

기술평가 자료를 이용한 중소기업의 생존율 추정 및 생존요인 분석

A Study on the Survival Probability and Survival Factors of Small and Medium-sized Enterprises Using Technology Rating Data

이 영 찬[†] 동국대학교 경상학부 부교수 (chanlee@dongguk.ac.kr)

ABSTRACT

The objectives of this study are to identify the survival function (hazard function) of small and medium enterprises by using technology rating data for the companies guaranteed by Korea Technology Finance Corporation (KOTEC), and to figure out the factors that affects their survival. To serve the purposes, this study uses Kaplan-Meier Analysis as a non-parametric method and Cox proportional hazards model as a semi-parametric one. The 17,396 guaranteed companies that assessed from July 1st in 2005 to December 31st in 2009 are selected as samples (16,504 censored data and 829 accident data).

The survival time is computed with random censoring (Type III) from July in 2005 as a starting point. The results of the analysis show that Kaplan-Meier Analysis and Cox proportional hazards model are able to readily estimate survival and hazard function and to perform comparative study among group variables such as industry and technology rating level. In particular, Cox proportional hazards model is recognized that it is useful to understand which technology rating items are meaningful to company's survival and how much they affect it. It is considered that these results will provide valuable knowledge for practitioners to find and manage the significant items for survival of the guaranteed companies through future technology rating.

Keywords : *Technology Credit Guarantee, Technology Rating, Survival Analysis, Survival Function, Hazard Function, Kaplan-Meier Analysis, Cox Proportional Hazards Model*

1. 서 론

기업활동의 성과는 결국 기업의 생존시간 연장으로 이어진다고 할 수 있다(이상호, 1998). 그런데 기업의 생존시간은 거시적, 미시적 경영환경 변화 및 기업관련 규제 등의 다양한 요인에 의해 영향을 받고 있으며, 기업이 속한 산업과 경영활동 시점에 따라서 다르게 나타난다(홍성로 등, 2006). 이와 같은 기업의 생존시

간에 대한 분석은 대부분 생존분석(survival analysis)이라는 통계적 기법을 통해 연구되어 왔으며, 본 연구에서도 생존분석을 이용하여 기술보증 중소기업의 생존율 및 생존요인을 분석하고자 한다.

국내의 경우 제조업을 중심으로 생존분석 연구가 주로 수행되어 왔는데, 재무제표를 이용한 부도예측모형에 관한 연구(남재우 등, 2000; 박세정, 이선아, 2008; 이명호, 박진석, 2001; 정중영, 2006)와 개별기업의 생존율 추정 및 생존에 영향을 미치는 요인에 관한 연구(이병기, 신광철, 2005; 홍성로 등, 2006; 나상균,

[†] 교신저자

논문접수일 : 2010년 5월 16일, 게재확정일 : 2010년 6월 17일

이준수, 2007; 염창선, 홍재범, 2008; 정연순, 송연경, 2008; 김태훈, 2009)로 크게 구분할 수 있다.

본 연구에서는 생존분석 기법을 이용하여 기술보증기금의 기술평가 후 보증지원을 받은 중소기업들의 생존율은 어느 정도이며, 어떤 기술평가 요인에 의해 보증지원을 받은 중소기업들의 생존이 결정되는지를 분석하고자 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해 본 연구에서는 생명표(life table), 카플란-마이어 분석(Kaplan-Meier Analysis), 그리고 콕스 비례위험모형(Cox proportional hazards model)을 활용하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 생존분석의 개요

어떤 시점부터 정의된 특정 사건의 발생시점까지 관측된 시간을 생존시간이라고 하는데, 예를 들어 한 기업이 특정시점 이후에 부실이 발생할 때까지의 시간을 생존시간이라고 할 수 있다. 생존자료를 수집하고 분석할 때는 항상 중도절단 자료(censored data)를 고려해야 하는 점이 다른 일반적인 통계분석 방법과 구별된다. 대부분의 기업은 연구종료 때까지 계속 생존하는 경우가 발생하는데, 이 경우에 정확한 생존시간을 관측하지 못하고 최소한 연구종료 시점까지 생존하였다는 정보를 가지고 있으므로 중도절단 자료라고 할 수 있으며, 이외에 고려되는 자료(예를 들어, 재무제표)들을 계속 관찰하지 못함으로써 추적이 불가능한 사항들을 중도절단의 경우라고 할 수 있다. 중도절단 자료의 형태는 Type I, Type II, 그리고 Type III의 세 가지 유형으로 분류된다(Kleinbaum, 1996; Hosmer and Lemeshow, 1999).

첫째, Type I은 관측시간과 동일한 것으로, 연구 시작 시점과 연구종료 시점이 정해져 있고 연구시작 시점에 실험, 처치, 처리 등이 행해지는 유형이다. 둘째, Type II는 연구종료 시점을 정할 수 없고 대신에 사건의 고정 비율을 정하고 그 비율을 충족하였을 경우 연구를 종료하는 유형이다. 셋째, 대부분의 임상 및 역학 연구에 있어서는 연구기간이 정해져 있고, 환자

들은 각기 다른 시간에 연구에 참여하게 된다. 연구 종료 전에 환자가 사망한 경우 정확한 생존기간을 알 수 있으나, 환자가 다른 지역으로 이주해서 추적할 수 없는 경우가 발생하거나 연구 종료 시점까지 생존한 경우는 중도절단이 된다. 연구 진입시간이 다르기 때문에 중도절단된 시간도 다르다. 이러한 유형을 Type III 또는 임의중도절단(random censoring)이라고 하며, 보편적으로 많이 사용된다. 중도절단까지 관측된 시간인 중도절단 시간과 생존시간이 서로 독립이 아닐 때는 복잡한 통계모형을 고려해야 하지만, 서로 독립인 임의중도절단(Type III censoring 혹은 random censoring)을 가정해도 무방한 경우가 대부분이므로 본 연구에서는 임의중도절단(Type III)을 가정한다(Kleinbaum, 1996; Lee and Wang, 2003).

2. 카플란-마이어 분석과 콕스 비례위험모형

본 연구에서는 생존분석 기법 중 먼저 비모수적 기법인 카플란-마이어 분석을 활용한다. 카플란-마이어 분석은 중소기업이 일정기간 생존할 확률을 계산하는 것으로, 생존시간이 어떤 분포를 따른다고 가정하지 않은 상태에서 실시하는 비모수적 기법이다. 본 연구에서는 이 기법을 적용하여 관찰기간동안 각 단위시간 당 발생하는 생존율 추이를 분석하고 생존율 추이가 업종 일반(제조업), sw, 닷컴, 바이오, 환경과 기술등급(A, B, C)에 따라 어떤 차이가 있는 지를 분석하며, 이러한 집단 간의 차이를 통계적으로 검토하기 위하여 윌콕슨 검정(Wilcoxon test)과 로그 순위검정(log-rank test)을 활용한다.

다음으로 기술평가 자료를 이용한 생존함수 추정과 생존에 유의미한 영향을 미치는 기술평가 요인을 찾기 위해 콕스 비례위험모형을 사용한다. 비례위험모형은 시간에 따른 생존여부에 영향을 미치는 다양한 공변량(covariate)들의 영향을 동시에 알아보는 다변량 분석 방법이라고 할 수 있다(Audertsch and Mahmood, 1995; Honjo, 2000). 중도에 탈락되거나 절단된 자료와 같은 불완전한 자료에 대한 분석도 가능한데, 이 경우 모형은

우도함수(likelihood function)로 표현된다(Cox, 1972).

생존시간을 나타내는 확률변수를 $T(> 0)$ 라고 하였을 때, 한 기업이 t 시간 이후에 생존할 확률을 나타내는 T 의 생존함수(survival function)는 $S(t) = P(T > t)$ 로 정의된다. $f(t)$ 를 T 의 확률밀도함수라고 하였을 때, 위험함수(hazard function)는

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (1)$$

비례위험(proportional hazards)을 이용한 준모수적 콕스 모형은 우도함수를 기저위험(baseline hazards)과 비례위험으로 나눈다. 먼저 기저위험은 비모수적이며 어떤 형태이든 관계가 없는데, 자료를 이용하여 추정할 수 없는 부분이다. 다음으로 비례위험은 위험도를 설명하는 각 독립변수의 영향을 받고 자료를 통해 추정하는 부분이다. 콕스 모형은 우도를 기저위험과 이 기저위험과 평행하게 움직이는 부분으로 나눈다. t 시점에서 여러 독립변수(x_i)를 가진 상태의 위험도에 대한 함수, 즉 위험함수는 어떠한 분포도 가정하지 않는 기저위험함수(baseline hazards function)를 $h_0(t)$ 라 할 때 식 (2)로 적용된다(Cox, 1972). 위험함수는 확률이 아니고 단위시간당 사망률이다. 따라서 1보다 작을 필요는 없다. 식 (2)를 다시 표현하면 식 (3)과 같아진다. 이 식의 왼쪽은 결국 교차비(odds ratio)가 되고 이는 시간에 관계없이 일정하다. 즉, 비례한다는 것인데, 관측시점 t 에서 각기 다른 독립변수의 값, 즉 x_1 과 x_2 를 가진 두 집단의 위험도 함수 사이의 비를 구하면 초기의 비모수적 위험도 함수가 상쇄되고 독립변수에 의해 결정되는 위험도 상수의 비가 남는데 이것이 바로 식 (4)의 비례위험이다(하성호 등, 2009).

$$h_i(t) = \exp(\beta x_i) h_0(t) \quad (2)$$

$$\frac{h_1(t)}{h_0(t)} = \exp(\beta x_i) \quad (3)$$

$$\frac{h_1(t)}{h_2(t)} = \frac{h_0(t)\exp(\beta_1 x_1)}{h_0(t)\exp(\beta_1 x_2)} = \exp(\beta_1(x_1 - x_2)) \quad (4)$$

Cox(1972)는 장애모수(nuisance parameter)인 $\lambda_0(t)$ 에 대한 아무런 정보 없이 β 를 추정하기 위한 편우도(partial likelihood)를 제시하였다. 비례위험 모형은 아무런 분포가정이 없이 좋은 통계적 성질을 제공하는 반면에 비례위험이라는 가정이 만족하지 않으면 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 비례위험 가정에 둔감한 층화분석법(stratified analysis)과 같은 방법들이 제안되고 있으나, 학자마다 견해가 달라 많은 논의가 필요하고, 복잡한 통계기법들이 요구된다(Therneau and Grambsch, 2000). 또한 대부분의 경우에 비례위험 가정을 해도 분석결과에 영향을 거의 미치지 않기 때문에 본 연구에서는 비례위험 모형을 생존기간에 유의한 영향을 미치는 기술평가 요인들을 파악하는데 사용하였다.

3. 개별기업에 대한 생존분석의 선행연구

Gepp and Kumar(2008)는 부실예측 모형에 콕스 비례위험모형을 이용한 생존분석 기법의 적용 가능성을 살펴보았으며, 추가적으로 판별분석이나 로짓분석 등 기존 통계적 분석기법과의 하이브리드 모형의 성능도 함께 분석하였다. 분석결과 하이브리드 모형의 성능은 기대한 것보다 좋지 않았으나, 생존분석 기법이 다른 기법에서 제공하지 못하는 기업의 부실과정에 대한 추가적인 정보를 제공한다고 주장하였다. Evrensel(2008)은 콕스 비례위험모형과 와이블 분포를 이용한 가속화 고장시간 모형을 이용한 생존분석을 통해 선진 G10 국가들의 은행부실과 금융구조에 대한 연구를 수행하였다. 분석결과 G10 이외의 국가들의 은행 부실위험이 G10 국가들의 은행 부실위험보다 높다는 연구결과를 발표하였다. 그리고 은행 부문에 대한 정책이 집중될수록 은행의 생존시간이 늘어난다고 주장하였다.

신용보증기업에 대해 생존분석을 활용한 연구로는 이병기, 신광철(2005), 홍성로 등(2006), 염창선, 홍재범(2008), 김태훈(2009) 등이 있다. 구체적으로, 이병기, 신광철(2005)은 한국신용평가정보의 외부감사법인(총 자산 70억 원 이상) 자료를 활용하여 1984년 8월과

1994년 9월까지 11년 간 창업기업의 자료를 분석하였다. 홍성로 등(2006)은 신용보증기금 보증기업들의 생존분석을 수행하였다. 1990년 1월 1일(연구시작 시점)부터 2005년 12월 31일(연구종료 시점)까지 설립된 보증기업 44만 5천 개를 대상으로 Type III의 형태를 취하고 있다. 기업형태(개인, 법인, 기타)별, 업종별, 설립연도별, 제조업(제조업 중분류 20개 업종)별, 지역(6개 권역)별 집단간 비교를 카플란-마이어 분석을 이용하여 수행하였다. 염창선, 홍재범(2008)은 기술보증기금의 지원을 받은 11,030개 보증기업에 대해 창업형태(개인, 법인), 참여산업(제조업, 유통업, 서비스업), 사업유형(기술혁신, 일반)별로 생존율 차이가 존재하는지 분석한 바 있다. 김태훈(2009)은 기술보증기금의 보증지원을 받은 1,172개의 중소건설기업에 대해 재무비율을 사용하여 건설업종별 생존율과 생존기간의 차이를 분석하였고, 콕스 비례위험모형을 사용하여 신용보증 건설기업의 생존기간에 유의미한 영향을 미치는 재무비율을 도출하였다.

III. 분석자료 및 기초통계분석

본 연구의 분석에 사용된 중소기업 자료는 국내 신용보증기관 중 하나인 기술보증기금이 보유하고 있는 자료로서, 개별기업이 보유한 기술에 대해 45개 항목별로 평가한 자료를 포함하고 있다. 기술평가는 기술평가시스템(Kibo technology rating system : KTRS)에 의해 수행되는데, KTRS의 기술평가 등급은 보증, 기술이전 거래 등 기술금융에의 활용과 기술사업의 타당성 평가 등에 활용하기 위한 목적으로 사용되며, 기술 또는 기술을 보유한 기업의 기술성, 시장성, 사업성, 기타 경영환경을 평가한 결과를 등급화하여 제시하고 있다.

기술평가지표는 경영주 기술능력, 기술성, 시장성, 사업성 및 수익성의 대항목 4개, 기술경험수준, 관리능력, 경영진 인적구성 및 팀워크 등 소항목 16개 그리고 심사항목 45개의 항목으로 평가하는 기술평가로서, 계량화된 데이터에 의해 자동 산출되는 객관

평가지표와 해당 분야의 전문화된 평가자에 의해 평가되는 주관 평가지표로 구분된다. 구체적인 평가항목은 <표 1>과 같다(이광민 등, 2009).

연구기간은 2005년 7월 1일부터 2009년 12월 31일까지 기술평가를 받은 보증기업을 대상으로 하였으며¹⁾, 중도절단유형은 임의중도절단(Type III)이다. 그리고 이벤트는 보증사고²⁾의 발생으로 정의하였다.

생존기간의 계산은 다음과 같이 수행되었다. 먼저 기술평가를 통한 기술보증지원을 신청한 기업이 보증 중인 경우는 연구종료 시점까지 사고가 발생하지 않은 업체이므로 중도절단 자료로 처리되었고, 기술평가 후 보증지원 승인일로부터 2009년 12월 31일까지의 생존기간을 월단위로 계산하였다. 다음으로 보증 사고가 발생한 경우는 기술평가 후 보증지원 승인일로부터 사고발생일까지의 생존기간을 월단위로 계산하였다.

이러한 과정을 거쳐 17,396개의 기술평가 자료가 표본으로 선택되었으며, 이중 중도절단된 자료는 16,504건, 사고 자료는 892건이다. 분석에 사용된 소프트웨어는 PASW Statistics 18이다. <표 2>는 기술보증지원을 받은 중소기업의 기술등급과 업종을 정리한 것이다.

<표 2>에서 보는 바와 같이 대부분의 기업들은 기술등급이 A와 B에 집중되어 있으며, 최하위 등급인 C를 받은 기업은 거의 없다. 업종의 경우 일반(제조업)이 88.6%로 절대적인 비중을 차지하고 있으며 뒤를 이어 SW, 바이오, 환경, 닷컴 순으로 나타났다. 이 중에서 닷컴은 다른 업종들에 비해 사고율이 매우 높음을 알 수 있다.³⁾ 마지막으로 업력의 경우 5년이

- 1) 기술보증 기금의 경우 2005년 개발된 기술평가 시스템(KTRS)이 지금까지 운용되고 있음. 4년 정도 지난 현시점에서 기술평가보증에 대한 17,000여 건의 자료를 이용하여 기존의 기술평가모형을 검증하기 위해 생존분석을 사용하였음.
- 2) 보증지원기업의 상태가 구상권, 구상권완제, 사고, 사고유보, 사고유보정상화, 정상화, 특수채권의 모든 상태를 “사고”로 정의함.
- 3) 기술보증기금의 기술평가 심사시 사용하고 있는 업종은 일반(제조업), SW, 닷컴, 바이오, 환경의 5가지로 구분하고 있음.

<표 1> KTRS 45개 기술평가 항목

대항목	중항목	소항목	기술평가 심사항목		
경영주의 기술능력 등	기술경영능력	기술경험(지식) 수준	1.1 경영주의 동업종경험 수준		
			1.2 기술경영전략		
			1.3 경영주의 기술지식 수준		
			1.4 경영주의 기술이해도		
	관리능력	경영진인적구성 및 팀워크	2.1 기술인력관리		
			2.2 위기대처 능력		
			2.3 경영의지 및 사업수완		
	경영진인적구성 및 팀워크	경영진인적구성 및 팀워크	3.1 경영진의 학력 및 경력		
			3.2 자본참여도		
			3.3 경영주와의 관계 및 팀워크		
기술성	연구개발능력	기술개발추진 능력	4.1 기술개발발전담조직		
		기술·연구개발 투자현황	4.2 기술(디자인)인력		
	기술(제품)의 우수성	기술혁신(선도)성	기술혁신(선도)성	5.1 기술개발 및 수상(인중)실적	
				5.2 지식재산권 등 보유현황	
				5.3 연구개발투자비용	
		기술완성도	기술완성도	6.1 기술의 차별성	
				6.2 모방의 난이도	
				6.3 기술의 수명주기상 위치	
		기술확장성	기술확장성	7.1 기술의 완성도	
				7.2 기술의 자립도	
7.3 사업전략과의 부합성					
8.1 기업내·외의 기술과급효과					
시장성	기술(제품)의 시장성	경쟁상황	9.1 시장구조		
			9.2 동일산업내 경쟁상황		
			9.3 시장의 진입성		
		시장형성	시장형성	10.1 시장의 규모	
				10.2 시장의 성장성	
				10.3 법·규제 등 제약/장려요인	
	제품의 경쟁력	제품의 경쟁력	11.1 인지도		
			11.2 시장점유율		
			11.3 대체품과의 비교우위성		
			12.1 생산시설확보용이성		
사업성 및 수익성	기술(제품)의 생산성	기술의 제품화능력 및 생산능력	12.2 생산인력확보용이성		
			12.3 재료 및 부품조달용이성		
			13.1 자본조달능력		
	운용능력	운용능력	운용능력	13.2 부가가치 창출능력	
				13.3 투자규모의 적정성	
				14.1 판매계획의 타당성	
	기술(제품)의 영업능력	마케팅 능력	마케팅 능력	14.2 판매처의 다양성 및 안정성	
				14.3 마케팅 인력 확보	
				15.1 매출성장성	
	수익성	수익창출 능력	수익창출 능력	15.2 매출액법인세 비용차감전순 이익률	
수익전망				수익전망	16.1 투자 대비 회수가능성
					16.2 투자이익률

자료원 : 기술보증기금, 내부자료, 2010.

<표 2> 기술보증지원 중소기업의 기술등급과 업종 현황

항 목	구 분	빈도			구성비(%)
		보증중	보증사고	합계	
기술 등급	A등급	3058	78	3136	18.0
	B등급	13416	810	14226	81.8
	C등급	30	4	34	0.2
업종	일반(제조업)	14618	800	15148	88.6
	SW	1104	54	1158	6.7
	닷컴	120	15	135	0.8
	바이오	450	17	467	2.7
	환경	212	6	218	1.3
업력	1년 이내	466	56	522	3.0
	1~3년 이내	1549	183	1732	10.0
	3~5년 이내	2743	186	2929	16.8
	5~7년 이내	2237	167	2404	13.8
	7~10년 이내	4153	154	4307	24.8
	10년 초과	5356	146	5502	31.6

초과된 중견기업이 약 70%로 대부분을 차지하고 있으며, 1년 이내의 신생기업은 전체의 3%를 차지하고 있다.

생존함수의 추정 및 기술보증지원 중소기업의 생존시간에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 본 연구에서는 카플란-마이어 분석과 콕스 비례위험모형을 사용하였으며, 생존시간에 영향을 미치는 공변량(covariate)으로는 <표 1>의 45개 기술평가 심사항목의 평가 자료를 이용하였다.

IV. 기술보증지원 중소기업의 생존분석

본 연구에서는 생존분석 기법 중 먼저 비모수적 기법인 카플란-마이어 분석을 활용한다. 카플란-마이어 분석은 중소기업이 일정기간 생존할 확률을 계산하는 것으로, 생존시간이 어떤 분포를 따른다고 가정하지 않은 상태에서 실시하는 비모수적 기법이다. 본 연구에서는 이 기법을 적용하여 관찰기간동안 각 단위시간 당 발생하는 생존율 추이를 분석하고 생존율 추이가 기술등급, 업종, 그리고 업력에 따라 어떤 차

이가 있는 지를 분석하며, 이러한 집단 간의 차이를 통계적으로 검토하기 위하여 로그-순위검정(log-rank test)과 윌콕슨 검정(Wilcoxon test)을 활용한다.

다음으로 기술평가 자료를 이용한 생존함수 추정과 생존에 유의미한 영향을 미치는 기술평가 요인을 찾기 위해 콕스 비례위험 모형을 사용한다. 비례위험 모형은 시간에 따른 생존여부에 영향을 미치는 다양한 공변량(covariate)들의 영향을 동시에 알아보는 다변량 분석 방법이라고 할 수 있다. 중도에 탈락되거나 절단된 자료와 같은 불완전한 자료에 대한 분석도 가능한데, 이 경우 모형은 우도함수(likelihood function)로 표현된다(Cox, 1972).

1. 카플란-마이어 분석

<표 3>은 전체 자료를 이용하여 계산된 생존시간의 평균 및 중위수의 추정값과 표준오차, 그리고 추정값에 대한 95% 신뢰 구간을 나타낸 것이다.

<표 3>에서 보는 바와 같이 전체 기술보증지원 중소기업의 평균 생존시간의 추정값은 48.597개월로

<표 3> 생존시간에 대한 평균 추정값(전체 자료)

추정값	표준오차	95% 신뢰 구간	
		하한	상한
48.597	.151	48.302	48.893

주) * 중도절단된 경우 추정값은 가장 큰 생존시간으로 제한됨.

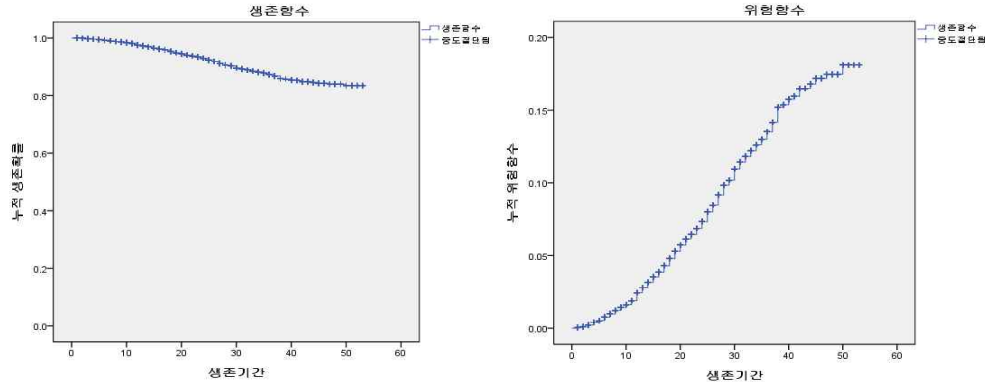
추정되었다. 한편, 연구설정기간이 다르고, 중도절단 자료의 유형과 이벤트의 정의가 모두 다르기 때문에 생존시간의 추정값을 기존 연구와 비교하는 것은 의미가 없다. [그림 1]은 전체 기술보증지원 중소기업의 생존율과 위험률을 그래프로 나타내는 것이다.

[그림 1]에서 기술보증지원을 받은 전체 중소기업의 생존율은 다른 기간에 비해 10개월부터 40개월 사이에 약간 하강하는 형태를 보이고, 이후 50개월까지는 완만하게 하강하는 형태를 보여주고 있다. 위험함수도 동일한 형태를 가진다.

한편, 본 연구에서는 기술등급, 업종별, 그리고 업력별

생존율과 집단 간 차이, 즉 기술등급, 업종, 업력에 대한 생존분포의 동일성을 검정하였다. 이를 위해 생명표(life table), 카플란-마이어 분석이 활용되었으며, 이 때 귀무가설은 집단 간 생존기간 분포가 동일하다는 것이다. 가설검정에 가장 많이 사용되는 통계량은 Mantel-Cox의 로그순위(Log Rank) 검정통계량인데, 기술등급의 경우에는 56.553으로 계산되었으며(이 통계량은 근사적으로 카이제곱 분포를 따름), 유의확률은 0.000으로 나타났다. 업종과 업력의 경우에도 검정통계량 값이 각각 65.162(p값 : 0.000), 94.947(p값 = 0.000)으로 나타났다. 따라서 기술등급, 업종, 업력별 생존분포가 동일하다는 귀무가설이 기각되므로 기술등급, 업종, 업력 간의 생존율에는 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 차이가 있다면 어떤 집단 간에 차이가 있는지를 조사하기 위해 대응 집단간 평균 생존시간 차이에 대한 Wilcoxon 통계량을 산출하였다.

<표 4>에서 보는 바와 같이 기술등급별 평균 생존



[그림 1] 전체 기술보증지원 중소기업의 생존함수와 위험함수(생존시간 단위 : 개월)

<표 4> 생존시간에 대한 평균 추정값(기술등급별)

기술 등급	추정값	표준오차	95% 신뢰 구간	
			하한	상한
A등급	49.665	.274	49.118	50.212
B등급	48.171	.172	47.833	48.509
C등급	41.557	4.065	33.590	49.525
전체	48.597	.151	48.302	48.893
로그순위(Mantel-Cox) = 56.553, df = 2, p-값 = 0.000				

<표 5> 기술등급간 평균 생존시간 차이 검정

(I) 기술등급	(J) 기술등급	Wilcoxon(Gehan) 통계량	자유도	p-값
A등급	B등급	50.455	1	.000
	C등급	16.167	1	.000
B등급	C등급	3.351	1	.067

기간의 추정값은 A등급이 49.665개월로 가장 길고, 그 다음이 B등급, C등급 순으로 나타나 기술등급이 높을수록 기업들의 평균 생존기간이 길다는 것을 알 수 있다. 그리고 로그순위를 이용한 생존분포의 동일성 검정결과 통계적으로 유의한 차이가 존재하였다. 또한 <표 5>에서 보는 바와 같이 A, B, C등급 간의 평균 생존시간 차이에 대한 Wilcoxon 통계량도 모두 유의한 것으로 나타났다. 따라서 모든 기술등급 간의 생존시간 차이가 통계적으로 유의하다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 다음의 [그림 2]에서도 확인할 수 있다.

[그림 2]에서 보는 바와 같이 기술등급 간의 생존 함수에는 차이가 있음을 알 수 있으며, 기술등급이 낮아짐에 따라 생존율도 낮아지는 것을 확인할 수 있다.

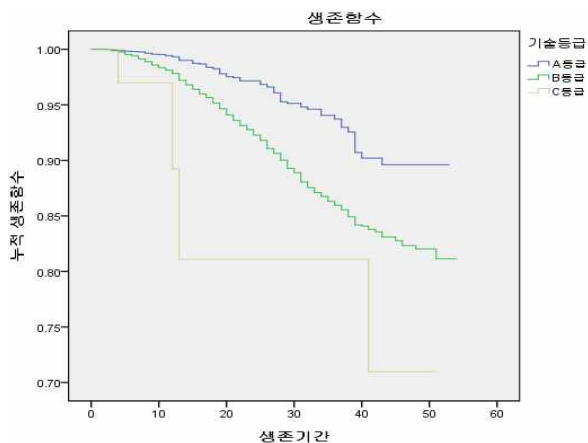
<표 6>에서 보는 바와 같이 업종별 평균 생존기간의 추정값은 환경이 49.105개월로 가장 길고, 그 다음이 SW, 일반(제조업), 바이오, 닷컴 순으로 나타났다. 닷

컴 업종에 속한 기업들의 평균 생존기간은 상대적으로 매우 짧았다. 그리고 로그순위를 이용한 생존분포의 동일성 검정결과 통계적으로도 유의한 차이가 존재하였다. 또한 <표 7>에서 보는 바와 같이 5개 업종 간의 평균 생존시간 차이에 대한 Wilcoxon 통계량을 살펴보면 일반(제조업)은 닷컴을 제외한 나머지 업종과 통계적으로 유의한 차이를 보였고, SW는 다른 업종과 차이가 없는 것으로 나타났다. 닷컴은 다른 업종과 유의한 차이를 보였다.

[그림 3]에서 보는 바와 같이 닷컴, 일반(제조업)의 생존율이 다른 업종에 비해서 상대적으로 낮음을 알 수 있으며, 특히 닷컴 기업의 경우 보증지원 후 30개월이 지나면서 급격하게 생존율이 낮아지는 것을 확인할 수 있다.

마지막으로 업력별 생존시간에 대한 생명표 및 Kaplan-Meier 분석결과를 정리하면 <표 8>, <표 9>와 같다.

<표 8>에서 보는 바와 같이 업력별 평균 생존기간의 추정값은 업력이 10년 이상된 중견기업이 50.316개월로 가장 길고, 7~10년 이내 기업(49.901개월), 5~7년 이내 기업(48.203개월)의 순으로 조사되어 업력이 길수록 기술보증 신청 후 생존할 가능성이 높으며, 로그순위를 이용한 생존분포의 동일성 검정결과 통계적으로도 유의한 차이가 존재하였다. 그리고 업력간 차이를 비교한 결과 업력이 1년 이내의 기업은 7년 초과 기업과 유의한 차이가 있었고, 1~3년 이내 기업은 5년 초과 기업과 유의한 차이를 보였다. 3~5년 이내 기업, 5~7년 이내 기업, 7~10년 이내 기업은 10년 초과 기업과 유의한 차이가 있었다. [그림 4]는 업력별 생존함수를 나타낸 것이다.



[그림 2] 기술등급별 기술보증지원 중소기업의 생존함수(생존기간 단위 : 개월)

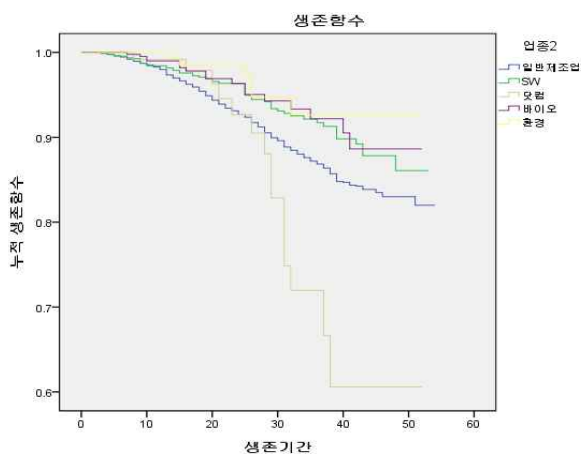
<표 6> 생존시간에 대한 평균 추정값(업종별)

업종	추정값	표준 오차	95% 신뢰구간	
			하한	상한
일반(제조업)	48.438	.168	48.110	48.767
SW	48.929	.405	48.135	49.723
닷컴	42.511	1.847	38.890	46.132
바이오	48.425	.612	47.225	49.626
환경	49.105	.757	47.621	50.590
전체	48.597	.151	48.302	48.893

Log Rank(Mantel-Cox) = 23.137, df = 4, p값 = 0.000

<표 7> 업종간 평균 생존시간 차이 검정

(I)업종	(J)업종	Wilcoxon(Gehan) 통계량	자유도	p-값
일반(제조업)	SW	5.053	1	.025
	닷컴	0.010	1	.921
	바이오	5.448	1	.020
	환경	5.941	1	.015
SW	닷컴	2.175	1	.140
	바이오	0.771	1	.380
	환경	2.140	1	.144
닷컴	바이오	3.355	1	.067
	환경	6.798	1	.009
바이오	환경	0.913	1	.339



[그림 3] 업종별 기술보증지원 중소기업의 생존함수 (생존기간 단위 : 개월)

2. 콕스 비례위험모형

콕스 비례위험모형에서는 45개 기술평가 자료와 함께 업종 및 업력 더미변수를 공변량으로 하여 계수를 추정하고자 한다. 먼저 45개 기술평가 항목을 공변량으로 하는 콕스 비례위험모형의 추정 회귀식은 식 (5)와 같다.

$$h(t; x_1, \dots, x_{45}) = h(t; 0, \dots, 0) \exp(\beta_1 x_1 + \dots + \beta_{45} x_{45}) \quad (5)$$

여기서, x_1, \dots, x_{45} 는 45개의 기술평가 항목, 즉 공변량들이며, $h(t; x_1, \dots, x_{45})$ 는 공변량값 x_1, \dots, x_{45} 에

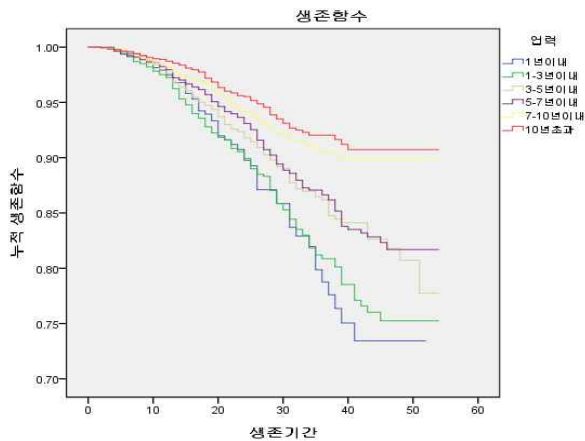
<표 8> 생존시간에 대한 평균 추정값(업력별)

업력	추정값	표준 오차	95% 신뢰 구간	
			하한	상한
1년 이내	44.530	.804	42.954	46.105
1~3년 이내	46.370	.465	45.458	47.282
3~5년 이내	47.961	.368	47.240	48.682
5~7년 이내	48.203	.353	47.511	48.896
7~10년 이내	49.901	.268	49.375	50.426
10년 초과	50.316	.245	49.836	50.797
전체	48.597	.151	48.302	48.893

로그순위(Mantel-Cox) = 96.164, df = 5, p값 = 0.000

<표 9> 업력간 평균 생존시간 차이 검정

(I)업력	(J)업력	Wilcoxon(Gehan) 통계량	자유도	p-값
1년 이내	1~3년 이내	0.200	1	.655
	3~5년 이내	1.234	1	.267
	5~7년 이내	3.475	1	.062
	7~10년 이내	8.765	1	.003
	10년 초과	19.337	1	.000
1~3년 이내	3~5년 이내	5.893	1	.015
	5~7년 이내	10.684	1	.001
	7~10년 이내	28.779	1	.000
	10년 초과	57.183	1	.000
3~5년 이내	5~7년 이내	0.673	1	.412
	7~10년 이내	7.561	1	.006
	10년 초과	23.081	1	.000
5~7년 이내	7~10년 이내	3.691	1	.055
	10년 초과	15.184	1	.000
7~10년 이내	10년 초과	4.218	1	.040



[그림 4] 업력별 기술보증지원 중소기업의 생존함수 (생존기간 단위 : 개월)

서의 위험함수, 그리고 $h(t; 0, \dots, 0)$ 은 기저위험 함수이다.

본 연구에서는 보증중 기업과 보증사고 기업 간의 기술평가 항목 평균값에 대한 t-검정을 실시하여 보증사고 여부에 따라 평균값에 유의미한 차이가 있고, 보증중 기업의 평균값이 보증사고기업보다 높은 기술평가 항목 20개를 선정한 후 이를 공변량으로 사용하여 콕스 비례위험모형을 추정하였으며⁴⁾, 그 결과는

4) 선정된 20개 기술평가 항목들은 경영주의 동업종경험 수준, 경영주의 기술지식 수준, 경영주의 기술이해도, 위기 대처능력, 기술개발전담조직, 지식재산권 등 보유현황, 기술의 완성도, 기술의 자립도, 시장구조, 인지도, 시장점유율, 생산시 설확보용이성, 생산인력 확보용이성, 자본조달 능력, 부가

<표 10> 콕스 비례위험모형의 추정값과 통계량(t-검정 실시 후)

공변량	B	표준 오차	Wald	자유도	p-값	Exp(B)
경영주의 동업종경험수준(1.1)	-.139	.043	10.167	1	.001	.871
경영주의 기술지식수준(1.3)	-.162	.030	29.678	1	.000	.850
기술개발전담조직(4.1)	-.081	.033	6.027	1	.014	.923
인지도(11.1)	-.135	.051	7.088	1	.008	.874
시장점유율(11.2)	-.140	.048	8.637	1	.003	.870
자본조달능력(13.1)	-.396	.058	46.743	1	.000	.673
부가가치 창출능력(13.2)	-.096	.036	7.098	1	.008	.908
투자이익률(16.2)	-.223	.036	38.926	1	.000	.800

<표 11> 콕스 비례위험모형의 추정값과 통계량(업종, 업력 더미변수 추가)

공변량	B	표준오차	Wald	자유도	p-값	Exp(B)
경영주의 동업종경험수준(1.1)	-.101	.046	4.751	1	.029	.904
경영주의 기술지식수준(1.3)	-.176	.030	35.508	1	.000	.839
인지도(11.1)	-.136	.052	6.926	1	.008	.873
시장점유율(11.2)	-.147	.047	9.608	1	.002	.863
자본조달능력(13.1)	-.375	.058	41.746	1	.000	.687
부가가치 창출능력(13.2)	-.105	.037	7.925	1	.005	.900
투자이익률(16.2)	-.237	.038	39.486	1	.000	.789
업종			25.924	4	.000	
업종더미1 : 일반(제조업)	.961	.411	5.481	1	.019	2.615
업종더미2 : SW	.571	.433	1.738	1	.187	1.769
업종더미3 : 닷컴	1.436	.485	8.782	1	.003	4.206
업종더미4 : 바이오	.173	.475	.132	1	.716	1.189
업력			31.661	5	.000	
업력더미1 : 1년이내	.110	.178	.379	1	.538	1.116
업력더미2 : 1~3년이내	.521	.118	19.498	1	.000	1.684
업력더미3 : 3~5년이내	.417	.115	13.075	1	.000	1.517
업력더미4 : 5~7년이내	.459	.117	15.485	1	.000	1.582
업력더미5 : 7~10년이내	.148	.117	1.589	1	.207	1.159

<표 10>과 같다.

<표 10>에서 보는 바와 같이 콕스 비례위험모형에

가치 창출 능력, 투자규모의 적정성, 판매처의 다양성 및 안정성, 매출액법인세 비용차감전순 이익률, 투자 대비 회수 가능성, 투자이익률 등이다.

우도비율(likelihood ratio)을 이용한 전진 단계선택(forward stepwise selection)을 수행한 결과 총 20개 기술평가 항목 중에서 8개가 선정되었고, 이에 대한 계수의 추정값과 통계량이 정리되어 있다. 공변량 계수(B)들이 모두 음수이므로 기술평가 항목들의 값이 커

질수록 위험률이 작아지게 된다. 예를 들어, 경영주의 동업종경험수준의 $EXP(-0.139) = 0.871$ 은 경영주의 동업종경험수준 한 단위가 증가할 때의 위험률의 예측변화량이 0.843이라는 것을 의미한다. 따라서 경영주의 동업종경험 수준이 높을수록 위험률은 낮아지게 된다.

한편, 본 연구에서는 기술평가 항목을 공변량으로 하는 콕스 비례위험 모형에 업종과 업력, 그리고 업종과 업력의 교호작용 변수인 업종*업력 더미변수를 추가하여 분석을 수행하였다. 추정할 회귀식은 식 (6)과 같다.

$$\begin{aligned}
 &h(t; x_1, \dots, x_{45}, D_{\text{업종}}, D_{\text{업력}}, D_{\text{업종*업력}}) = \\
 &h(t; 0, \dots, 0) \exp(\beta_1 x_1 + \dots + \beta_{45} x_{45} \\
 &+ \beta_{\text{업종}} D_{\text{업종}} + \beta_{\text{업력}} D_{\text{업력}} + \beta_{\text{업종*업력}} \\
 &D_{\text{업종*업력}} \quad (6)
 \end{aligned}$$

더미변수가 추가된 콕스 비례위험모형에서 우도비율을 이용한 전진 단계선택을 수행한 결과 <표 11>과 같이 20개 기술평가 항목 중에서 최종적으로 7개가 선정되었고, 업종과 업력의 교호작용 변수인 업종*업력 더미변수는 통계적으로 유의하지 않았다. 앞서 더미변수를 고려하지 않았을 경우와 비교했을 때 기술개발담당조직 항목이 최종 공변량에 포함되지 않았다.

<표 11>에서 보는 바와 같이 업종과 업력 더미변수에 대한 p-값이 모두 0.000이므로 업종과 업력별 위험률에 차이가 존재한다는 것을 알 수 있다. 업종의 경우 모든 더미변수의 계수 부호가 양수(+)이므로 참조 업종(환경)에 비해 위험률이 높다는 것을 의미한다. 구체적으로, 일반(제조업)은 참조 업종인 환경에 비해 7개 공변량을 고려한 위험률이 $Exp(0.961) = 2.615$ 배로 높고, 통계적으로도 유의하였다(p-값 = 0.019). 닷컴 기업은 참조 업종인 환경보다 위험률이 약 4.2 배가 높은 것으로 나타났다. SW와 바이오 업종도 모두 참조 업종인 환경에 비해 위험률이 높으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 이러한 결과는 앞서 카플란

-마이어 분석결과와 일치하는 것으로 환경 업종의 추정 생존시간이 가장 길기 때문이다. 업력의 경우도 모든 더미변수의 계수의 부호가 양수(+)이므로 참조 업력(10년 초과 기업)에 비해 위험률이 높다는 것을 의미한다. 예를 들어, 1~3년 이내의 기업도 업력이 10년이 넘는 기업에 비해 위험률이 약 1.7배(1.684) 높은 것으로 나타났다. 1년 이내의 신생 기업과 7~10년 이내 기업의 경우도 업력이 10년이 넘는 기업에 비해 위험률이 약 1.116배, 1.159배가 높았으나 통계적으로 유의하지는 않았다(p-값 = 0.538, p-값 = 0.207).

V. 결 론

본 연구에서는 기술보증기금의 중소기업에 대한 기술평가 자료를 이용하여 기술보증지원 중소기업의 생존에 영향을 미치는 요인들을 파악하였으며, 관심 있는 개별기업 집단(기술등급 및 업종) 간의 생존율 차이를 검정하였다. 생존분석에 사용된 방법은 카플란-마이어 분석과 콕스 비례위험모형이다.

먼저 카플란-마이어 분석결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 설정된 연구기간(2005년 7월 1일~2009년 12월 31일)에서 전체 기술보증 중소기업의 평균 생존율은 48.597개월로 추정되었다. 둘째, 기술등급 간 비교에 있어서 A등급을 받은 기업들의 평균 생존기간은 49.665개월, B등급은 48.171개월, 그리고 C등급을 받은 기업은 41.557개월로 추정되어 기술평가 등급이 높을수록 위험률이 낮은 것을 알 수 있었으며, 그 차이도 통계적으로 유의하였다. 셋째, 업종 간 비교에 있어서 환경 업종이 49.105개월로 가장 길고, 다음이 SW, 일반(제조업), 바이오, 닷컴 순으로 나타났다. 닷컴 업종에 속한 기업들의 평균 생존기간은 상대적으로 매우 짧았다. 그리고 생존분포의 동일성 검정결과 통계적으로도 유의한 차이가 존재하였다. 넷째, 업력별 평균 생존기간의 추정값은 10년 초과 기업이 50.316개월로 가장 길고, 7~10년 이내 기업, 5~7년 이내 기업, 3~5년 이내 기업, 1~3년 이내 기업, 1년

이내 기업 등의 순으로 조사되어 업력이 길수록 기술보증지원 후 생존할 가능성이 높으며, 생존분포의 동일성 검정결과 통계적으로도 유의한 차이가 존재하였다.

다음으로 콕스 비례위험모형의 분석결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, t-검정을 사전에 실시하여 보증중인 기업과 보증사고 기업 간에 평균 차이가 유의한 기술평가 항목을 선정한 후 이를 공변량으로 하는 콕스 비례위험모형의 분석을 수행한 결과 ‘경영주의 동업종경험수준’, ‘경영주의 기술지식 수준’, ‘기술개발전담조직’, ‘인지도’, ‘시장점유율’, ‘자본조달 능력’, ‘부가가치 창출능력’, ‘투자이익률’ 등이 생존기간에 유의한 공변량인 것으로 나타났다. 둘째, 업종, 업력, 업종*업력을 더미변수로 추가하여 분석을 수행한 결과 업종과 업력의 교호작용 변수인 업종*업력은 통계적으로 유의하지 않았으며, 업종과 업력은 통계적으로 유의한 차이가 존재하였다. 구체적으로, 참조 업종인 환경에 비해 모든 업종의 위험률이 높은 것으로 나타났다. 이 중에서 일반(제조업)과 닷컴 업종은 통계적으로 유의한 차이가 존재하였다. 업력의 경우는 참조 업력인 10년 초과 기업에 비해 10년 이하의 모든 기업들의 위험률이 높은 것으로 나타났으며, 통계적으로도 유의한 차이를 보였다.

이상의 분석결과는 기술보증지원 중소기업의 생존시간에 대하여 보다 심층적인 이해를 하는데 많은 도움을 줄 것으로 기대한다. 특히 실무자로 하여금 기술평가 항목 중에서 어떤 항목이 생존기간에 영향을 미치는가를 파악할 수 있게 하고, 기술평가 항목 이외에 업종과 업력에 따른 생존율 차이를 파악할 수 있도록 함으로써 향후 기술평가 시스템(KTRS)의 개선방향을 모색하는데 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

향후 연구 과제는 다음과 같다. 첫째, 창업유형(개인, 법인), CEO의 종사업력, 신기술사업자 여부 등에 따라 생존시간을 보다 심층적으로 분석해야 할 것이다. 둘째, 기술보증지원 중소기업의 부도예측 모형에 생존분석을 적용하는 연구를 수행할 필요가 있다. 이를 위해

서는 가속화 고장시간 모형을 고려할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[국내 문헌]

- [1] 김용민, 김현수 (2003), SI 기업 CEO의 인적특성과 재임년수에 관한 연구, 한국SI학회지, 제2권, 제2호, 1-14.
- [2] 김태훈 (2009), 중소기업설업체의 생존분석에 관한 실증 연구 : 기술보증기금의 지원을 받은 기업을 중심으로, 국토연구, 제61권, 255-273.
- [3] 나상균, 이준수 (2007), 신생기업의 생존요인 분석 : 기술혁신 제조기업을 중심으로, 대한경영학회지, 제20권, 제3호, 1325-1340.
- [4] 남재우, 이회경, 김동석 (2000), 기업 도산 예측을 위한 생존분석 기법의 응용, 금융학회지, 제5권, 제3호, 29-61.
- [5] 박세정, 이선아 (2008), 생존분석기법을 이용한 상호저축은행 부실예측, 금융안정연구, 제9권, 제1호, 31-62.
- [6] 염창선, 홍재범 (2008), 창업 이후 중소기업의 생존을 변화 분석, Journal of Korean Data Analysis Society, 제10권, 제5호, 2699-2708.
- [7] 이광민, 노맹석, 홍재범 (2009), Rasch 모형을 이용한 기술평가의 신뢰성 분석 -기술신용보증기금 기술평가 사례-, Journal of the Korean Data Analysis Society, 제11권, 제3호, 1537-1548.
- [8] 이명호, 박진석 (2001), 우리나라 IT기업의 부실예측에 관한 연구, 정보통신정책연구, 제9권, 제1호, 89-103.
- [9] 이병기, 신광철 (2005), 해저드 모형에 의한 신생기업의 생존요인 분석, 국제경제연구, 제11권, 제1호, 131-154.
- [10] 이상호 (1998), 중소기업의 생존요인 분석, 국제경제연구, 제4권, 제2호, 93-112.
- [11] 정영순, 송연경 (2008), 창업 이후 소액창업체의 생존력과 생존요인 분석, 사회보장연구, 제24권, 제1호,

307-332.

- [12] 정중영 (2006), 보험회사 도산에 관한 연구, *Journal of Korean Data Analysis Society*, 제8권, 제5호, 2137-2147.
- [13] 하성호, 양정원, 민지홍 (2009), 코호네투트워크와 생존분석을 활용한 신용 예측, *한국경영과학회지*, 제34권, 제2호, 35-54.
- [14] 홍성로, 남기정, 정낙원 (2006), 보증기업 생존분석 실증연구, *KODIT REPORT*, 2006-1호, 1-29.

[국외 문헌]

- [1] Audertsch, D. B. and T. Mahmood (1995), New-Firm Survival : New Results Using A Hazard Function, *Review of Economics and Statistics*, 77(4), 97-103.
- [2] Cox, D. R. (1972), Regression Models and Life-Tables, *Journal of Royal Statistical Society*, 26, 187-202.
- [3] Evrensel, A. Y. (2008), Banking Crisis and Finan-

cial Structure : A Survival-Time Analysis, *International Review of Economics and Finance*, 17, 589-602.

- [4] Gepp, A. and K. Kumar (2008), The Role of Survival Analysis in Financial Distress Prediction, *International Research Journal of Finance and Economics*, 16, 13-34.
- [5] Honjo, Y. (2000), Business Failure of New Firms : An Empirical Analysis Using a Multiplicative Hazards Model, *International Journal of Industrial Organization*, 18, 557-574.
- [6] Hosmer, D. W. and S. Lemeshow (1999), *Applied Survival Analysis*, New York : John Wiley and Sons.
- [7] Kleinbaum, D. G. (1996), *Survival Analysis : A Self-Learning Text*, New York : Springer-Verlag.
- [8] Lee, E. T. and J. W. Wang (2003), *Statistical Methods for Survival Data Analysis*, 3th ed., New Jersey : John Wiley and Sons.
- [9] Therneau, T. M. and P. M. Grambsch (2000), *Modeling Survival Data : Extending the Cox Model*, New York : Springer Verlag.

● 저 자 소 개 ●



이 영 찬 (Young-Chan Lee)

서강대학교 경영학과, 동 대학원에서 경영학 석사 및 박사학위를 취득하였다. 동국대학교 경상학부 부교수(현재 일본 국립 나고야대학교 객원교수)로 재직하고 있으며, The Open Operational Research Journal의 Editorial Board, 한국문화산업학회 편집위원으로 활동 중이다. 주요 관심분야는 지식경영, 기업성과측정, 데이터마이닝, 복잡계 이론, 다기준의사결정 등이다.