

季節尺度降水預報系統之建置與驗證

A downscaling system for seasonal rainfall prediction
and validation

蔡玫紘¹、陳昭銘¹、蘇聖涵¹、張庭槐²、汪鳳如²

國立高雄科技大學 海事資訊科技系¹

中央氣象局 科技研究中心²

季節預報資料

模式： 中央氣象局1-tier大氣-海洋耦合模式

預報長度: 每日對未來1-6個月之月平均預報資料

網格點: $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ (約100km x 100km)

時間範圍: 1982-2019年

 1982-2011年為**訓練期**來建置降尺度預報模式

 2012-2018年為**驗證期**來檢驗模式之實際預報能力

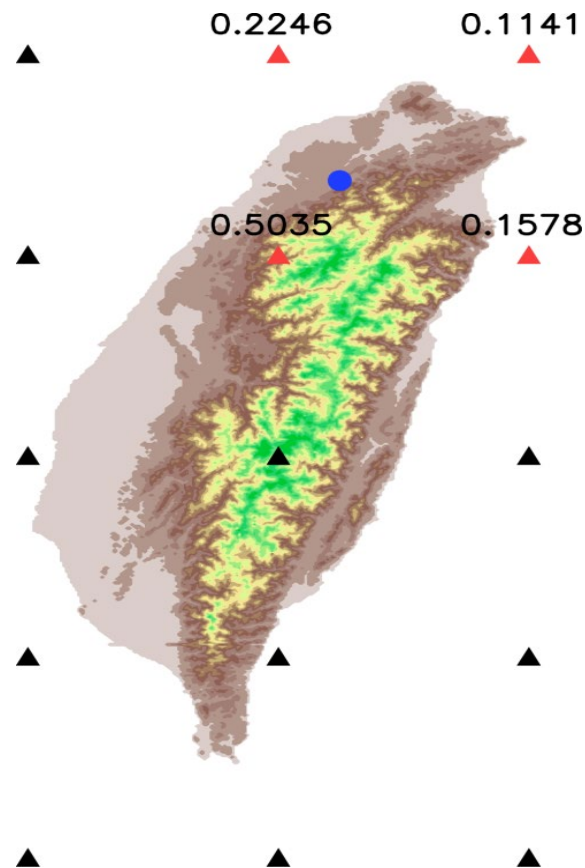
研究目標: 平地、山區測站與水庫集水區降雨季節預報降尺度模式之建置與預報能力分析

- ◆ 平地測站：台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、恆春、宜蘭、花蓮、台東
- ◆ 山區測站：日月潭、阿里山
- ◆ 水庫集水區：石門水庫、德基水庫，曾文水庫

🔍 降尺度方法

1. 距離比重法

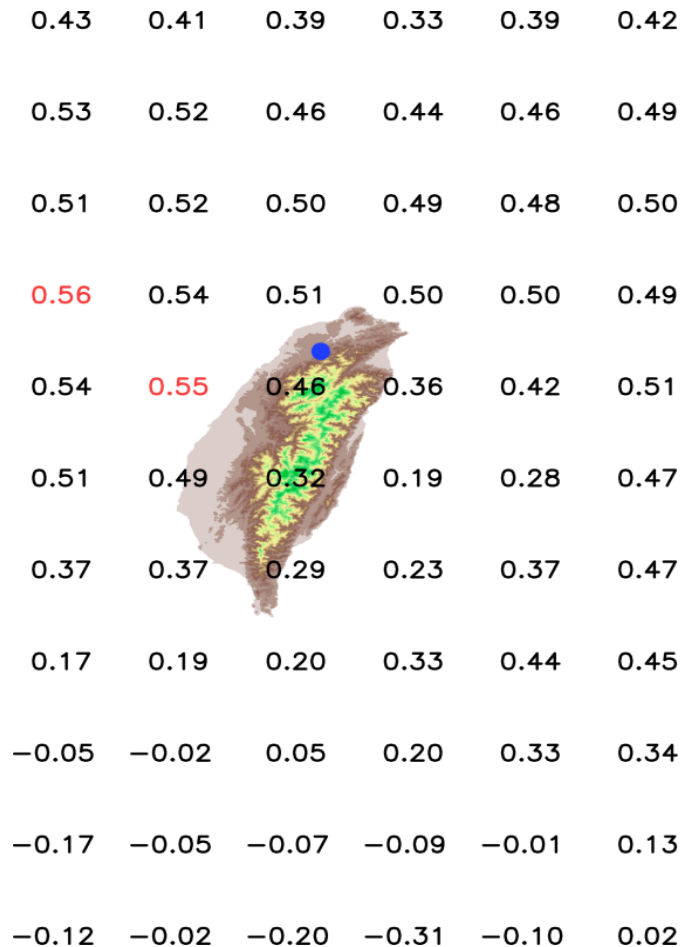
取目標站之周圍四點，以距離為比重，距離越近，比重越大，比重之合為1，將周圍四點之模式預報雨量值內插得到目標站預報降雨量值。



🔍 降尺度方法

2. 相關係數比重法

選取鄰近臺灣周圍共66點(6x11)網格資料，計算各點與目標站觀測降雨量時間序列之相關係數，選取最高兩點，以該兩點預報降雨量之平均值，做為降尺度預報降雨量。




優選組合

6種時間組合: 第1-10天、11-20天、21-30天、1-15天、16-30天、1-30天
 2空間降尺度 x 6時間組合 = 12 組降雨季預報樣本

ini12/1~3		臺北	新竹	臺中	嘉義	臺南	高雄	恆春	宜蘭	花蓮	臺東	日月潭	阿里山	石門	德基	曾文
		相關係數														
距離比重法	1~30	0.22	0.29	0.39	0.50	0.39	0.37	0.26	-0.15	0.13	0.36	0.34	0.24	0.26	0.23	0.32
	1~15	0.28	0.36	0.48	0.54	0.41	0.34	0.19	-0.03	0.18	0.30	0.44	0.35	0.31	0.32	0.38
	16~30	0.13	0.17	0.25	0.39	0.33	0.37	0.32	-0.25	0.05	0.37	0.18	0.06	0.16	0.09	0.20
	1~10	0.40	0.42	0.48	0.54	0.40	0.30	0.18	0.05	0.24	0.27	0.43	0.33	0.36	0.33	0.36
	11~20	0.07	0.16	0.28	0.37	0.31	0.32	0.26	-0.18	-0.01	0.32	0.25	0.18	0.19	0.16	0.18
	21~30	0.08	0.15	0.24	0.43	0.36	0.41	0.29	-0.29	0.09	0.38	0.18	0.06	0.10	0.07	0.30
相關係數比重法	1~30	0.39	0.43	0.53	0.56	0.44	0.42	0.37	0.31	0.43	0.43	0.47	0.45	0.42	0.43	0.46
	1~15	0.45	0.44	0.55	0.56	0.41	0.39	0.31	0.35	0.40	0.36	0.47	0.44	0.44	0.47	0.41
	16~30	0.28	0.37	0.46	0.51	0.42	0.41	0.40	0.22	0.42	0.45	0.42	0.41	0.35	0.34	0.46
	1~10	0.53	0.41	0.51	0.56	0.39	0.41	0.27	0.27	0.35	0.34	0.45	0.41	0.38	0.41	0.43
	11~20	0.26	0.36	0.51	0.49	0.40	0.36	0.43	0.28	0.42	0.36	0.45	0.42	0.41	0.42	0.39
	21~30	0.24	0.37	0.42	0.51	0.42	0.41	0.33	0.25	0.38	0.46	0.40	0.39	0.33	0.31	0.45

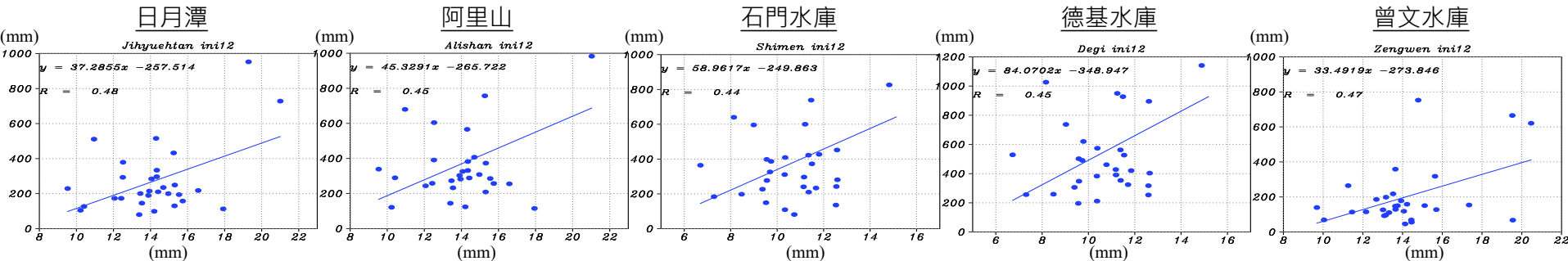
- 相關係數法入選個案數明顯高於距離比重法
- 在時間組合中，第**1-30**天組合於多數月份入選最多測站

 90%顯著程度(≥ 0.31)

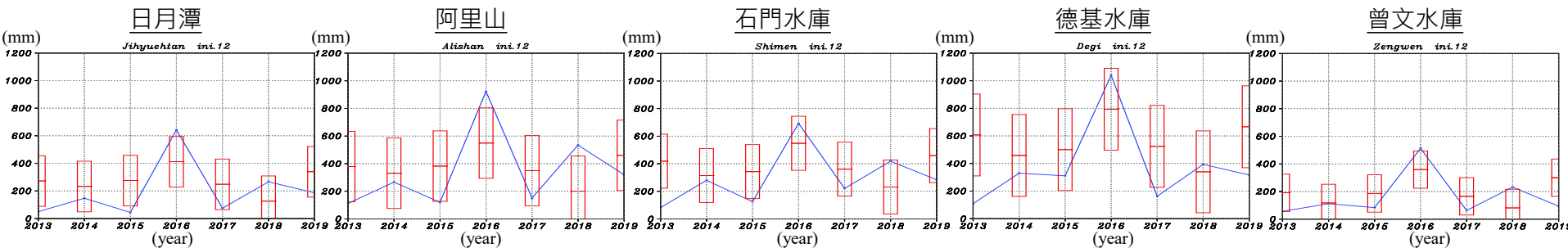
紅字:12種編組中相關係數最高的2組

降雨季節預報之誤差修正與驗證

訓練期



驗證期



驗證期: 迴歸之預報值±RMSE值做為定量預報範圍



降雨直接降尺度法之預報結果

初始-預報	臺北	新竹	臺中	嘉義	臺南	高雄	恆春	宜蘭	花蓮	臺東	日月潭	阿里山	石門	德基	曾文	
相關係數																
1982-2011(5、6、7、8、9、10、11、12月)·1983-2012(1、2、3、4月)																
05-JJA	0.35	0.41	0.47	0.46	0.56	0.51	0.34	0.38	0.49	0.56	0.43	0.46	0.28	0.39	0.40	
06-JAS	0.63	0.30	0.40	0.60	0.44	0.55	0.42	0.45	0.46	0.52	0.34	0.37	0.36	0.33	0.52	
07-ASO	0.53	0.23	0.46	0.52	0.40	0.49	0.55	0.63	0.64	0.54	0.51	0.53	0.24	0.49	0.58	
08-SON	0.15	0.37	0.31	0.37	0.10	0.11	0.04	0.31	0.29	0.21	0.30	0.28	0.30	0.26	0.31	
09-OND	0.21	0.20	0.27	0.21	0.22	0.36	0.26	0.29	0.12	0.20	0.17	0.30	0.17	0.26	0.27	
10-NDJ	0.19	0.37	0.40	0.43	0.39	0.38	0.21	0.35	0.09	0.17	0.36	0.36	0.23	0.28	0.36	
11-DJF	0.54	0.56	0.65	0.70	0.43	0.39	0.45	0.14	0.54	0.31	0.62	0.56	0.55	0.57	0.65	
12-JFM	0.47	0.44	0.55	0.57	0.44	0.42	0.43	0.34	0.44	0.46	0.48	0.45	0.44	0.45	0.47	
01-FMA	0.58	0.61	0.68	0.71	0.61	0.70	0.50	0.46	0.55	0.70	0.68	0.65	0.59	0.61	0.67	
02-MAM	0.55	0.54	0.48	0.58	0.54	0.55	0.55	0.45	0.44	0.41	0.58	0.54	0.42	0.44	0.66	
03-AMJ	0.51	0.38	0.44	0.61	0.41	0.54	0.46	0.35	0.30	0.33	0.46	0.47	0.45	0.36	0.57	
04-MJJ	0.33	0.36	0.42	0.56	0.45	0.47	0.37	0.24	0.40	0.42	0.53	0.53	0.20	0.44	0.51	

95%顯著程度
(≥ 0.36)

紅字: 99%顯著程度
(≥ 0.46)

RMSE																
2012-2018(5、6、7、8、9、10、11、12)·2013-2019(1、2、3、4月)																
初始-預報	臺北	新竹	臺中	嘉義	臺南	高雄	恆春	宜蘭	花蓮	臺東	日月潭	阿里山	石門	德基	曾文	
05-JJA	319	309	332	417	423	649	523	178	249	272	289	765	313	278	500	
06-JAS	302	183	328	577	479	607	359	213	340	259	282	787	410	295	698	
07-ASO	278	195	273	432	481	590	448	371	436	427	219	602	404	288	704	
08-SON	255	231	162	306	450	460	304	441	439	524	201	510	266	252	409	
09-OND	178	69	38	39	50	116	155	447	308	407	70	136	164	80	53	
10-NDJ	132	163	82	41	53	71	51	302	127	121	97	152	140	189	75	
11-DJF	169	154	105	80	65	65	41	238	66	60	142	200	170	241	86	
12-JFM	158	164	113	86	74	75	28	132	75	53	183	255	196	297	135	
01-FMA	183	166	178	128	93	87	33	144	117	64	250	313	185	338	188	
02-MAM	218	184	233	139	65	97	170	160	119	77	237	396	131	256	253	
03-AMJ	285	255	268	201	190	261	258	186	172	197	423	633	206	376	314	
04-MJJ	313	243	273	291	221	272	242	160	238	180	382	727	201	292	382	

RMSE ≤ 200 mm

綜合歸納11月-1月為初始時間之整體預報能力應是全年之中最佳

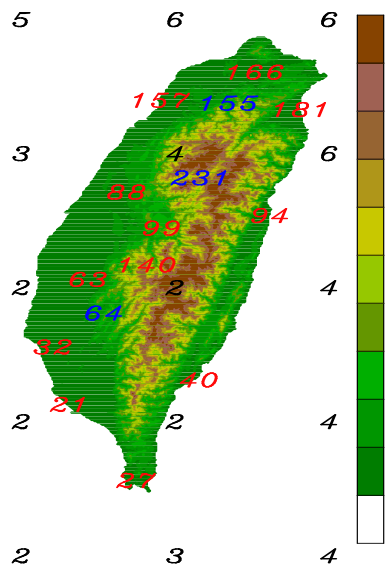
觀測、預報降雨之比較

紅色: 中央氣象局測站觀測降雨

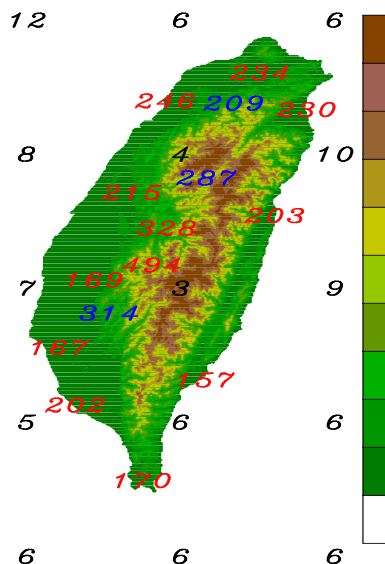
藍色: 水庫集水區觀測降雨

黑色: 氣候模式之網格點預報降雨

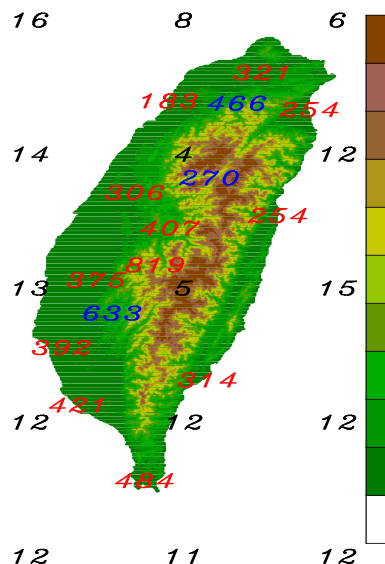
Feb



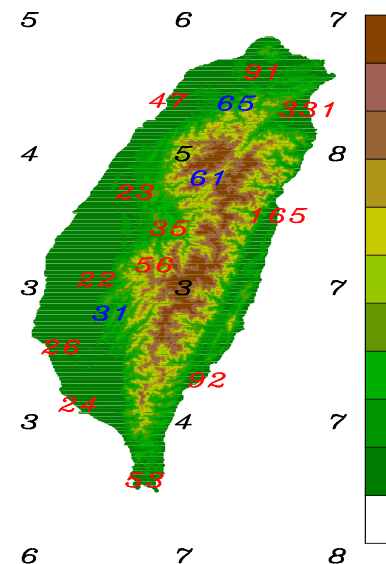
May



Aug



Nov



山區降雨預報偏低為一步法氣候預報模式之系統性誤差

區域降雨關聯性之比較

觀測降雨相關係數		1982-2011								1983-2012				
月份		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	平均
石門	臺北	0.76	0.64	0.54	0.74	0.84	0.88	0.9	0.72	0.85	0.98	0.88	0.86	0.80
	新竹	0.76	0.6	0.63	0.9	0.85	0.92	0.83	0.56	0.87	0.98	0.9	0.91	0.81
	宜蘭	0.64	0.38	0.85	0.71	0.58	0.6	0.57	0.56	0.44	0.88	0.77	0.75	0.64
德基	新竹	0.79	0.73	0.76	0.8	0.6	0.89	0.79	0.72	0.89	0.94	0.87	0.88	0.81
	台中	0.72	0.85	0.77	0.78	0.84	0.82	0.93	0.88	0.68	0.97	0.86	0.9	0.83
	日月潭	0.78	0.89	0.73	0.75	0.91	0.8	0.91	0.92	0.74	0.95	0.89	0.86	0.84
曾文	嘉義	0.76	0.92	0.88	0.88	0.78	0.95	0.89	0.42	0.83	0.95	0.63	0.86	0.81
	阿里山	0.86	0.87	0.91	0.94	0.94	0.98	0.95	0.41	0.87	0.97	0.63	0.93	0.86
	臺南	0.56	0.69	0.75	0.66	0.62	0.92	0.96	0.29	0.79	0.91	0.59	0.88	0.72
平均		0.74	0.73	0.76	0.80	0.77	0.86	0.86	0.61	0.77	0.95	0.78	0.87	0.79

95%顯著程度(≥ 0.36)

紅字: 三測站中相關係數較高的二站以顯示

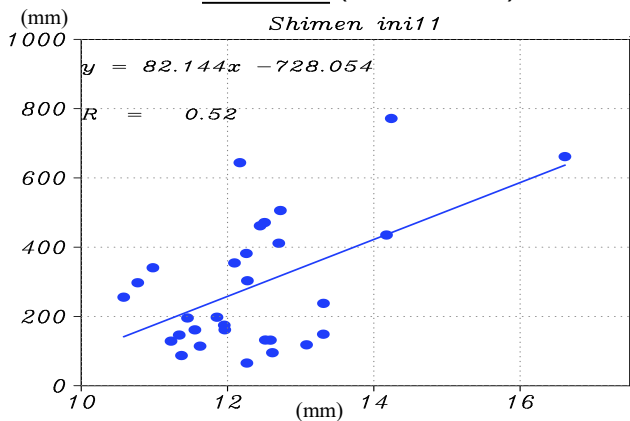
- 預報降雨之關聯性明顯低於觀測降雨
- 枯水期12月-2月為初始時間之預報結果的關聯性最高，反應模式對枯水期降雨均勻減少現象之預報能力較佳。

預報降雨相關係數		1982-2011								1983-2012				
月份		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	平均
石門	臺北	0.56	0.94	0.76	-0.02	0.14	0.54	0.36	0.92	0.88	1	0.84	-0.3	0.55
	新竹	0.5	0.72	0.65	0.23	0.03	0.7	0.84	1	1	0.96	0.87	-0.3	0.60
	宜蘭	-0.45	0.94	0.77	-0.13	0.08	0.69	0.12	0.9	0.87	0.95	0.45	0.96	0.51
德基	新竹	0.89	0.81	-0.5	0.43	0.2	0.99	0.97	0.99	1	0.94	0.34	-0.1	0.58
	台中	0.03	0.63	0.4	0.78	0.39	0.96	0.93	0.99	0.98	0.79	0.69	0.21	0.65
	日月潭	-0.35	0.65	0.45	0.73	0.44	1	0.64	0.98	0.96	0.72	0.69	0.44	0.61
曾文	嘉義	1	0.27	0.8	0.38	0.53	0.8	0.95	0.98	0.85	0.97	0.91	0.92	0.78
	阿里山	0.52	0.6	0.92	0.7	0.82	0.91	0.85	0.92	0.91	1	0.86	0.96	0.83
	臺南	0.83	0.78	0.81	0.39	0.14	0.48	0.84	0.95	0.99	1	0.92	0.96	0.76
平均		0.39	0.70	0.56	0.39	0.31	0.79	0.72	0.96	0.94	0.93	0.73	0.42	0.65

測站映射降尺度法

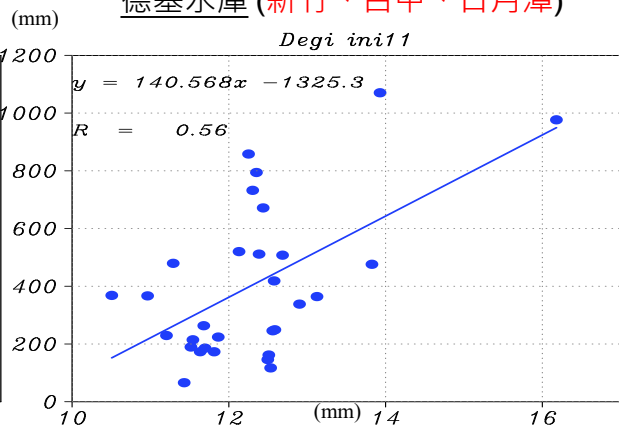
石門水庫 (台北、新竹)

Shimen ini11



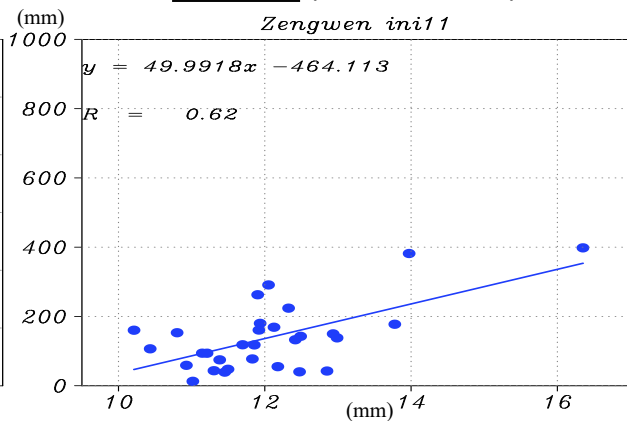
德基水庫 (新竹、台中、日月潭)

Degi ini11

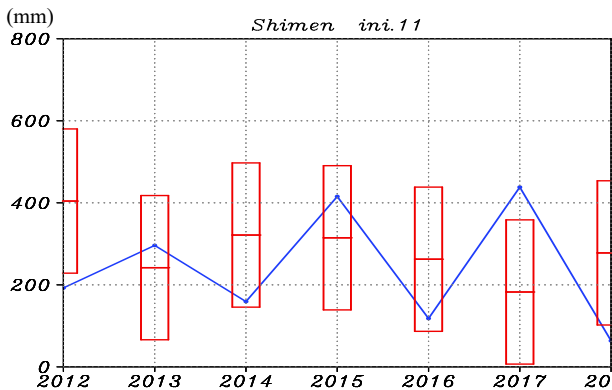


曾文水庫 (嘉義、阿里山)

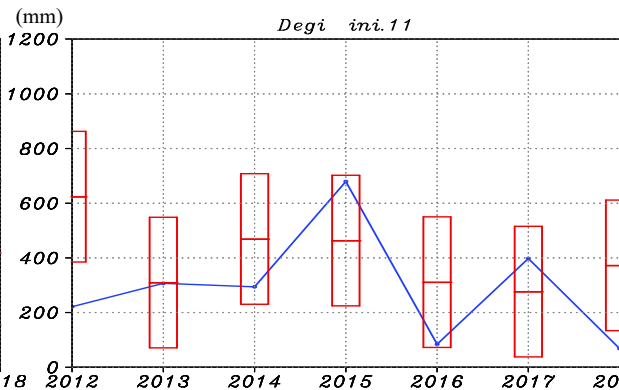
Zengwen ini11



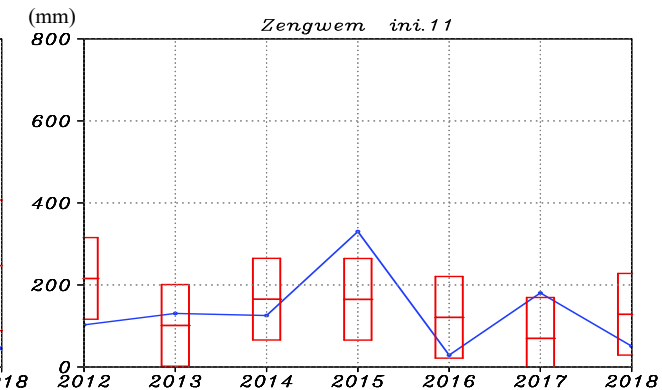
Shimen ini.11



Degi ini.11



Zengwen ini.11



不同降尺度法之預報結果比較

95%顯著程度(≥ 0.36) & RMSE值低於200mm

紅字:

P-V複迴歸降尺度與測站映射降尺度兩種方法比降雨直接降尺度方法呈現較佳預報結果者(較高或相同相關係數、較低RMSE)

- P-V850複迴歸降尺度法於枯水期之預報能力稍有改進，但非顯著改善。
- 測站映射間接預報，改善成效相當隨機且偏低，預報特性之掌握仍有不確定性。

訓練期

驗證期

初始時間	降雨直接降尺度			P-V複迴歸降尺度			測站映射降尺度		
	石門	德基	曾文	石門	德基	曾文	石門	德基	曾文
	相關係數			相關係數			相關係數		
05-JJA	0.28	0.39	0.40	0.33	0.43	0.49	0.25	0.34	0.43
06-JAS	0.36	0.33	0.52	0.36	0.37	0.55	0.20	0.33	0.54
07-ASO	0.24	0.49	0.58	0.38	0.51	0.62	0.13	0.49	0.60
08-SON	0.30	0.26	0.31	0.32	0.26	0.31	0.07	0.17	0.23
09-OND	0.17	0.26	0.27	0.34	0.36	0.35	0.06	0.24	0.25
10-NDJ	0.23	0.28	0.36	0.24	0.30	0.38	0.12	0.27	0.30
11-DJF	0.55	0.57	0.65	0.56	0.58	0.69	0.52	0.56	0.62
12-JFM	0.44	0.45	0.47	0.49	0.52	0.50	0.48	0.46	0.45
01-FMA	0.59	0.61	0.67	0.60	0.61	0.50	0.60	0.56	0.67
02-MAM	0.42	0.44	0.66	0.43	0.44	0.66	0.38	0.33	0.66
03-AMJ	0.45	0.36	0.57	0.53	0.50	0.60	0.17	0.30	0.56
04-MJJ	0.20	0.44	0.51	0.35	0.48	0.52	0.14	0.46	0.57
	RMSE			RMSE			RMSE		
初始時間	石門	德基	曾文	石門	德基	曾文	石門	德基	曾文
05-JJA	313	278	500	336	284	567	318	305	408
06-JAS	410	295	698	431	371	764	352	305	726
07-ASO	404	288	704	560	308	807	337	344	516
08-SON	266	252	409	290	259	435	250	270	441
09-OND	164	80	53	203	99	29	171	79	54
10-NDJ	140	189	75	147	193	78	136	185	76
11-DJF	170	241	86	166	228	80	176	239	100
12-JFM	196	297	135	182	269	126	204	294	142
01-FMA	185	338	188	151	213	167	188	320	183
02-MAM	131	256	253	137	250	267	133	246	250
03-AMJ	206	376	314	265	413	311	192	330	354
04-MJJ	201	292	382	187	364	384	201	261	409

P-V複迴歸降尺度與測站映射降尺度 對比降雨直接降尺度法

初始-預報	P-V複迴歸降尺度			測站映射降尺度		
	石門	德基	曾文	石門	德基	曾文
	相關係數			相關係數		
05-JJA						0.43
06-JAS						
07-ASO						0.60
08-SON						
09-OND			0.35			
10-NDJ						
11-DJF	0.56	0.58	0.69			
12-JFM	0.49	0.52	0.50		0.46	
01-FMA	0.60	0.61				0.67
02-MAM		0.44				0.66
03-AMJ			0.60			
04-MJJ	0.35				0.46	

📄 P-V複迴歸降尺度法對台灣12個測站之預報結果

初始-預報	臺北	新竹	臺中	嘉義	臺南	高雄	恆春	宜蘭	花蓮	臺東	日月潭	阿里山
相關係數												
05-JJA	0.51	0.44	0.50	0.46	0.58	0.51	0.34	0.38	0.51	0.60	0.43	0.50
06-JAS	0.66	0.30	0.44	0.64	0.52	0.55	0.49	0.47	0.47	0.52	0.35	0.39
07-ASO	0.61	0.35	0.58	0.57	0.44	0.52	0.56	0.65	0.65	0.54	0.51	0.59
08-SON	0.16	0.43	0.39	0.37	0.13	0.11	0.14	0.42	0.47	0.33	0.37	0.33
09-OND	0.46	0.21	0.28	0.24	0.28	0.36	0.41	0.44	0.32	0.36	0.18	0.38
10-NDJ	0.23	0.39	0.44	0.47	0.42	0.38	0.33	0.35	0.09	0.34	0.41	0.36
11-DJF	0.59	0.57	0.67	0.73	0.50	0.45	0.48	0.22	0.54	0.32	0.65	0.61
12-JFM	0.50	0.48	0.57	0.60	0.47	0.45	0.43	0.36	0.46	0.47	0.54	0.50
01-FMA	0.61	0.61	0.68	0.71	0.64	0.70	0.54	0.48	0.55	0.70	0.68	0.65
02-MAM	0.59	0.55	0.49	0.60	0.56	0.55	0.55	0.50	0.44	0.42	0.58	0.54
03-AMJ	0.65	0.40	0.44	0.62	0.41	0.57	0.50	0.37	0.30	0.34	0.46	0.51
04-MJJ	0.36	0.38	0.43	0.56	0.49	0.49	0.40	0.25	0.41	0.56	0.53	0.62
RMSE												
初始-預報	臺北	新竹	臺中	嘉義	臺南	高雄	恆春	宜蘭	花蓮	臺東	日月潭	阿里山
05-JJA	315	313	331	405	401	651	531	169	243	294	285	802
06-JAS	311	184	363	586	459	576	347	220	367	295	380	908
07-ASO	257	210	333	428	503	602	460	309	417	442	224	815
08-SON	260	243	203	308	453	460	282	428	352	482	338	636
09-OND	207	67	33	32	56	118	143	539	289	401	60	96
10-NDJ	134	170	86	45	53	73	54	315	128	125	99	170
11-DJF	181	147	93	68	59	59	47	243	67	59	134	182
12-JFM	175	142	98	72	73	74	28	141	74	51	165	238
01-FMA	137	96	151	106	95	90	39	110	114	65	196	291
02-MAM	227	188	232	151	66	96	171	148	119	80	247	397
03-AMJ	319	274	282	200	188	342	322	201	163	196	458	630
04-MJJ	336	254	278	296	297	267	175	157	224	284	389	781

95%顯著程度(≥ 0.36) & RMSE值低於200mm

紅字: P-V複迴歸降尺度法比降雨直接降尺度法呈現相同或較佳預報結果者(相同或較高相關係數、較低RMSE)

📄 P-V複迴歸降尺度法對比降雨直接降尺度法

初始-預報	臺北	新竹	臺中	嘉義	臺南	高雄	恆春	宜蘭	花蓮	臺東	日月潭	阿里山
	相關係數											
05-JJA	0.51		0.50	0.46	0.58			0.38	0.51		0.43	
06-JAS	0.66				0.52		0.49					
07-ASO	0.61			0.57				0.65	0.65			
08-SON						0.11	0.14	0.42	0.47	0.33		
09-OND		0.21	0.28	0.24			0.41		0.32	0.36	0.18	0.38
10-NDJ					0.42							0.36
11-DJF		0.57	0.67	0.73	0.50					0.32	0.65	0.61
12-JFM		0.48	0.57	0.60	0.47	0.45	0.43		0.46	0.47	0.54	0.50
01-FMA	0.61	0.61	0.68	0.71				0.48	0.55		0.68	0.65
02-MAM			0.49			0.55		0.50	0.44			
03-AMJ				0.62	0.41				0.30	0.34		
04-MJJ						0.49	0.40	0.25	0.41			

- 三個地區相近之預報改善時段為枯水期初始預報月份之11-1月
- 東部測站甚至在豐水期之7月-9月為初始時間之預報有改善成效。
- P-V複迴歸降尺度適用於執行11月-1月初始時間之降雨預報，當比降雨降尺度預報結果為佳，但改善程度有限，未達顯著。

報告完畢，
敬請指教