

最的 血液 流出 政策의 決定 —A Determination of the Optimal Blood-Issuing Polices—

李 相 玩*
金 在 連**

Abstract

Human blood is a perishable product : it has a legal lifetime of 21 days from collection, during which it can be used for transfusion to a Patient of the same type, and after which it has to be discarded. Therefore, blood must be supplied safely and effectively because it is one of the medical resources which keep humanlife.

In this study, the effects of blood issuing policies on average inventory levels and average age of blood at transfusion are determined by simulation applied the theory of absorbing Markov chains. And as a practical study, the daily demand distribution of blood is estimated by using the data of B General Hospital. The distribution estimated follows poisson distribution and the estimator of parameter estimated from the poisson distribution is 0.762.

Simulation is done by using the parameter. The most important problem when control blood is the amount of outdata. So we compared random policy with Modified LIFO and Modified FIFO by using outdata. As a results it is shown that Modified LIFO and Modified FIFO by using outdata. As a results it is shown that Modified LIFO and Modified FIFO present better issuing policy than Random Policy.

1. 序 論

1.1 研究目的

血液은 고귀한 인간의 생명을 유지시키는 醫療資源들 중의 하나이므로 안전하고 효과적으로 공급되어야 한다.

血液은 다양한 장소에서 여러종류의 血液型이 헌혈자로 부터 제공되므로 혈액량은 確率的이다. 또한 血液은 동일한 형의 환자에 대해 수혈되어질 수 있으며 法定日數는 21일이고 그 후에는 廢棄되어진다.

血液은행은 血液을 分配, 處理, 貯藏, 蒐集하는 기관이다. 확실적인 수요와 공급상황에서 효과적으로 운영하기 위하여 血液의 적당한 緩衝在庫가 유지되어야 한다. 그 결과로 인하여 병원 血液은행 시스템이 逢着하는 전형적인 문제는 다음과 같다.

- 1) 재고부족 문제와 각 병원간의 상호작용이 없는 상황에서 발생하는 폐기문제
- 2) 경험적인 流出政策(Issuing Policy)의 오류

이러한 문제들은 유출정책과 병원 血液은행에서 재고 기능의 중요성을 부여하고 있다. 그러나 이러한 병원 血液 재고정책의 결정은 다음과 같은 매우 복잡한 특성을 가지고 있기 때문에 정확한 결정을 하기란 매우 어려운 일이다.

*동아대학교 산업공학과 부교수

**한양대학교 산업공학과 교수

접수 1990년 4월 25일

- 1) 수요와 공급이 確率的이다.
- 2) 血液은 부패되는 것이다.
- 3) 流出政策의 최적성

그러나 현행 流出政策은 임의정책(Random Policy)을 쓰고 있으므로 많은 在庫費用과 廢棄費用을 이끌고 있고 또한 연령별 분류를 하지않고 재고를 관리함으로써 서비스 수준 또한 상당히 낮은 형편이다.

이에 본 연구는 B綜合病院을 대상으로 현행의 流出政策과 OR기법의 하나인 흡수 마코브 체인(Markov chain)을 이용한 流出政策 즉, 수정된 FIFO(Modified first in, first out)와 수정된 LIFO(Modified late in, first out)을 비교하므로써 병원 血液管理를 위한 보다 효과적인 方法을 제시하고자 한다.

1.2 研究方法 및 範圍

本 研究은 먼저 腐敗性 製品의 在庫管理 技法에 대한 이론적 고찰을 실시하였다. 그리고 병원혈액 재고 流出政策을 決定하기 위하여 부산시 소재 B중합병원의 실제 데이터를 사용해서 혈액의 일일 수요분포를 파악한 다음 그 母數를 추정한 후 이 모수를 이용하여 在庫量, 廢棄量을 기준 축도로 시뮬레이션을 실시 분석함으로써 장래의 病院血液 在庫 流出政策을 決定하는데 도움을 주고자 한다.

2. 理論的 考察

2.1 流出政策

人間的 血液은 제한된 수명을 가진 腐敗하기 쉬운 製品이다. 血液은 오직 건강한 사람에게서 제공되고, 血液의 대부분 수요는 부상자 또는 병든 사람을 치료하는데 사용된다.

人間的 血液은 한 사람이 기증한 血液을 다른 사람이 필요로할 때에 닥치는 대로 사용할 수 없는 관점에서 매우 제한되어 있다.

인간의 血液은 4가지의 중요한 血液型인 O, A, B AB로 나누어지고, RH 요인이 있는 것은 RH⁺형이고, RH 요인이 없는 것은 RH⁻형이라 한다.

腐敗性 製品의 在庫 流出政策에 대하여 연구되어진 논문들은 다음과 같다. 수명 기간이 제한된 腐敗性 製品에 대한 재고 관리 분석을 처음 시도한 Van Zyl(1964)은 수명기간이 Two-Period인 단일제품의 경우를 분석했다. 이후 Bulinskaya(1964)는 단일 제품이 즉시 부패하거나 혹은 단일기간이 지난후 즉시 부패하는 것을 연구한 문제의 재고관리 모형을 개발했다. 몇년 뒤에 Pegels와 Jelmert(1970)는 血液 不足 確率과 血液이 수혈될 시점에서 血液의 평균 나이를 결정하고 평균 재고 수준에 따른 流出政策 효과를 결정하여 “血液 在庫 政策을 評價”하였다.

Pierskalla와 Roach(1972)는 “腐敗性 在庫를 위한 最適 流出政策”을 研究하였는데, 이 모형에서는 腐敗性 製品 在庫 問題들의 어떤 특별한 분류를 위한 流出政策을 몇 가지 가능한 目的函數들 하에서 유도되어지고, 재고 제품의 수명에 따라서 분류되어 유출되어 모형을 개발한 것이다.

Table 1. Classification of the Policies for Perishable Inventory Models

AUTHOR	REVIEWED INVENTORY POLICY MODELS
Van Zyl (1964)	腐敗性 製品을 위한 在庫管理를 研究
Bulinskaya (1964)	단일제품이 즉시 부패하거나 혹은 단일기간이 지난 후 즉시 부패하는 것을 研究
Pegels & Jelmert (1970)	血液 在庫 政策을 評價 : 마코브체인을 이용한 研究
Pierskalla & Roach (1972)	腐敗性 在庫를 위한 最適 流出政策에 관한 研究
Jennings (1973)	血液銀行 在庫 管理에 관한 研究
Brodheine & Derman & Prastacos (1975)	血液과 같은 腐敗性 製品에 대한 在庫 정책들의 한 부류의 평가에 관한 研究
Chazan & Gal (1977)	腐敗性 製品在庫를 위한 마코비안 모형에 관한 研究
Dumas & Rabinowitz (1977)	病院 血液銀行에서 血液 浪費를 줄이기 위한 政策에 관한 研究
Cohen & Prastacos (1981)	LIFO 政策下에서 腐敗性 在庫 시스템에 대한 適定 主文 政策數에 관한 研究

Brodheim, Derman과 Prastacos(1975)은 “血液과 같은 腐敗性 製品에 대한 在庫 政策들의 한 부류의 評價에 관한 研究”를 하였는데, 이 모형은 가변적인 수요를 조건으로한 腐敗性 製品의 계획된 납기에 대한 재고와 분배 정책들의 부류는 처리하기 쉬운 단계들의 수에 관하여 마코브체인으로 모형화하여 그들의 需要函數가 어떻게 작용하고 在庫 政策 母數들이 어떻게 개발되어 있는지를 評價하였다.

Chazan과 Gal(1977)은 “腐敗性 製品 在庫를 위한 마코비안 模型에 관한 研究”를 하였는데, 이 模型은 각 기간의 수요가 끝난 뒤에 재고는 일정한 수준을 유지하고 신선한 製品이 재공급됨을 가정하여 腐棄率과 在庫의 나이 分布를 分析했다.

Dums와 Rabinowitz(1977)는 “病院 血液銀行에서 血液 浪費를 줄이기 위한 政策”을 연구하였는데, 그들은 소위 double-crossmatching이라 불리는 하나의 政策은 잠재적인 두 수혈자에게 적합되도록 血液의 동일한 Units를 檢査하고 血液이 두명 모두에게 有用하다는 것을 보장하는 것이다. 또 하나의 정책은 의학적으로 가능할 때 어떤 血液 나이 하에서 RH⁺ 患者에게 RH⁻ 血液을 사용한다는 것을 포함하고 양 政策이 동시에 사용 가능함을 研究하였다.

Cohen과 Prastacos(1981)는 “LIFO 정책하에서 腐敗性 在庫 시스템에 대한 適正 注文 政策數를 研究”하였는데 Two-Period 수명시간과 適正注文數에 대하여 期待廢棄에 대한 식을 정확하게 유도하여 FIFO와 LIFO 政策하에서 기대 비용을 비교하였다. 이 밖에도 발표된 論文들이 다수가 있다. 이상과 같은 論文들을 分類하여 Table-1로 나타내면 다음과 같다.

2.2 吸收 마코브 체인

血液의 段階는 輸血段階와 廢棄段階 그리고 각 나이의 段階로 구성된다. 따라서 각 나이의 段階가 21段階이고 수혈, 廢棄段階가 각각 1段階이므로 총 23段階를 가진다.

吸收段階란 한번 들어오면 떠나기가 불가능한 屬性을 가지고 있다. 이들 吸收段階를 떠나기는 불가능하지만, 각각의 吸收段階는 모든 非吸收段階로 부터 연속적인 반복에 의해 도달할 수 있다.

하나의 吸收 마코브 체인에 대하여 다음과 같은 3가지의 문제가 제기된다.

- 1) 이 과정이 어떤 특정한 吸收狀態의 과정에 흡수될 確率は 얼마인가?
- 2) 이 과정이 흡수되는데 까지 평균해서 옮겨지는 회수(흡수되는데 까지 보낼 단위기간 수)의 期待値는 얼마인가?
- 3) 이 과정에서 평균 몇 회가 비흡수상태에 있었는가?

이 3가지 問題는 일반적으로 이 과정이 출발하는 상태에 의존한다.

어떤 임의의 吸收 마코브 체인을 생각하자. 아래 행렬은 吸收 마코브 체인의 대표적인 예이다.

$$M = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{I} & \text{II} \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ 1 \\ 2 \end{matrix} & \left[\begin{array}{cc|cc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \hline 0.2 & 0.3 & 0 & 0.5 \\ 0.2 & 0.8 & 0.1 & 0 \end{array} \right] \end{matrix}$$

단계 I 과 II는 흡수단계이고 이 행렬은 2*2행렬로서 추가되는 대각은 1이고 그외에는 0인 단위행렬이다. 즉 m개의 흡수상태와 n개의 비흡수상태가 있다면, 추이행렬은 다음과 같은 표준형(standard form)을 갖는다.

$$P = \begin{matrix} m & n \\ n & \end{matrix} \left[\begin{array}{c|c} \text{I} & \text{O} \\ \hline \text{R} & \text{Q} \end{array} \right]$$

여기서 I는 m*n의 단위행렬이고, O는 m*n의 영행렬 R, Q는 각각 n*m, n*n의 행렬이다.

행렬 p^n 의 요소는 여러가지 상태에서 출발하여 n 회의 단계 후에 여러가지 상태에 있을 확률을 나타내고 있다.

p^n 은 행렬의 분할에 의한 곱의 정의로부터

$$p^n = \left[\begin{array}{c|c} I & 0 \\ \hline R & Q^n \end{array} \right]$$

의 형태이다.

여기서 R 의 행렬은 하측과 좌각에 있는 $n \times m$ 행렬을 나타내고 있는데 이것은 계산하지 않는다. p^n 의 곱은 Q^n 의 요소가 가능한 비흡수단계의 출발 상태에 대하여 n 회의 단계 후에 각 비흡수상태에 있을 확률을 나타낸다.

만약, $(I-Q)$ 의 역행렬이 존재한다면, 추이확률행렬의 표준형의 부분행렬 Q 에 대하여 N 을 마코브 체인의 기본행렬(fundamental matrix)이라 한다.

$$N = [I-Q]^{-1} \dots\dots\dots (2.1)$$

마코브 체인의 기본행렬에 R 인 $n \times m$ 행렬을 곱하면 B 인 $n \times m$ 행렬을 얻는다.

$$B = [I-Q]^{-1} * R \dots\dots\dots (2.2)$$

행렬 B 은 b_{ij} 원소들로 구성된다.

$$i=1, 2, \dots, n$$

$$j=1, 2, \dots, m$$

여기서 r_{ij} 는 단계 i 로 부터 흡수단계 j 에 도착될 확률이다. 바꾸어 말하자면, 행렬 B 는 n 인 비흡수단계 중의 하나로부터 시작된 과정이라면 m 인 흡수단계 중의 하나에서 끝나는 과정의 확률을 나타낸다. 여기서 R 은 표준형이 된 추이행렬의 비흡수상태에서 흡수상태의 추이확률을 나타내는 부분이다.

다음은 흡수될 때까지 옮겨지는 회수의 기대값에 대하여 살펴보자.

$$t' = [I-Q]^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.3)$$

벡터 t' 는 t_i 원소들로 구성되고, $i=1, 2, \dots, n$ 이다. 여기서 각각의 t_i 는 비흡수단계에서 흡수단계로 이동하기 위해 요구된 변환 단계들의 기대값을 나타낸다. 우리는 식(2.3)을 이용하여 수혈 단계에 이르는 혈액의 각 단위 기대나이의 벡터를 아래의 식에 의해 결정할 수 있다.

$$t'' = t' + t \dots\dots\dots (2.4)$$

2.3 흡수 마코브 체인에 의한 혈액 재고 정책

t' 과 t'' 은 수혈의 조건부확률을 가지는 혈액에 대한 수혈의 평균나이를 나타낸다. 따라서 나이 t 에서 수혈의 조건부확률을 변경하여 요구하는 혈액의 평균 나이를 증가 또는 감소할 수가 있다. 이것을 상승시키는 문제는 수혈의 조건부확률을 어떻게 결정 하는가이다.

수혈의 조건부확률을 찾는 하나의 방법으로는 시행착오법이 있다. 만약 q_t 가 수혈의 확률이면, $p_t = 1 - q_t$ 은 수혈되지 않는 확률이다. 그 비율을 α 라 하면, q_t 의 조합은 $t=0, 1, \dots, 20$ 이고

$$\alpha = \pi_{t=0}^{t=20} p_t \dots\dots\dots (2.5)$$

에 의해 찾는다.

3. 시뮬레이션 및 結果

3.1 시뮬레이션 실행

각형이 血液量은 다음의 3가지 確率變數의 행위에 의하여 결정된다.

- 1) 병원혈액은행에서 요구하는 일일 주문화수(N)
- 2) 주문량의 크기(R)
- 3) 사용된 Pints 수(U)

많은 연구로부터 이러한 確率變數의 행위가 어떤 분포를 따르는지 알려졌는데 대표적이 것으로 North 카로리나 병원의 자료를 사용한 Elston과 Pickred(1963)은 血液의 일일 사용량이 lognormal 확률분포에 근사함을 제시하였고, 오하이오 병원에 기초를 둔 Rockwell(1963)은 포아송 확률분포에 의하여 근사되어질 수 있음을 제시했다.

따라서 本 研究에서는 부산시 소재 B綜合病院을 대상으로 6년 5개월간의 RH⁺ O형인 全血을 대상으로 데이터를 募集하여 조사한 結果 포아송분포에 근이됨을 알 수 있었고, 그 分布에 따른 일일 사용 母數를 추정한 결과 $\mu=0.762$ 임을 알았다.

따라서 이 모수를 이용하여 시뮬레이션을 실시하였고, 모든 시뮬레이션 과정은 GWBASIC 3.20으로 프로그래밍화 하였다. 시뮬레이션을 실시한 結果가 Table-2에 나타나있는데 이는 마코브 체인에 의한 確率 매트릭스이다.

Table 2. Probability Matrix by Markov Chain(B General Hospital)

t	I	II	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
I	1	0																						
II	0	1																						
0	0.15	0	0.85																					
1	0.37	0		0.63																				
2	0.23	0			0.77																			
3	0.30	0				0.70																		
4	0.33	0					0.67																	
5	0.45	0						0.55																
6	0.20	0							0.80															
7	0.03	0								0.97														
8	0.39	0									0.61													
9	0.49	0										0.51												
10	0.43	0											0.57											
11	0.03	0												0.97										
12	0.06	0													0.94									
13	0.17	0														0.83								
14	0.20	0															0.80							
15	0.24	0																0.76						
16	0.17	0																	0.83					
17	0.12	0																		0.88				
18	0.04	0																			0.96			
19	0.14	0																				0.86		
20	0.01	0.99																						0

이 확률 매트릭스를 이용하여 식(2.1)과 (2.2)에 의해 血液이 輸血될 確率과 血液이 廢棄될 確率을 산출할 수 있었고, 식 (2.3)과 (2.4)에 의해 輸血段階에 도착할 때 까지의 기대날자와 수혈 단계에 도착한 기대나이를

각각 산출할 수 있었다. 그 표가 Table-3, Table-4이다. 그리고 식 (2.5)를 이용하여 試行錯誤法에 의해 나이 t 의 平均在庫와 輸血되지 않은 나이 t 의 血液確率을 산출했고, 그 표는 Table-5에 나타나 있다.

Table 3. The results of a FIFO policy.

t	Absorbing states with resultant probabilities		Transfused state	
	b_1	b_2	t'	t''
Age	Probability of transfusion	Probability of expiration	Expected day until transfused state is reached	Expected age upon arrival in transfused state
0	0.9960	0.0010	7.08	7.08
1	0.9959	0.0041	6.14	7.14
2	0.9953	0.0047	5.96	7.96
3	0.9951	0.0049	5.16	8.16
4	0.9944	0.0056	4.76	8.76
5	0.9932	0.0068	4.52	9.52
6	0.9911	0.0089	4.63	10.63
7	0.9889	0.0111	4.54	11.54
8	0.9866	0.0134	4.27	12.27
9	0.9858	0.0142	3.48	12.48
10	0.9853	0.0147	2.55	12.55
11	0.9743	0.0257	2.73	13.73
12	0.9496	0.0504	3.38	15.38
13	0.9175	0.0825	3.91	16.91
14	0.9149	0.0851	3.00	17.00
15	0.8936	0.1061	2.50	17.50
16	0.8066	0.1934	2.73	18.73
17	0.7114	0.2886	2.58	19.58
18	0.5877	0.4123	2.66	20.25
19	0.4645	0.5355	1.63	20.63
20	0.1500	0.8500	1.00	21.00

Table 4. The results of a LIFO policy.

t	Absorbing states with resultant probabilities		Transfused state	
	b_1	b_2	t'	t''
Age	Probability of transfusion	Probability of expiration	Expected day until transfused state is reached	Expected age upon arrival in transfused state
0	0.9960	0.0040	3.72	3.72
1	0.9953	0.0047	3.20	4.20
2	0.9925	0.0075	3.49	5.49
3	0.9903	0.0097	3.23	6.23
4	0.9861	0.0139	3.18	7.18
5	0.9792	0.0208	3.26	8.26
6	0.9622	0.0378	4.12	10.12
7	0.9528	0.0472	3.90	10.90
8	0.9513	0.0487	2.99	10.99
9	0.9201	0.0799	3.26	12.26
10	0.8434	0.1566	4.44	14.44
11	0.7253	0.2747	6.02	17.02
12	0.7168	0.2832	5.18	17.18
13	0.6987	0.3013	4.44	17.44

14	0.6370	0.3630	4.15	18.15
15	0.5463	0.4537	3.94	18.94
16	0.4030	0.5970	3.86	19.86
17	0.2807	0.7193	3.45	20.45
18	0.1827	0.8173	2.79	20.79
19	0.1486	0.8514	1.86	20.86
20	0.0100	0.9900	1.00	21.00

Table 5. Comparison of Different Policies on Average Inventory

t	FIFO		LIFO	
	P_t	I_t	P_t	I_t
0	0.9960	19.92	0.9960	19.92
1	0.9959	19.84	0.9953	19.83
2	0.9953	19.75	0.9925	19.68
3	0.9951	19.65	0.9903	19.49
4	0.9944	19.54	0.9861	19.22
5	0.9932	19.41	0.9792	18.82
6	0.9911	19.23	0.9622	18.10
7	0.9889	19.02	0.9528	17.25
8	0.9866	18.76	0.9513	16.41
9	0.9858	16.62	0.9201	15.10
10	0.9853	16.38	0.8434	12.73
11	0.9743	15.96	0.7253	9.24
12	0.9496	15.15	0.7168	6.62
13	0.9175	13.90	0.6987	4.63
14	0.9149	12.72	0.6370	2.95
15	0.8936	11.37	0.5463	1.61
16	0.8066	9.17	0.4030	0.65
17	0.7114	6.52	0.2807	0.18
18	0.5877	3.83	0.1827	0.03
19	0.4645	1.78	0.1486	0.00
20	0.15	0.27	0.01	0.00
	Average inventory	298.79		222.46

P_t =Probability of blood of age t not being transfused.

I_t =Average inventory of age t.

3.2 結果分析

현재 Random policy를 쓰고 있는釜山市 소재 B綜合病院의 경우를 조사한 결과 月間 平均 廢棄量이 26 pints였다. 이는 수정된 FIFO와 수정된 LIFO를 사용할 때 보다는 약 2배 가량의 높은 廢棄量을 이끌고 있는 것으로 나타났다. 때문에 科學的인 관리기법인 수정된 FIFO와 수정된 LIFO를 사용하면 적은 廢棄量을 이끌면서 높은 서비스 수준을 제공한다는 것을 알 수 있었다.

다음에 수정된 LIFO와 수정된 FIFO를 비교해 보면 수정된 FIFO는 廢棄量이 12.37 pints, 수정된 LIFO는 廢棄量이 14.82 pints로 나타났다. 이 결과는 Table-6에 나타나 있다. 廢棄量을 기준으로 하면 수정된 FIFO가 우수한 유출 정책으로 나타나지만 서비스 수준을 고려해 볼때는 신선한 血液을 공급해 줄 수 있는 수정된 LIFO가 우수한 流出政策이다. 어떤 流出政策을 쓸것이나 하는 意思決定은 血液 관리자가 廢棄量과 서비스 수준중 어디에 더 많은 관심을 두느냐에 따라 결정되어질 수 있다.

Table 6. Comparition of different Policies on Outdate

FIFO		LIFO	
Age	Outdate	Age	Outdate
0	31.87cc	0	37.28
1	32.54	1	37.28
2	37.13	2	59.04
3	38.51	3	75.62
4	43.77	4	106.86
5	52.80	5	156.58
6	68.46	6	273.67
7	84.45	7	325.68
8	100.55	8	319.67
9	94.40	9	482.60
10	96.31	10	979.41
11	20.15	11	1015.29
12	305.42	12	749.91
13	458.70	13	558.01
14	432.99	14	428.34
15	483.91	15	292.18
16	709.39	16	155.22
17	752.67	17	51.79
18	631.64	18	9.81
19	381.28	19	0.00
20	91.80	20	0.00
Total outdate	4948.71	Total outdate	5926.76
Total pints	12.37pints	Total pints	14.82

4. 結 論

血液은 인간의 생명을 유지시키는 醫療資源中의 하나이고, 동일한 형의 患者에 대해서만 輸血되어지며, 法定 壽命은 21일로 제한되어져 있다. 그러므로 血液은 안전하고 효과적으로 공급되어야 한다.

본 연구에서는 病院 血液은행 시스템을 효과적으로 운영하기 위한 流出政策을 제시하기 위하여 현재 病院에서 실시하고 있는 流出政策인 Random policy와 과학적 기법인 수정된 LIFO, 수정된 FIFO 정책을 비교 분석하였다.

그 결과 현재 病院에서 운영하고 있는 Random policy는 수정된 LIFO, 수정된 FIFO보다 서비스 수준은 낮게 廢棄量은 높게 나타났다.

수정된 LIFO와 수정된 FIFO만을 비교해 보면 서로 상반된 結果가 나타남을 알 수 있었다. 즉, 수정된 FIFO는 수정된 LIFO에 비해 낮은 廢棄量을 이끌었고 수정된 LIFO는 수정된 FIFO에 비해 높은 서비스 수준을 이끌었다. 따라서, 病院 血液은행 시스템을 운영하는데 발생하는 費用에 관심을 둔다면 수정된 LIFO가 환자들에게 최대한 신선한 血液을 제공하므로 보다 우수한 流出政策으로 결정될 것이다. 향후 연구과제로는 流出政策을 시행함에 있어 在庫不足 요인도 고려하여 결정하는 최적 유출정책 개발이 요구된다.

參 考 文 獻

1. 李相玩, 地域血液의 最適管理를 위한 意思決定 持援 시스템, 東亞大學校 工科大學 附設海洋問題 研究所, 第1卷, 1988, pp. 139-145.
2. 血液事業, 釜山 赤十字 血液院, 1987, pp. 13-37.
3. G. Van Zyl, Inventory control for perishable commodities, ph.d dissertation, University of North Carolina chapel hill, n. c., 1964.

4. C. Carl Pegels & Andrew E. Jelnert, An Evaluation of Blood-Inventory Policies : A Markov Chain Application. *Operations Research*, Vol. 18, 1970, pp. 1087-1098.
5. William P. Pierskalla & Chris D. Roach, Optimal issuing policies for perishable inventory, *Management Science*, Vol. 18, 1972.
6. John B. Jennings, Blood bank inventory control, *Management Science*, Vol. 19, No. 6, February, 1973, pp. 637-645.
7. Eric Brodheim, Cyrus Derman & Gregory Prastacos, On the evaluation of a class of inventory policies for perishabl productions such as blood, *Management Science*, Vol. 21, No. 11, July, 1975, pp. 1320-1325.
8. Dan Chazan & Shnuel Gal, A Markovian model for a perishable product inventory, *Management Science*, Vol. 23, 1977, pp. 512-521.
9. M. Barry Dumas & Manus Rabinowitz, Policies for reducing blood wastage in Hospital Blood Bank, *Management Science*, Vol. 23, No. 10, June, 1977, pp. 1124-1132.
10. Morris A. Coben & Gregory P. Prastacos, Critical number ordering policy for LIFO perishable inventory system, *Computers & Operations Research* Vol. 8, No. 3, 1981, pp. 185-195.
11. Gregory P. Prastacos, Blood inventory management : An overview of theory and practic, *Management Science*, Vol. 30, No. 7, July, 1984, pp. 777-800.
12. R. C. Elston & J. C. Pickrel, A Statistical Approach to Ordering and Usage Policies for a Hospital Blood Bank, *Transfusion* Vol. 3, 1963, pp. 41-47.
13. T. G. Rockwell & Lindsay & t. Hoover, Investigation of Community Blood Banking System : An Application of Simulation Methodology, Systems Research Group, Ohio State University, 1963.