過此實習能夠將大學一年級至三年級所學之所有測量知識，包括控制測量、攝影測量、地理資訊系統(GIS)以及相關規範等，付諸於實務操作。有鑑於此，本研究主要介紹總實習測量成果融入於 OSM 之案例，此案例地點為「台南市台南公園」，測量時間為 2014 年 7 至 8 月。

2. 方法

整體流程主要包含控制測量、攝影測量、GIS

¹國立成功大學測量及空間資訊學系 助理教授

²國立成功大學測量及空間資訊學系 教授

³國立成功大學測量及空間資訊學系 教授

*通訊作者， E-mail: honejaychu@gmail.com

收到日期：民國 105 年 05 月 18 日

修改日期：民國 105 年 11 月 04 日

接受日期：民國 105 年 11 月 16 日

資料建置、OSM 編修與 OSM 檢核等作業，甲方老師們開出製圖需求，由乙方學生執行，交由丙方學生驗收。

(1) 控制測量

地形圖測製前須完成台南公園之控制測量，控制測量作業項目如下：

a. 選點

依實習區域之狀態選取平面及高程控制點位，並進行已知控制點之檢驗，衛星控制點之位置之選取，以方便導線測量時應用為原則。選取之點位應編號，並於現地清楚標示測點及編號，製作控制點點之記。

b. 已知控制點檢測

(a) 已知基本控制點檢測

以符合內政部(2007a)「基本測量實施規則」加密控制測量相關規定之測量方法，檢測相鄰 3 個點位間之夾角及邊長，實測值與已知點坐標反算值相較差值，角度較差不超過 20 秒，邊長(經必要改正後)差比數不得大於二萬分之一。

(b) 已知高程控制點檢測

採用直接水準測量檢測相鄰 2 個已知高程點位間的高程差，每測段往返閉合差不得大於 10 公釐 \sqrt{K} (K 為水準路線長，以公里計)，檢測高程差與原高程差比較差值，不得大於 10 公釐 \sqrt{K} 。

c. 平面控制測量

平面控制測量分為主控制網及加密網。主控制測量網採用虛擬基準站即時動態定位技術實施，並挑選測區周圍和內部的主控制點採用衛星定位測量方法觀測，消除虛擬基準站即時動態定位求得坐標之系統誤差。加密網採導線測量方式實施之，在衛星控制點間以導線網的型式加密。採用衛星定位測量方法觀測應至少包含 3 個內政部公告之一等或二等衛星控制點，且必須符合內政部「基本測量實施規則」所規定實施加密控制測量精度規範。加密網的導線邊長要儘量等長。導線網的觀測成果實施整體網形平差計算，且套合至主控制網上。

d. 高程控制測量

採取直接水準測量方法實施，觀測網形中應至少包含 2 個內政部公告之一等水準點及若干校區附近的已知水準點，必須符合內政部「基本測量實施規則」所規定之水準測量方法實施加密控制測量之精度規範。GPS 高程測量的部分，符合內政部研擬「基本測量實施規則」所規定之「以衛星定位測量方法實施加密控制測量之精度規範」。

(2) 攝影測量

以攝影測量之方式進行實習區域 1/1000 數值地形圖之測製，由甲方提供台南公園地區之 UAV 空照影像、影像參數、相機參數、GPS(或 GPS/IMU)資料等相關資料實行以下作業：

a. 航測控制點之分佈

依據內政部(2010) 建置「都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」中「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定」，採用衛星定位測量輔助空中三角測量之內容。除布設控制點外，測區測設檢核點，供驗證空中三角測量品質之用。

b. 空中三角測量

採用影像工作站、Pix4dMapper、LPS、ISAT(Image Station Automatic Triangulation)等軟體進行操作，利用影像之初始內、外方位參數、控制測量所得到的控制點座標、人工量測控制點，加上影像工作站的影像匹配功能來自動化量測空中三角測量大量的連結點，連結影像之間的關係，並將強制套合平差得到的外方位成果應用在後續的地物測繪、數值高程模型測製及正射影像製作使用。

c. 數值高程模型測製

DEM 高程點之分佈採規則方格網，網格間距以地面 5m 以內為原則。

d. 五千分之一正射影像

使用前製的網格間距為地面 5m 以內的 DEM 來產製彩色正射影像檔，正射影像地元尺寸不大於 50cm，亦不小於原始航空影像像元尺寸乘像比例尺分母。

e. 地形圖測繪(立體製圖)

使用本系的影像工作站 LPS 以數值立體測圖方式施測，地物之分層分類參照內政部(1998)「基本地形圖資料分類編碼說明」進行分類編碼，其圖式依內政部頒佈之「基本地形圖資料庫圖式規格表」規定辦理。並針對交通系統(小徑)、獨立樹(農業局立牌)、人工構造物、與路燈進行測繪，並依分層分類編碼規則製作向量檔。但由於本次測區樹木遮蔽嚴重，因此立體製圖僅為輔助地測成果的手段。

f. 調繪補測(地測)

由於前項所述之原因，以有遮蔽的地區為目標進行地測，其後輔以立體製圖得到完整成果。

g. 千分之一地形圖編纂

調繪補測完成後，按照「基本地形圖資料分類編碼說明」及內政部(2007b)「基本地形圖資料庫圖式規格表」規定分幅編纂，須分別製作實習區域 1/1000 比例尺數值地形圖之數值檔及紙圖輸出檔。

(3) GIS 資料建置

GIS 資料處理與詮釋資料建置主要之工作項目，是依千分之一地形圖作業規定執行，從地形圖編纂中取得 GIS 圖層之資料來源，經過編修及自我品管程序後產製出 GIS 圖層，並對其轉置之成果進行屬性欄位之建置，最後完成 GIS 資料處理作業。

(4) OSM 編修

考量產製之主題圖層需求性後，決定建置 OSM 檔案格式之圖層如下：房屋、亭、地標、道路、小徑、人行道、橋、河流、水池湖泊、獨立木及草地。目前許多軟體皆有提供 GIS 至 OSM 轉換，相關軟體與程序請參考連結：

http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Software_comparison/Import_a_shapefile

本研究選擇使用匯入 SHP 來編修地圖的 JOSM 編輯器(Java OpenStreetMap Editor)，進行 OSM 編修工作，接著建立物件屬性，雖然 SHP 檔

原本已有屬性資料，但是 OSM 為標記圖徵，OSM 規定的格式為鍵-值對(key-value pairs)，所以需要重新建置屬性資料。針對道路/步道，若是大於 1 公尺者，千分一數值地形圖常以面來描述，但 OSM 卻以中心線來描述，因此需要重新數化。此外，亭與部分地標如停車場與溜冰場，原地形圖以面來描述，於 OSM 重新數化以點來描述。實際上，亭、停車場於 OSM 可被點或面描述，本研究簡化以點描述之。

(5) OSM 檢核

除了專業測繪的檢核外，於 SHP 檔案匯入 JOSM 時即進行自我檢核，OSM 檢核項目如下：

- a. 物件(資料筆數)是否缺漏
- b. 物件是否位移
- c. 物件位相關係是否合理
- d. 物件屬性內容是否與實際情況一致

3. 結果討論

3.1 專業測量成果

於控制測量，若將整個導線網套合到 N01、N02、N03、N04、T02、T05、70T、T10、T12、T13 等 10 個控制點，經過三角三邊平差後，可得到各導線點的 N、E 座標以及誤差橢圓，導線測量點位誤差橢圓，如圖 1 所示，為了展示強調，誤差橢圓的長軸及短軸皆放大 4000 倍，各導線點誤差橢圓之長軸界於 8~19mm 之間，短軸界於 2~10mm 之間，推算各點位的點位精度，界於 4~10mm 之間。

於水準測量，測區內佈設水準網，使用 Sprinter 250M 電子水準儀採直接水準測量，並經由整體平差得各點位高程值，作業過程皆通過自我檢核之標準，且觀測量經過系統誤差的改正，編號前十點(共 35 點)高程及其中誤差整理後，如下表 1。

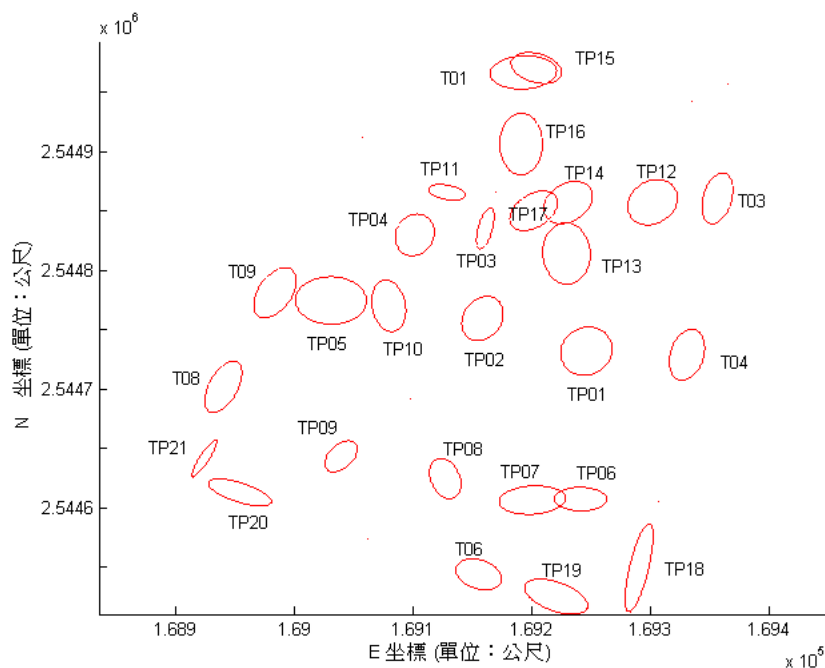


圖 1 導線測量點位誤差橢圓(放大 4000 倍)

表 1 高程及其中誤差

編號	點號名稱	高程 (單位:m)	中誤差 (單位:mm)
1	N01	14.675	1.1
2	N02	13.911	0.9
3	N03	13.251	0.9
4	N04	14.817	1.1
5	TP01	11.916	1.1
6	TP02	10.866	1.0
7	TP03	11.010	0.9
8	TP04	14.098	0.8
9	TP05	14.442	0.6
10	TP06	13.396	1.1

3.2 地形圖測繪成果

台南公園全貌如圖 2 所示，主要為應用攝影測量得到五千分之一正射影像，並透過專業測量及繪圖，將公園內的建物、亭、道路、水池湖泊、獨立木等數化，但由於台南公園樹木遮蔽十分嚴重，導致許多地物、地貌、地類無法由影像上數化，因此

立體測繪在此地區能產製的地形圖範圍有限，許多地物需由調繪補測完成。並以主題圖層套疊並賦予恰當符號及顏色，例如：以地標屬性(地標種類)為依據，賦予停車場、遊樂場、羽球場等適當符號表示，能直觀地呈現地物類別，另標列獨立木及路燈，台南公園主題圖成果，如圖 3 所示。



圖 2 五分之一台南公園正射影像

GIS 相關圖資由丙方進行檢核，檢核項目包括 (1) 檢核空間之位相關係是否正確？從圖 4(a) 發現建物與其他圖層間有空隙，(2) 檢核屬性資料是否漏建？從圖 4(b) 發現建物屬性資料漏建等，(3) 檢核道路是否保持完整性及連續性？從圖 4(c) 發現道路錯開，(4) 檢核道路間之位相關係，從圖 4(d) 發現節點錯開，(5) 檢核與鄰近建物是否符合正確位相關係？從圖 4(e) 發現 GIS 圖層有接縫，(6) 檢核空間地標資料之位相關係是否正確？發現水池湖泊與現況不符(圖 4(f))，然後逐一交由乙方重新修正錯誤部分。最後，再利用 JOSM 編修完 OSM 屬性之後，並由丙方檢核 OSM，其檢核表如表 2，若有錯誤處，乙方再進行修正錯誤部分。

3.3 地形圖匯入 OSM 成果

通過檢核後，比較台南公園地區編修前成果(圖 5(a))與這次實習融入 OSM 之編修後圖資(圖 5(b))，可發現編修前原圖資中僅有道路、燕潭及圖書館、育樂堂等部分建物標示於地圖上，而於編修後成果可看到 OSM 地圖上明顯多了獨立木、小徑、多數建物及涼亭等地物資訊，地圖內容相較於原圖

豐富許多。除了內容豐富之外，數量、位置與形狀都有所改變，如原 OSM 右上的建物是一棟(市立圖書館)，編修後成為兩棟(市立圖書館與育樂堂)，而兒童科學館於 2014 年整修完成，兒童科學館編修後成果也與編修前成果相差甚多，此外，過去 OSM 貢獻者僅透過衛星影像或 GPS 軌跡等編修公園內水池，但樹蔭恐造成 OSM 編修的死角，故水池面積與形狀編修前後成果也是存在不少的差異。此外，台南公園內充滿歷史老樹，也是此次的測繪重點項目之一，但數量太多，經討論後，決定獨立樹僅調繪補測具農業局立牌的樹木，經調查測量過後，獨立樹測得共 64 棵，也展示於 OSM。

本次總實習測量成果在經過自我檢核、丙方檢核等多重把關，將地物測量精度及品質具有相當程度，於是將此成果提供於開放街圖地圖上展示，不僅可使測量成果獲得更廣泛的應用，也更具有專業製圖精度及品質。

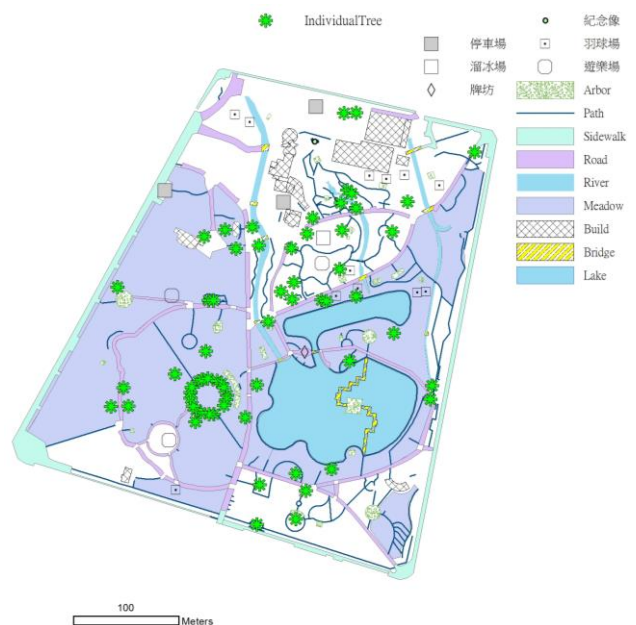


圖 3 千分之一台南公園主題圖

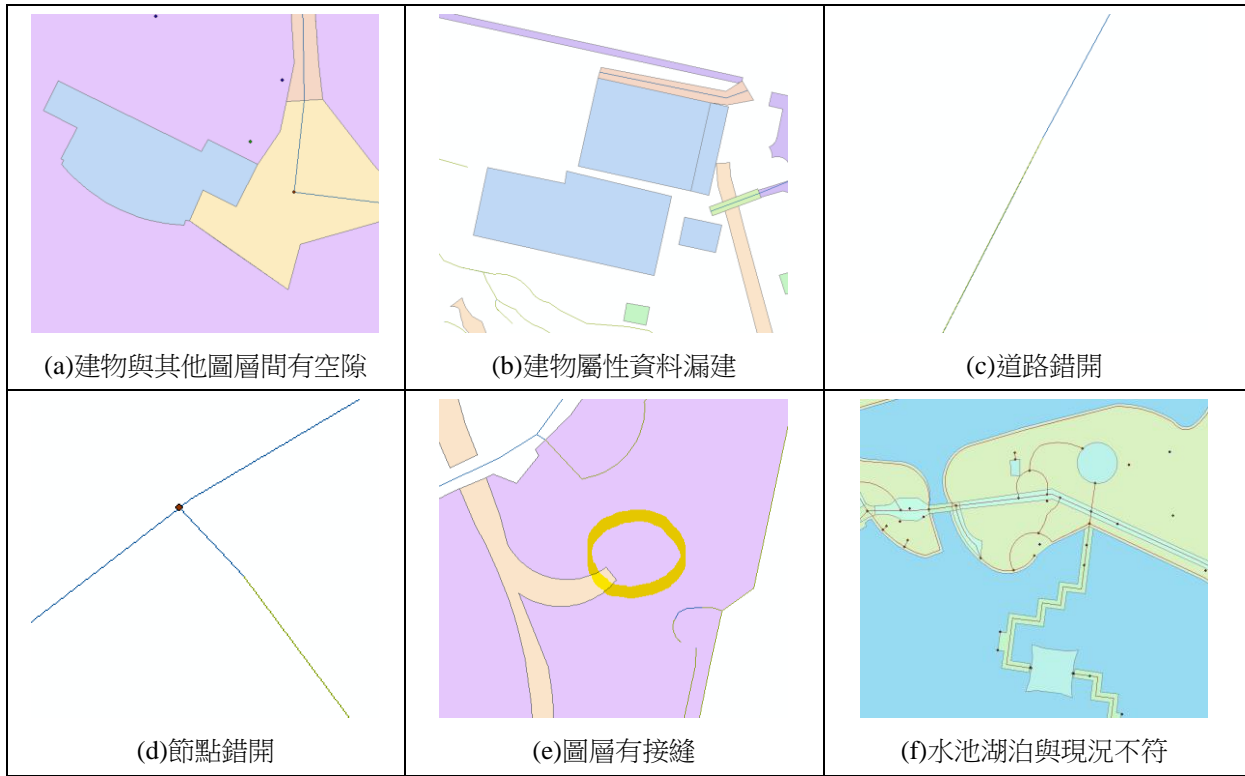


圖 4 GIS 圖層檢核

表 2 丙方 OSM 檢核表

開放街圖OSM檢核表					
提送資料： 開放街圖OSM資料	資料提送日期：2014/09/05 資料檢查日期：2014/09/06				
檢查項目	筆數	待修正	檢查結果		備註
			合格	不合格	
物件資料：					
(1) 資料筆數是否正確？	6	0	V		
(2) 點選後可否展示屬性資料？	6	0	V		屬性資料有誤已修正
其他數化問題：如物件位相關係是否合理/ 物件是否位移。					
水池湖泊邊界有誤：待修正			樹木位置有誤：待修正		



(a)

(b)

圖 5 (a)編修前與(b)編修後台南公園 OSM 地圖

4. 結論與建議

經由本文可瞭解專業測量應用在開放街圖之案例，藉由融入專業測量於 OSM，能確保 OSM 精度，亦可發現編修前原圖資中僅有道路、燕潭及圖書館、育樂堂等部分建物標示於地圖上，而於編修後，OSM 地圖上明顯多了獨立木、小徑、建物及涼亭等地物資訊，地圖內容相較於編修前豐富許多，因此專業測量或測繪成果如千分之一地形圖整合於 OSM，不但可以提高 OSM 地圖產製的精度，也可以藉由 OSM，使民眾看到測量製圖結果。倘若測量專業人士能作為 OSM 貢獻者，對於 OSM 資料精度而言，確實有幫助，本研究為一先行應用案例，建議其他測量單位與相關專業科系學校，未來可以推廣整合專業測量成果於 OSM，但對於 OSM 而言，過於細緻的測繪圖資與屬性，如何整合或簡化於 OSM，仍有待專家學者進一步探討。此外，專業地形圖資料匯入 OSM 的首要工作為兩者間對照關係之建立，建議未來可詳細整理地形圖與 OSM 圖徵(Map features)之幾何及屬性對照表。雖然本研究測繪成果精度已滿足規範，但藉由數化編修，將測繪成果放置於 OSM 內，未來應量化此匯

入 OSM 的誤差與規範檢核項目內容。

謝誌

感謝參與測量總實習同學的付出及產出案例成果，與系上老師的幫忙，以及審查委員的指教。

參考文獻

- 內政部，1998。基本地形圖資料庫地形資料分類編碼表，台北：內政部。
- 內政部，2007a。基本測量實施規則，台北：內政部。
- 內政部，2007b。基本地形圖資料庫圖式規格表，台北：內政部。
- 內政部，2010。建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊，台北：內政部。
- Goodchild, M. F., 2007. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4): 211-221.
- Haklay, M., and Weber, P., 2008. Openstreetmap: User-generated street maps. *IEEE Pervasive Computing*, 7(4): 12-18.
- Haklay, M., 2010. How good is volunteered geographical information? A comparative study

of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(4): 682-703.

Jackson, S. P., Mullen, W., Agouris, P., Crooks, A., Croitoru, A., and Stefanidis, A., 2013. Assessing completeness and spatial error of features in volunteered geographic information. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2(2): 507-530.

Vandenbroucke, D., Bucher, B., and Crompvoets, J., 2013. *Geographic information science at the heart of Europe*, Springer.

Considering professional survey results in OpenStreetMap

Hone-Jay Chu^{1*} Yi-Hsing Tseng² Kai-Wei Chiang³

Abstract

Steve Coast created the OpenStreetMap (OSM) in 2004 in the United Kingdom. OSM is a community project in which everyone can participate. Active contributors can map out their neighborhoods and countries. However, the quality of the OSM is a critical topic. Combining the surveying technologies, such as control surveying, leveling, and Global Positioning System measurement with OSM will make it more accurate.

This study integrates topographical surveying into the OSM. The case study was conducted in Tainan Park, Tainan City in July and August 2014. The maps from professional surveying were imported into the Java OSM Editor and the OSM was edited. A comparison between the OSM before and after editing shows that the surveying results enriched the OSM. The professional surveying results can be demonstrated by the OSM. The results also indicate that location, number, area, and shape of buildings and pool differ dramatically before and after the OSM editing.

Keywords: surveying, mapping, OSM

¹ Assistant Professor, National Cheng Kung University

² Professor, National Cheng Kung University

³ Professor, National Cheng Kung University

* Corresponding Author, E-mail: honejaychu@gmail.com