

# MTS(마할라노비스-다구찌 시스템) 기법을 이용한 기업 품질경쟁력 측정

지철민\* · 이상복\*\*†

\* DFSS아카데미 연구소

\*\* 서경대학교 산업공학과

## The Study of Measure of Company Quality Competitive by using MTS Method

ChulMin Ji\* · Sangbok Ree\*\*†

\* Institute of DFSS Academy

\*\* Dept. of Industrial Engineering, Seokyeong University

Key Words : MTS(Mahalanobis-Taguchi System) Method, Quality Competitive Appraisal, Correct Measure

### Abstract

In this paper, we introduce MTS(Mahalanobis-Taguchi System) Method which is suggested Dr. Taguchi in later 1990. We apply MTS Method for Quality Competitive Appraisal System(QCAS) Model which is executed from 1997 by Agency for Technology and Standards, Ministry of Commerce, Industry and Energy(MOCIE). We can measure company Quality competitive by using MTS. MTS Measure can not be compared statistical sum by calculated QCAS. MTS can be possible distinct subtle which can not distinct using statistical sum. Also MTS Method can seek more strong effect factor among of many factor. If A Company use MTS Method, can find vital factor and level of destination.

### 1. 서 론

다구찌 기법은 강건설계(Robustness Design)로 국내에도 많이 알려졌다. 본 논문에서는 다구찌가 90년대 후반에 제시한 마할라노비스-다구찌(Mahalanobis Taguchi System; MTS)기법을 기업의 품질경쟁력 측정에 적용하여 MTS기법의 활용방법을 소개하고자 한다.

MTS 기법은 일본에서 많은 성공사례가 발표되고 있으나 한국에는 아직 생소한 기법이다. 일본에서는 1990년부터 MTS 기법을 새로운 패턴 인식 시스템으로 알려져서 건강관리, 제조업, 소프트웨어, 공공 부문 등 각 분야에 MTS 기법을 적용하여 많은 이

익을 얻었다고 보고하고 있다. 미국에서도 제록스, 델파이, 오토모티브 시스템 등에서도 성공사례가 발표되고 있다[7-9, 12-15].

다구찌 박사는 자신의 주요 업적을 강건 설계가 아니라 모든 기술 및 공학 분야에 적용할 수 있는 측정 기법 제시에 있다고 회고하였다[4, 5]. 그는 60년대 초에 인도통계연구소에 방문하여 마할라노비스 박사 와 친분을 쌓으면서 마할라노비스 거리를 현실에 적용하기 위하여 MTS 기법을 제시하였다.

Woodall(2003) 등은 MTS 기법의 이론적 배경과 통계적 검증, 적용상의 문제점들을 지적하였다. MTS 기법의 기초가 되는 모집단에 대한 충분한 분석이 없이 마할라노비스 거리 공식을 적용하면 모집단 성격이 다를 때에 다른 결과가 도출됨을 지적하였다[16].

본 논문은 다구찌가 2001년에 소개한 MTS 기법

† 교신저자 jakkim@korea.com

적용사례(11)을 이용하여 품질경쟁력 평가 모델에 적용하여 품질 경쟁력 측정 및 향상 방안에 활용할 수 있는 방법으로 MTS 기법을 제안한다.

## 2. 마할라노비스-다구찌(MTS) 기법

MTS는 Mahalanobis-Taguchi System으로 ISI (Indian Statistical Institute)를 설립한 통계학자 마할라노비스 박사와 품질공학(Robust engineering)의 개념을 창시한 다구찌 박사에 의해서 만들어진 기법이다. MTS 기법은 새로운 개념이라기보다는 마할라노비스 박사가 만든 패턴 인식의 방법인 마할라노비스 거리의 개념에 다구찌 박사의 품질공학의 개념을 접목시킨 개념이라고 할 수 있다[9-11].

다구찌 박사는 손실함수에 대한 생각이 확고해진 1970년대 후반부터 평상시 교제가 많았던 마할라노비스 박사가 제기한 ‘마할라노비스의 거리’를 응용할 수 있는 방법을 연구하여 1990년대 초반에 MTS 기법을 제안하였다.

아기도 모친의 얼굴을 알고, 집에서 기르는 개는 길러주는 주인을 인식할 수 있으나, 현재도 최신 컴퓨터나 소프트웨어를 사용해도 사람 얼굴의 식별이나 육필 문자의 판별 등은 정확히 인식할 수 없다. 이와 같은 패턴 인식은 컴퓨터가 가장 잘 하지 못하는 부분이다. 다구찌 박사는 마할라노비스의 거리를 응용해서 패턴 인식 문제(큰 의미에서의 정보처리)에 해답을 찾고자 하였다.

MTS 기법은 다차원의 단위공간으로서 마할라노비스 공간을 정의하고 임의의 대상이 그 공간으로부터 얼마만큼 떨어져있는가를 거리로 나타낸 것이다. 거리가 멀어질수록 공간으로서 선정한 모집단에서 멀리 떨어진 것이다.

예를 들어, 인체의 건강에 적용하면 인구 중 건강한 사람의 그룹을 만들어 건강한 사람에 대한 데이터를 수집한 후 여러 항목별로 측정 한 후(마할라노비스 공간을 만들) 건강한 사람에 대한 마할라노비스 거리를 구한다. 여기서 여러 항목을 선택하는 것은 해당 분야 전문가의 역할이다. 임의의 사람을 이미 정의된 집단(마할라노비스 공간)의 마할라노비스 거리 공식에 맞추어 거리를 구한다. 구해진 거리가 이미 정의된 건강한 그룹의 사람과 떨어진 거리를 나타내는 것이다. 일반적으로 모집단내에 속하면 마할라노비스 거리는 보통 0~2정도의 범위 내에 들어

온다. 마할라노비스 공간에 속하지 않는 건강하지 못한 사람의 건강 정도는 마할라노비스 거리 크기에 따라서 건강하지 않은 정도를 나타내는 것이다[10, 11, 13].

만일 의사가 여러 환자의 질병에 대한 판단 기준으로 마할라노비스 거리의 측정 결과에 동의한다면 이 값은 개인의 건강정도를 측정하는 방법으로 사용할 수 있게 된다.

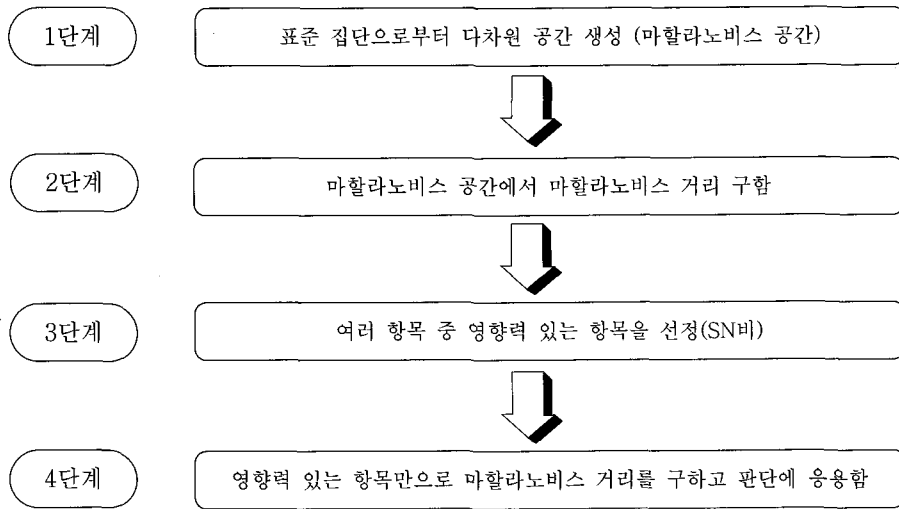
다구찌 박사는 마할라노비스 거리를 구하는데 너무 많은 측정 항목들을 줄이기 위한 방법으로 측정 항목이 결과에 미치는 영향정도를 판단하는 기준으로 SN비(Signal-to-Noise)를 이용하였다. 이 기법을 마할라노비스-다구찌-시스템(MTS)으로 이름 붙였다. 하지만 정작 다구찌 박사는 타인이 정한 그 이름에 반대하지는 않지만 변수를 직교화하는 슈미트의 생각도 받아들여서 ‘마할라노비스(Mahalanobis) 다구찌(Taguchi) 슈미트 (Schmidt)기법: MTS’의 약칭이라고 제안하였다(이상복, 장기일, 2003).

### 2.1 마할라노비스 거리

마할라노비스 박사는 1893년 뱡갈에서 태어나서 칼카타 대학 졸업 후에 캠브리지 대학에서 물리학을 전공하였다. 인도 경제계획의 입안, 국제연합 등 많은 국제회의에서의 활약 등 폭 넓은 활동을 하였다. 특히 중요한 것은 통계학의 과학, 경제에 관한 응용이었다. 1922년에 발표된 ‘마할라노비스의 일반화 분산’에서는 통계학을 과학에 응용하는 방법을 제시하였다.

인도에서는 다종다양한 동물의 뼈가 발굴되었다. 마할라노비스 박사는 발굴된 뼈가 어느 동물의 뼈인지를 판별하는 데에 어떻게 하면 좋을까를 생각하여 ‘마할라노비스 거리’를 제안하였다. 새롭게 발굴된 뼈가 어떤 동물의 것인지 판명하기 위해서, 이미 알려진 동물의 뼈에 대한 충분한 조사로 다차원 공간(마할라노비스 공간)을 만들고, 그 공간으로부터의 마할라노비스 거리 공식을 만든 후, 새로 발굴된 뼈의 마할라노비스 거리를 구하여 거리의 크기로 알려진 동물의 뼈인지를 판정하였다.

이것은 사람이 어떤 사물을 인식할 때, 개별적인 정보를 사용하지 않고 동시에 다차원의 정보를 이용하여 판단하는 것과 같은 원리이다. 이러한 개념과 같이 다차원 정보를 이용하여 판단하는 것을 패턴



<그림 1> MTS 기법의 추진 방법론

인식이라고도 불린다.

## 2.2 MTS의 적용 방법

MTS 기법은 패턴을 인식하는 정보 시스템의 디자인으로 크게 4가지 전략적인 방법으로 이루어져 있다.

첫째, 표준이 되는 집단을 선정한다. 이 집단으로부터 판단에 사용할 항목을 결정한다. 이 항목으로 구성된 공간이 마할라노비스 공간이 된다. 둘째, 마할라노비스 공간에서 마할라노비스 박사가 제시한 마할라노비스 거리 공식을 구한다. 셋째, SN비를 사용하여 마할라노비스 거리 구하는데 영향력이 적은 항목들을 제거한다. 넷째, 영향력이 있는 항목만으로 마할라노비스 거리를 구하여 판단에 응용한다.

MTS 기법은 마할라노비스 거리에 다구찌 박사의 SN비의 개념이 도입된 새로운 접근 방법으로 다양한 분야에 적용할 수 있다. 기본적으로 MTS 기법은 다차원 공간으로부터 우리가 알고자 하는 특정 패턴을 인식하기 위하여 사용하는 측정방법인 동시에 평가도구이다[9, 10, 11, 13].

## 3. MTS 기법을 활용한 품질경쟁력 평가

산업자원부 기술표준원에서는 품질경쟁력 연구회

와 함께 기업의 품질경쟁력을 향상시키는 방안으로 품질경쟁력 평가 모형을 개발하여 97년부터 시행하고 있다. 현재 평가에 참여하는 기업들이 품질경쟁력 평가모형을 기업의 품질경쟁력을 높이는 방법으로 충분히 활용되고 있다고 보기는 어렵다. 이는 수상을 기업 홍보 역할로 활용하려는 기업에게 문제도 있지만, 기업이 평가 점수를 활용할 별다른 방안이 없는 실정도 문제점으로 지적되고 있다[1, 2, 3, 6].

본 논문에서는 그동안 축적된 품질경쟁력 평가 데이터를 이용한 기존의 QCAS(Quality Competitiveness Assessment System)에서 제시한 방법에 대하여 새롭게 MTS 기법을 적용하여 경쟁력 판단 평가를 비교하고자 한다.

### 3.1 적용 단계

본 연구에서는 지금까지 품질경쟁력 우수 기업으로 선정된 기업 중 우수한 기업 업체를 선별하여 품질경쟁력 있는 기업으로 평가의 기준이 되는 표준 집단으로 구성하였다. 다음으로 최근에 품질경쟁력 평가를 받기 위해 품질경쟁력 평가모형에서 제공하는 평가시스템을 이용하여 자체적으로 품질경쟁력 평가를 실시한 임의의 A기업을 선정하여, 품질경쟁력이 우수 기업과 A기업의 품질경쟁력을 마할라노비스 거리 평가척도를 사용하여 측정하였다. 사례 분석 시 MTS 기법 계산 과정은 SAS, Excel, MiniTab 소프트웨어를 사용하였다.

본 논문에서 적용한 MTS 기법은 2001년 다구찌가 제시한 사례에 맞추어서 마할라노비스 거리와 SN비를 활용하였다[10, 11].

3.1.1 데이터 수집

품질경쟁력을 평가하기 위한 판단 기준이 되는 표준 집단을 만들기 위하여 지금까지 품질경쟁력 우수 기업에 선정된 300여 기업 중 가장 우수한 평가 점수를 받은 상위 50개 기업을 선정하여 해당항목의 평가점수를 수집하였다. 50개 기업을 선정한 이유는 상위 기업과 하위 기업 수준 간 차이가 크기 때문에 객관적으로 우수하다고 인정되는 상위 50개 기업을 기준으로 정하였다. 마할라노비스 공간 구축을 위한 특성치는 품질경쟁력 평가모형에서 제시하는 공통부분의 평가지표를 사용하였다. <표 1>은 마할라노비스 공간 선정을 위하여 선택한 특성치들이며, <표 2>는 품질경쟁력이 우수한 상위 50개 기업이 QCAS(Quality Competitiveness Assessment System)를 사용하여 얻은 점수 데이터이다.

<표 2>의 각 특성치별 데이터는 모두 정규분포를

이루었다. 이 논문에서는 마할라노비스 공간이 정규분포를 이루는 Taguchi(2000)에서 제시한 마할라노비스 거리 공식을 이용하였다.

3.1.2 표준화

품질경쟁력이 우수한 50개 기업에서 수집한 22개의 특성치는 각각 다른 점수 비율을 가지고 있으므로 이를 동일한 기준에서 비교하기 위하여 표준화하였다.

$$x_i = (X_i - \bar{X}_i) / \sigma_i \quad (i=1, \dots, 22)$$

( $x_i$ 는 원데이터  $X_i$ 의 표준화시킨 데이터,  $\bar{X}_i$ 는  $X_i$ 의 평균,  $\sigma_i$ 는  $X_i$ 의 표준편차)

3.1.3 상관 매트릭스의 구성

각각 특성치들 간의 연관 관계를 파악하기 위하여 표준화된 데이터 <표 4>에 근거하여 각 특성치들 간의 상관계수( $r_{ij}$ )를 구한 후, <표 5>와 같이 상관 행렬을 구하였다.

<표 1> 특성치의 항목들

특성치	항 목	특성치	항 목
X1	전략계획 수립	X12	제품실현
X2	경영자의 리더십	X13	측정·분석 및 개선
X3	기업문화의 정립 및 구현	X14	CS 경영방침 및 계획
X4	인재육성 계획 및 실행	X15	고객지식관리
X5	정보시스템 환경	X16	고객관계관리
X6	정보의 측정	X17	CS성과
X7	정보의 분석 및 활용	X18	CS 실행결과 평가
X8	정보관리 운영성과	X19	경영실적 평가 시스템 구축
X9	품질경영 시스템	X20	경영실적지표 기반시스템
X10	경영책임	X21	경영실적지표의 활용
X11	자원관리	X22	c경영실적

<표 2> 품질경쟁력 우수 50개 기업의 점수데이터

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22
1	412	462	410	439	164	248	262	171	80	165	80	369	191	170	174	176	182	168	66	35	106	678
2	428	441	407	453	169	260	264	179	78	157	80	386	190	174	173	172	186	179	68	34	107	699
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
49	448	456	409	450	177	249	242	166	77	166	76	385	193	174	171	178	175	181	69	34	105	713
50	440	457	418	459	172	259	258	176	82	162	75	354	197	171	170	179	178	182	66	35	104	697

<표 3> 점수 데이터의 표준화

	x1	x2	x3	x4	x5	.....	x19	x20	x21	x22
1	-1.88288	1.2417	-0.22611	-0.23748	-1.18395	.....	-1.2323	0.47784	0.4813	-1.73855
2	-0.51247	-1.7161	-0.67368	1.18598	-0.16676	.....	0.34855	-0.2101	1.1625	0.05358
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
49	1.07711	0.46499	-0.4368	0.84583	1.51846	.....	0.7003	-0.31594	0.16334	1.33069
50	0.43577	0.50952	0.95036	1.83908	0.47644	.....	-1.33649	0.36342	-0.01202	-0.09737

$$r_{ij} = \sum(x_i \times x_j) / 22 \quad (2)$$

$$(i, j = 1, \dots, 22)$$

스 거리( $D^2$ )를 계산하였다. 단계 2의 표준화 과정을 거쳤으므로 <표 4> 이후는 정규분포이기 때문에 마할라노비스 거리를 구하는 데는 아래 식 (2)와 같이 사용한다.

3.1.4 역행렬 함수

마할라노비스 거리를 구하여 <표 5>의 상관 행렬로부터 22개의 특성치에 대한 역함수( $A=R^{-1}$ ) 행렬을 구하였다.

이와 같이 기술한 식 (1)~식 (4) 절차를 바탕으로 평가의 기준이 되는 마할라노비스 공간인 품질경쟁력이 우수한 50개 기업에 대한 각각의 마할라노비

$$D^2 = \sum_{i=1}^{22} \sum_{j=1}^{22} a_{ij} y_i y_j / k \quad (3)$$

( $a_{ij}$ 는 역함수 행렬( $R^{-1}$ ) ( $i, j$ )의 상수값이다.

$x_i, x_j$ 는 표준화된 값이고,

$k$ 는 특성치 개수이다).

<표 4> 상관 행렬

	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11	r12	r13	r14	r15	r16	r17	r18	r19	r20	r21	r22
r1	1	0.053	-0.210	-0.009	0.353	-0.008	-0.090	-0.193	0.059	-0.201	-0.034	-0.231	0.055	-0.001	-0.079	0.109	-0.091	-0.155	0.178	0.053	-0.210	0.057
r2	0.053	1	0.111	0.000	0.220	0.002	0.049	-0.190	0.146	-0.036	-0.088	0.119	0.057	0.056	0.286	-0.206	-0.060	0.083	0.091	0.111	-0.071	0.130
r3	-0.210	0.111	1	0.172	-0.047	0.082	-0.015	-0.032	-0.082	0.194	-0.089	0.076	-0.082	0.086	0.094	-0.042	0.027	-0.044	-0.076	0.080	0.161	0.016
r4	-0.009	0.000	0.172	1	-0.074	-0.044	-0.142	-0.092	0.379	0.054	0.013	0.004	0.217	-0.113	0.035	-0.078	0.142	0.062	0.058	0.214	0.114	-0.061
r5	0.353	0.220	-0.047	-0.074	1	0.007	-0.066	-0.193	-0.142	0.006	-0.117	0.006	0.049	0.091	0.143	-0.057	-0.267	0.018	-0.014	-0.039	-0.070	0.102
r6	-0.008	0.002	0.082	-0.044	0.007	1	0.182	0.092	0.108	-0.043	-0.053	-0.252	-0.303	-0.116	-0.076	-0.029	0.041	-0.006	0.032	-0.218	0.117	0.140
r7	-0.090	0.049	-0.015	-0.142	-0.066	0.182	1	-0.040	0.010	0.017	0.184	-0.022	-0.127	-0.011	0.042	0.098	-0.066	-0.246	0.148	-0.156	-0.089	-0.045
r8	-0.193	-0.190	-0.032	-0.092	-0.193	0.092	-0.040	1	-0.173	-0.127	-0.013	0.016	-0.060	0.057	0.082	-0.128	0.023	0.072	-0.354	-0.170	0.007	0.337
r9	0.059	0.146	-0.082	0.379	-0.142	0.108	0.010	-0.173	1	-0.059	-0.293	0.062	0.026	-0.083	-0.101	-0.093	0.133	0.064	0.066	0.089	0.179	-0.318
r10	-0.201	-0.036	0.194	0.054	0.006	-0.043	0.017	-0.127	-0.059	1	-0.042	0.179	-0.040	0.068	-0.126	0.111	0.059	0.015	-0.077	0.078	0.157	0.189
r11	-0.034	-0.088	-0.089	0.013	-0.117	-0.053	0.184	-0.013	-0.293	-0.042	1	0.093	0.237	0.086	0.100	0.304	0.112	0.057	0.055	-0.023	0.017	0.080
r12	-0.231	0.119	0.076	0.004	0.006	-0.252	-0.022	0.016	0.062	0.179	0.093	1	-0.046	0.142	0.098	0.214	0.001	0.356	0.016	-0.092	0.158	-0.037
r13	0.055	0.057	-0.082	0.217	0.049	-0.303	-0.127	-0.060	0.026	-0.040	0.237	-0.046	1	0.145	0.045	0.022	0.068	0.146	-0.183	0.070	0.055	-0.105
r14	-0.001	0.056	0.086	-0.113	0.091	-0.116	-0.011	0.057	-0.083	0.068	0.086	0.145	0.145	1	-0.430	0.098	0.060	-0.080	0.080	0.073	0.249	-0.002
r15	-0.079	0.286	0.094	0.035	0.143	-0.076	0.042	0.082	-0.101	-0.126	0.100	0.098	0.045	-0.430	1	-0.285	-0.016	0.000	-0.300	0.212	-0.083	0.150
r16	0.109	-0.206	-0.042	-0.078	-0.078	-0.029	0.098	-0.128	-0.093	0.111	0.304	0.214	0.022	0.098	-0.285	1	-0.119	0.152	0.063	-0.232	-0.006	-0.221
r17	-0.091	-0.060	0.027	0.142	-0.267	0.041	-0.066	0.023	0.133	0.059	0.112	0.001	0.068	0.060	-0.016	-0.119	1	-0.131	0.093	0.057	0.055	-0.096
r18	-0.155	0.091	-0.044	0.062	0.018	-0.006	-0.246	0.072	0.064	0.015	0.057	0.356	0.146	-0.080	0.000	0.152	-0.131	1	-0.203	-0.128	-0.157	0.102
r19	0.178	0.091	-0.076	0.058	-0.014	0.032	0.148	-0.354	0.066	-0.077	0.055	0.016	-0.183	0.080	-0.300	0.063	0.093	-0.203	1	-0.131	0.157	0.003
r20	0.053	0.111	0.080	0.214	-0.039	-0.218	-0.156	-0.170	0.089	0.078	-0.023	-0.092	0.070	0.073	0.212	-0.232	0.057	-0.128	-0.131	1	-0.147	-0.069
r21	-0.210	-0.071	0.161	0.114	-0.070	0.117	-0.089	0.007	0.179	0.157	0.017	0.158	0.055	0.249	-0.083	-0.006	0.055	-0.157	0.157	-0.147	1	-0.176
r22	0.057	0.130	0.016	-0.061	0.102	0.140	-0.045	0.337	-0.318	0.189	0.080	-0.037	-0.105	-0.002	0.150	-0.221	-0.096	0.102	0.003	-0.069	-0.176	1

<표 5> 역함수 행렬

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	...	a15	a16	a17	a18	a19	a20	a21	a22
a1	1.676	0.035	0.128	0.080	-0.595	0.018	...	0.131	-0.456	0.003	0.385	-0.208	-0.130	0.293	-0.371
a2	0.035	1.526	-0.180	0.182	-0.114	-0.114	...	0.286	0.166	0.106	-0.129	-0.320	0.033	0.267	-0.209
.	.	.	.	.	.	.	...	.	.	.	.	.	.	.	.
a21	0.293	0.267	-0.134	-0.045	0.095	-0.493	...	-0.213	0.208	0.372	0.502	-0.572	0.510	1.885	0.529
a22	-0.371	-0.209	0.055	-0.155	0.112	-0.374	...	-0.798	0.590	0.336	-0.224	-0.549	0.288	0.529	2.058

<표 6> 품질경쟁력 우수 50개 기업의 D<sup>2</sup> 값

	x1	x2	x3	x4	x5	.....	x19	x20	x21	x22	D <sup>2</sup>
1	-1.88288	1.2417	-0.22611	-0.23748	-1.18395	.....	-1.2323	0.47784	0.4813	-1.73855	0.61683
2	-0.51247	-1.7161	-0.67368	1.18598	-0.16676	.....	0.34855	-0.2101	1.1625	0.05358	0.62791
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
49	1.07711	0.46499	-0.4368	0.84583	1.51846	.....	0.7003	-0.31594	0.16334	1.33069	1.24989
50	0.43577	0.50952	0.95036	1.83908	0.47644	.....	-1.33649	0.36342	-0.01202	-0.09737	1.26742

$$D^2 = \frac{1.676 \times (-0.7975) \times (-0.7975) + \dots + 2.058 \times (-2.576) \times (-2.576)}{22} = 3.96743$$

<표 7> A기업의 D<sup>2</sup> 값

평가항목	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	D <sup>2</sup>
A기업 (표준화)	425 (-0.797)	418 (-4.879)	398 (-1.923)	420 (-2.167)	160 (-2.100)	255 (0.223)	245 (-1.167)	174 (0.0032)	72 (-2.249)	155 (-1.324)	74 (-0.740)	3.96743
	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	
	358 (-0.680)	181 (-1.526)	178 (0.0741)	173 (0.6941)	181 (0.5523)	185 (0.5253)	176 (0.3787)	63 (-2.996)	32 (-1.709)	102 (-0.928)	668 (-2.576)	

3.15 마할라노비스 거리 측정

평가 대상기업인 A기업에 대한 마할라노비스 거리를 계산하였다<표 7>.

<표 8>은 각 특성치 별로 품질경쟁력이 우수한 50개 기업과 A기업의 D<sup>2</sup>값을 나타낸 것이다.

MTS 기법의 평가척도인 D<sup>2</sup>값을 기준으로 살펴보면, 품질경쟁력이 우수한 상위 50개 기업의 평균 D<sup>2</sup>값(=0.98)과 A기업의 D<sup>2</sup>값(=3.96743)은 차이가 2.98743으로 크게 나타나는데, 이것은 실제로 상위 50대 기업과 A기업의 품질경쟁력에는 차이가 있다는 것을 의미하고, 상위 50대 기업과 비교하여 볼 때 A기업은 품질경쟁력이 우수한 기업이라고 할 수 없으며, 품질경쟁력 수준에는 차이가 있다고 할 수 있다.

3.16 판단기준 선정

일반적으로 마할라노비스 거리 값은 정상적인 경우에는 그 값이 작게 나타나고, 비정상적인 경우에는 크게 나타나기 때문에 마할라노비스 거리 값이 정상적인 경우를 따르는 경우인지, 그렇지 않은 경우인지 판단할 수 있는 기준 값을 선정해야 한다.

기준 값을 너무 크게 선정하면 비정상적인 경우임에도 불구하고, 정상적인 경우라고 판단할 오류가 커지게 되며, 반대로 기준 값을 너무 작게 선정하면, 정상적인 경우임에도 불구하고 비정상적인 경우로 판단하는 오류가 커지게 된다.

다구찌 박사는 일반적인 경우 판단 기준은 마할라노비스 거리가 2이하이면 정상 범위 안에 있는 것으로 판정하고 10보다 크면 이상이 있는 집단으로

판정하라고 제안하였다(Nagao외(2001)).

<표 8> 상위 50개 기업과 A기업과의 점수 및 D<sup>2</sup>값 비교

특성치	상위50기업 평균 점수	A기업 점수	비교
X1	434.7	425	-9.7
X2	452.9	418	-34.9
X3	411.6	398	-13.6
X4	441.3	420	-21.3
X5	170.1	160	-10.1
X6	253.9	255	1.1
X7	254.0	245	-9.0
X8	174.0	174	0.0
X9	78.0	72	-6.0
X10	160.6	155	-5.6
X11	76.0	74	-2.0
X12	366.2	358	-8.2
X13	189.1	181	-8.1
X14	177.6	178	0.4
X15	171.0	173	2.0
X16	178.2	181	2.8
X17	182.3	185	2.7
X18	173.9	176	2.1
X19	67.6	63	-4.6
X20	34.5	32	-2.5
X21	104.3	102	-2.3
X22	698.0	668	-30.0
D <sup>2</sup> 값	0.98	3.96743	2.98743

<표 9> 품질경쟁력 판단기준의 선정

판단기준(D <sup>2</sup> 값)	판 단
0~2 미만	품질경쟁력이 높은 기업
2이상~10 미만	보통의 기업
10 이상	품질경쟁력이 낮은 기업

하지만 품질경쟁력 평가모형은 기존의 경영품질 평가 모형과 마찬가지로 기업마다 규모, 특성 및 기타 제반 여건이 다르다는 사실을 반영하여 평가하기 보다는 품질경쟁력 평가모형을 도입하는 기업에게 품질경쟁력 향상에 필요한 모든 평가지표를 구체적으로 제시하고 평가함으로써 품질경쟁력 향상을 도

모한다.

이는 품질경쟁력 평가모형이 기업의 제반 여건을 고려하지 않고 일률적으로 평가한다는 평가모형 자체의 문제라기보다는 이를 활용하는 도입 기업의 문제라고 볼 수 있으며, 도입 기업이 해결해야 할 과제이다.

즉, 도입 기업은 자사의 특성 및 제반 여건을 고려하여 품질경쟁력을 향상 시킬 수 있는 적절한 평가항목을 선정하여 평가지표로 활용해야 한다.

A 기업의 경우 역시, 품질경쟁력을 평가하고 진단할 때, 반드시 평가모형의 모든 측정지표를 고려할 필요는 없으며, 영향을 미치지 않거나 효과가 미미한 일부 평가지표는 평가항목에서 제외하여 평가할 수 있다.

따라서, A기업에 대한 마할라노비스 거리 측정 후, 실제로 품질경쟁력 평가에 영향을 미치지 않거나 미미한 효과가 있는 특성치를 제거하고 핵심 평가항목을 선정하기 위하여 직교배열표를 사용하여 SN비를 구하였다.

실험 방법으로는 평가항목으로 제시된 22개의 특성치를 모두 실험할 수 있는 L<sub>32</sub> 직교배열표를 사용하였고, 보다 정확한 SN비의 계산을 위하여 잡음인자로 품질경쟁력이 우수한 50개 기업 중 상위 10%에서 해당하는 5개 기업의 마할라노비스 거리 값을 선정하였다.

여기서, Level 1은 특성치를 사용한 경우, Level 2는 특성치를 사용하지 않은 경우를 의미하고, 다음으로 내측배열은 제어인자로 22개의 평가항목인 특성치, 외측배열은 잡음인자로 상위 10%에 해당하는 품질경쟁력이 우수한 5개 기업의 마할라노비스 거리로 각 특성치 별로 마할라노비스 거리를 구하였다 <표 10>.

<표 11>은 <표 10>의 잡음인자의 마할라노비스 거리로 SN비를 계산하였다. SN비는 0에 근사할수록 품질경쟁력이 우수한 기업이므로 정적 망소특성이 다. SN비 계산은 통계패키지인 MiniTab(ver13.3)을 사용하였다.

<표 12>는 출력된 SN비 값을 바탕으로 효과 분석을 실시한 결과를 요약한 것이다. <표 12>는 품질경쟁력을 평가하기 위해 각각의 특성치를 사용하였을 경우 SN비 효과가 긍정적인 요소인 +값과 영향을 미치지 않는 요소인 -값으로 나누었다. 효과는 Level 1과 Level 2의 경우 차이를 계산한 것이다.

<표 10> L<sub>32</sub> 직교배열의 내측배열과 외측배열

	X1	X2	X3	X4	X5	.....	X20	X21	X22	M1	M2	M3	M4	M5
1	1	1	1	1	1	.....	1	1	1	0.61646	0.63395	0.63789	0.70878	0.74831
2	1	1	1	1	1	.....	2	2	2	0.72573	0.65065	0.46915	0.79645	0.84747
.	.	.	.	.	.	.....	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.....	.	.	.	.	.	.	.	.
31	2	2	1	2	1	.....	2	1	1	0.53494	0.87119	0.83659	0.69471	0.75998
32	2	2	1	2	1	.....	1	2	2	0.21809	0.78109	0.77986	0.38769	0.79246

<표 11> L<sub>32</sub> 직교배열 및 SN비

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	...	X18	X19	X20	X21	X22	SN비
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	3.46565
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	...	2	2	2	2	2	2.97109
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	...	.	.	.	.	.	.
31	2	2	1	2	1	1	2	2	1	...	2	1	2	1	1	2.5099
32	2	2	1	2	1	1	2	2	1	...	1	2	1	2	2	3.88454

효과가 + 값인 경우(X1, X2, X3, X6, X10, X16, X17, X19, X20, X21, X22)는 해당 특성치를 사용하였을 경우에 마할라노비스 거리에 긍정적인 효과를 미치는 항목으로 품질경쟁력 평가시 반영해야 할 평가요소라고 할 수 있으며, 효과가 - 값인 경우(X4, X5, X7, X8, X9, X11, X12, X13, X14, X15, X18)는 해당 특성치를 사용하지 않았을 경우에 마할라노비스 거리에 긍정적인 영향을 미치는 항목으로 품질경쟁력 평가 시에 제거할 수 있는 평가요소라고 할 수 있다.

<표 13>은 효과분석 결과 긍정적인 영향을 미치는 + 요소와 영향을 미치지 않는 - 요소의 결과를 검정하기 위하여 22개의 특성치를 모두 사용한 경우와 영향을 미치지 않는 특성치를 제거한 후, 11개의 특성치만을 사용한 경우 품질경쟁력이 높은 상위 5개 기업과 A기업의 마할라노비스 거리를 비교한 것이다.

<표 13>의 결과 값을 살펴보면, 22개의 모든 특성치를 사용한 경우와 영향을 미치지 않는 특성치를 제거한 경우의 마할라노비스 거리는 차이가 없다는 것을 알 수 있다.

특히, A기업의 경우 특성치를 모두 사용한 경우(D<sup>2</sup>=3.97643)와 영향을 미치지 않는 특성치를 제거한 경우(D<sup>2</sup>=3.92503)의 마할라노비스 거리가 거의

<표 12> SN비 효과분석

특성치	AVERAGE		
	Used	Not Used	효과
	Level 1	Level 2	
X1	1.85091	1.60348	0.24743
X2	1.75536	1.69902	0.05634
X3	1.78727	1.66712	0.12014
X4	1.62750	1.82688	-0.19938
X5	1.67592	1.77846	-0.10254
X6	1.76919	1.68520	0.08400
X7	1.66420	1.79019	-0.12599
X8	1.50439	1.95000	-0.44561
X9	1.68164	1.77275	-0.09111
X10	1.77221	1.68218	0.09003
X11	1.70709	1.74730	-0.04021
X12	1.45224	2.00215	-0.54991
X13	1.33124	2.12315	-0.79191
X14	1.68674	1.76765	-0.08090
X15	1.72446	1.72993	-0.00547
X16	1.82903	1.62536	0.20366
X17	1.92821	1.52618	0.40204
X18	1.58199	1.87239	-0.29040
X19	1.78435	1.67004	0.11431
X20	1.90127	1.55311	0.34816
X21	1.75003	1.70436	0.04566
X22	1.89147	1.56291	0.32856



같다는 것을 알 수 있다.

이는 현실적으로 품질경쟁력을 평가하기 위해서 22개의 특성치를 모두 고려 사용할 수 없는 경우 평가에 영향을 미치는 않는 특성치를 제거한 후, 11개의 특성치만을 평가에 반영하여도 동일한 판단할 수 있다.

<표 13> 영향을 미치지 않는 특성치의 제거 전·후 비교

기업	D <sup>2</sup>	
	모든 특성치를 사용한 경우	영향을 미치지 않는 특성치를 제거한 경우
1	0.61683	0.591045
2	0.62791	0.761991
3	0.6327	0.578236
4	0.70523	0.620955
5	0.75452	0.750945
A기업	3.96743	3.92503

### 3.1.8 MTS 기법 적용이 기존 QCAS와 차이점

본 품질경쟁력 사례에 MTS기법을 적용한 결과 기존의 QCAS와 몇가지 면에서 차이점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 평가대상인 A기업의 경우 기존의 QCAS에서는 점수가 5093점이고 상위 50개 기업의 평균점수 5249점이다. 마할라노비스 거리로 표현하면, A기업은 3.97이고, 상위 50대 기업의 평균은 0.98로 상대적으로 차이가 좀 더 명확하게 나타났다.

둘째, SN비를 이용하여 각 평가 항목이 마할라노비스 거리에 미치는 영향력을 구했다. 마할라노비스 거리 계산에 영향을 적게 미치는 11개 특성 항목을 제거할 수 있다.

셋째, SN비 분석결과 A기업은 특성치중 마할라노비스 거리에 좀 더 영향력을 미치는 정도를 알 수 있어 기업 역량을 집중할 수 있다(예로 A기업은 X17 CS성과, X20 경영실적지표 기반시스템, X22 경영실적의 특성치가 중요하다).

이상과 같이 MTS 기법은 단순히 점수 집계를 내는 기존 QCAS 결과보다 점수의 성격을 분석하여 선택과 집중할 수 있다.

### 3.1.9 MTS 기법 적용의 한계

MTS 기법을 효과적으로 적용하기 위해서는 무엇

보다도 판단의 기준이 되는 표준 집단 구성이 중요하다. 현실문제에서 표준 공간으로 수집된 데이터가 해당 집단을 대표할 수 있는지를 증명하는 문제가 어렵다.

본 사례에서 표준 집단으로 선택한 상위 50개 우수기업의 데이터만으로 모집단의 역할을 할 수 있는지에 대한 검증은 하지 못했다. 따라서 본 연구 결과를 일반화하여 주장하는 것에는 아직 검증을 거쳐야 하는 숙제가 있다.

## 4. 결 론

MTS 기법은 적용상의 제약요건을 가지고 있지만 종합 계측법으로 많은 발전 가능성을 내포하고 있으며 또한 그 응용범위도 매우 넓다. 일본에선 품질공학회를 중심으로 개인별 사인 위조, 음성 패턴의 인식, 위조지폐의 판별 등 선구적인 연구가 최근에 활발하게 진행되고 있다.

본 논문에서는 MTS 기법을 활용하여 품질경쟁력 평가모형에 기초한 품질경쟁력 측정 과정을 살펴보고 있다. 품질경쟁력 평가에 MTS 기법을 적용한 결과 기존의 평가방법인 QCAS에 비하여 점수의 성격을 분석하여 선택과 집중하는 전략으로 이용할 수 있다.

앞으로 해야 할 일은 첫째 MTS 기법 전용 소프트웨어의 보급이다. 이미 일본 및 미국의 경우 MTS 기법을 기업에서 쉽게 사용할 수 있도록 전용 소프트웨어가 개발되어 보급 중에 있지만 한국에는 미약하다. 둘째는 통계적 검증을 바탕으로 예측분야로의 확대 적용이다. MTS 기법은 효율적이고 정확한 진단 기법을 넘어 예측분야로 확대 적용이 필요하다. MTS 기법의 진정한 목표는 정확한 진단을 바탕으로 하는 미래에 대한 예측에 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김연성, 유한주, 이동규, 정규석(2003), "경영 품질모델 제도의 운영", 「품질경영학회 2003 춘계학술대회논문집」, pp. 701-707.
- [2] 산업자원부 기술표준원(2004), 「품질경쟁력 모형과 평가지표」.
- [3] 신완선 외 3인(2001), "품질경쟁력 평가지표 지원시스템 개발", 「산업공학」, 14권, 4호, pp. 409-420.

- [4] 이상복(2003), 「알기 쉬운 다구찌 기법」, 3판, 상조사.
- [5] 이상복, 장기일 번역(2004), 「다구찌 전기 : 내가 왜 미국을 살린 사람인가?」, 한국품질혁신재단.
- [6] 조영호, 신현재(1999), “평가지표 연구와 추후 계획”, 「품질경영학회 1999춘계학술대회」, pp. 227-235.
- [7] Chao-Ton Su, Te-Sheng Li(2002), “Neural and MTS Algorithms for Feature Selection,” *The Asian Journal on Quality*, Vol. 3, No. 2, pp. 113-131.
- [8] De Maesschalck R., Jouan-Rimbaud D., Massart D. L.(2000), “The Mahalanobis Distance,” *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, Vol. 50, No. 1.
- [9] Douglas C Montgomer(2003), “The Mahalanobis - Taguchi Strateg,” *Journal of Quality Technology*, Milwaukee, Vol. 35, Iss. 2, p. 229.
- [10] Genichi Taguchi, Rajesh Jugulum(2002), *The Mahalanobis-Taguchi Strategy: A Pattern, Technology System*, John Wiley & Sons.
- [11] Genichi Taguchi, Subir Chowdhury, Yuin Wu(2000), *The Mahalanobis-Taguchi System*, John Wiley & Son.
- [12] Jiju Antony, Steve Warwood, Kiran Fernandes, Hefin Rowlands(2001), “Process Optimisation using Taguchi Methods of Experimental Design Back to Top,” *Work Study*, Vol. 50, No. 2.
- [13] Kanetaka, Tasuji(1990), “Diagnosis of a Special Health Checking Using Mahalanobis Distance,” *ASI Journal* Vol. 3, No. 1.
- [14] M. Nagao, M. Yamamoto, K. Suzuki, A. Ohuchi(2001), “A Face Identification System Based on the Mahalanobis - Taguchi System,” *International Transactions in Operational Research*, Vol. 8, No. 1.
- [15] Nei Kato, Masato Abe, Yoshiaki Nemoto (1997), “A Handwritten Character Recognition System using Modified Mahalanobis distance Back to Top,” *Systems and Computers in Japan*, Vol. 28, No. 1.
- [16] Woodall et al.(2003), “A Review and Analysis of the Mahalanobis-Taguchi System,” *Technometrics*, February, Vol. 45, No. 1, pp. 1-30.