凝縮分解 모델에 의한 河川流量의 推計學的 模擬發生

Stochastic Simulation of Streamflow by Condensed Disaggregation Model

李 舜 鐸* 李 義 洛**

1. 序 論

單一地點이나 多地點에서 年과 季節資料 또는 地點과 地點 사이를 간단한 線型方程式의 관계로 표현되는 分解모델에 의해서 長期間의 河川流量을 模擬發生시킬 수 있다. 分解모델은 合算의 한 단계 이상에서 統計學的 特性을 保存하는 基本分解모델과 基本分解모델이 임의 年의 마지막 季節과 계속되는 年의 첫번째 季節 사이의 季節 相關構造를 保存할 수 없는 缺點을 보완 개선한 擴張分解모델 및 分解모델의 근본적인 문제점인 과도한 媒介變數의 數를 縮小시킨 凝縮分解모델로 분류할 수 있다. 그러나 凝縮分解모델은 媒介變數의 數는 감소시킬 수 있지만 分解技法의 중요한 屬性인 合算性을 잃게 된다.

따라서 본 硏究에서는 凝縮分解모델의 근본적인 문제점인 모델構造와 媒介變數 推定에 사용되는 모멘트들 사이의 不一致性 및 合算性을 保存할 수 있는 方法을 연구하여 이를 同一流域에 위치한 5개 地點(충주, 달천, 월상, 간현 및 여주)에 적용, 分析 하였다.

2. 模擬發生모델의 理論

1)自己回歸 모델

多地點 1次 自己回歸모델의 基本方程式은 다음과 같이 表示된다.

$$X_i = AX_{i-1} + Ce_i \qquad (2.1)$$

* 嶺南大學校 工科大學 土木工學科 敎授** 浦項專門大學 土木科 副敎授

多地點 2次 自己回歸모델의 基本方程式은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$X_i = AX_{i-1} + BX_{i-2} + Ce_i \qquad (2.2)$$

2)分解 모델

分解모델이 갖는 또 다른 문제점은 季節資料의 分散이나 共分散 行列을 保存하는데 너무 많은 媒介變數를 필요로 한다. 凝縮分解모델에서 媒介變數의 數를 합리적으로 감소시키는 方法은 다소 중요한 媒介變數들은 保存하고 季節資料들 사이의 대부분의 共分散은 제거하는 方法으로 擴張分解모델을 수정한 것이다. 凝縮分解모델의 기본식은 單一季節에 근거하여 한 季節에 한번씩 적용하여 쓰면 다음과 같이 표현된다.

$$Y_t = A_tX_t + B_te_t + C_tY_{t-1} \qquad (2.3)$$

凝縮分解모델에 대한 모델構造는 Fig.2.1에서 볼 수 있고 推定에 사용되는 모멘트는 t季節에 대해서 Fig.2.2와 같다.

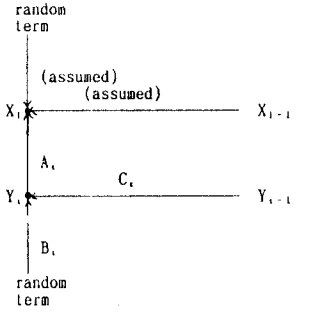

Fig. 2.1 Model Structure for the Condensed Disaggregation Model for Season t.

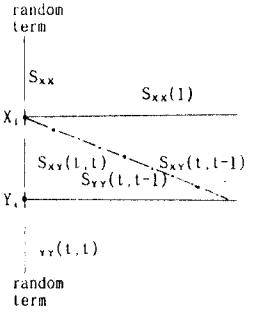

Fig. 2.2 Moments Used in Parameter Estimation for the Condensed Disaggregation Model for t.

3. 媒介變數의 補正 및 季節資料의 調節

1)媒介變數의 補正

凝縮分解모델의 構造에서 제기되는 모델構造와 媒介變數 行列 推定節次 사이의 不一致性을 제거하기 위해서 擴張分解모델을 修正하고 그 結果를 첫번째 季節에 적용하면 凝縮分解모델에서 발생하는 媒介變數 不一致

性을 개선시킬 수 있는 方法이 된다. 이 方法은 媒介變數 推定에서 모델構造에 一致하는 다른 모멘트의 函數로서 모델構造에 일치하지 않는 $S_{XY}(1)$의 推定値를 다시 定義하는 것이다. 이를 위한 방법으로는 年流量을 模擬發生시키기 위하여 사용한 1次 自己回歸모델에 의하여 새로운 媒介變數의 값을 推定하면 다음식과 같다.

$$S^*_{XY}(1) = S_{XX}(1)\, S_{XX}^{-1} S_{XY} \tag{3.1}$$

2)季節資料의 調節

模擬發生되는 季節資料의 合計가 年資料에 정확하게 一致하도록 다음과 같은 方程式에 의해서 季節資料를 調節한다.

$$S^*_t = S_t + \frac{(g - \Sigma S_i)S_t - u_t}{\Sigma |S_i - u_i|} \tag{3.2}$$

여기서, S_i는 t번째 季節에 대한 季節資料, g는 模擬發生된 年資料 및 合計(Σ)는 모든 季節資料를 더한 것이며, 첨자 *는 調節된 季節값을 나타낸다.

3)分析資料의 變換

모델理論에서 언급한 바와 같이 推計學的 모델에 의한 河川流量의 模擬發生을 위해서는 먼저 기왕의 水文過程을 正規分布가 되도록 資料를 變換시킬 필요가 있다. 水文資料를 正規化시키는 方法은 다음 식과 같이 冪變換(Power Transformation)이나 對數變換(Logarithmic Transformation)

Table 3.1 Summary of Transformation by Station.

Annual and Month	Station				
	Chungju	Dalchon	Walsang	Kanhyon	Yoju
Annual	$Q_0^{0.2}$	$\ln Q_0$	$Q_0^{0.1}$	$\ln Q_0$	$Q_0^{0.5}$
1	$\ln Q_0$	$(Q_0-2)^{0.1}$	$\ln Q_0$	$\ln Q_0$	$\ln Q_0$
2	$(Q_0-10)^{0.2}$	$(Q_0-2)^{0.1}$	$Q_0^{0.5}$	$(Q_0-2)^{0.1}$	$Q_0^{0.4}$
3	$\ln(Q_0-5)$	$Q_0^{0.1}$	$Q_0^{0.2}$	$Q_0^{0.2}$	$\ln(Q_0-5)$
4	$Q_0^{0.5}$	$Q_0^{0.4}$	$Q_0^{0.5}$	$Q_0^{0.5}$	$Q_0^{0.5}$
5	$(Q_0-10)^{0.1}$	$Q_0^{0.2}$	$(Q_0-10)^{0.1}$	$Q_0^{0.2}$	$Q_0^{0.1}$
6	$(Q_0-5)^{0.3}$	$(Q_0+5)^{0.3}$	$Q_0^{0.3}$	$(Q_0+5)^{0.3}$	$Q_0^{0.3}$
7	$(Q_0-5)^{0.3}$	$(Q_0+5)^{0.2}$	$(Q_0-5)^{0.3}$	$(Q_0+10)^{0.2}$	$(Q_0+40)^{0.2}$
8	$(Q_0-20)^{0.2}$	$\ln Q_0$	$\ln Q_0$	$(Q_0+10)^{0.1}$	$Q_0^{0.1}$
9	$(Q_0-20)^{0.4}$	$Q_0^{0.1}$	$Q_0^{0.1}$	$\ln(Q_0+10)$	$Q_0^{0.1}$
10	$Q_0^{0.1}$	$Q_0^{0.1}$	$Q_0^{0.1}$	$Q_0^{0.1}$	$Q_0^{0.1}$
11	$Q_0^{0.3}$	$Q_0^{0.1}$	$Q_0^{0.7}$	$(Q_0+10)^{0.2}$	$Q_0^{0.3}$
12	$(Q_0-5)^{0.3}$	$\ln(Q_0+5)$	$Q_0^{0.3}$	$\ln(Q_0+5)$	$\ln Q_0$

을 이용할 수 있다.

$$Q_t = (Q_0 + a)^b \quad (3.3)$$

$$Q_t = \ln(Q_0 + a) \quad (3.4)$$

여기서, Q_0는 기왕의 資料, Q_t는 變換資料 및 a와 b는 媒介變數이다.

4. 結果考察

多支店 時系列 分析을 한 結果 Table 4.1과 Table 4.2에서 볼 수 있는 바와 같이 地點間의 相互相關係數가 양호하게 保存되었다.

5. 結論

본 硏究에서 水文時系列의 推計學的 模擬發生모델을 확립하기 위하여 凝縮分解모델과 空間分解技法을 適用하여 分析한 結果 模擬發生値가 實測値와 유사하게 再現되었다.

6. 參考文獻

1. Harms, A.A. and T.H. Campbell(1967). An Extension to the Thomas-Fiering Model for the Sequential Generation of Streamflow, Water Resources Research, Vol.3, No.3, pp.653-661.
2. Valencia, D.R. and J.C. Schaake,Jr.(1972). Disaggregation Model for Time Series Analysis and Synthesis, Ralph M. Parsons Lavoratory for Water Resources and Hydrodynamics, M.I.T., Technical Report 149, Cambridge Massachusettes.
3. Mejia, J.M. and J. Roussle(1976). Disaggregation Models in Hydrology Revisited, Water Resources Research, Vol.12, No.2, pp.185-186
4. Lane, W.L. and D.K. Frevert(1990). Applied Stochastic Techniques (LAST Personal Computer Version), User's Manual, Earth Sciences Division, Denver Office, Bureau of Reclamation, U.S. Department of the Interior, Denver, Colorado.

Table 4.1 Comparision of Historical and Generated Annual Cross Correlation Matrix for the Multivariate AR-Disaggregation Model.

Historical					AR(1)-Disaggregation					AR(2)-Disaggregation				
LAG ZERO CORRELATION MATRIX					LAG ZERO CORRELATION MATRIX					LAG ZERO CORRELATION MATRIX				
1.00	.755	.947	.766	.922	1.00	.847	.976	.867	.966	1.00	.851	.976	.872	.965
.755	1.00	.925	.998	.949	.847	1.00	.931	.913	.893	.851	1.00	.933	.913	.894
.947	.925	1.00	.931	.997	.976	.931	1.00	.927	.976	.976	.933	1.00	.929	.975
.766	.998	.931	1.00	.955	.867	.913	.927	1.00	.853	.872	.913	.929	1.00	.853
.922	.949	.997	.955	1.00	.966	.893	.976	.853	1.00	.966	.894	.975	.853	1.00
LAG ONE CORRELATION MATRIX					LAG ONE CORRELATION MATRIX					LAG ONE CORRELATION MATRIX				
-.058	-.131	-.101	-.139	-.110	-.128	-.200	-.160	-.155	-.166	-.131	-.188	-.156	-.150	-.155
-.372	-.214	-.329	-.241	-.315	-.281	-.224	-.263	-.212	-.277	-.273	-.206	-.251	-.199	-.261
-.215	-.179	-.218	-.196	-.217	-.210	-.220	-.219	-.191	-.227	-.208	-.204	-.210	-.182	-.213
-.369	-.211	-.326	-.238	-.312	-.162	-.150	-.161	-.127	-.160	-.150	-.131	-.146	-.114	-.140
-.247	-.187	-.242	-.206	-.237	-.288	-.289	-.295	-.250	-.308	-.290	-.274	-.289	-.243	-.296
LAG TWO CORRELATION MATRIX					LAG TWO CORRELATION MATRIX					LAG TWO CORRELATION MATRIX				
-.001	-.197	-.090	-.181	-.108	.052	.018	.041	.025	.039	-.020	-.042	-.029	-.030	-.035
.029	-.127	-.041	-.116	-.056	-.013	-.010	-.010	-.011	-.009	-.062	-.057	-.059	-.052	-.062
.016	-.173	-.069	-.158	-.087	.022	.013	.020	.013	.018	-.043	-.044	-.044	-.038	-.050
.032	-.126	-.039	-.115	-.054	-.043	-.036	-.039	-.028	-.047	-.082	-.072	-.078	-.059	-.088
.019	-.166	-.064	-.152	-.082	.032	.026	.031	.022	.030	-.042	-.039	-.041	-.037	-.047

Table 4.2 Comparision of Historical and Generated Monthly Cross Corre-lation Matrix for the Multivariate AR-Disaggregation Model (July).

Historical					AR(1)-Disaggregation					AR(2)-Disaggregation				
LAG ZERO CORRELATION MATRIX					LAG ZERO CORRELATION MATRIX					LAG ZERO CORRELATION MATRIX				
1.00	.910	.970	.909	.960	1.00	.878	.643	.877	.624	1.00	.877	.646	.876	.627
.910	1.00	.984	1.00	.990	.878	1.00	.774	.948	.744	.877	1.00	.776	.946	.746
.970	.984	1.00	.983	.999	.643	.774	1.00	.792	.984	.646	.776	1.00	.800	.984
.909	1.00	.983	1.00	.990	.877	.948	.792	1.00	.729	.876	.946	.800	1.00	.735
.960	.990	.999	.990	1.00	.624	.744	.984	.729	1.00	.627	.746	.984	.735	1.00
LAG ONE CORRELATION MATRIX					LAG ONE CORRELATION MATRIX					LAG ONE CORRELATION MATRIX				
.045	-.107	.014	-.106	.002	.205	-.226	.104	-.099	.064	.198	-.231	.103	-.103	.066
.036	-.025	.025	-.025	.021	.227	-.154	.077	-.075	.031	.216	-.155	.073	-.084	.028
.041	-.062	.021	-.061	.013	.062	-.095	.123	-.028	.046	.061	-.095	.121	-.027	.041
.035	-.024	.025	-.023	.021	.178	-.175	.158	-.087	.102	.170	-.180	.160	-.092	.104
.040	-.054	.022	-.053	.015	.081	-.078	.100	-.012	.031	.079	-.079	.097	-.013	.025