I501198

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 **(11)證書號數：TW I501198 B**

(45)公告日： 中華民國 104 (2015) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：102139527 (22)申請日： 中華民國 102 (2013) 年 10 月 31 日

(51)Int. Cl.： *G08B21/10 (2006.01)* *G06K9/78 (2006.01)*

(71)申請人：國立臺北科技大學 (中華民國) NATIONAL TAIPEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (TW)

臺北市大安區忠孝東路 3 段 1 號

(72)發明人：陳偉堯 CHEN, WEI YAO (TW) ；沈哲平 SHEN, ZHE PING (TW)

(74)代理人：蔡嘉慧

(56)參考文獻：

TW 201030687A CN 203012914U

1、溫仁志,"以粒子群演算法分析邊坡臨界滑動面 ",國立台北科技大學,2011 年 5 月 4 日

李志林，王星華，謝李釗，孫志彬，劉運思,"基於滑動面深度的地震作用下邊坡強度參數反分析",公路交通科技第 30 卷第 5 期,2013 年 5 月

陳佳菱,"以粒子群演算法改善傳統二次曲面擬合區域性大地起伏精度之研究",國立中興大學機構典藏,2012 年

審查人員：李志偉

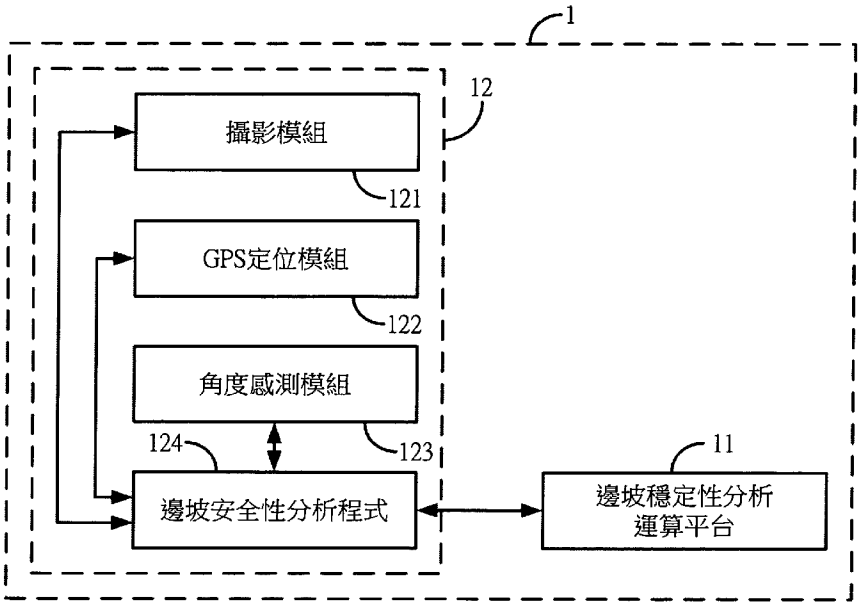
申請專利範圍項數：12 項 圖式數：3 共 32 頁

(54)名稱

應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法

(57)摘要

一種應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法，係用以分析一勘驗地區之目標邊坡的安全性，其中該邊坡安全性分析系統係包含一邊坡穩定性分析運算平台及一包含邊坡安全性分析程式之智慧型行動裝置，其中智慧型行動裝置能夠於勘驗地區之目標邊坡處使用不同角度進行拍攝多張照片後，進行建構勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料，之後，再依資料建構出一邊坡分析剖面圖資，並依邊坡分析剖面圖資、目標邊坡位置周圍的環境地形地質資料運算出目標邊坡的安全係數與對應之潛在滑動面，並將安全係數與對應之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料進行疊合，以將分析結果顯示於現地場景資料上，故能夠供現地人員評估現地邊坡安全狀況。



第1A圖

1・・・邊坡安全性分析系統

11・・・邊坡穩定性分析運算平台

12・・・智慧型行動裝置

121・・・攝影模組

122・・・GPS 定位模組

123・・・角度感測模組

124・・・邊坡安全性分析程式

公告本

發明摘要

※ 申請案號：102139527

※ 申請日： 102. 10. 31

※IPC 分類： G08B 21/10 (2006.01)
G06K 9/78 (2006.01)

【發明名稱】（中文/英文）

應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法

【中文】

一種應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法，係用以分析一勘驗地區之目標邊坡的安全性，其中該邊坡安全性分析系統係包含一邊坡穩定性分析運算平台及一包含邊坡安全性分析程式之智慧型行動裝置，其中智慧型行動裝置能夠於勘驗地區之目標邊坡處使用不同角度進行拍攝多張照片後，進行建構勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料，之後，再依資料建構出一邊坡分析剖面圖資，並依邊坡分析剖面圖資、目標邊坡位置周圍的環境地形地質資料運算出目標邊坡的安全係數與對應之潛在滑動面，並將安全係數與對應之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料進行疊合，以將分析結果顯示於現地場景資料上，故能夠供現地人員評估現地邊坡安全狀況。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1A ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1 邊坡安全性分析系統

11 邊坡穩定性分析運算平台

12 智慧型行動裝置

121 攝影模組

122 GPS 定位模組

123 角度感測模組

124 邊坡安全性分析程式

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

【發明名稱】（中文/英文）

應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法，特別是指一種使用智慧型行動裝置進行分析邊坡安全性，並將分析結果顯示於智慧型行動裝置上，以讓土木、測量或是防災的現地人員能夠評估現地邊坡安全狀況。

【先前技術】

【0002】 水一向是邊坡穩定和地滑災害的最重要致災因子，會帶來沖刷、侵蝕效應並降低土壤剪力強度而降低該區的邊坡穩定性，近年來由於全球氣候變遷致使超大豪雨事件遽增，遂令邊坡滑動易於發生，且受到大眾的關切。

【0003】 而現今舊有常見邊坡穩定分析數值模型需以工作站電腦或桌上型電腦為運算硬體，方可達到計算需求，且需事先針對欲分析處所進行地質鑽探或土壤組成分析等事前作業，又現地工作往往需要攜帶多類測量工具，相關前置作業需多人協同且耗時較久，故會使得整體之分析耗時，同時亦無法即時快速得知每一地區的邊坡安全係數，因此無法作為簡易安全評估之用。

【0004】 以中華民國專利號 201030687、M432028 來看，這兩件專利案皆有提及邊坡監測的概念，就以中華民國專利號 201030687 這一件專利

案來看，是使用無線感測器進行邊坡監測，然後用 ANP 進行分析，而中華民國專利號 M432028 則是提及了數種監測設備來觀測邊坡，例如三維雷射掃描儀和複數共軛掃瞄球、複數電極(採用溫奈排列法 Wenner Array 或施蘭卜吉排列法 Schlumberger Array)、及一地電勘測儀或是佈設於邊坡各處之複數 GPS 接收儀，但這兩種邊坡監測與分析專利案皆有前述所提及之缺點，就是量測之前置作業必須耗時較久，因此會使得整體之分析耗時，這也顯示了無法讓量測者能夠即時且快速得知每一地區的邊坡安全係數，因此如何能夠改善習用耗時較久的量測模式，除了提高便利性之外，亦能節省許多成本，故將會是急需克服的目標。

【0005】 因此，為了使防災相關工具易於取得，幫助社會大眾了解可能邊坡的滑動災害，乃考慮到可以利用現今極為普及的智慧型行動裝置，藉由裝置本身所具備的陀螺儀和 GPS 等功能，並自動拍攝並量測地表坡度和定位空間座標，然後透過網路擷取各防災資料庫中當地的地質、地形、河川、水文等相關圖資和基本資訊，自動整理並呼叫邊坡穩定分析程式進行運算，然後將結果顯示在智慧型行動裝置的螢幕上，這樣的分析模式非常具有便利性，因此不但可以提升邊坡分析效率，更可以達到保障民眾生命與財產安全之目的，如此應為一最佳解決方案。

【發明內容】

【0006】 本發明即在於提供一種應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法，係其操作與使用上非常具有便利性，因此不但可以提升邊坡分析效率，更可以達到保障民眾生命與財產安全之目的。

【0007】 可達成上述應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及

其方法，係用以分析一勘驗地區之目標邊坡的安全性，該邊坡安全性分析系統係包含：一邊坡穩定性分析運算平台，係內建有一邊坡穩定性分析程式，能夠用以分析目標邊坡的安全性，而該邊坡穩定性分析程式內更包含有一植生力學分析模組、一人工智慧優化模組及一安全係數計算模組，其中該植生力學分析模組及人工智慧優化模組能夠用以挑選對應勘驗地區之潛在滑動面，並再由該安全係數計算模組藉由潛在滑動面分析出勘驗地區之目標邊坡的安全係數；一智慧型行動裝置，該智慧型行動裝置係設有攝影模組、GPS 定位模組及角度感測模組，該攝影模組係能夠針對勘驗地區之目標邊坡於不同角度下拍攝多張照片，而該智慧型行動裝置內係安裝有一邊坡安全性分析程式，該邊坡安全性分析程式內係包含一影像疊合分析模組，係能夠接收該攝影模組所拍攝之複數張照片，該影像疊合分析模組能夠自動辨識各張照片的特徵點，並將複數張照片進行疊合以建構出勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料；一坡面角度測量模組，係能夠透過將智慧型行動裝置平放於目標邊坡表面上，並由該角度感測模組進行量測後，將資料傳送至該坡面角度測量模組，以運算出勘驗地區之目標邊坡的坡面角度；一資料查詢模組，係與一環境地形地質資料庫平台相連線，而該資料查詢模組能夠透過將智慧型行動裝置之 GPS 定位模組進行勘驗地區之目標邊坡位置的定位座標，並於該環境地形地質資料庫平台中查詢勘驗地區之目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料；一剖面資訊生成模組，係與該坡面角度測量模組及該資料查詢模組相連接，該剖面資訊生成模組能夠依據目標邊坡的坡面角度與目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料，建構出一邊坡分析剖面圖資；一邊坡穩定性分析

模組，係與該邊坡穩定性分析運算平台、資料查詢模組、剖面資訊生成模組相連接，該邊坡穩定性分析模組能夠將邊坡分析剖面圖資及目標邊坡位置周圍的環境地形資料上傳至該邊坡穩定性分析運算平台，以由邊坡穩定性分析程式之植生力學分析模組、人工智慧優化模組及安全係數計算模組進行分析，以運算出對應勘驗地區之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的安全係數，並回傳至該邊坡穩定性分析模組；以及一邊坡穩定性告知模組，係與該邊坡穩定性分析模組及該影像疊合分析模組相連接，該邊坡穩定性告知模組能夠將安全係數與對應之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料進行疊合，以將分析結果顯示於現地場景資料上。

【0008】 更具體的說，所述攝影模組所拍攝之每兩張照片間至少有15%以上的影像重疊。

【0009】 更具體的說，所述環境地形資料係為土地利用、土石流潛勢溪流、降雨量、坡度、坡向、崩塌地、活動斷層、土壤、地層分佈、順向坡、人口密度和道路密度、現地地質資料、土壤特性分析資料、地下水位分佈資料、植被覆蓋比例資料、植生資料、地表侵蝕程度資料或土壤剪力強度資料。

【0010】 更具體的說，所述角度感測模組係為水平儀、傾角儀、電子羅盤、陀螺儀或加速度計。

【0011】 更具體的說，所述邊坡穩定性分析模組更具有一包含一植生力學分析模組、一人工智慧優化模組及一安全係數計算模組之邊坡穩定性分析程式，若邊坡穩定性分析模組無法與該邊坡穩定性分析運算平台進行連線時，該邊坡穩定性分析模組將會自行運作邊坡穩定性分析程式，以運

算出對應勘驗地區之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的安全係數。

【0012】 更具體的說，所述智慧型行動裝置係為手機、智慧型手機或平板電腦。

【0013】 本發明之邊坡安全性分析方法，其量測方法為：

1. 首先，使用者能夠於智慧型行動裝置上開啟一邊坡安全性分析程式，以進行分析一勘驗地區之目標邊坡的安全性；
2. 再藉由智慧型行動裝置，於勘驗地區之目標邊坡處，使用不同角度以進行拍攝多張照片後，藉由邊坡安全性分析程式將複數張照片進行疊合，以建構出勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料；
3. 之後，由於該智慧型行動裝置上係具有一角度感測模組，因此能夠藉由該角度感測模組進行量測並運算出勘驗地區之目標邊坡的坡面角度；
4. 再定位出勘驗地區之目標邊坡的位置座標，並依據位置座標於一環境地形地質資料庫平台中進行查詢該勘驗地區之目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料；
5. 再依據目標邊坡的坡面角度與目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料，建構出一邊坡分析剖面圖資，並再將邊坡分析剖面圖資、目標邊坡位置周圍的環境地形資料上傳至一邊坡穩定性分析運算平台，而該邊坡穩定性分析運算平台能夠以植生力學分析技術及人工智慧優化技術進行分析，以運算出對應勘驗地區之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的安全係數；
6. 最後，將目標邊坡的安全係數與對應之潛在滑動面回傳至智慧型行

5

動裝置上，並將安全係數與對應之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料進行疊合，以將分析結果顯示於現地場景資料上。

【0014】 更具體的說，所述所拍攝之每兩張照片間至少有 15%以上的影像重疊。

【0015】 更具體的說，所述環境地形資料係為土地利用、土石流潛勢溪流、降雨量、坡度、坡向、崩塌地、活動斷層、土壤、地層分佈、順向坡、人口密度和道路密度、現地地質資料、土壤特性分析資料、地下水位分佈資料、植被覆蓋比例資料、植生資料、地表侵蝕程度資料或土壤剪力強度資料。

【0016】 更具體的說，所述角度感測模組係為水平儀、傾角儀、電子羅盤、陀螺儀或加速度計，而使用者能夠將智慧型行動裝置平放於勘驗地區之目標邊坡表面上，以運算出勘驗地區之目標邊坡的坡面角度。

【0017】 更具體的說，所述當邊坡分析剖面圖資、目標邊坡位置周圍的環境地形資料無法上傳至一邊坡穩定性分析運算平台時，該智慧型行動裝置之邊坡安全性分析程式則會自行運算出對應勘驗地區之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的安全係數。

【0018】 更具體的說，所述智慧型行動裝置係為手機、智慧型手機或平板電腦。

【圖式簡單說明】

【0019】

第 1A 圖係本發明應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法之

系統架構示意圖；

第 1B 圖係本發明應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法之邊坡穩定性分析運算平台之架構示意圖；

第 1C 圖係本發明應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法之邊坡安全性分析程式之架構示意圖；

第 2A 圖係本發明應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法之目標邊坡的現地場景照片疊合示意圖；

第 2B 圖係本發明應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法之目標邊坡位置周圍的環境查詢示意圖；

第 2C 圖係本發明應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法之邊坡分析剖面圖資示意圖；

第 2D 圖係本發明應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法之目標邊坡的安全係數與對應之潛在滑動面示意圖；

第 2E 圖係本發明應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法之分析結果與現地場景資料疊合示意圖；以及

第 3 圖係本發明應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法之流程示意圖。

【實施方式】

【0020】 有關於本發明之前述及其他技術內容、特點與功效，在以下配合參考圖式之較佳實施例的詳細說明中，將可清楚的呈現。

【0021】 請參閱第 1A 圖、第 1B 圖及第 1C 圖，為本發明應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法之系統架構示意圖、邊坡穩定

性分析運算平台之架構示意圖、邊坡安全性分析程式之架構示意圖，由圖中可知，該邊坡安全性分析系統 1 係包含一邊坡穩定性分析運算平台 11 及一智慧型行動裝置 12，其中該邊坡穩定性分析運算平台 11 內建有一邊坡穩定性分析程式 111，該邊坡穩定性分析程式 111 能夠分析目標邊坡的安全性，而該邊坡穩定性分析程式 111 內更包含有一植生力學分析模組 1111、一人工智慧優化模組 1112 及一一安全係數計算模組 1113；

【0022】 本發明使用極限平衡法（Limit Equilibrium Method, LEM）來進行邊坡穩定分析，主要參數為土壤剪力強度參數，如摩擦角(φ)、凝聚力(c)和單位重(γ)等，假設邊坡破壞瞬間，土體為剛性並沿著一個連續的破壞面滑動，可以將整個滑動塊體一起分析或將土體切片分析，基本分析方法包括一般切片法、Bishop Method、Simplified Janbu Method、Spencer Method 等，基於不同假設計算邊坡土體磨擦力和驅動力之間的比值，以磨擦力除以驅動力，即可取得安全因數；

【0023】 但本發明極限平衡法與一般習用的不同，由於邊坡的植生和其根系具有保護邊坡的效果，尤其是根系的作用類似地錨，具有固結土壤、防止滑動的功能，可惜一般極限平衡法算法並未列入邊坡穩定分析，各類植生有獨特的特徵要素可供辨識，如各種樹木的樹葉外觀可經行動裝置拍攝影像後獲得該樹種的學名，然後根據其名稱查詢資料庫得知其根系類別、根系分布、根面積比(Root Area Ratio)、可能根系深度與根系抗拉強度等參數，本發明可針對這些參數計算土壤因植生而產生的剪力強度增量，併入邊坡穩定程式中進行分析。

【0024】 另外，本發明在進行邊坡穩定分析時，會假設不同的滑動面

進行計算，找出最小的安全因數，但一般習用的邊坡穩定程式多在人工設定的搜索範圍內以隨機亂數挑選數十個潛在滑動面加以分析，並不會全面地搜尋最可能滑動面(因此沒有辦法保證找到最小的安全因數)，本發明使用人工智慧之粒子群演算法（Particle Swarm Optimization, PSO）針對各潛在滑動面的搜尋方式進行優化，以快速收斂到最小安全因數出現的區域，並找出最小的安全因數。

【0025】 而當使用者要進行野外現勘時，能透過智慧型行動裝置 12 針對可疑不穩定邊坡進行調查，因此當使用者操作該智慧型行動裝置 12 時，由於該智慧型行動裝置 12 係設有攝影模組 121、GPS 定位模組 122 及角度感測模組 123，因此使用者必須先開啟所安裝之邊坡安全性分析程式 124，並再藉由攝影模組 121 於不同角度下拍攝多張勘驗地區之目標邊坡的照片，而為了後續能夠將多張照片疊合之處理，故拍攝之每兩張照片間必須至少有 15%以上的影像重疊；

【0026】 而該邊坡安全性分析程式 124 中係具有一影像疊合分析模組 1241、一坡面角度測量模組 1242、一資料查詢模組 1243、一剖面資訊生成模組 1244、一邊坡穩定性分析模組 1245 及一邊坡穩定性告知模組 1246，當該影像疊合分析模組 121 接收該攝影模組 121 所拍攝之複數張照片時，由於拍攝之每兩張照片間必須至少有 15%以上的影像重疊，因此由該影像疊合分析模組 1241 自動辨識各張照片的特徵點，並將複數張照片進行疊合後，如第 2A 圖所示，能夠建構出勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料；

【0027】 之後，為了要明確定義出邊坡剖面，以便分析其安全性，故先藉由該坡面角度測量模組進行運算，由於智慧型行動裝置 12 係設有角度

感測模組 123，本實施中之角度感測模組 123 係為水平儀、傾角儀、電子羅盤、陀螺儀或加速度計，因此當使用者將智慧型行動裝置 12 平放於目標邊坡表面上時，陀螺儀及加速度計則能夠進行量測取得數據，並將數據傳入該坡面角度測量模組 1242 中，以運算出勘驗地區之目標邊坡的坡面角度；而角度感測模組 123 量測邊坡角度方式亦有不同的方式，以陀螺儀（或水平儀或傾角儀）來看，第一種方式是將智慧型行動裝置 12 放置於邊坡表面上後，則再利用陀螺儀（或水平儀、或傾角儀）量測邊坡大範圍的平均坡度；第二種方式是將利用陀螺儀（或水平儀、或傾角儀）使智慧型行動裝置 12 畫面上產生一條水平基準線，然後以垂直地面的方式拍攝邊坡影像，並藉由影像處理功能繪出邊坡地表線，而邊坡地表線與水平基準線的夾角即為坡面角度。

【0028】 由於現今因多種地質、水文圖資、歷年氣象資料與即時雨量觀測資訊皆可連線雲端資料庫，根據已知的空間座標即時取得，甚至有相當不錯的地表地形模型可以使用，例如美國在 2002 年提供全球多處地區的數位地形模型(精度為 30m x 30m)，全台也已建置多處的高精度地形模型(精度為 5m x 5m)，因此結合該智慧型行動裝置所提供的多項功能，如上所述，使用者能將智慧型行動裝置 12 貼近邊坡地表，即時拍照並測量邊坡角度，之後再透過該智慧型行動裝置 12 之 GPS 定位模組 122 進行勘驗地區之目標邊坡位置的定位座標後，如第 2B 圖所示，係使用資料查詢模組 1243 於一環境地形地質資料庫平台 2 中查詢勘驗地區之目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料（包含環境地形資料、地質資料及影像資料），例如能夠連接至國內或國外的數位地形模型 DTM 進行查詢，如 GDEM，

則能夠查詢出土地利用、土石流潛勢溪流、降雨量、坡度、坡向、崩塌地、活動斷層、土壤、地層分佈、順向坡、人口密度和道路密度、現地地質資料、土壤特性分析資料、地下水位分佈資料、植被覆蓋比例資料、植生資料、地表侵蝕程度資料或土壤剪力強度資料等等，本發明所查詢的資料庫包括中央地調所相關眾多資料庫、美國 GDEM 資料庫、台北市政府大地工程處等等。之後，該剖面資訊生成模組 1244 能夠依據目標邊坡的坡面角度資料與目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料，如第 2C 圖所示，則會建構出一邊坡分析剖面圖資（其 X 軸為水平距離（公尺），Y 軸為垂直距離（公尺））；

【0029】 而後則進一步開始分析邊坡安全性，由該邊坡穩定性分析模組 1245 將邊坡分析剖面圖資及目標邊坡位置周圍的環境地形資料上傳至該邊坡穩定性分析運算平台 11，並由邊坡穩定性分析運算平台 11 之邊坡穩定性分析程式 111 的植生力學分析模組 1111 及人工智慧優化模組 1112 進行分析後，由於該植生力學分析模組 1111 及人工智慧優化模組 1112 會與該安全係數計算模組 1113 相連接，因此由該植生力學分析模組 1111 及人工智慧優化模組 1112 取出對應之潛在滑動面後，再由該安全係數計算模組 1113 總合運算出勘驗地區之目標邊坡的安全係數，而所分析出之對應之潛在滑動面（崩塌面）與安全係數與則如第 2D 圖所示，而潛在滑動面的圖資之 X 軸為水平距離（公尺）、Y 軸為垂直距離（公尺），本實施例中是測出了八組潛在滑動面，而不同潛在滑動面之安全係數皆不同，本次測得之安全係數 FS 為 1.05、1.17、1.23、1.38、1.46、1.52、1.64、1.72，而程式會挑選最低的 FS 作為整體的安全因數；

【0030】 如上所述，本發明主要參照現地影像資料、手持行動裝置之感測器量測數值與各類雲端資料庫之相關參數，智慧地組成現地邊坡資料和所需的分析參數，並考慮根系強度的貢獻，結合人工智慧快速搜尋出最危險的滑動面，作為該地邊坡安全性之判識依據。使用者先以 GPS 測得該地之空間座標，查詢雲端地質資料庫、地形資料庫與影像資料庫而得該地的地質和環境資訊，再以植生辨識系統判讀邊坡的植生種類而得根系強度，代入邊坡穩定分析系統，經人工智慧演算法的快速搜尋能力，得到該邊坡的安全因數。而之後為了能夠使分析結果能夠顯示於智慧型行動裝置 12 上，並讓使用者能夠清楚了解邊坡安全程度，由於邊坡穩定性分析運算平台 11 分析完後會將分析結果傳送回該邊坡穩定性分析模組 1245，之後，再藉由該邊坡穩定性告知模組 1246 將安全係數與對應之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料進行疊合，如第 2E 圖所示，實施例中則是重新挑選一個新的目標邊坡進行測試，故與前述第 2D 圖所提之 FS 數據略有不同，當然亦會經過如同第 2D 圖的處理程序，先找出多組的潛在滑動面與安全係數，而由第 2E 圖中可知，最後取得最低的 FS 為 0.893，故作為整體的安全因數，再將安全係數與對應之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料進行疊合後，則將分析結果顯示於現地場景資料上。

【0031】 但由於邊坡穩定性分析運算平台 11 並不是都能夠常保持連線的，若是邊坡穩定性分析模組 1245 無法連上邊坡穩定性分析運算平台 11 時，如第 1C 圖所示，由於該邊坡穩定性分析模組 1245 更具有一包含植生力學分析模組 124511、人工智慧優化模組 124512 及安全係數計算模組

124513 之邊坡穩定性分析程式 12451，因此該邊坡穩定性分析模組 1245 將會自行運作邊坡穩定性分析程式 12451，以運算出勘驗地區之目標邊坡對應之潛在滑動面與安全係數。

【0032】 綜上所述，如第 3 圖所示，本發明之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析方法，其步驟為：

1. 首先，使用者能夠於智慧型行動裝置上開啟一邊坡安全性分析程式，以進行分析一勘驗地區之目標邊坡的安全性 301；
2. 再藉由智慧型行動裝置，於勘驗地區之目標邊坡處，使用不同角度進行拍攝多張照片後，藉由邊坡安全性分析程式將複數張照片進行疊合，以建構出勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料 302；
3. 之後，由於該智慧型行動裝置上係具有一角度感測模組，因此能夠藉由該角度感測模組進行量測並運算出勘驗地區之目標邊坡的坡面角度 303；
4. 再定位出勘驗地區之目標邊坡的位置座標，並依據位置座標於一環境地形地質資料庫平台中進行查詢該勘驗地區之目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料 304；
5. 再依據目標邊坡的坡面角度與目標邊坡位置周圍的環境地形資料，建構出一邊坡分析剖面圖資，並再將邊坡分析剖面圖資、目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料上傳至一邊坡穩定性分析運算平台，而該邊坡穩定性分析運算平台能夠以植生力學分析技術及人工智慧優化技術進行分析，以運算出勘驗地區之目標邊坡對應之潛在滑動面與安全係數 305；

6. 最後，將目標邊坡的安全係數與對應之潛在滑動面回傳至智慧型行動裝置上，並將安全係數與對應之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料進行疊合，以將分析結果顯示於現地場景資料上306。

【0033】 本發明所提供之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統及其方法，與其他習用技術相互比較時，其優點如下：

1. 本發明可即時地針對潛在滑動性邊坡擷取立體地形模型資料，以所在地的空間座標，於雲端上的資料庫或是網路上其他種類的地理資訊系統平台中，取得相關資料以進行邊坡安全係數分析，以從而判定該處的潛在地滑風險，如此將能夠作為快速迅捷的防災決策之用。
2. 本發明其操作與使用上非常具有便利性，讓使用者能夠輕便勘訪、隨處計算、即時得知目標區域的安全性，以作為防災或架設便橋、便道之參考，除此之外，更可提昇災後災區狀況勘查的時效，以達到保障民眾生命與財產安全之目的。
3. 本發明的重點在於整合所有技術，提供行動式的現地分析系統，盡可能將資料的擷取自動化、智慧化，而不像過去必須在辦公室內由工程師判斷和輸入資料，才能進行分析邊坡安全性。

【0034】 藉由以上較佳具體實施例之詳述，係希望能更加清楚描述本發明之特徵與精神，而並非以上述所揭露的較佳具體實施例來對本發明之範疇加以限制。相反地，其目的是希望能涵蓋各種改變及具相等性的安排於本發明所欲申請之專利範圍的範疇內。

【符號說明】

【0035】

〔本發明〕

1	邊坡安全性分析系統
11	邊坡穩定性分析運算平台
111	邊坡穩定性分析程式
1111	植生力學分析模組
1112	人工智慧優化模組
1113	安全係數計算模組
12	智慧型行動裝置
121	攝影模組
122	GPS 定位模組
123	角度感測模組
124	邊坡安全性分析程式
1241	影像疊合分析模組
1242	坡面角度測量模組
1243	資料查詢模組
1244	剖面資訊生成模組
1245	邊坡穩定性分析模組
12451	邊坡穩定性分析程式
124511	植生力學分析模組
124512	人工智慧優化模組

124513　安全係數計算模組

1246　邊坡穩定性告知模組

申請專利範圍

1. 一種應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統，係用以分析一勘驗地區之目標邊坡的安全性，該邊坡安全性分析系統係包含：

一邊坡穩定性分析運算平台，係內建有一邊坡穩定性分析程式，能夠用以分析目標邊坡的安全性，而該邊坡穩定性分析程式內更包含有一植生力學分析模組、一人工智慧優化模組及一安全係數計算模組，其中該植生力學分析模組及人工智慧優化模組能夠用以挑選對應勘驗地區之潛在滑動面，並再由該安全係數計算模組藉由潛在滑動面分析出勘驗地區之目標邊坡的安全係數；

一智慧型行動裝置，該智慧型行動裝置係設有攝影模組、GPS 定位模組及角度感測模組，該攝影模組係能夠針對勘驗地區之目標邊坡於不同角度下拍攝多張照片，而該智慧型行動裝置內係安裝有一邊坡安全性分析程式，該邊坡安全性分析程式內係包含：

一影像疊合分析模組，係能夠接收該攝影模組所拍攝之複數張照片，該影像疊合分析模組能夠自動辨識各張照片的特徵點，並將複數張照片進行疊合以建構出勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料；

一坡面角度測量模組，係能夠透過將智慧型行動裝置平放於目標邊坡表面上，並由該角度感測模組進行量測後，將資料傳送至該坡面角度測量模組，以運算出勘驗地區之目標邊坡的坡面角度；

一資料查詢模組，係與一環境地形地質資料庫平台相連線，而該資料查詢模組能夠透過將智慧型行動裝置之 GPS 定位模組進行勘驗地區之目標邊坡位置的定位座標，並於該環境地形地質資料庫平台中

查詢勘驗地區之目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料；

一剖面資訊生成模組，係與該坡面角度測量模組及該資料查詢模組相連接，該剖面資訊生成模組能夠依據目標邊坡的坡面角度與目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料，建構出一邊坡分析剖面圖資；

一邊坡穩定性分析模組，係與該邊坡穩定性分析運算平台、資料查詢模組、剖面資訊生成模組相連接，該邊坡穩定性分析模組能夠將邊坡分析剖面圖資及目標邊坡位置周圍的環境地形資料上傳至該邊坡穩定性分析運算平台，以由邊坡穩定性分析程式之植生力學分析模組、人工智慧優化模組及安全係數計算模組進行分析，以運算出對應勘驗地區之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的安全係數，並回傳至該邊坡穩定性分析模組；以及

一邊坡穩定性告知模組，係與該邊坡穩定性分析模組及該影像疊合分析模組相連接，該邊坡穩定性告知模組能夠將安全係數與對應之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料進行疊合，以將分析結果顯示於現地場景資料上。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統，其中該攝影模組所拍攝之每兩張照片間至少有 15%以上的影像重疊。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統，其中該環境地形資料係為土地利用、土石流潛勢溪流、降雨量、

坡度、坡向、崩塌地、活動斷層、土壤、地層分佈、順向坡、人口密度和道路密度、現地地質資料、土壤特性分析資料、地下水位分佈資料、植被覆蓋比例資料、植生資料、地表侵蝕程度資料或土壤剪力強度資料。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統，其中該角度感測模組係為水平儀、傾角儀、電子羅盤、陀螺儀或加速度計。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統，其中該邊坡穩定性分析模組更具有一包含一植生力學分析模組、一人工智慧優化模組及一安全係數計算模組之邊坡穩定性分析程式，若邊坡穩定性分析模組無法與該邊坡穩定性分析運算平台進行連線時，該邊坡穩定性分析模組將會自行運作邊坡穩定性分析程式，以運算出對應勘驗地區之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的安全係數。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析系統，其中該智慧型行動裝置係為手機、智慧型手機或平板電腦。

7. 一種應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析方法，其量測方法為：

首先，使用者能夠於智慧型行動裝置上開啟一邊坡安全性分析程式，以進行分析一勘驗地區之目標邊坡的安全性；

再藉由智慧型行動裝置，於勘驗地區之目標邊坡處，使用不同角度進行拍攝多張照片後，藉由邊坡安全性分析程式將複數張照片進行疊合，以建構出勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料；

之後，由於該智慧型行動裝置上係具有一角度感測模組，因此能夠藉由該角度感測模組進行量測並運算出勘驗地區之目標邊坡的坡面角度；

再定位出勘驗地區之目標邊坡的位置座標，並依據位置座標於一環境地形地質資料庫平台中進行查詢該勘驗地區之目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料；

再依據目標邊坡的坡面角度與目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料，建構出一邊坡分析剖面圖資，並再將邊坡分析剖面圖資、目標邊坡位置周圍的環境地形資料上傳至一邊坡穩定性分析運算平台，而該邊坡穩定性分析運算平台能夠以植生力學分析技術及人工智慧優化技術進行分析，以運算出對應勘驗地區之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的安全係數；

最後，將目標邊坡的安全係數與對應之潛在滑動面回傳至智慧型行動裝置上，並將安全係數與對應之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料進行疊合，以將分析結果顯示於現地場景資料上。

8. 如申請專利範圍第 **7** 項所述之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析方法，其中所拍攝之每兩張照片間至少有 15%以上的影像重疊。

9. 如申請專利範圍第 **7** 項所述之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析方法，其中環境地形資料係為土地利用、土石流潛勢溪流、降雨量、坡度、坡向、崩塌地、活動斷層、土壤、地層分佈、順向坡、人口密度和道路密度、現地地質資料、土壤特性分析資料、地下水位分佈資料、植被覆蓋比例資料、植生資料、地表侵蝕程度資料或土壤剪力強度資料。

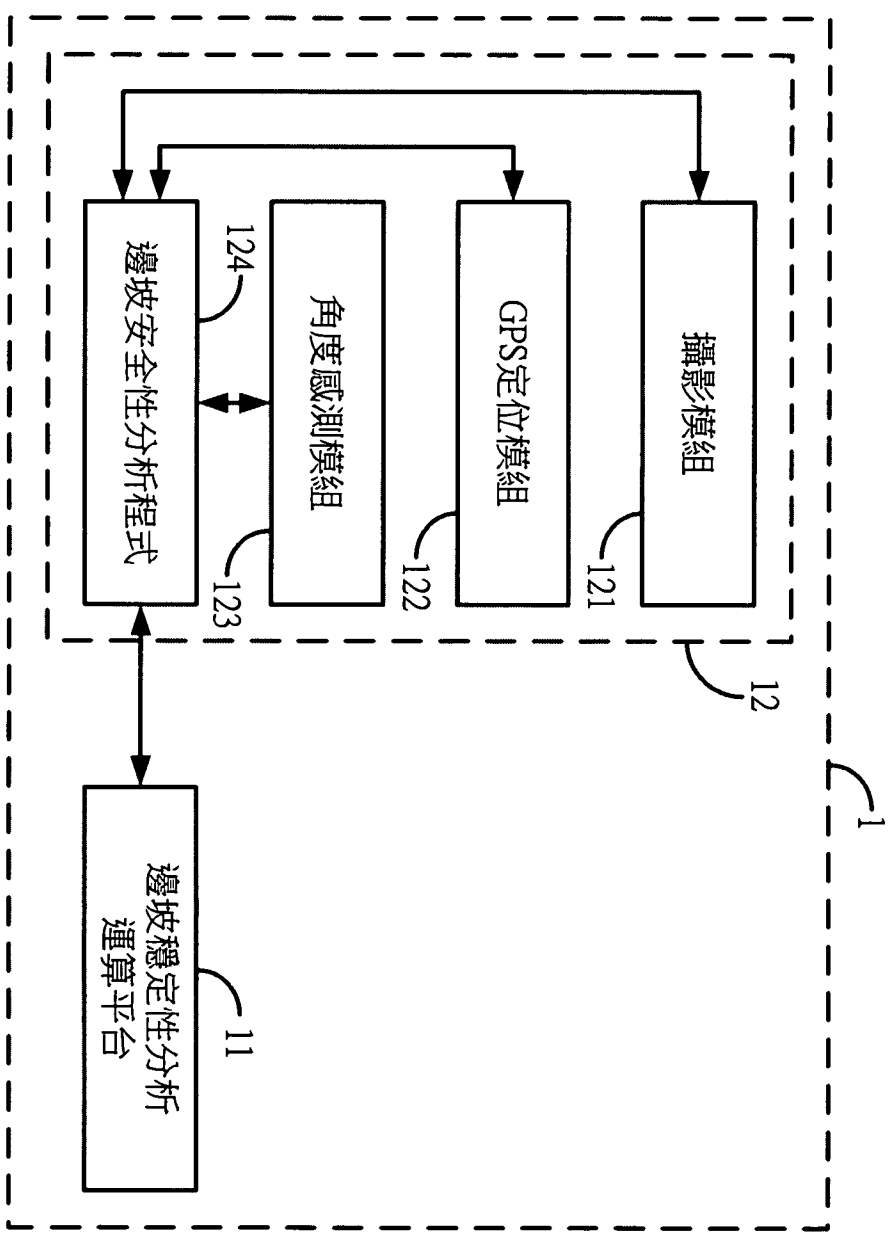
10. 如申請專利範圍第 **7** 項所述之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析方法，其中角度感測模組係為水平儀、傾角儀、電子羅盤、陀螺儀或加速度計，而使用者能夠將智慧型行動裝置平放於勘驗地區之目標邊坡表

面上，以運算出勘驗地區之目標邊坡的坡面角度。

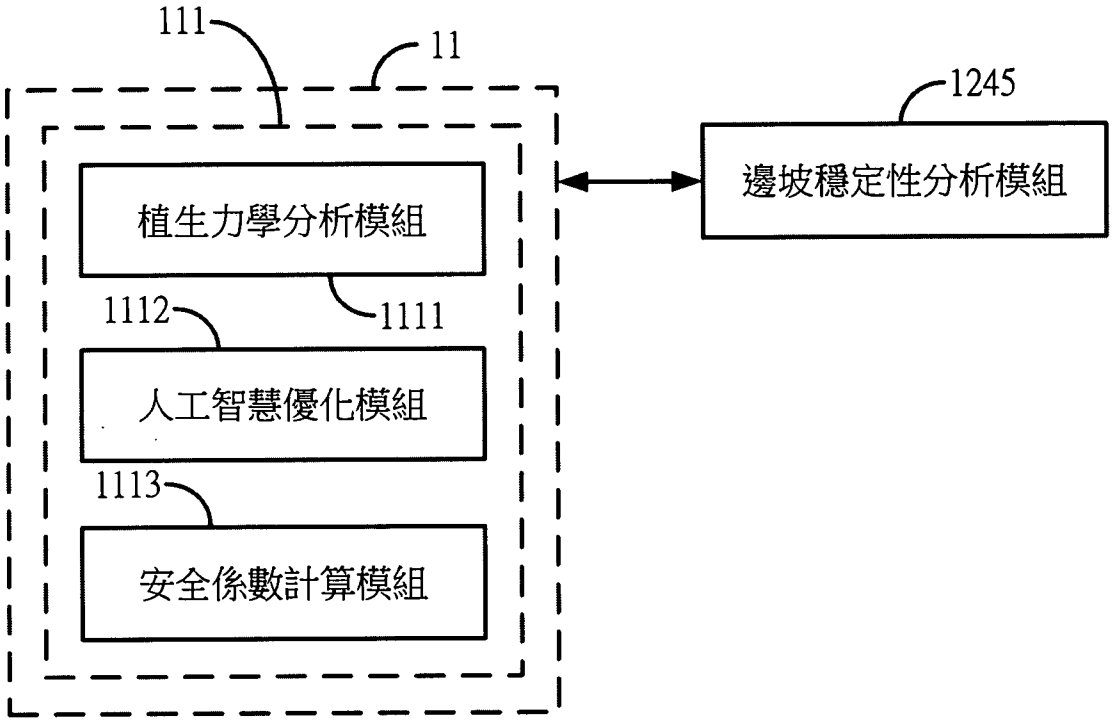
11. 如申請專利範圍第 7 項所述之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析方法，其中當邊坡分析剖面圖資、目標邊坡位置周圍的環境地形資料無法上傳至邊坡穩定性分析運算平台時，該智慧型行動裝置之邊坡安全性分析程式則會自行運算出對應勘驗地區之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的安全係數。

12. 如申請專利範圍第 7 項所述之應用可攜式電子裝置之邊坡安全性分析方法，其中智慧型行動裝置係為手機、智慧型手機或平板電腦。

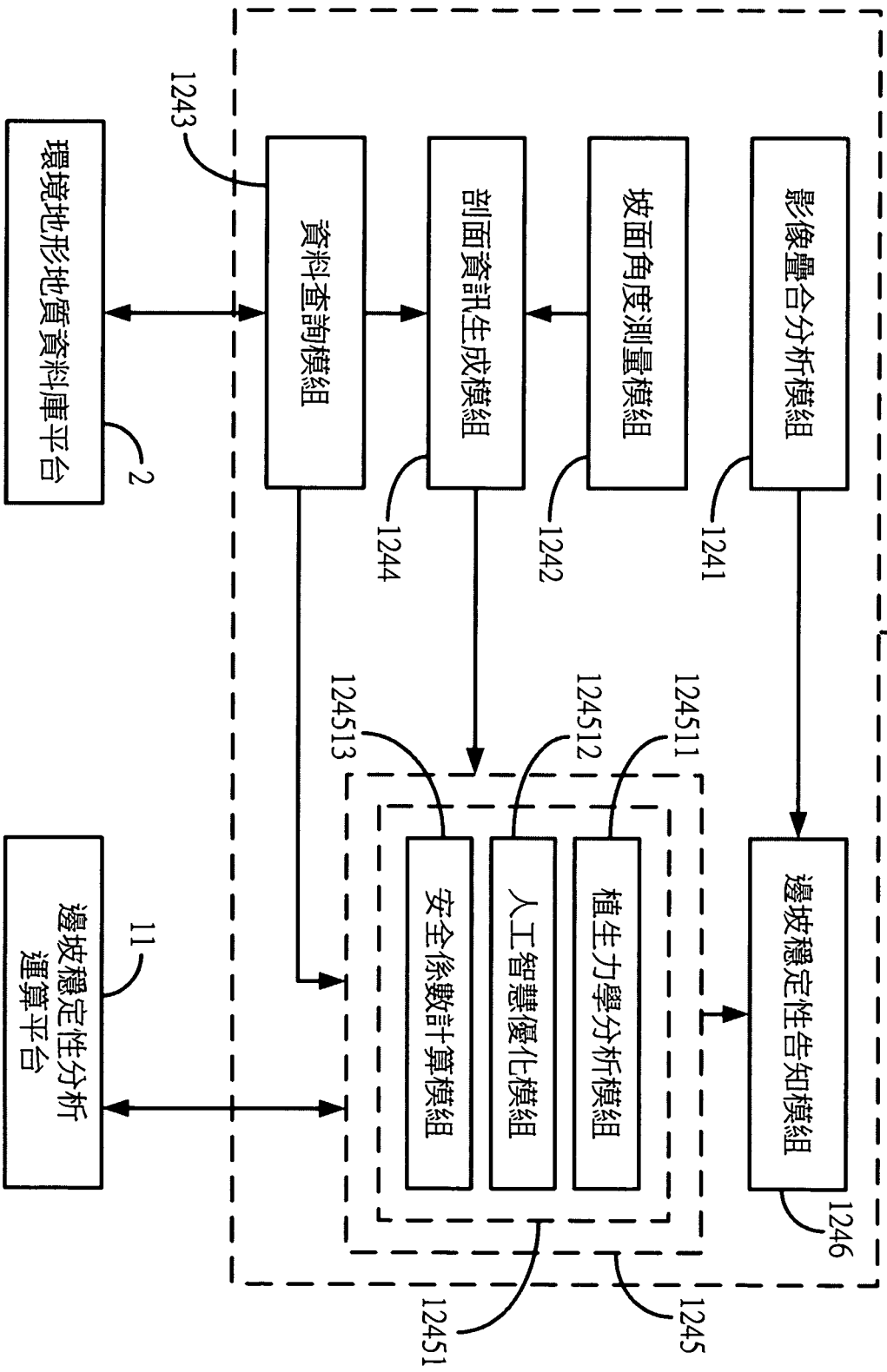
圖式


1
12
攝影模組
121
GPS定位模組
122
角度感測模組
123
邊坡安全性分析程式
124
邊坡穩定性分析
運算平台
11

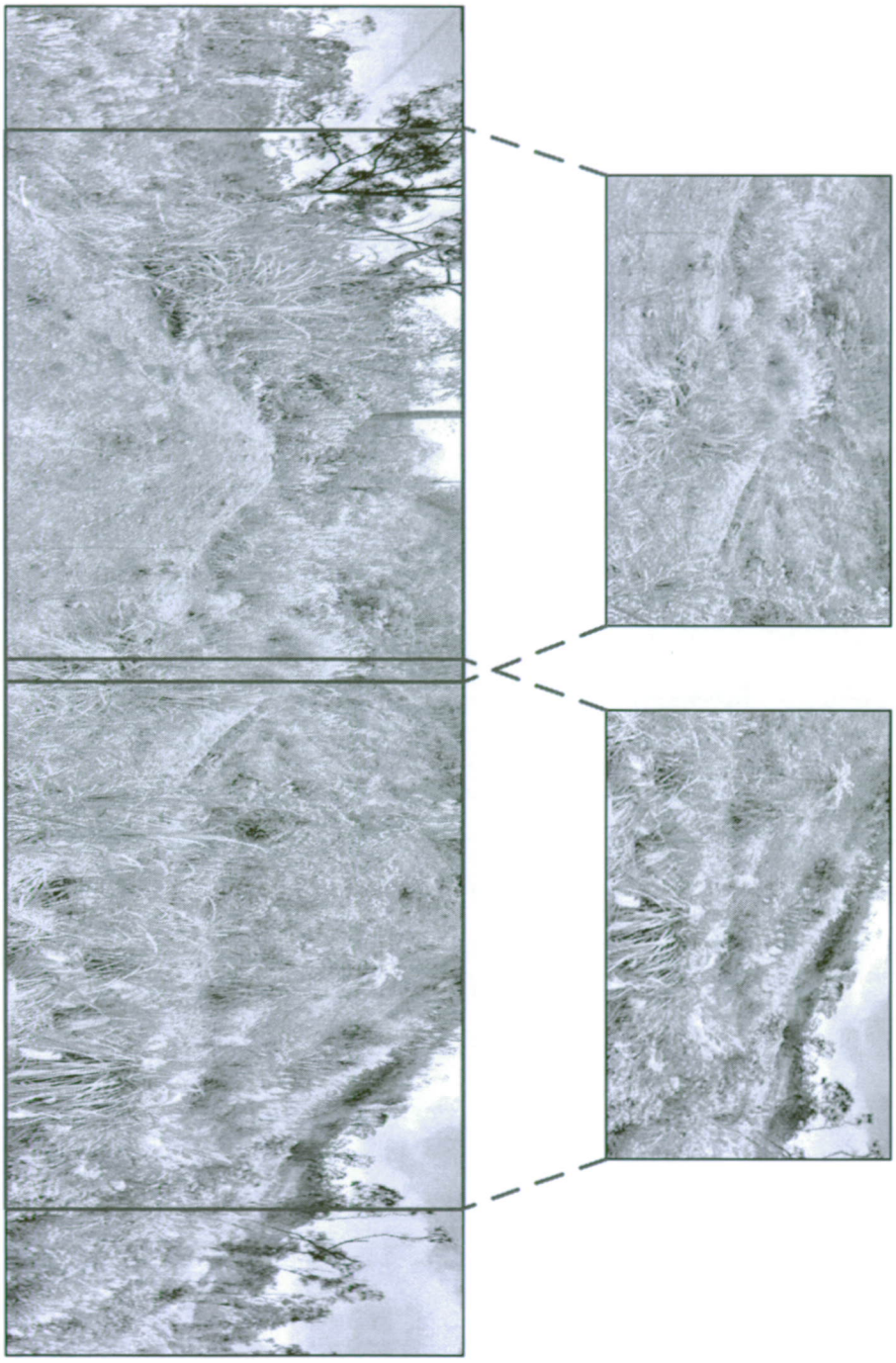
第1A圖


111
11
1245
植生力學分析模組
邊坡穩定性分析模組
1111
1112
人工智慧優化模組
1113
安全係數計算模組

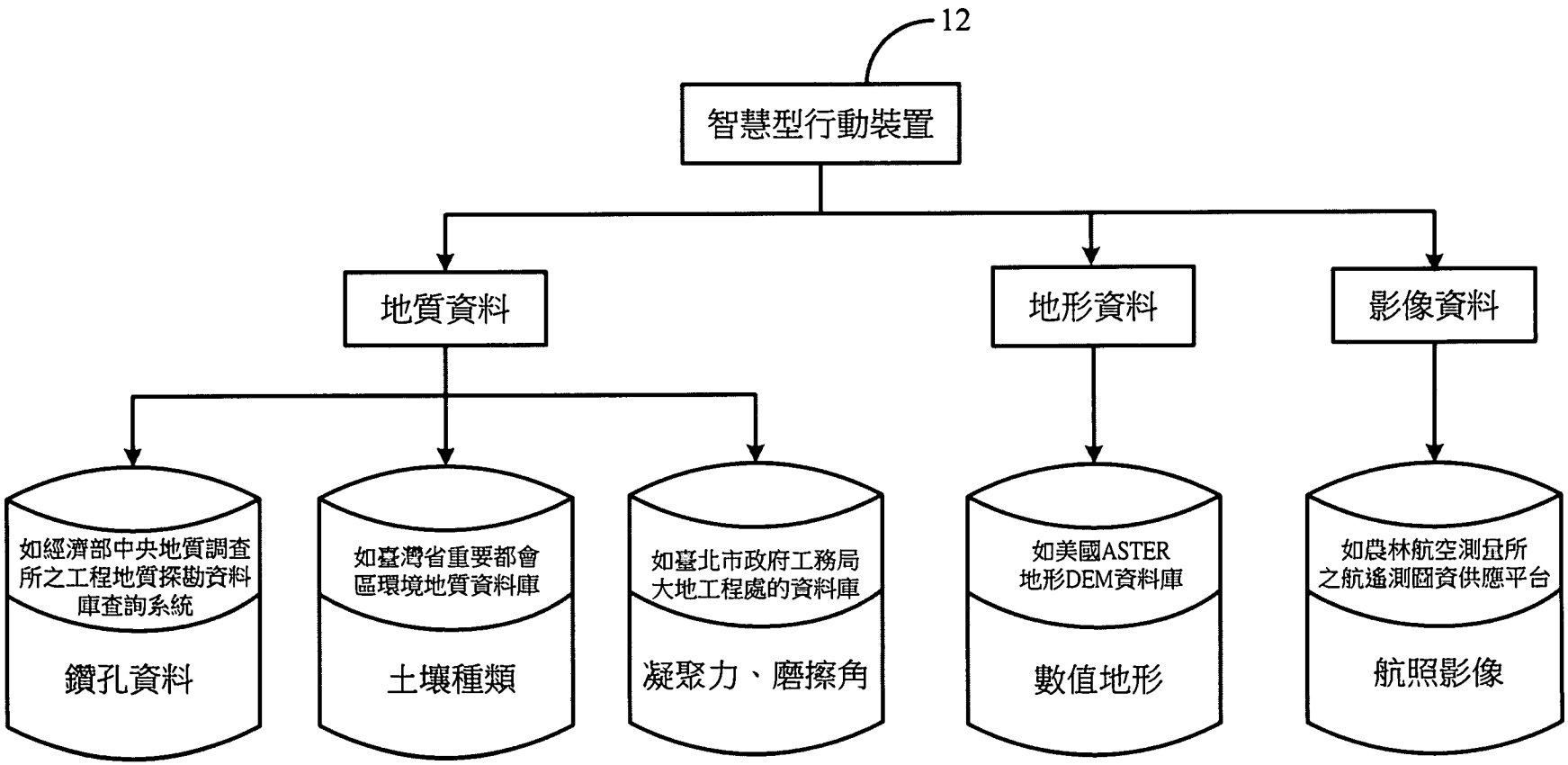
第1B圖


124
影像疊合分析模組
1241
坡面角度測量模組
1242
剖面資訊生成模組
1244
資料查詢模組
1243
環境地形地質資料庫平台
2
邊坡穩定性告知模組
1246
植生力學分析模組
124511
人工智慧優化模組
124512
安全係數計算模組
124513
1245
12451
邊坡穩定性分析運算平台
11

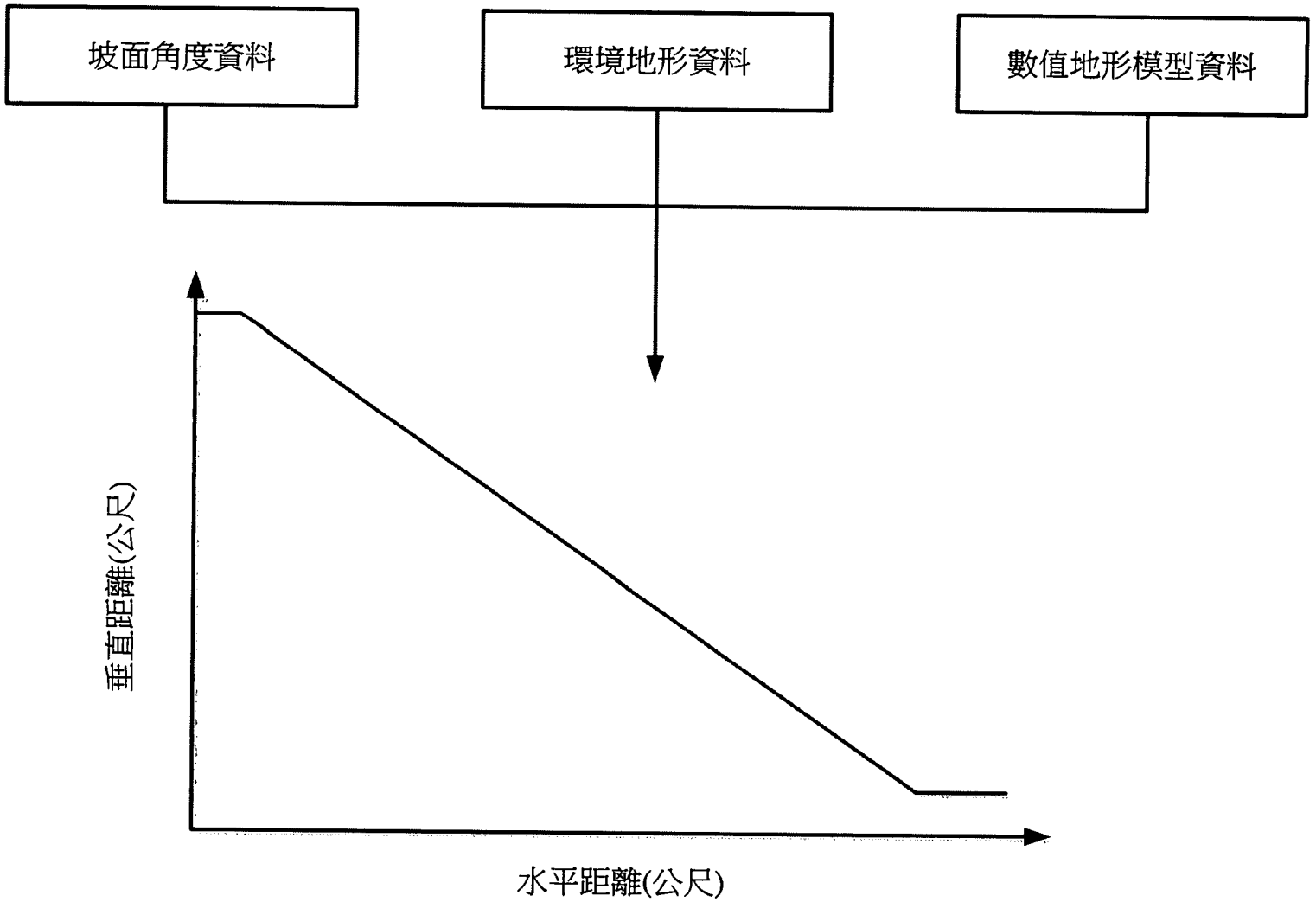
第1C圖



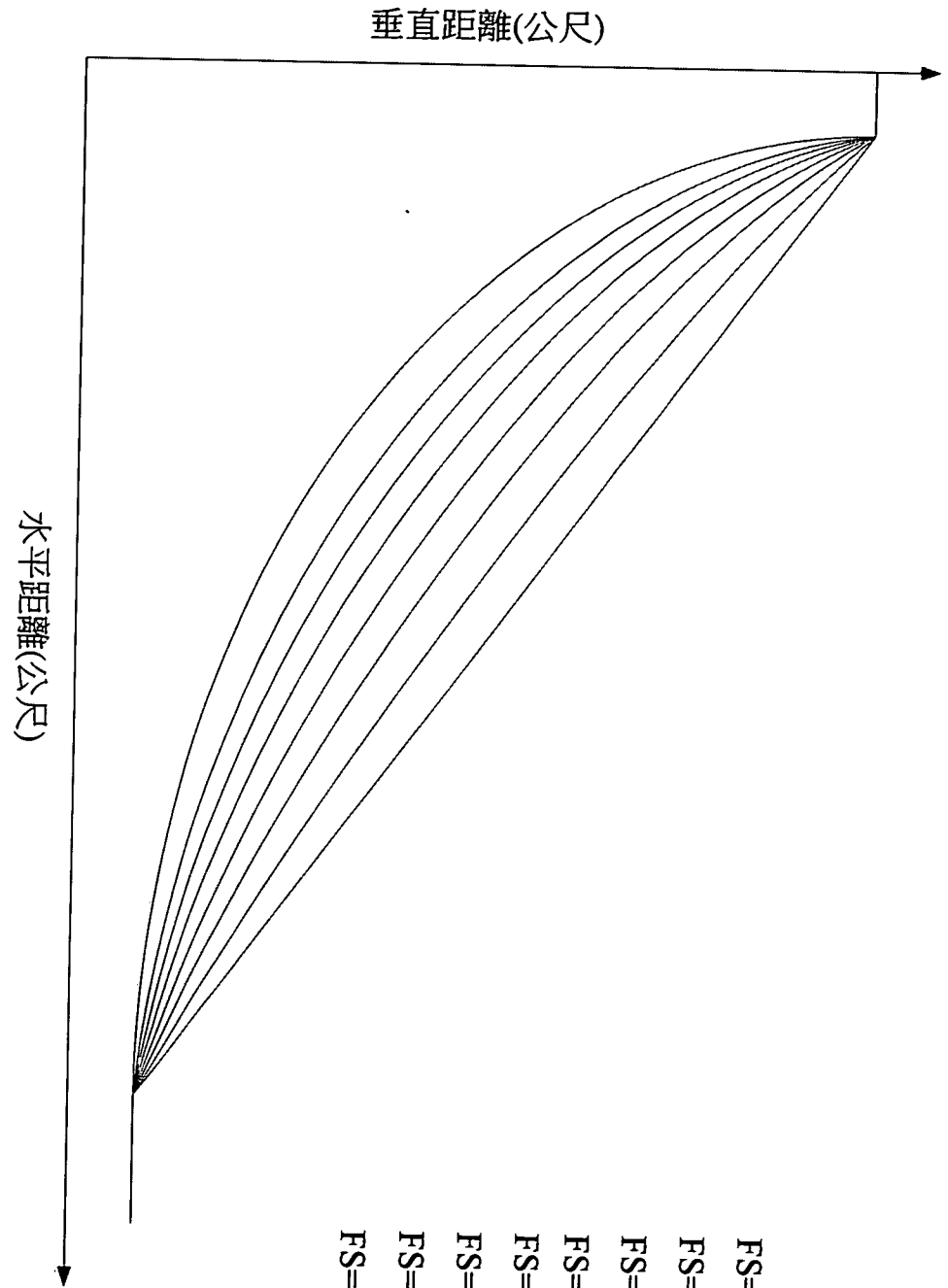
第2A圖


12
智慧型行動裝置
地質資料
地形資料
影像資料
如經濟部中央地質調查所之工程地質探勘資料庫查詢系統
鑽孔資料
如臺灣省重要都會區環境地質資料庫
土壤種類
如臺北市政府工務局大地工程處的資料庫
凝聚力、磨擦角
如美國ASTER地形DEM資料庫
數值地形
如農林航空測量所之航遙測圖資供應平台
航照影像

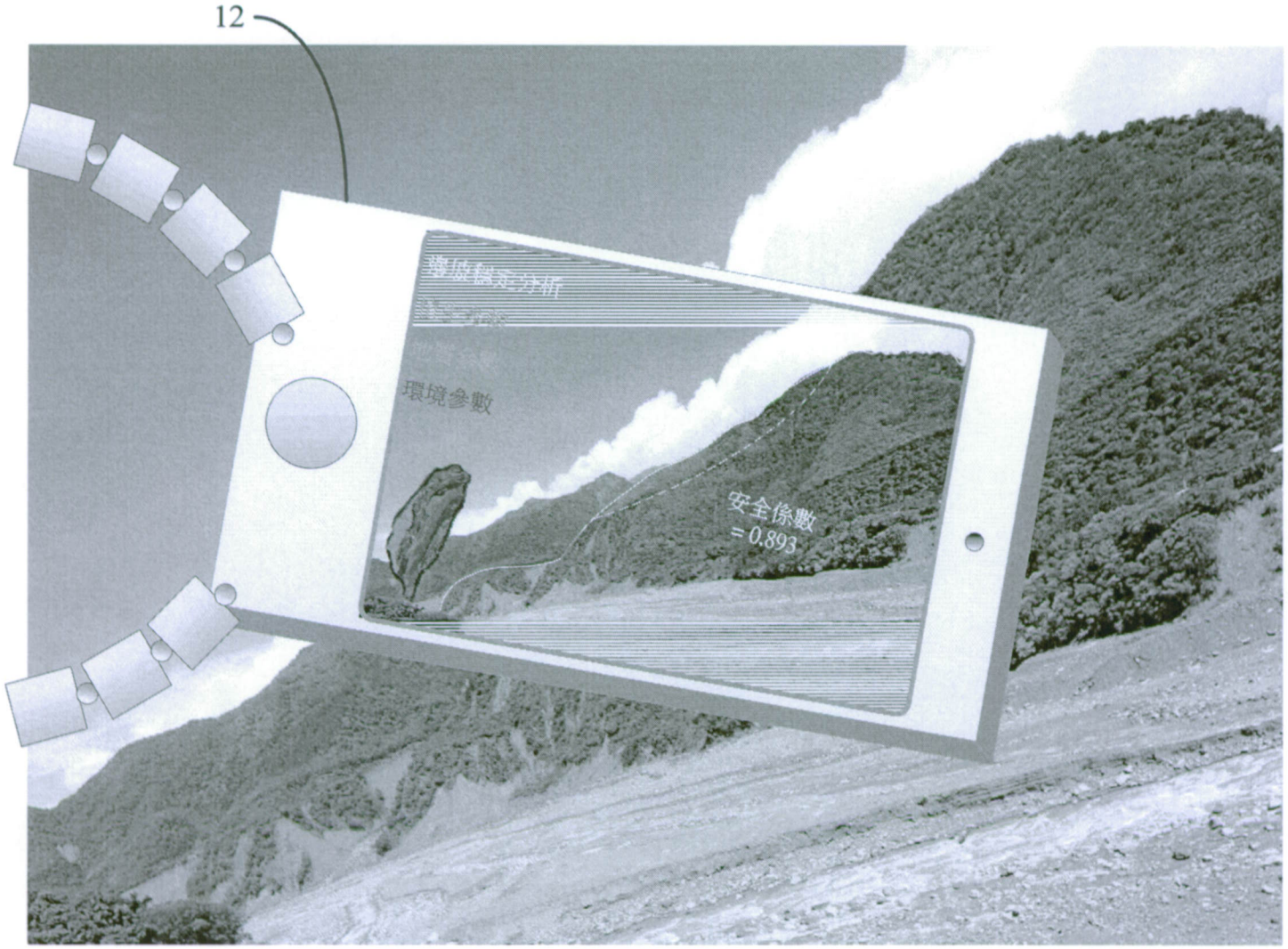
第2B圖



第2C圖

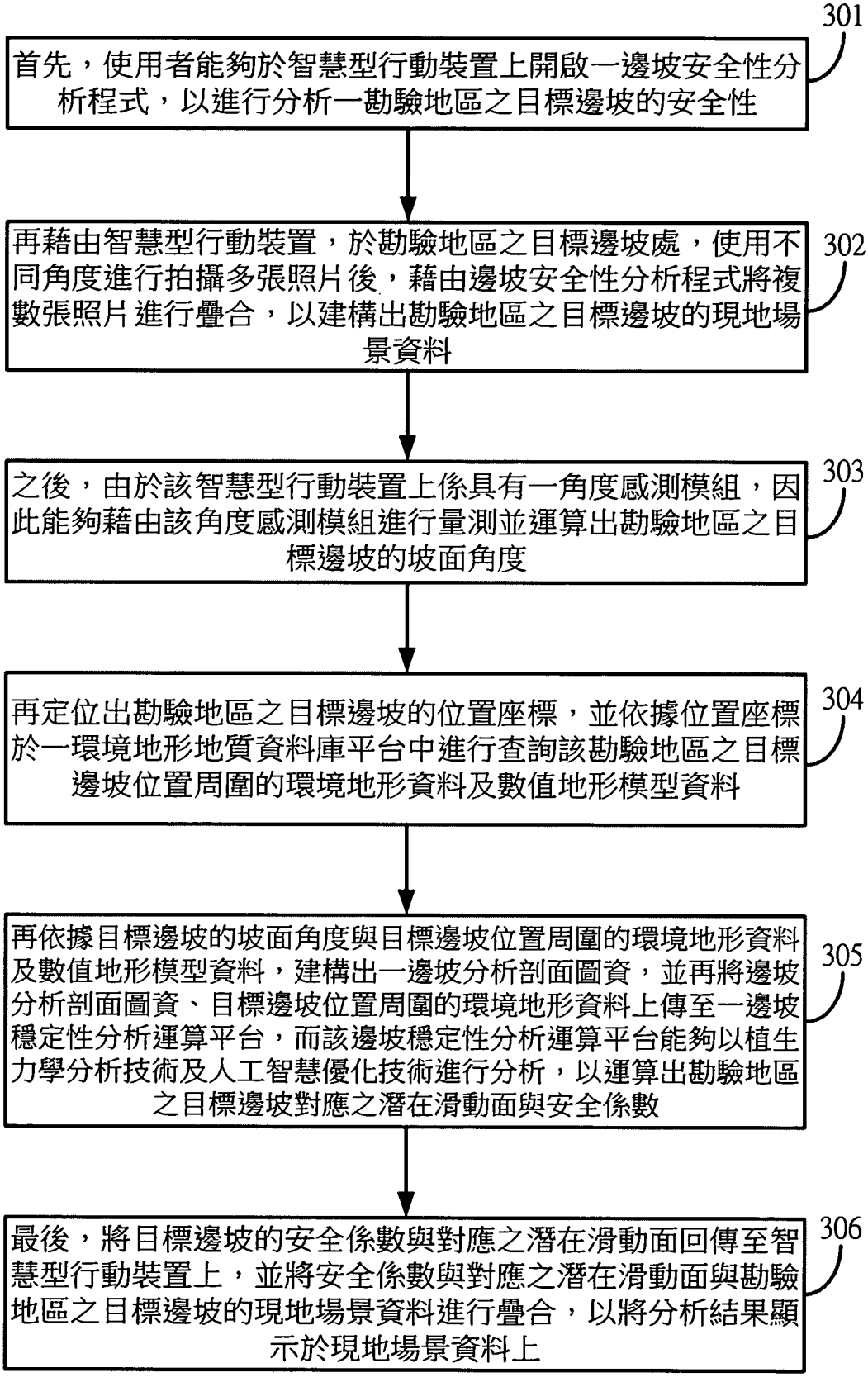

垂直距離(公尺)
水平距離(公尺)
FS=1.05
FS=1.17
FS=1.23
FS=1.38
FS=1.46
FS=1.52
FS=1.64
FS=1.72

第2D圖



第2E圖

I501198


301
首先，使用者能夠於智慧型行動裝置上開啟一邊坡安全性分析程式，以進行分析一勘驗地區之目標邊坡的安全性
302
再藉由智慧型行動裝置，於勘驗地區之目標邊坡處，使用不同角度進行拍攝多張照片後，藉由邊坡安全性分析程式將複數張照片進行疊合，以建構出勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料
303
之後，由於該智慧型行動裝置上係具有一角度感測模組，因此能夠藉由該角度感測模組進行量測並運算出勘驗地區之目標邊坡的坡面角度
304
再定位出勘驗地區之目標邊坡的位置座標，並依據位置座標於一環境地形地質資料庫平台中進行查詢該勘驗地區之目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料
305
再依據目標邊坡的坡面角度與目標邊坡位置周圍的環境地形資料及數值地形模型資料，建構出一邊坡分析剖面圖資，並再將邊坡分析剖面圖資、目標邊坡位置周圍的環境地形資料上傳至一邊坡穩定性分析運算平台，而該邊坡穩定性分析運算平台能夠以植生力學分析技術及人工智慧優化技術進行分析，以運算出勘驗地區之目標邊坡對應之潛在滑動面與安全係數
306
最後，將目標邊坡的安全係數與對應之潛在滑動面回傳至智慧型行動裝置上，並將安全係數與對應之潛在滑動面與勘驗地區之目標邊坡的現地場景資料進行疊合，以將分析結果顯示於現地場景資料上

第3圖