

山坡地開發雜項工程影響因子評估之研究

呂守陞* 余壬癸**

關鍵詞：山坡地建築開發、雜項工程、灰色統計法、模糊AHP法

摘要

山坡地建築開發，除天然不可抗拒之因素外，大部份重大災 之產生，歸因於在坡地開發雜項工程階段之執行確實與否；諸如基址調查、規劃設計與施工及完工後維護等作業未落實，致除於施工中產生即時性之工程災 外，往往亦可能因而種下後續災 之潛因。雜項工程階段工作環 多且環環相扣，若其中任一環 處理失當，均會導致其他環 在各方面有直、間接或程度上影響；但各環 中孰輕孰重， 因工程人員之主觀認定標準與經驗過程之不同而有所落差。本文利用灰色統計法與模糊AHP法，透過坡地工程專家群體之共識，找出山坡地建築開發關鍵性之重要工程影響因子，並據此擬定相關處置對策，以提供後續山坡地建築開發工程決策之參考。

Study of the Impact Factors of Hillside Construction Projects

Sou-Sen Leu*, Jen-Kuei Yu**

KEYWORDS: Hillside Construction, Sundry Activities, Gray Statistics Method, Fuzzy AHP.

ABSTRACT

During the hillside construction process, most disasters are caused by improbable executions of construction activities, except for natural adverse conditions. These improbable executions not only trigger the immediate construction disasters, but also become the potential disaster causes in future. In order to effectively manage the hillside construction project, key execution factors must be first identified. The focus of this paper is to adopt Gray Statistics Method and Fuzzy AHP to survey the factors and their weights. Based upon the above-mentioned results, an appropriate hillside construction procedure is then proposed.

*國立台灣科技大學營建工程研究所教授

Professor, Department of Construction Engineering at the National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan

** 國立台灣科技大學營建工程研究所碩士

Master, Department of Construction Engineering at the National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan

一、前言

台灣因先天土地面積狹小，平地又大多為農地的限制下，可供利用的平地相對明顯不足，為滿足居住與使用之擴展空間，並提高生活環境品質，遂有山坡地開發。但台灣山坡地地形陡峭，地質因複雜的褶皺與斷層等因素影響多顯破碎，加上雨量充沛，河川浸蝕嚴重，且又多地震，即使不進行開發亦容易發生山崩、浸蝕、地陷等天然災害；若再於進行坡地開發時，未能確實進行雜項工程之調查、規劃設計及施工與維護等工作，則災害發生頻率更增且破壞程度亦擴大，如民國87年發生在台北縣汐止鎮「林肯大郡」地區，於颱風豪雨來襲所造成之嚴重災難，更引起舉國上下之震驚與重視。

山坡地建築開發重大災害之產生，除了天災或其他不可抗力之因素外，大部份在於雜項工程施作階段之執行確實與否為主要關鍵；如基地調查未清楚完全、規劃設計不當、工程施工不良、監測與完工維護不佳等因素，皆可能招致施工期間之災害，亦可能在施作後因此種下潛在之災害誘因，遇有颱風暴雨來臨，即造成塌滑、沉陷、傾倒等之重大災害(洪明瑞等，1998；陳宏宇，1999；陳海島，1999)。

因此，雜項工程可謂為坡地建築開發之重要基礎工程，亦可稱為坡地開發穩定安全、成功與否之真正關鍵所在。而雜項工程階段之工程作業項目繁多，每一作業間環環相扣且對整體開發各方面都有其不同程度之影響性。本文乃針對坡地開發之雜項工程執行階段，先彙整出對工程之主要影響因素集，透過專家訪談及以問卷調查後，採灰色理論之灰色統計法，篩選出其中重要之工程影響因素。復以模糊層級分析法(Fuzzy AHP)確認重要影響因素相對權重與排序，並據以提出工程施做程序及處置策略建議，以為坡地開發決策者或工程執行者，

於進行開發決策及執行工程時之參考依據。

二、文獻回顧

在從事山坡地開發工程重要影響因素評估研究前，需先針對坡地開發之重要基礎工程—「雜項工程」之特性、內容及相關工程與災害產生等之探討與研究文獻，作一概要性彙整，以能完整地擬出坡地開發之主要工程影響因素集，再利用適當的評估方法進行重要影響因素的篩選及權重分析。

2-1 雜項工程定義與作業內容

所謂「雜項工程」，簡而言之，即將已取得開發許可之原始山坡林地（素地），經人為有程序並以適當之工程方法進行開發整地，使改變成為可供房屋建築等用途之所有相關性工程行為。一般開發基地面積超過十公頃以上，需經必要之申領審查程序及相關合作業，取得主管機關之「開發許可」與「雜項執照」等開發及工程施做之核可後，方可進行實際之雜項工程等相關作業。本研究定義之「坡地開發雜項工程階段」，是以取得雜照許可後之雜項工程施作行為屬之(余壬癸等，1998；洪明瑞等，1999-2000；李順敏與呂守陞，2000，台北縣政府工務局，2000)。此階段之主要概分為工址與環境調查、工程規劃與設計、工程施工及完工維護等階段性作業。茲依此階段之屬性概要彙整其工作內容如表一所示。

2-2 坡地開發工程主要影響因素之探討

國內對於雜項工程階段之主要工程影響因子有完整探討及研究之相關文獻不多。為能完整地建立此階段之主要工程影響因子，除參循國內之坡地工程及災害之相關研究與探討文獻

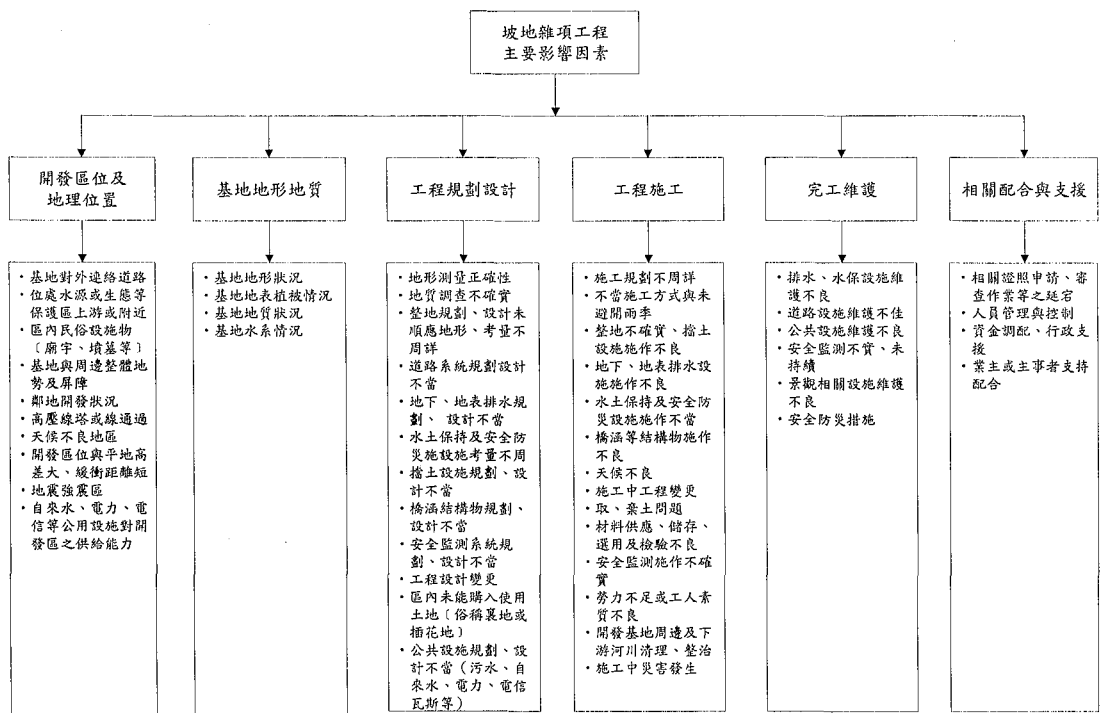
資料外，本研究再以作者個人實際參與一大型開發案從工址調查開始，經規劃、設計以至施工完成完整歷程之雜項工程階段的執行實務經驗(余壬癸，2000)，及實地了解多處坡地災害與參加相關工程探討研討會等心得，按此階段之相關執程序與作業項目中，檢討那些工程作業疏忽或施作不良項目，容易導致工程成本損失及可能災害發生後果之影響因子予以歸納整理，彙整初擬出開發工程主要影響因素集(潘國樑，1991；廖瑞堂，1998；余壬癸等，1998；陳宏宇，1999；洪明瑞等，1999-2000)，詳見圖一所示。

2-3 重要工程影響因素之問題特性

雜項工程階段之重要影響因素眾多，而其間每一影響因素雖對開發工程環環相扣且有直、間接或程度上不同之影響，但孰輕孰重，往往因個人主觀認定標準與看法之不同而有明顯落差，致可能影響開發過程決策品質或執行行為之差異。如何在眾多之工程影響因素中找出關鍵性影響因子，乃需藉由專家以群體共識方式來篩選出重要工程影響因素，並評估分析關鍵影響因子之相對權重，以能為開發業者或機構及工程執行人士等導引開發正確觀念與共識，期於進行開發前後整體過程中正視每一環

表一 坡地開發雜項工程階段施作工程內容

階段主要施做項目	工作內容說明
工址與環境調查	<ol style="list-style-type: none"> 1、地形與高程測量、基地開發範圍等檢測。 2、地表地質調查及補充地質鑽探調查。 3、開發基地週遭環境、既有建築或設施物、墳墓、坑洞、既有山溝排水狀況等調查。
工程規劃與設計	<ol style="list-style-type: none"> 1、施工便道、攔砂壩、滯洪池及沉砂池等防災工程。 2、地下排水（盲溝系統）及地表排水工程。 3、道路及整地工程。 4、監測系統工程。 5、橋樑、擋土結構及邊坡工程。 6、水土保持及植生、景觀工程。 7、公共設施工程（供水、污水系統及相關設施、電力及電信或瓦斯等工程）。
工程施工	<ol style="list-style-type: none"> 1、施工計劃及施工便道工程。 2、表土清除（樹木、雜草及腐質土等清除）。 3、地下排水、攔砂壩及防災工程等。 4、整地工程（土石方、邊坡穩定、邊坡溝、取棄土、開挖及夯實、監測系統埋設等）。 5、橋樑、擋土工程（橋樑、箱涵結構、RC 擋土牆、岩錨牆、柔性擋土牆等）。 6、道路工程（地下管線、路面及附屬設施）。 7、地表排水工程。 8、水土保持及植生工程。 9、公共設施及景觀工程。
完工維護	<ol style="list-style-type: none"> 1、攔砂壩、沉砂池及基地區內、外之溝渠沉砂清理與疏浚。 2、道路系統、邊坡穩定、排水與植生等維護工作。 3、填方邊坡、擋土牆等之監測持續觀察。 4、公共設備或設施之維護。
其他	<ol style="list-style-type: none"> 1、相關證照申請、變更、審查及現場勘驗之配合。 2、開發周邊公共事務之處理、協調等。 3、工程資金調配運用、行政支援等。 4、人員之管理及控制等

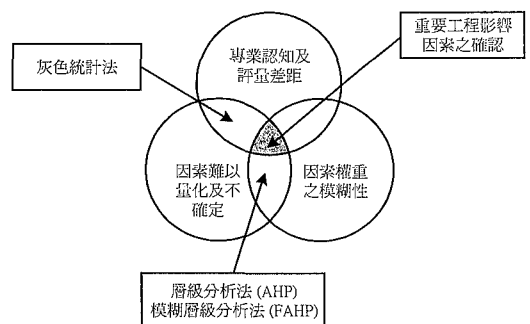


資料來源:本研究整理

圖一 初擬坡地雜項工程主要影響因素集

結之重要性，正確且確實執行，以杜絕工程災害發生之根由。

工程影響因素之重要性程度是一抽象名詞，對於開發業者或執行工程人員而言很難予以量化，因此重要影響因素之篩選也就具有「多準則」及「不確定」之特性，因此須仰賴多準則的模糊決策方法，以獲取合理之結論。具體而言，本研究面對之課題包括因素之非量化評量、因素之不確定性、因素之重要性程度取捨、專業認知之差距、因素重要性程度權重之模糊性等。有鑑於此，本研究乃利用灰色理論(Grey Theory)與模糊層級分析法(Fuzzy AHP)進行山坡地開發重要因子之篩選與排序之探討(見圖二)。本研究首先利用灰色統計手段進行重要影響因子之篩選，再透過模糊層級分析法進行相關重要因子之排序，以提供更具體之施工決策參考。



圖二 研究問題與方法關連體系

三、篩選評估研究方法

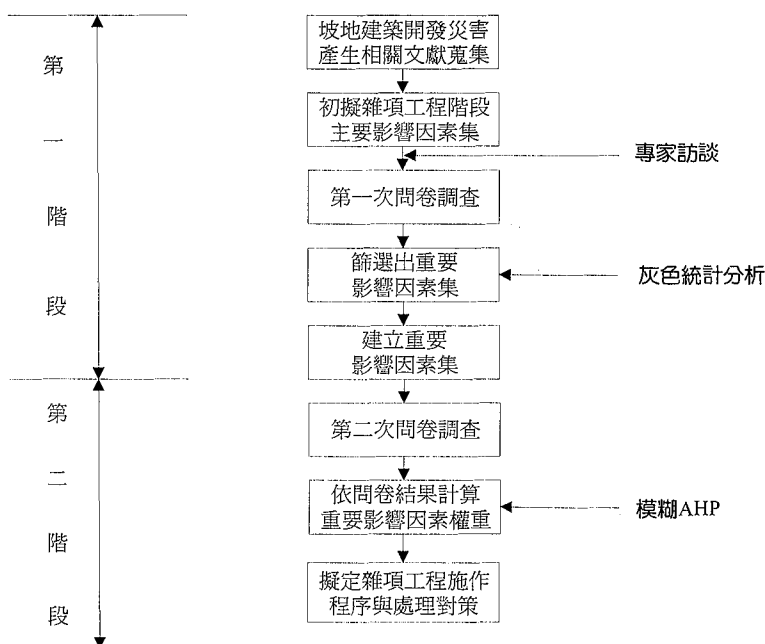
如上所述，本研究分成兩階段進行。第一部份為雜項工程階段重要影響因素的篩選，此階段採用鄧聚龍教授(1999)所提出的灰色統計法來擷取專家群體的知識與經驗。第二部份研究則將篩選後之重要影響因素，採用模糊

層級分析法 (Fuzzy AHP)，以模糊數的概念，求得各影響因素的模糊權重，以合理反映專家群體對影響因素的主觀偏好 (見圖三所示)。

灰色理論中之灰色統計法即是利用白化函數處理數據，以避免因受訪者意見不同造成折衷現象或調查結果受異常值 (極端值) 影響之情形。本研究乃是透過坡地開發專家之群體決策，以篩選重要因子。而群體決策的結果應由參與決策之專家直接產生，而不需再加上最終決策者的主觀好感，因此以灰色統計法來篩選重要影響因素較為適當 (傅立，1991；陳威竹，1997；鄧聚龍，1999年)。一般而言，灰色統計乃是以灰數的白化函數生成為基礎，將一些具體的調查或統計數據，按某種灰數所描述的類別進行歸納整理，從而來加強對事物認識的一種方法 (傅立 1991)。有關灰色統計詳細內容可見相關專書 (傅立，1991；史開泉等，1994；陳繁雄等，1997；江金山與溫坤禮等，

1998；鄧聚龍，1999年)。

層級分析法 (AHP) 為美國匹茲堡大學教授 Thomas L. Saaty 於 1971 年所發展出來之決策方法 (曾國雄與鄭振源，1989；Saaty，1982)，主要應用於具有不確定 (Uncertainty) 情況下及具有多數個評估準則的決策問題上。其發展之目的，就是用層級架構的概念將複雜的問題系統化，以不同的層面對問題本身進行層級分解，並透過量化的判斷進行綜合評估，提供決策者適當且充分之判斷資訊，以減少決策錯誤之風險性。但 AHP 法對於群體的評估結果是採以權重的平均值，若僅以平均值來表示準則之權重，將失去該準則權重所含之部分訊息，故為完全反應所有專家之判斷結果，實有必要加入模糊數之概念，來整合專家群體之意見。本研究乃應用三角模糊數 (Triangular Fuzzy Number, TFN) 的概念來決定準則之模糊權重 (Chen and Hwang, 1992)。整體探討流程見圖三所示。



圖三 重要影響因素篩選與權重分析流程

四、重要影響因素之篩選

依據灰色統計與模糊 AHP 之概念，本研究就所收集之專家問卷進行資料分析，主要過程包括：（1）依專家群體之意見完成重要影響因素之篩選。（2）重要影響因素之相對權重分析。（3）確認與整合專家群體意見之重要影響因素。（4）依據專家之群體意見結果，研擬坡地建築開發雜項工程施做程序及處置策略建議。

如前所述雜項工程階段之影響因素眾多，但孰輕孰重，則因主觀看法不盡相同，難以明確定論。故本研究乃借重專家群體之專業素養與經驗（包括在工址調查、規劃設計、工程施工及監測等方面之專精，以及多年實務經驗之大地、地質、排水、整地、水土保持及結構等之專業人員），針對坡地建築開發雜項工程部分進行問卷調查，瞭解專家群體之意見，並以灰色統計法篩選出對坡地開發在工程方面之重要影響因素。其執行步驟說明如下：

步驟一、建立雜項工程階段之主影響因素集

本研究彙總坡地開發工程相關之研究文獻、災害產生分析報告等及個人執行大型坡地住宅社區工程開發之實務經驗所得，依據雜項工程階段施作階段：開發區位與地理環境、基地地形與地質、工程規劃與設計、工程施工、

完工維護及相關支援與配合等六個主要影響層面，蒐集各層面中較具影響性之可能因子，再經訪談坡地工程理論與實務經驗兼具之專家後，建立初擬主要影響因素集（見圖一）。

步驟二、蒐集專家意見

利用上一步驟所彙整而得之主要影響因素集，進行問卷設計與第一次問卷調查。問卷填答方式，乃請專家針對初擬之主要影響因素集，考量其重要性加以評分。分數之高低由0-10，10分代表最重要。分數之給定由專家之專業素養主觀認定。第一階段問卷訪問之專家共有二十四位，調查問卷寄出共 24 份，回收 24 份，問卷填答專家之背景如表一所示。

步驟三、篩選重要影響因素

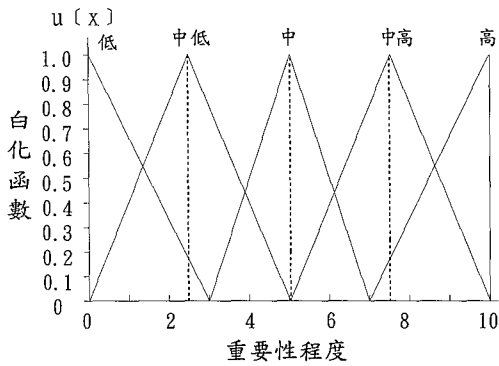
依據灰色統計法之執行步驟，將上一步蒐集所得之專家評估值進行歸納整理，並進一步篩選雜項工程之重要影響因子。其處理過程簡述如下：

（一）建立灰類白化函數

依據灰色統計原則，將影響因素之重要程度分為「高」、「中高」、「中」、「中低」及「低」五個等級（即五個灰類），各個等級（灰類）的白化函數如圖四所示：

表一 問卷填答人員背景

專業背景	人數	坡地工程經驗年資	主要專業經驗屬性
具土木、水利、大地、水保及結構等技師資格	8 人	5-15 年以上	坡地工程調查或規劃設計
主持大型坡地整地工程施工實際操作經驗執行者	1 人	15 年以上	坡地雜項工程施工
工程調查、規劃設計或工程施工之主管或資深人員	15 人	5-15 年以上	坡地工程調查或規劃設計或工程施工



圖四 重要性程度之白化函數

(二) 求決策樣本係數

設 η_{jk} 為第 j 個影響因素屬於第 k 個灰類的決策係數。先將專家群體對於各主要影響因素所給予之白化值整理統計成表，再依照灰色統計法之公式，求得決策樣本係數 η_{jk} 。

茲以「基地對外連絡道路」為例，說明決策係數之運算過程。專家對於「基地對外連絡道路」所給予的分數（白化值）整理如表二所示。以 $\eta_{高}$ 為例，於圖四所示，重要性程度值在7以下之，其白化函數值為0，故可忽略。重要性程度為8時，其白化函數值為0.33，乘以相對專家人數。如此，累積重要性程度9與10之計算值，即可獲得 $\eta_{高}$ 之值。「基地對外連絡道路」整體決策係數之計算結果見表三所示。

表二 問卷填答之彙整資料

重要性程度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
專家人數	0	0	0	0	0	2	2	2	9	3	6

表三 決策樣本係數計算結果 - 以「基地對外連絡道路」為例

重要性程度	$\eta_{高}$	$\eta_{中高}$	$\eta_{中}$	$\eta_{中低}$	$\eta_{低}$
決策向量值	10.98	10.8	3.0	0	0

(三) 求決策向量

各影響因素的決策向量 $\{\eta_{高}, \eta_{中高}, \eta_{中}, \eta_{中低}, \eta_{低}\}$ ，整理如表四所示。由表四專家群體對各主要影響因素的決策向量表中發現，專家群體對各主要影響因素所給予之評估值有偏高現象，多集中偏向於「高」或「中高」。有此結果，並非專家群體對於影響因素有高估現象，而是因問卷中的主要影響因素集，係由本文作者依據個人實際執行大型坡地雜項工程開發之多年設計與施工實務經驗，並參考相關文獻，將較有影響性之因子予以彙整而得。因此，主要影響因素集之因子已具一定之代表性。

(四) 小結

經專家初步篩選之重要性高之因子計有22項，包括發區位與地理環境：開基地對外聯絡道路與位處水源或生態等保護區上游或附近；基地地形與地質：基地地形狀況、基地地質狀況、基地水系狀況；工程規劃與設計：地形測量正確性，地質調查不確實，整地規劃設計考量不周詳，地下與地表排水規劃設計不當，水土保持與安全措施之規劃設計考量不週，擋土設施之規劃設計不當，橋涵結構物規劃設計不當，安全監測系統規劃設計不周詳；工程施

工：施工規劃不周詳，整地不確實及擋土設施施作不良，地下及地表排水設施施作不良，水土保持及安全措施施作不良，施工災害；完工維護：排水及水保設施維護不良，安全防災措施；相關配合及支援：證照申請與審查作業延宕，業主或主事者支持配合。

五、重要影響因素之建立

本研究透過以灰色統計法中所找出的雜項工程中重要性程度「高」的影響因素（如表四所示），共為22項。本階段將依據模糊AHP手段，針對此22項進行權重分析。透過權重分析之結果，將可提供坡地雜項工程施作時重點考量之依循。

5-1 重要影響因素權重之建立

篩選後之重要影響因素，依據模糊 AHP 之原理與執行步驟，進一步分析各因素相對權重。其執行步驟扼要地逐一說明：

步驟一：建立層級分析架構

利用上述所篩選之重要影響因素，建立重要影響因素分析層級架構，如圖五所示。

步驟二：影響因素權重之建立

依據上述層級架構設計因素間兩兩相互比較之第二次問卷訪查表，並寄發給第一次填答問卷專家，請每一位專家再針對重要影響因素進行重要性程度兩兩比較。第二次問卷調查，共發出問卷 24 份，回收 24 份，問卷填答專家之背景與第一次訪查人員相同。利用 AHP 之運算方法，求得重要影響因素的相對權重值；復以三角模糊數的概念，以獲得影響因素之模糊權重值。

步驟三：AHP 權重分析

本研究將回收 24 份調查問卷之各專家所比較所得的兩兩相對比較值，利用 MS-Excel 98 軟體之製作運算程式分別計算求得各影響因素之權重，再經由一致性檢定後，可採用之有效問卷為 19 份，依此得到專家群體對各重要影響因素所給予的權重值，其代表專家群體對各影響因素之權重傾向（如表五所示）。由於決策者進行成對比較時，可能產生前後不一致之現象。因此進行 AHP 分析時，乃利用 Saaty 建議之一致性檢定加以評估，其主要乃是依據所計算之一致性指標與一致性比率以評估成對比較資料之不一致性程度（Saaty，1982）。

由表五中可以得知，若以算數平均數而言其權重值最高的影響因素，在雜項工程階段之主要影響層面（主準則部分）中，為「工程規劃與設計」與「工程施工」（均為 0.1858）。

而在屬於各主要之施做程序之下一層影響因素中（次準則部分），依各階段屬性之不同，分別以「位處水源或生態等保護區上游或附近」（0.5353）、「基地地質狀況」（0.3589）、「擋土設施規劃、設計不當」（0.1353）、「整地不確實、擋土設施施作不良」（0.2056）、「排水、水保設施維護不良」（0.5152）及「業主或主事者支持配合」（0.5081）等之影響因素權重值為較高。至於幾何平均值，在主、次準則中其權重值較高之重要影響因素則與算數平均數完全相同，只是在權值數值上稍有差異。此訊息代表在雜項工程各階段需更投入心力掌握之重點項目。

另外，我們亦可從表五中的變異係數（CV）得出受訪者看法的差異性。就主準則部分而言為「開發區位及地理環境」（0.9306）。在分層結構主準則下次準則部分，各

表四 影響因素集之灰色統計分析結果

層面	影 響 因 素	決 策 向 量	重要性程 度	選取 與否
開發 區位 及 地理 位置	基地對外連絡道路	(10.98, 10.8, 3.0, 0, 0)	高	✓
	位處水源或生態等保護區上游或附近	(13.33, 7.2, 3.0, 0, 1.0)	高	✓
	區內民俗設施物(廟宇、墳墓)	(0.99, 6.8, 7.0, 6.0, 1.0)	中	×
	基地與周邊整體地勢及屏障	(4.32, 8.8, 8.0, 2.0, 0)	中高	×
	鄰地開發狀況	(3.0, 3.0, 8.5, 4.4, 1.0)	中	×
	高壓線塔或線通過	(4.0, 9.2, 7.5, 2.8, 0.33)	中高	×
	天候不良地區	(2.36, 7.6, 5.0, 5.6, 0.99)	中高	×
	開發區位與平地高差大、緩衝距離短	(7.67, 12.0, 4.0, 0.4, 0)	中高	×
	地震強震區	(3.67, 6.8, 10.5, 1.6, 0)	中	×
自來水、電力、電信等公用設施對開發區之供給能力	(8.65, 9.6, 5.0, 0.8, 0)	中高	×	
基地 地形 與 地質	基地地形狀況	(12.0, 6.65, , 6.0, 0, 0)	高	✓
	基地地表植被情況	(3.34, 6.0, 7.5, 3.6, 1.66)	中	×
	基地地質狀況	(13.0, 10.4, 0.5, 0, 0)	高	✓
	基地水系情況	(11.6, 9.66, , 2.0, 1.2, 0)	高	✓
工程 規劃 與 設計	地形測量正確性	(12.64, 10.4, 1.5, 0, 0)	高	✓
	地質調查不確實	(15.0, 8.4, 1.0, 0, 0)	高	✓
	整地規劃設計未順應自然地形、考量不周詳	(14.01, 8.8, 4.5, 0, 0)	高	✓
	道路系統規劃設計不當	(7.64, 14.0, 3.0, 0, 0)	中高	×
	地下、地表排水規劃、設計不當	(13.66, 11.6, 0, 0, 0)	高	✓
	水土保持及安全防災設施, 規劃、設計考量不周	(13.99, 8.8, 1.0, 0, 0)	高	✓
	擋土設施規劃、設計不當	(12.67, 9.6, 1.5, 0.4, 0)	高	✓
	橋涵結構物規劃設計不當	(11.33, 10.0, 1.5, 1.2, 0.33)	高	✓
	安全監測系統規劃、設計不周詳	(12.0, 7.99, 3.0, 0.4, 0)	高	✓
	工程設計變更	(7.0, 6.8, 7.5, 1.6, 1.0)	中	×
區內未能購入使用土地(俗稱裏地或插花地)	(3.97, 10.0, 7.0, 2.8, 0)	中高	×	
公共設施規劃、設計不當(污水、自來水、電力、電信、瓦斯等)	(6.33, 11.6, 3.5, 1.2, 0)	中高	×	
工程 施 工	施工規劃不周詳	(12.66, 10.8, 1.5, 0, 0)	高	✓
	不當施工方式與未避開雨季	(7.33, 11.6, 3.5, 0.4, 0)	中高	×
	整地不確實、擋土設施施作不良	(13.32, 10.0, 1.5, 0, 0)	高	✓
	地下、地表排水設施施作不良	(13.0, 10.4, 1.0, 0, 0)	高	✓
	水土保持及安全防災措施施作不當	(12.0, 11.2, 1.5, 0, 0)	高	✓
	橋涵等結構物施作不良	(8.66, 11.6, 2.0, 1.2, 0)	中高	×
	天候不良	(3.99, 9.66, 5.0, 4.0, 0.33)	中高	×
	施工中工程變更	(5.06, 7.2, 6.5, 3.6, 1.0)	中高	×
	取、棄土問題	(5.65, 9.6, 5.5, 1.2, 0)	中高	×
	材料供應、儲存、選用及檢驗不良	(5.67, 10.4, 6.5, 1.0, 0)	中高	×
	安全監測施作不確實	(8.98, 12.8, 3.5, 0, 0)	中高	×
	勞力不足或工人素質不良	(5.65, 10.8, 6.5, 0.8, 0)	中高	×
	開發基地周邊及下游河溝清理、整治	(6.32, 11.2, 5.0, 0.8, 0)	中高	×
施工中災害發生	(12.66, 7.2, 4.5, 0, 0)	高	✓	
完工 維護	排水、水保設施維護不良	(13.0, 10.0, 1.0, 0, 0)	高	✓
	道路設施維護不佳	(4.99, 10.8, 6.5, 1.2, 0)	中高	×
	公共設施維護不良	(4.32, 9.2, 8.0, 0.8, 1.33)	中高	×
	安全監測不實、未持續	(10.0, 10.8, 4.0, 0, 0)	中高	×
	景觀相關設施維護不良	(1.33, 7.6, 9.5, 2.0, 2.33)	中	×
安全防災措施	(10.38, 9.6, 3.5, 0.4, 0)	高	✓	
相關 配合與	相關證照申請、審查作業之延宕	(11.64, 10.8, 2.5, 0, 0)	高	✓
	人員管理與控制	(6.01, 10.4, 7.0, 0.4, 0)	中高	×

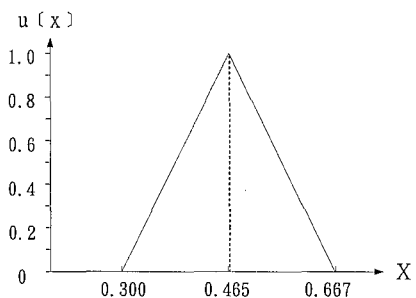
階段屬性分別以「基地對外連絡道路」(0.9110)、「基地地形狀況」(0.9028)、「安全監測系統規劃、設計不周詳」(0.9013)、「施工規劃不周詳」(0.9069)、「安全防災措施」(0.9022)及「相關證照申請、審查作業之延宕」(0.9011)等影響因素之看法差距較大。

因經由專家問卷方式收集權重訊息，故分析結果具一定程度之變異是必然。上述提列之準則之變異性較大，然各準則之變異係數間之差異程度相近。變異係數可反映集中趨勢(如算數平均數與幾何平均數等)之代表性。若變異係數大，則反映所求得之集中趨勢之代表性低。為能具體反映主觀判斷之不確定性，本研究進一步利用模糊數，以期更具體地反映專家判斷之傾向。

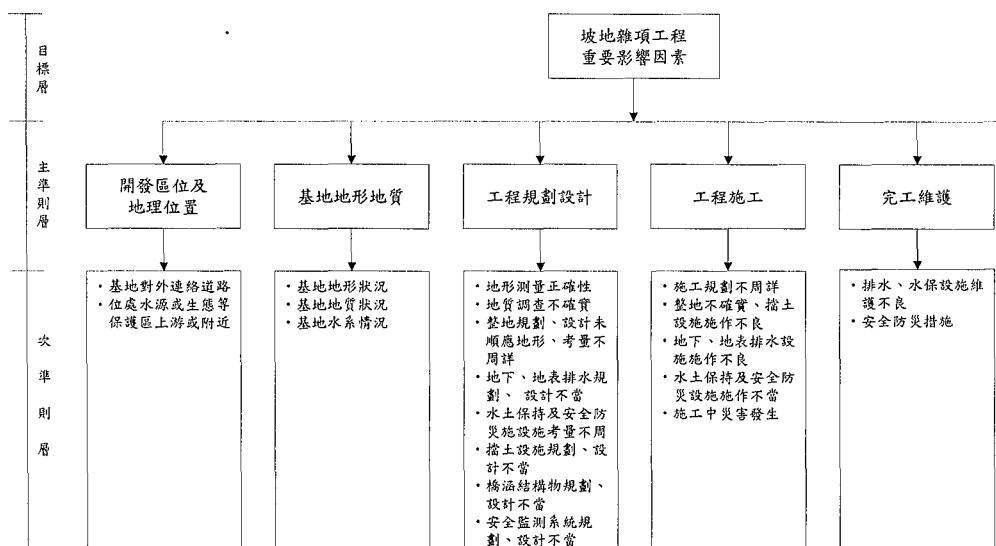
步驟四：模糊權重

由於每一位專家本身認知與立場的不同，對同一影響因素之權重判斷認定必不相同。而

傳統AHP法是以平均數之概念來整合專家群體之評估值，然平均值缺乏專家判斷的分佈資訊，無法反映出完整的情況。因此為能更真實地表達出真實情況中主觀判斷之差異性(亦即納入更完整的訊息)，本研究乃應用模糊數學中三角模糊數的概念，以求得各影響因素的模糊權重。有關三角模糊數，本研究乃採用最小值及最大值來作為影響因素模糊權重之表示。以表五中之影響因素A01(基地對外連絡道路)為例，以三角模糊數(0.300, 0.465, 0.667)代表A01之可能的權重範圍(如圖六所示)。同理，其他影響因素的三角模糊數，亦可以相似圖形及方程式加以表示。



圖六 三角模糊數範例—響因素 A01 (基地對外連絡道路)



圖五 坡地雜項工程影響因素層級結構

表五 重要影響因素之偏好結構

偏好結構 影響因素	主、次準則	算數平均數	幾何平均數	標準差	變異係數	最大值	最小值
A	開發區位及地理環境	0.1494	0.1428	0.1390	0.9306	0.277	0.079
B	基地地形與地質	0.1687	0.1669	0.1517	0.8993	0.22	0.117
C	工程規劃與設計	0.1858	0.1839	0.1671	0.8991	0.235	0.139
D	工程施工	0.1858	0.1840	0.1669	0.8986	0.237	0.135
E	完工維護	0.1637	0.1596	0.1489	0.9100	0.237	0.085
F	相關配合與支援	0.1440	0.1388	0.1325	0.9204	0.226	0.079
A01	基地對外連絡道路	0.4649	0.4537	0.4235	0.9110	0.667	0.300
A02	位處水源或生態保護區上游或附近	0.5353	0.5248	0.4849	0.9058	0.700	0.333
B01	基地地形狀況	0.2935	0.2890	0.2650	0.9028	0.426	0.180
B03	基地地質狀況	0.3589	0.3554	0.3230	0.8999	0.548	0.294
B04	基地水系情況	0.3475	0.3427	0.3129	0.9006	0.467	0.199
C01	地形測量正確性	0.1165	0.1156	0.1045	0.8969	0.158	0.092
C02	地質調查不確實	0.1244	0.1237	0.1114	0.8950	0.163	0.104
C03	整地規劃設計未順應自然地形、考量不周詳	0.1178	0.1167	0.1058	0.8980	0.146	0.079
C05	地下、地表排水規劃、設計不當	0.1305	0.1295	0.1169	0.8959	0.159	0.099
C06	水土保持及安全防災設施、規劃、設計考量不周	0.1308	0.1302	0.1171	0.8946	0.172	0.103
C07	擋土設施規劃、設計不當	0.1353	0.1348	0.1208	0.8930	0.159	0.111
C08	橋樑結構物規劃設計不當	0.1250	0.1238	0.1123	0.8984	0.155	0.091
C09	安全監測系統規劃、設計不周詳	0.1198	0.1178	0.1080	0.9013	0.147	0.059
D01	施工規劃不周詳	0.1878	0.1841	0.1703	0.9069	0.269	0.124
D03	整地不確實、擋土設施施作不良	0.2056	0.2043	0.1840	0.8950	0.241	0.161
D04	地下、地表排水設施施作不良	0.2033	0.2022	0.1818	0.8942	0.243	0.158
D05	水土保持及安全防災措施施作不當	0.2042	0.2032	0.1825	0.8941	0.247	0.174
D14	施工中災害發生	0.1993	0.1952	0.1804	0.9053	0.264	0.103
E01	排水、水保設施維護不良	0.5152	0.5084	0.4641	0.9008	0.636	0.357
E05	安全防災措施	0.4849	0.4781	0.4375	0.9022	0.643	0.364
F01	相關證照申請、審查作業之延宕	0.4919	0.4855	0.4433	0.9011	0.643	0.357
F04	業主或主辦者支持配合	0.5081	0.5018	0.4575	0.9004	0.643	0.357

其權重方程式可以表示如下：

$$f(x) = \begin{cases} 0 & , X \leq 0.300 \\ \frac{X - 0.300}{0.465 - 0.300} & , 0.300 \leq X \leq 0.465 \\ 1 & , X = 0.465 \\ \frac{0.667 - X}{0.667 - 0.465} & , 0.465 \leq X \leq 0.667 \\ 0 & , X \geq 0.667 \end{cases}$$

步驟五：模糊數之排序

依據所收集之專家判斷之模糊數訊息，進一步利用解模糊化手段 - 重心法求取各影響因素權重之非模糊值，其結果如表六所示。由模糊權重分析結果可知，雜項工程階段之主要影響構面（主準則層）之權重相近，亦即是六個主準則皆有其重要性。而其中「工程之規劃設計」與「工程施工」兩項為權值較高之影響構面。其他相關及支援性作業，如基地地

形地質、區位環境、施工後完工維護以及開發整個過程之配合與支援等，亦分別有相輔相成之重要性。在次準則層中，各影響因子之重要性程度概要說明如下：

- 1、開發區位若在水源或生態保護區上游或附近，就基地區位及地理環境而言，是專家群體認為在開發過程中較重要之影響因子。
- 2、開發基地之地質狀況以及水系（地表、地下水）情況，為坡地雜項工程中屬於基地地形與地質範疇中較為重要之影響因子。
- 3、如上所述雜項工程之「規劃設計」與「工程施工」是主宰開發成敗最重要關鍵；而在規劃設計過程中，如何妥當做好水土保持及安全防災設施、擋土設施、地質調查資料之正確性與地下、地表排水等工程項目之規劃設計，則是此階段過程中應予重

視之因子。

- 4、而在工程施工之階段中，做好水土保持及安全防災措施、整地工程及擋土設施以及地下及地表排水設施等工程項目是坡地開發工程品質良窳、開發基地基礎穩定、安全與否之重要關鍵所在。
- 5、在工程施工完成後之完工維護階段，持續做好完工後之排水及水土保持等相關設施之維護，是避免災害產生之重要工作。
- 6、坡地整體開發過程中，業主或主事者對工程開發之認知、目標水準與支持配合與否等均將影響基地開發成敗之另一要件。

5-2 權重分析結果比較

依本研究篩選後重要工程影響因素之權重分析結果，以幾何平均數與模糊權重分析所得結果之數值來作一比較（見表五與表六所示），其共同顯現之結果扼要說明如下：

在雜項工程階段之主要影響層面（主準則層）中，「雜項工程之規劃設計」與「工程施工」兩項，其在幾何平均及模糊權重所得之分析值均為較高，且其兩數值亦幾乎相等；可見「規劃設計」與「工程施工」為專家群體一致認為坡地工程開發中應予特別重視之關鍵點。若能確實做好此兩項主要影響構面之相關性作業，則可謂已抓住了雜項工程開發之要脈。

而在次準則層之重要影響因子中，「位處水源或生態等保護區上游或附近」、「基地地質情況」、「整地不確實、擋土設施施作不良」、「排水、水保設施維護不良」與「業主或主事者支持配合」等重要影響因子，在兩模式之比較數值中，亦均同樣地被專家群體認為重要性程度較高之影響因子。唯屬「工程規劃設計」主要影響層構面之「水土保持及安全防災設施，規劃、設計考量不周」

與「擋土設施規劃、設計不當」兩項影響因子，雖其兩者重要性排序互有不同，但在重視程度比較中亦同樣被列為較高之影響因子。

六、工程開發施作程序與處置策略

依前所述之山坡地建築開發之重要影響因子篩選與權重分析；已較明確地掌握坡地開發中雜項工程之成功重要關鍵。若能確實考量各項因子在施作階段之影響，並具體研擬相關對策，落實於雜項工程施作之各階段，則將具體掌握山坡地開發之品質及工程之安全性。本節依前所彙整之重要影響因素，結合坡地開發相關專家之經驗，提出具體可行之施作程序與處置對策建議（見圖七），以為坡地建築開發業者、機構或執行人員之參考。依據雜項工程階段各主要影響層面（主準則層）及其下一層之影響因子（次準則層），逐層提出施作程序、問題與災害產生及處置對策等建議。限於篇幅關係，本文僅以篩選出之22項重要工程影響因子中提出兩項重要影響因子之施作程序與處置策略。整體而言，山坡地住宅社區建築開發之雜項工程，於整地工程應把握順應自然地形、不大挖大填為基地開發之基本原則；認真執行開發前調查，及落實規劃設計、工程施工與維護等各項工程作業，則工程災害將可降至最低，且工程績效亦可確實掌握。

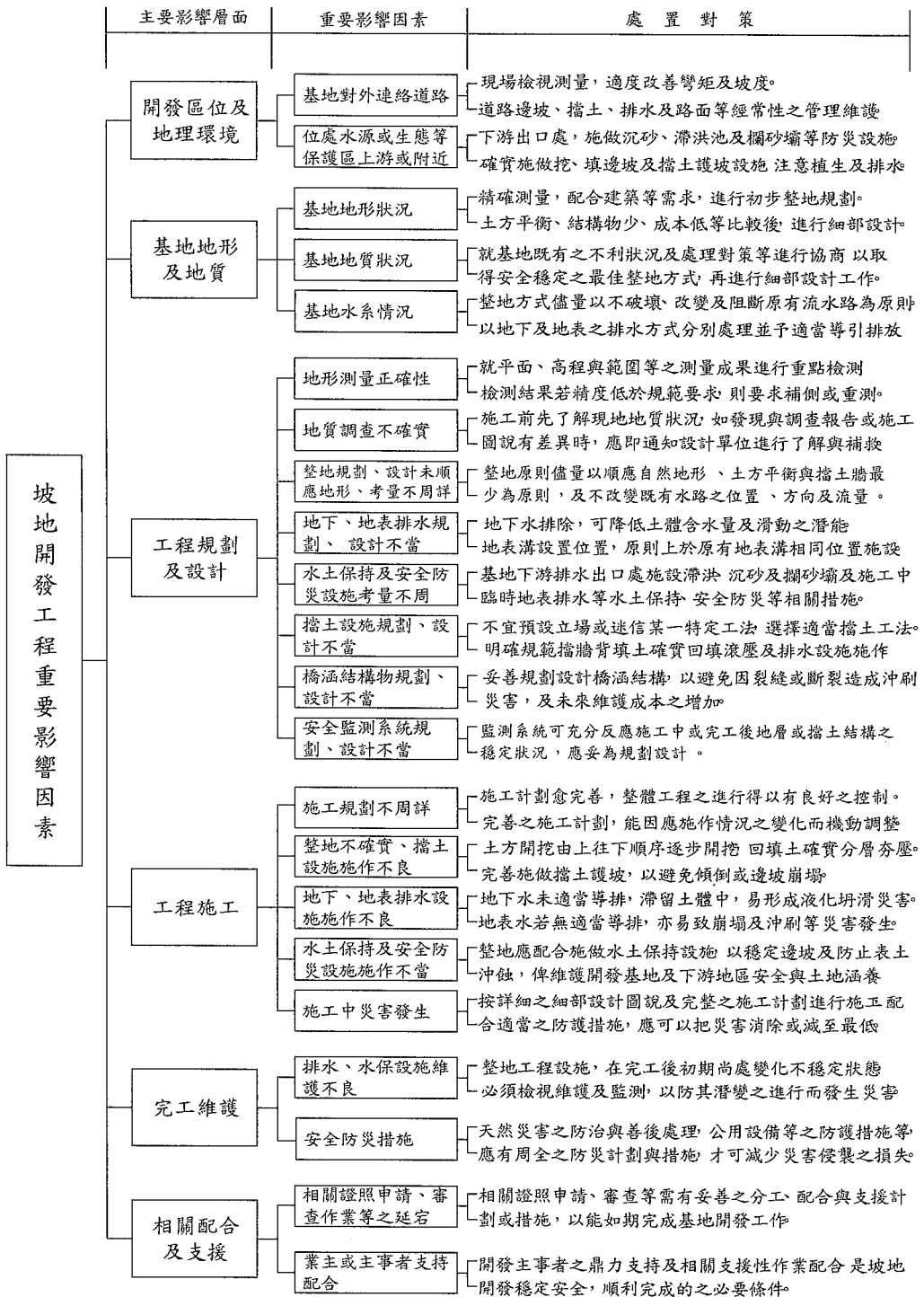
七、結論與建議

「雜項工程」係坡地建築開發之基礎工程；其工程施作確實與否，乃是基地穩定、安全之重要影響因素。由於雜項工程階段，施作工程項目繁多且環環相扣，各工作執輕執重，常因個人專業背景及主觀認知之不同而有所差距。因此重要影響因素之擷取，宜透過專家群體以腦力激盪方式取得共識，以作為坡地工程

開發之決策者與工程執行者，於進行開發工程時之參循依據。本文透過系統分析手段－灰色統計與模糊 AHP，並結合坡地工程專家之實務經驗，就坡地住宅社區建築開發雜項工程階段之重要工程影響因素，提出具體之探討與評估，並據此擬定可行之對策。本研究雖已獲得之初步成果，然仍須進一步探討，以期獲得更具體之成果。本文期望能有拋磚引玉之效，使更多有經驗之學者專家等再進一步進行探討坡地開發其他有關財務、法規、及生態環境等方面之研究，以能對坡地開發在成本、品質及工期等控制達於至善，創造出更美好安全之坡地住宅空間。

表六 重要影響因素之非模糊權重值

目標層	準則層	影響因素代號	影響因素	模糊權重值	非模糊權重值
山坡地開發工程重要影響因素	主準則層	A	開發區位及地理環境	(0.079,0.149,0.277)	0.16833
		B	基地地形與地質	(0.117,0.169,0.220)	0.16867
		C	工程規劃設計	(0.139,0.186,0.235)	0.18667
		D	工程施工	(0.135,0.186,0.237)	0.18600
		E	完工維護	(0.085,0.164,0.237)	0.16200
		F	相關配合與支援	(0.079,0.144,0.226)	0.14967
	次準則層	A01	基地對外連絡道路	(0.300,0.465,0.667)	0.47733
		A02	位處水源或生態等保護區上游或附近	(0.333,0.535,0.700)	0.52266
		B01	基地地形狀況	(0.180,0.294,0.426)	0.30000
		B03	基地地質狀況	(0.294,0.359,0.548)	0.40033
		B04	基地水系情況	(0.199,0.347,0.467)	0.33766
		C01	地形測量正確性	(0.092,0.116,0.158)	0.12200
		C02	地質調查不確實	(0.104,0.124,0.163)	0.13033
		C03	整地規劃設計未順應自然地形、考量不周詳	(0.079,0.118,0.146)	0.11433
		C05	地下、地表排水規劃、設計不當	(0.099,0.130,0.159)	0.12800
		C06	水土保持及安全防災設施，規劃、設計考量不周	(0.103,0.131,0.172)	0.13500
		C07	擋土設施規劃、設計不當	(0.111,0.135,0.159)	0.13533
		C08	橋涵結構物規劃設計不當	(0.091,0.125,0.155)	0.12333
		C09	安全監測系統規劃、設計不周詳	(0.059,0.120,0.147)	0.10800
		D01	施工規劃不周詳	(0.124,0.188,0.269)	0.19367
		D03	整地不確實、擋土設施施作不良	(0.161,0.206,0.241)	0.20267
		D04	地下、地表排水設施施作不良	(0.158,0.203,0.243)	0.20133
		D05	水土保持及安全防災措施施作不當	(0.174,0.204,0.247)	0.20833
		D14	施工中災害發生	(0.103,0.199,0.264)	0.18867
		E01	排水、水保設施維護不良	(0.357,0.515,0.636)	0.50267
		E05	安全防災措施	(0.364,0.485,0.643)	0.49733
		F01	相關證照申請、審查作業之延宕	(0.357,0.492,0.643)	0.49733
		F04	業主或主事者支持配合	(0.357,0.508,0.643)	0.50267



圖七 坡地開發重要影響因子與處理對策

參考文獻

1. 洪明瑞、段賢麟、廖新興、張惠文，1998，”台灣山坡地災害類型及產生因素之探討（上、中、下）”，〈現代營建〉，台北。
2. 陳宏宇，1999，”地質災害與山坡地開發”，〈地工技術〉，pp.31~44。
3. 陳海島，1999，〈坡地災害與防治〉，技術與工程，台北。
4. 余壬癸、李孟哲、陳春錦，1998，〈坡地開發技術〉，臺灣營建研究院，台北。
5. 洪明瑞、張吉佐、黃俊鴻、張惠文，1999、2000，”對台灣山坡地開發應有的認知（一）（二）（三）（四）”，〈現代營建〉，台北。
6. 李順敏、呂守陞，2000，〈坡地社區開發施工作業手冊之建立〉，內政部建築研究所研究，台北。
7. 台北縣政府工務局，2000，〈台北縣山坡地開發建築管理手冊〉，台北縣政府。
8. 余壬癸，2000，〈青山鎮開發資料總覽〉，大陸工程公司，台北。
9. 潘國樑，1991，〈坡地開發與調查〉，詹氏書局，台北。
10. 廖瑞堂，1998，〈山坡地護坡工程設計〉，臺灣省土木技師公會，台北。
11. 鄧聚龍，1999，〈灰色系統理論與應用〉，高立圖書有限公司，台北。
12. 傅立，1991，〈灰色系統理論及其應用〉，科學技術文獻出版社，北京。
13. 陳威竹，1997，〈灰色系統理論於產品開發設計決策之應用研究〉，國立成功大學工業設計研究所碩士論文，台南。
14. 史開泉、吳國威、黃有評，1994，〈灰色信息關係論〉，全華科技圖書公司，台北。
15. 陳繁雄、溫坤禮、黃敏亮，1997，〈灰色方法入門與應用 I〉，長堤出版社，台北。
16. 江金山、溫坤禮等，1998，〈灰色理論入門〉高立圖書公司，台北。
17. 曾國雄、鄭振源，1989，”層級分析法（AHP）的內涵特性與應用（上）”，〈中國統計學報〉，第27卷，第6期，pp. 13707~13724。
18. 曾國雄、鄭振源，1989，”層級分析法（AHP）的內涵特性與應用（下）”，〈中國統計學報〉，第27卷，第7期，pp. 13767~13786。
19. Saaty, T.L., 1982, "Decision Making for Leader-The Analytical Hierarchy Process for Decision in a Complex World", <Lifetime Learning Publications>, CA.
20. Chen, S. J. and Hwang, C. L, 1992, "Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications", <Springer-Verlag>, New York.