



National Ilan University

國立宜蘭大學工程學刊第7期，18-29頁，2011年12月
Bulletin of Collage of Engineering, National Ilan University, NO.7, P.18-29, December.. 2011

Bulletin of Collage
Of Engineering
<http://engineering.niu.edu.tw/main.php>

蘭陽溪流域水文分析與降雨逕流模擬

顏呈益¹ 歐陽慧濤²

1. 國立宜蘭大學土木工程學系 學士班專題生
2. 國立宜蘭大學土木工程學系 副教授

摘要

本研究旨在探討蘭陽溪流域的水文特性與降雨逕流關係，首先針對該流域內的五個雨量站以 Horner 公式配合交替區塊法，建立各重現期下的雨型分佈，並蒐集該流域的地形與地文資料，以美國陸軍工兵團所發展的 HEC-GeoHMS 模式分析流域內各子集水區的河川流向、長度、坡度等相關資料。依據各雨量站的地理位置，以徐昇網（Thiessen Polygon）劃分各雨量站所佔權重並據以計算個子集水區的平均雨量，最後則以 HEC-HMS 模式進行降雨-逕流分析，以探討蘭陽溪流域各集水分區在各重現期下的洪峰流量。研究結果對蘭陽溪流域的水文特性與河川流量變化提供初步的認識。

關鍵字：水文分析、降雨逕流、蘭陽溪、雨型、HEC-HMS

*通訊作者 E-mail :htouyang @ niu.edu.tw



National Ilan University

國立宜蘭大學工程學刊第7期，18-29頁，2011年12月
Bulletin of Collage of Engineering, National Ilan University, NO.7, P.18-29, December.. 2011

Bulletin of Collage
Of Engineering
<http://engineering.niu.edu.tw/main.php>

Hydrological Analysis and Rainfall-Runoff Simulation for Langyang River

Chin-Yi Yen¹ Huei-Tau Ouyang²

1. Research Assistant, Department of Civil Engineering, National Ilan University
2. Associate Professor, Department of Civil Engineering, National Ilan University

ABSTRACT

This study aims to investigate the hydrological characteristics and rainfall-runoff relation for the Langang River. The rainfall data recorded by the five precipitation gages within the study area was analyzed to construct the design hyetograph by using Horner equation and the Alternative Block method. The geometric data such as river lengths, slopes, and flow direction for each sub-catchments were determined by utilizing HEC-GeoHMS of US Army Corps to analyze the DEM of the study area. The averaged rainfall was obtained by Thiessen Polygon based on the spatial distribution of the precipitation gages. Finally, the rainfall-runoff variations for various return periods were simulated by using HEC-HMS developed US Army Corps. The results provide general insight for the hydrological process in the basin of the Langyang River.

Keywords : Hydrological analysis, Rainfall-Runoff, Lanyang River, Hyetograph, HEC-HMS

* Corresponding author

E-mail :htouyang @ niu.edu.tw

一、前言

宜蘭縣位處台灣東北角，東臨海洋，秋冬季節面迎東北季風，因而從海上帶來豐富水氣，加上處颱風侵襲臺灣的要衝，根據中央氣象局宜蘭測候站統計，每年侵襲台灣的颱風，將近百分之四十會由宜蘭登陸或出海，因此沒有明顯乾季，反而容易造成水患。儘管近年來台灣許多地區發生嚴重水荒，然宜蘭得天獨厚，從不缺水。反而是淹水或排水不良等問題較為複雜。

河川流量的多寡深受降水量的影響，但相同的降水量，因集水區的大小、地勢高低、流域特性、都市化程度等水文環境之不同，而產生完全相異的結果。一般而言，降水量太大，超滲水量多，或長期下雨累積水量多，河川流量大，若流水不能順暢，就可能在地勢低的地區形成淹水，因此每當颱風侵襲造成河水暴漲時，便往往導致氾濫成災。

為降低淹水損失，一般在水利工程中所採行之措施包括：改善及規劃排水，或建立預警系統等，而這些工作都需要先對於此流域的水文特性及降雨逕流關係有所瞭解，並針對其特性進行規劃以發揮最大效益。

二、研究動機及目的

近年來，地理資訊系統(Geographic Information System，簡稱 GIS)發展迅速，能讓使用者以數位化型式蒐集空間資料，經由電腦處理後能讓使用者以更有效率的方式來展示這些資料。利用電腦來管理及套疊分析各種圖層，大大提升地理資訊判釋的準確度與方便性。

本研究針對蘭陽溪流域五個雨量站的資料進行水文特性分析及降雨逕流的模擬，先以 Horner 公式與交替區塊法建立此五個雨量站的雨型分布，再利用數值地形模型(Digital Terrain Model，簡稱 DTM)配合 GIS 軟體(Arcview GIS)建立數值高程模型(Digital Elevation Model，簡稱 DEM)，由 DEM 資料庫以美國陸軍工兵團所發展的 HEC-GeoHMS 模式建構蘭陽溪流域集水區及水系之模型。再利用 HEC-HMS 水文分析模式，進行蘭陽溪流域降雨-逕流之模擬，分析重現年 2 年、5 年、10 年、25 年、50 年、100 年及 200 年之尖峰流量，以掌握蘭陽溪流域的水文特性。

三、研究區域概述

蘭陽溪水系發源於南湖大山北麓，東北流經雪山山脈及中央山脈之間，小支流 20 餘條均注入本流，至破布烏始入平地，溪流分岐成網狀亂流，復於蘭陽大橋附近匯成幹流東向至東港後注入太平洋，幹流全長 73 公里，流域面積 978 平方公里，涵蓋宜蘭縣之大同鄉、三星鄉、員山鄉、冬山鄉、羅東鎮、宜蘭市、壯圍鄉及五結鄉等八鄉鎮。

主流蘭陽溪計畫範圍自家源橋起至河口止計 40 公里，河道坡降以中、上游段較陡，約為 1/59 至 1/500，屬急流河川，下游河段坡降較平緩，約為 1/1700。蘭陽溪上游段以上屬山谷流路，坡陡流急，河道寬窄不一，流心變化不定，中游段，河道寬闊，溪流呈網狀亂流，兩岸佈置有防洪工程，惟洪水常沖蝕堤防基腳成災；下游段穿越蘭陽平原，兩岸多已佈置有堤防護岸等防洪工程。

四、研究方法

4-1、雨型分析

本研究針對蘭陽溪流域附近之冬山、古魯、南山、新寮及福山五個雨量站作進行各重現期的雨型分析，此五個雨量站的位置如表 1 所示，分析方法則採用 Horner 公式配合即交替區塊法，Horner 公式如下式所示，各雨量站之 Horner 公式的係數則參考經濟部水利署的頒布之「水文設計應用手冊」，各站各重現期降雨強度公式 $I = a/(t+b)^c$ ，其係數 a 、 b 、 c 如表 2 所列。

表 1 各雨量站之 TM2 度分帶座標

某域名稱	站名	X	Y
淡水河	福山(3)	299761	2741180
蘭陽溪	南山	287651	2703661
冬山河	新寮(1)	325305	2724119
冬山河	冬山	328563	2725847
蘭陽溪	古魯	317551	2719216

附註：資料來源：經濟部水利署 水文水資源資料管理供應系統

表 2 各重現期 Horner 降雨強度公式參數表

冬山	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
<i>a</i>	652.9	997.62	1339.05	2037.46	2950.41	4625.92	8183.97
<i>b</i>	21.92	29.29	38.65	57.72	79.69	112.1	160.71
<i>c</i>	0.5375	0.5474	0.5606	0.5875	0.617	0.658	0.7151
古魯	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
<i>a</i>	328.68	433.7	559.59	788.87	1017.24	1296.78	1635.2
<i>b</i>	8.58	13.63	18.65	24.97	28.94	31.9	33.94
<i>c</i>	0.367	0.3732	0.3957	0.4321	0.4613	0.4902	0.5186
南山	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
<i>a</i>	260.34	365.32	449.12	571.56	677.36	797.37	937.09
<i>b</i>	4.41	8.04	11.91	17.97	23.29	29.24	36
<i>c</i>	0.4611	0.4546	0.458	0.4662	0.4742	0.4833	0.4935
新寮	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
<i>a</i>	733.8	799.81	836.96	866.59	873.42	865.99	844.5
<i>b</i>	22.26	21.02	22.41	25.25	27.65	29.96	31.88
<i>c</i>	0.5217	0.4796	0.4539	0.4215	0.3968	0.3711	0.3442
福山	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
<i>a</i>	392.48	487.96	610.75	854.57	1113.27	1445.71	1865.31
<i>b</i>	7.51	12.55	20.01	33.88	46.42	59.65	72.96
<i>c</i>	0.4643	0.4421	0.4507	0.4764	0.5009	0.527	0.5536

資料來源：經濟部水利署「水文設計應用手冊」，民國 90 年 11 月。

4-2、基本地文資料庫之建立

本文以 HEC-GeoHMS 建立基本地文資料庫，對蘭陽溪流域進行集水區之劃分，並依據流域內之土壤分級、土地利用及地表覆蓋狀況與各集水區進行套疊分析，以取得各子集水區之參數。

本研究採用解析度為 200 公尺×200 公尺之 DTM 資料，配合 ArcView GIS 的複層模組 3D Analysis，建立本流域之 DEM 資料庫。

將 DEM 資料以 HEC-GeoHMS 模式進行地形處理，依序執行窪地填平 (Fill Sinks)、

定義單元流向 (Flow Direction)、定義主流 (Flow Accumulation)、河川定位 (Stream Definition)、河川分割 (Stream Segmentation)、集水區劃分 (Watershed Delineation)、集水區向量化處理 (Watershed Polygon Processing)、河川向量化處理 (Stream Segment Processing)、定義流域 (Watershed Aggregation) 等步驟。

地形處理完成後，設置河流出口點，並擷取河流主要集水區，最後依水系合併子集水區，各子集水區劃分之結果如圖 1 所示，各包含蘭陽溪上游、蘭陽溪下游、宜蘭河、土場溪、清水溪、羅東溪及冬山河各七個子集水區。



圖 1 子集水區合併之結果

劃分出各子集水區後，接續計算各子集水區特性 (Basin Characteristics)，以橢圓形法 (Ellipse Method) 定義各子集水區之中心位置，接著計算最遠流程至中心之流徑位置，再匯出 HMS 所需之資料，接續產生 HMS 簡圖、圖例，加入座標後，最後匯出背景與流域模組檔案，集水區資料庫即建立完成。

4-3、HEC-HMS 模型建立

HEC-HMS 結合了物件導向之概念，藉由組合模式內建之水文單元，可適當地表示出流域之主要特性，HEC-HMS 主要分為三個模組，分別為流域模組、氣象模組及控制模組，以下分別敘述。

4-3-1、流域模組

此模組主要依據 HEC-GeoHMS 所建立之流域集水區劃分及水系模型，進行各項地文係數的設定，各項係數依其特性分成二類單元，分別為子集水區單元及渠道單元，各單元之設定說明如下。

1. 子集水區單元

針對七個子集水區分別設定下列係數（1）降水損失（2）直接逕流轉換（3）基流量各項參數值如表 3。

（1）降水損失

採用初始與定率法(initial constant)來估算降水損失，該方法所需輸入之資料，包括初始損失(mm)、入滲率(mm/hr)與不透水率(%)，其中初始損失設為 4.5 mm ，入滲率與不透水率則依據土地利用狀況加以評估。

（2）直接逕流轉換

直接逕流轉換計算採用瞬時單位歷線法(unit hydrograph)，所需輸入參數包含集流時間與貯存係數。假設集流時間與貯存係數相同，而集流時間則依水土保持技術規範第 19 條加以求得。

表 3 子集水區各參數值

Sub-basin	降雨損失-初始與定率法			直接逕流轉換-瞬時單位歷線法	
	初始損失 (mm)	入滲率 (mm/hr)	不透水率 (%)	集流時間 ($hr.$)	貯存係數 ($hr.$)
Id-2	50	130	40	6.30	6.30
Id-13	50	170	20	10.99	10.99
Id-26	50	200	10	2.13	2.13
Id-29	50	150	30	2.66	2.66
Id-38	50	200	10	1.38	1.38
Id-39	50	130	80	3.22	3.22
Id-51	50	200	10	4.85	4.85

（3）基流量

採用月固定法(constant monthly)，給定與每個月固定變化的河川基流量，如表4所示。

表4 每月固定變化的基流量

月份	基流量(m^3/s)	月份	基流量(m^3/s)
1月	0.4396	7月	1.0301
2月	0.4333	8月	1.9029
3月	0.4252	9月	2.2790
4月	0.5240	10月	1.4579
5月	0.5743	11月	2.7862
6月	0.2995	12月	1.5718

2. 渠道單元

本研究選用馬斯金更法 (Muskingum) 進行渠道演算，所需資料包括河流長度、流速、加權因子等，其中河流長度由HEC-GeoHMS分析而得，流速則假設上游段為 $1\sim 2 m/s$ 、下游段為 $0.5\sim 0.8 m/s$ ，加權因子通常介於 $0\sim 0.5$ ，本文假設為0.3，各系數設定如表5所示。

表5 渠道之蓄水常數與加權因子

River Name	蓄水常數 K (hr.)	加權因子 X (hr.)	River Name	蓄水常數 K (hr.)	加權因子 X (hr.)
R420	1.094	0.3	R200	26.806	0.3
R380	6.493		R150	26.736	
R350	6.563		R160	33.681	
R340	1.771		R80	22.917	
R250	25.625		R90	56.597	
R230	7.292		R120	1.111	
R210	5.417				

4-3-2、建立氣象模組

本研究地區以水系劃分為七個子集水區，以流域內雨量站之徐昇網劃分結果，表示各子集水區之雨量站及其權重以求平均雨量。

HEC-HMS 提供多種方法以表示流域內之雨量分佈，本研究以指定各雨量站權重之方式，並根據徐昇網劃分結果給定各子集水區控制雨量站的權重。

本研究採用徐昇網法 (Theissen Polygon) 以決定各雨量站之面積權重。應利用 ArcView GIS 分析，即可繪出徐昇網，如圖 2，若將 HEC-GeoHMS 處理過後的子集水區圖層加入，可將各雨量站之面積權重以長方條圖表示，如圖 3，經計算後得各站所佔之面積比率如表 6。

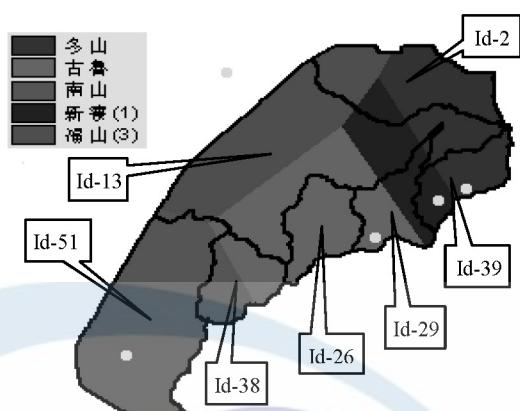


圖 2 徐昇網圖

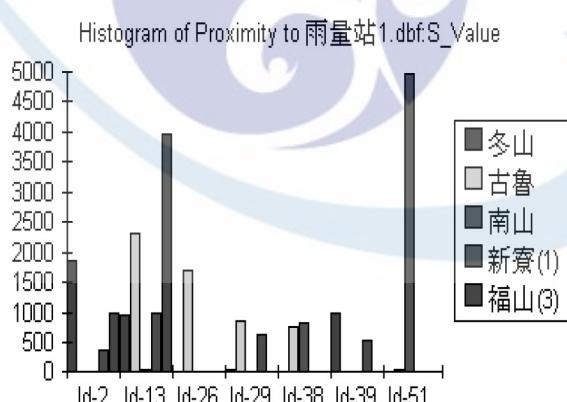


圖 3 各子集水區之雨量站權重長方條圖

表 6 各雨量站之面積權重

子集水區	站名	權重(%)	子集水區	站名	權重(%)
Id-2	冬山	57.75	Id-29	冬山	3.84
	新寮(1)	11.66		古魯	55.73
	福山(3)	30.59		新寮(1)	40.42
Id-13	冬山	11.69	Id-38	古魯	48.02
	古魯	27.72		南山	51.98

	南山	0.79	Id-39	冬山	64.79
	新寮(1)	11.97		新寮(1)	35.21
	福山(3)	47.83		古魯	1.40
Id-26	古魯	100.00	Id-51	南山	97.88
				福山(3)	0.73

4-3-3、控制設定

HEC-HMS 之控制設定主要在設定模擬之起始、結束時刻及模擬之時間間距。模擬流量之起始依雨量資料為準，結束時間則測試至各控制點的流量回復至機流量為止，模式模擬之時間間距則採 15 分鐘。

五、結果分析與討論

本研究以 HEC-HMS 模式模擬蘭陽溪流域在各重現期下之流量資料，流域中各控制點的位置如圖 4 所示，表 7 表 8 則分別列出各控制點於一日暴雨及二日暴雨的期況下各重現期之洪峰流量。

由於本次模擬無實測流量資料，因此所得資料為模擬值，以下為各匯流點之位置圖（圖 4）與各重現期距洪峰流量（表 7~表 8）。

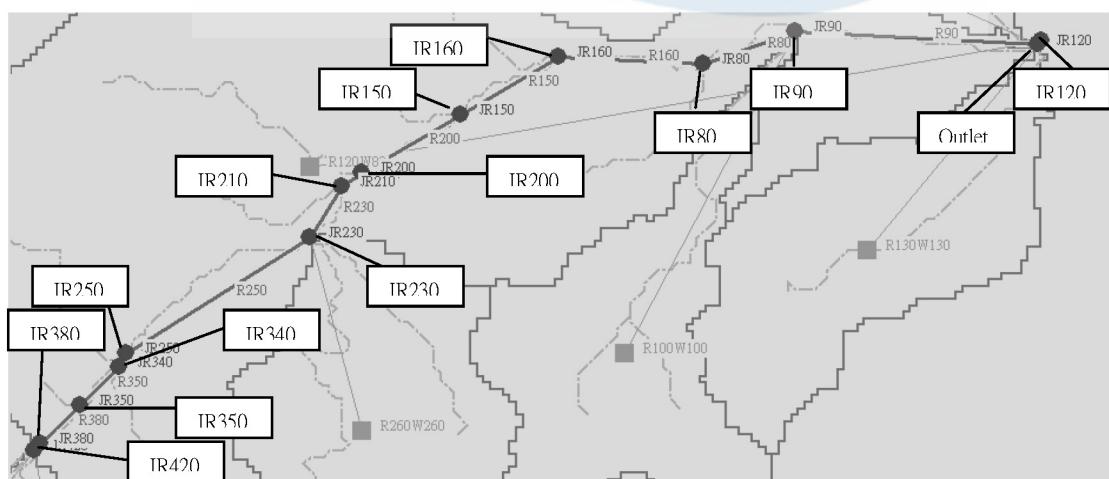


圖 4 匯流點之位置圖

表 7 各匯流點各重現期之一日暴雨洪峰流量

洪峰量	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
JR420	79.898	106.05	122.14	141.94	156.97	170.60	182.10
JR380	198.04	273.48	319.36	374.50	488.91	452.01	480.00
JR350	177.22	245.52	386.32	344.78	397.65	402.01	427.01
JR340	115.60	159.72	184.52	212.77	235.48	250.11	263.41
JR250	88.484	122.16	140.22	160.05	147.1	185.09	194.40
JR230	100.53	128.09	143.82	162.91	177.81	190.10	202.86
JR210	84.157	107.24	119.41	133.40	144.05	152.15	160.43
JR200	69.069	87.809	96.759	106.34	113.39	118.14	122.93
JR150	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903
JR160	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903
JR80	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903	3.0903
JR90	236.34	312.72	362.29	427.12	478.96	532.24	633.40
JR120	762.68	1080.5	1313.6	1637.0	1912.5	2245.8	2608.1
Outlet	1031.1	1453.1	1746.0	2139.7	2466.1	2848.1	3263.7

表 8 各匯流點各重現期之二日暴雨洪峰流量

洪峰量	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
JR420	79.898	106.05	104.63	141.94	156.76	170.60	184.53
JR380	201.29	278.15	281.24	380.63	420.92	458.97	496.41
JR350	180.48	250.19	258.9	340.92	376.00	408.99	441.20
JR340	169.18	234.8	245.67	318.93	351.18	381.34	410.70
JR250	167.77	232.9	244.04	316.24	348.15	377.95	406.96
JR230	102.27	129.83	145.57	164.65	178.98	191.84	204.60
JR210	85.992	109.1	121.27	135.27	145.13	154.02	162.29

JR200	81.071	102.81	113.91	126.38	135.09	142.63	149.61
JR150	30.917	38.057	39.594	39.870	39.739	38.465	37.192
JR160	5.7099	5.7103	5.7103	5.7104	5.7103	5.7102	5.7102
JR80	5.7087	5.7087	5.7087	5.7087	5.7087	5.7087	5.7087
JR90	239.28	315.78	365.42	430.34	481.05	535.63	636.86
JR120	780.18	1102.8	1339.8	1667.6	1945.9	2282.4	2646.8
Outlet	1086.3	1530.7	1834.3	2239.8	2571.6	2962.3	3382.0

六、結論

本研究針對蘭陽溪流域進行水文分析與降雨逕流模擬，以 Horner 公式配合交替區塊法建立流域附近五個雨量站的雨型分佈，並以 HEC-GeoHMS 模式分析該流域的地形，建立流域模型。配合 HEC-HMS 模式對本地區進行降雨逕流分析，分析對各重現期之一日暴雨及二日暴雨等降雨事件進行模擬，計算出各重現期下流域中各控制點的洪峰流量。研究結果對蘭陽溪流域的特性與降雨逕流關係有初步的瞭解，或可供未來進一步研究的參考依據。

參考文獻

1. 中華水土保持學會，(2000)，行政院農業委員會水土保持技術規範。
2. 經濟部水利署，(2001)，水文設計應用手冊。
3. 經濟部水利署，水文水資源資料管理供應系統，<http://gweb.wra.gov.tw/wrweb>。
4. US Army Corps of Engineers (USACE)，(2000)，*HEC-HMS user's manual*。
5. US Army Corps of Engineers (USACE)，(2000)，*HEC-GeoHMS user's manual*。
6. US Army Corps of Engineers (USACE)，(2000)，*HEC-HMS technical reference manual*。