

## QFD(Quality Function Deployment)와 인공지능 기법을 이용한 사출금형의 견적지원시스템

김건희<sup>1\*</sup>, 신기태<sup>2</sup>, 박진우<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 산업공학과 / <sup>2</sup>대진대학교 산업시스템공학과

## Cost-Estimation Support System for Injection Mold Using QFD(Quality Function Deployment) and AI Methods

KunHee Kim<sup>1\*</sup>, KiTae Shin<sup>2</sup>, JinWoo Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Industrial Engineering, Seoul National University / <sup>2</sup>Dept. of Industrial  
System Engineering, Daejin University

### Abstract

금형산업은 ETO(engineer to order)방식의 산업으로서 각 주문마다 견적가를 책정하는 것이 손익에 큰 영향을 미치게 된다. 현재, 대부분의 금형업체에서는 금형주문에 대한 견적을 금형전문가의 개별적인 지식에 의존하고 있는데, 이러한 방식은 주관적이며, 체계적이지 못한 문제점을 갖고 있다. 따라서 보다 합리적이고 체계적인 기준에 의한 견적가 결정 방법이 필요하다. 본 연구에서는 먼저 고객의 요구사항을 QFD(Quality Function Deployment)를 사용함으로써 금형제작에 있어서 원가에 영향을 미치는 요소를 추출하게 된다. 이렇게 얻어진 금형제작정보와 고객의 주문정보를 바탕으로 인공지능망, 사례기반추론 등의 인공지능 기법을 사용하여, 사출금형의 견적가를 책정하는 사출금형의 견적지원시스템을 개발하고자 한다.

### 1. 서론

금형산업은 전통적인 ETO(Engineer To Order)방식의 산업으로서 각 주문마다 견적가를 어떻게 책정하는가에 따라 손익에 큰 영향을 미치게 된다. 즉, 정확한 원가예측과 공장상황을 고려하여 적절한 전략을 세우고 그에 따른 견적가를 산출하는 것이 필요하다. 견적가를 결정하는데 있어서 중요한 두 가지 요소로서 정확성과 신속성이 있다. 견적을 하는 것은 금형을 설계하기 이전에 신속히 결정해야 하기 때문에, 이러한 제약조건 하에서 정확하게 원가를 추정하는 것이 매우 중요하다.

금형의 원가를 추정하는 과정은 실제적으로 다음과 같이 이루어진다.

- 제품정보와 고객의 요구사항을 통한 기본 금형 설계
- 재료비와 표준 부품들의 비용 선정
- 금형제작과정 설계
- 인력과 기계 필요시간 계산
- 외부 요소 비용 산출

하지만, 위의 과정들은 독립적으로 이루어지는 것이 아니라 각 견적과정에서 제품의 개수, 고

객의 요구사항, 각 부분의 제약조건, 금형제작과정, 비용 등의 여러 가지 요소들이 동시에 고려되어야 한다. 이러한 여러 요소들에 대한 관점에 따라 견적가는 크게 달라질 수 있으므로 견적을 내는 것은 가격을 결정하는 사람의 경험에 많은 영향을 받게 된다.

현재, 대부분의 금형업체에서는 금형주문에 대한 견적을 금형전문가의 개별적인 지식에 의한 직관과 과거 기록에 크게 의존하고 있는데, 이러한 방식은 주관적이며 체계적이지 못한 문제점을 갖고 있다. 더욱이 요즘 우리나라의 금형산업에서는 금형전문가의 부족현상이 일어나고 있으며 이로 인하여 금형업체의 대부분을 차지하고 있는 소규모의 기업에서는 고도의 숙련된 금형전문가를 구하기 어려운 실정이다. 따라서 체계적인 견적 방법과 숙련된 전문가의 지식을 제송하여, 숙달되지 않은 금형견적의 의사결정자들이 보다 쉽게 정확한 견적을 낼 수 있는 시스템 개발이 필요하다.

본 연구에서는 금형산업에 있어서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 사출금형을 대상으로 하고 있으며 고객의 주문에서부터 시작하여 금형의 설계요소의 추출 및 비용 산출, 그리고 공장상황을 고려한 적절한 견적가를 책정하는 마지막 단계까지 금형견적의 의사결정자가 신속하고 정확하게 견적을 할 수 있는 사출금형의 견적지원시스템을 개발하고자 한다.

## 2. 관련연구

원가추정 방법은 크게 창성형(Generative) 방법과 변성형(Variant) 방법으로 나누어지는데 [1], 먼저 창성형 방법에서는 제품의 원가가 필요로 하는 공정에 따라 좌우된다는 사실에 근거하여, 공정계획과 밀접한 관련이 있고 기존 유사 제품이 존재하지 않는 새로운 제품 개발 시에 유용한 방법이다. 이 방법은 다량의 상세한 자료가 필요하므로 상대적으로 많은 시간을 필요로 하나 상세하고 정확한 추정을 할 수 있다. [2] 이에 반하여, 변성형 방법은 과거의 생산된 실적 자료가 유사한 제품의 원가 계산을 위한 기준 자료로서 역할을 하며 비교적 표준화된 제품의 원가추정에 유용한 방법이다. [3, 4] 일반적으로, 대부분의 제품은 표준적인 요소와 새로이 고려해야할 요소로 구성되어 있다. 또한 금형의 원가추정에 있어서 정확성과 신속성을 모두 고려해야 하므로 두 가지 접근법을 동시에 고려하는 것이 효율적인 견적을 위해 필요하다.

K. Chin과 T.N. Wong [5] 은 사출금형의 원가 측정을 위한 전문가시스템을 개발하였는데, 여기에서 사용된 접근법은 많은 규칙들을 사용한 창성형 방법을 사용하였다. 먼저, 금형 비용을 여러 하위 비용으로 분할하고, 각각의 하위 비용에 영향을 미치는 요소들을 설정해놓았다. 원가 측정을 위한 제품의 정보가 입력되면, 이 정보들을 특정한 규칙에 의하여 하위 비용을 결정할 요소값으로 결정하고 원가를 산출할 수 있도록 하였다.

S.B. Park [6] 은 금형견적산출 전문가시스템을 개발하였는데, 절삭가공, 연삭가공, 특수가공 등에 대한 가공종류, 작업종류, 준비시간별 데이터베이스화로 금형 도면과 가공에 필요한 NC 데이터 파일을 이용하여 금형에 대한 자동견적 산출이 가능한 시스템을 개발하였다.

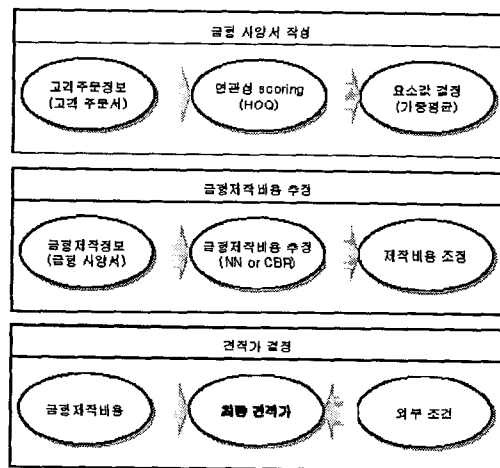
위의 관련 연구들을 보면, 모두 창성형 방법으로서 많은 데이터가 필요하다. K. Chin과 T.N. Wong의 원가추정 시스템은 규칙들을 만족하기 위한 상세한 입력값을 요구하며, 입력값을 결정하기 위해서는 구체적인 설계안이 필요하다. 마찬가지로 S.B. Park의 금형견적산출 전문가시스템도 가공에 필요한 NC 데이터를 필요로 하기 때문에 구체적이고 정확한 원가를 산출할 수 있으나 신속히 금형의 가격을 결정하는 것은 어려운 실정이다. 따라서 이러한 단점을 극복하기 위하여, 창성형 방법과 변성형 방법을 혼합하여 신속하고 정확한 원가를 산출할 수 있는 견적시스템이 필요하다.

### 3. 사출금형의 견적지원시스템

본 연구에서는 금형견적의 의사결정자가 비용에 영향을 미치는 여러 요소들을 여러 관점에서 바라보고, 객관적으로 견적을 할 수 있는 견적지원시스템을 구현하는 것을 목적으로 하고 있다. 고객 주문서에 나타나있는 고객 주문정보와 금형견적가에 영향을 미칠 수 있는 외부 요소들을 고려하여, 금형 의사결정자가 가장 합리적인 견적가를 책정할 수 있도록 도와주는 시스템을 구현하고자 한다.

#### 3.1 시스템 프로시저

보다 정확한 견적을 하기 위해서 체계적인 견적 과정이 필요하다. 먼저 고객의 주문사항과 요구사항을 바탕으로 QFD를 통해 금형제작에 있어서 원가에 영향을 미치는 요소를 추출하게 된다. 이렇게 얻어진 금형제작정보와 고객의 주문정보를 기준으로 하여 1차 견적을 하게 된다. 1차 견적은 금형을 제작하는데 발생하는 비용을 나타내며 최종 견적가와는다르다. 최종 견적가를 결정하기 위해서는 공장의 오더상태와 고객에 대한 정보 등의 외부 조건들을 고려해야 한다. 이와 같이 고객의 주문정보를 금형제작정보로 변환하고 이를 통해 원가를 추정, 견적가를 결정하는 과정을 그림으로 나타내면 다음과 같다[그림 1].



[그림 1] 시스템 프로시저

#### 3.2 금형 사양서 작성

고객의 주문정보는 고객에 따라 그 범위가 다양하다. 가장 최소한의 기본 정보인 가공할 성형품에 대한 정보만을 제공하며 나머지 부분은 금형제작자가 결정하는 경우도 있으며, 반대의 경우로 모든 금형제작에 필요한 조건들을 고객이 직접 결정하여 제시할 수도 있다. 일반적으로 고객이 제시하는 정보는 성형품에 대한 정보와 성형기에 대한 정보, 그리고 금형에 대한 기본적인 조건들만 보여주게 된다. 따라서 나머지 부분은 금형제작자가 고객의 요구를 반영하여 결정해야 한다. 현재 대부분의 금형업체에서는 금형제작에 필요한 요소를 결정하고 그 값을 정하는 과정은 금형전문가의 직관에 의존해왔는데 이를 보다 체계적으로 결정하기 위해서 QFD(Quality Function Deployment)를 사용한다.

QFD는 고객의 요구를 대응특성으로 변환시켜 제품의 실제품질을 정하고, 이것을 각 기능부

품의 품질로 그리고 구성부품의 품질이나 공정의 요소에 이르기까지 관련성을 계통적으로 명확히 전개하는 것으로써 금형제작에 적용하여 보다 체계적으로 금형제작정보를 추출해 낼 수 있다. HOQ(House Of Quality)를 작성하면 고객의 제품정보와 요구사항이 어떠한 금형제작요소에 영향을 미치는 지 한눈에 파악할 수 있으며, 각 제작요소들과의 상관관계를 보여줌으로써 금형제작 시 나타날 수 있는 문제점을 미리 알 수 있다.

HOQ를 작성하여 각 요소들의 가중치를 결정하고 나면, 가중평균을 사용하여 가장 합리적인 제작요소값을 결정하게 된다. 이렇게 모든 제작요소의 값을 결정함으로써 금형 사양서가 완성된다.

### 3.3 금형제작비용 추정 모델

금형제작비용은 금형제작에 소요되는 원가를 추정하는 작업이다. 금형제작에 있어서의 외적인 요소들을 배제시킨 상태에서 앞에서 얻어진 금형제작정보와 고객의 요구사항을 바탕으로 전통적인 인공신경망(Artificial Neural Network) 방법이나 사례기반추론(Case Based Reasoning)에 기반을 둔 방법을 사용하여 원가를 추정하게 된다.

#### 3.3.1 인공신경망

인공신경망은 인간두뇌의 신경망 세포를 모방한 개념으로 마디(Node)와 고리(Link)로 구성된 망구조를 모형화하고, 과거에 수집된 데이터로부터 반복적인 학습과정을 거쳐 데이터에 내재되어 있는 패턴을 찾아내는 모델링 기법이다. [7] 신경망은 분류, 예측, 군집, 연관규칙 발견과 같은 작업에 유용하며, 제품의 원가추정 문제를 해결하는 방법으로도 널리 사용되고 있다. 본 연구에서 사용할 인공신경망은 앞에서 구한 금형 사양서의 각 요소들을 입력변수로 하고, 금형의 제작비용을 출력변수로 사용한다. 인공신경망을 사용하여 원가를 예측하는 모델을 만드는 절차는 문제의 정의와 데이터 수집, 데이터 분석 및 변환, 모델구축, 성능평가의 순으로 이루어진다. 여기서 데이터 수집은 앞의 QFD를 사용하여 얻어진 금형 사양서의 정보를 통해 이루어지며 이제 얻어진 데이터를 1 of C Coding과 정규화를 통하여 인공신경망의 입력 값으로 사용할 수 있도록 변환과정을 거친다. 그리고 모델을 구축하기 위하여 레이어의 수와 히든노드의 수를 결정하고 더 좋은 성능을 갖도록 앙상블의 한 방법인 Bagging방법을 사용하기로 한다. 성능평가를 통해 가장 좋은 모델을 선택한다.

#### 3.3.2 사례기반추론

사례기반추론은 현재 주어진 문제를 해결하기 위해 과거에 유사하게 수행한 적이 있는 사례를 유추하고, 유추된 사례의 해를 이용하여 현재의 문제를 해결하는 인공지능의 한 방법론이다. CBR(Case Based Reasoning)을 이용한 방법은 과거의 전문가시스템에서 사용하던 지식(정형화된 Rule)의 추론을 통해서 해를 얻는 방법보다는 단순하면서도 문제 영역이 잘 정형화되지 않는 분야에서 좋은 접근법이라 할 수 있다. 문제를 해결할 때 미리 모든 지식을 구축할 수 없는 경우가 많이 있는데 이러한 경우에도 사례기반추론 기법은 주어진 문제가 과거에 얻은 경험과 비슷하다면 특별한 추론 없이 그 해를 도출하여 준다. 따라서 많은 데이터가 축적되어 있다면 가장 빠르고 정확하게 견적가를 추정할 수 있는 방법이다. 본 연구에서 제안하는 사례기반추론 방법은 기존 사례 추출방법으로는 Nearest Neighbor 방법을 사용하고 해의 수정 과정을 위해서는 인공신경망을 이용하기로 하겠다. Nearest Neighbor 알고리즘은 사례 베이스 내에 있는 모든 사례들을 검색하고, 각각에 대해 유사성 정도를 계산하여 현재 사례와 가장 유사한 사례를 찾는 방법이다. 이 알고리즘은 가장 간단한 방법으로써, 현재 사례와 사례 데이터베이스 내의 비교 사례와의 항목 중에

서 값이 일치하는 항목들의 수를 서로간의 유사성 정도로 보았다. [8] 이렇게 얻어진 결과를 다시 신경망 모델을 통하여 해를 수정하게 된다.

### 3.4 금형제작비용 조정 및 최종 견적가 결정

인공신경망이나 사례기반추론을 통해서 얻어진 제작비용에 다른 요소들과 무관하게 독립적으로 영향을 미치는 여러 요소들을 추가로 고려하여 가격을 조정한다. 이러한 요소들에는 제작 구분, CAD 데이터 등의 여러 가지 요소들이 있을 수 있다. 금형제작이 신작인지 재제작인지에 따라 시행착오에 의한 비용의 변동이 있을 수 있으며, CAD 데이터의 유무와 2D, 3D에 따라서도 설계 비용이 변하게 된다. 또한 고객의 시방 내용에 따라 금형제작 비용이 크게 달라질 수 있기 때문에 이와 같은 요소들을 고려하여 가격을 조정해야 한다.

최종 견적가는 고객에게 제시할 견적가를 의미하며 금형제작비용외의 다른 요소들이 고려되어야 한다. 예를 들어, 주문납기일, 공장의 오더상태 등을 고려하여 높은 견적가를 책정할 수 있으며, 반대로 원가보다 낮은 견적가를 책정할 수도 있다. 또한 주문 고객에 따라 가격정책이 달라질 수 있다. 이처럼 금형 외적인 비용요소를 반영하고 가격정책 등을 반영하여 최종 견적가를 결정하게 된다.

## 4. 예제

### 4.1 고객 주문서

고객 요구사항을 바탕으로 하여 고객 주문서를 작성하는데 고객 주문서에는 필수항목, 선택항목, 기타 요구사항으로 나누어진다. 필수항목은 견적을 내기 위한 필수적인 항목으로 반드시 입력되어 있어야 견적을 낼 수 있는 항목이며[표 1], 선택항목은 특정한 고객의 요구사항이 있는 경우에만 채워지게 된다[표 2]. 또한 기타 요구사항은 제품에 대하여 별도로 요구하는 사항이 있는 경우 기타 요구사항에 그 요구사항과 정도를 입력한다[표 3].

[표 1] 고객 주문서의 필수항목

필수항목		
성형품 조건	크기	830*450*415
	평균두께	30
	모양	타원
	형상난이도	4
	수지명	ABS
	생산량	5000
성형기 조건	표면상태	3
	제품취출방식	자동낙하
	러너취출방식	자동낙하
금형조건	캐비티 수	2
기타 조건	제작구분	신작
	CAD데이터	3D
	납기일	2003.05.30

[표 2] 고객 주문서의 선택항목

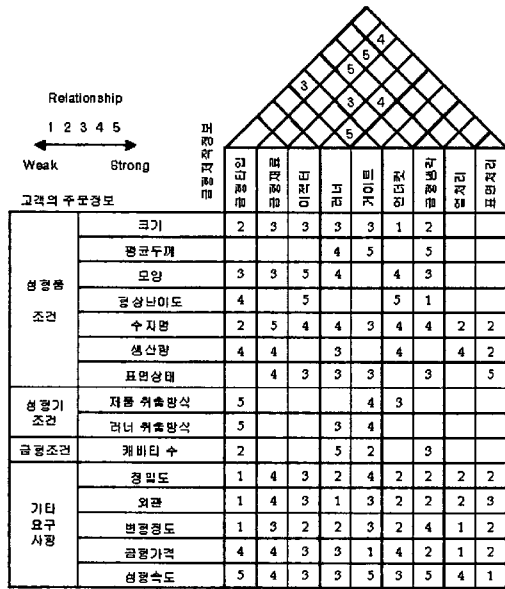
선택항목		
금형 조건	금형타입	3단형
	금형재료	S50C
	이젝터	
	러너	
	게이트	
	언더컷	
	금형냉각	
	열처리	
	표면처리	
기타 조건	금형방향표시	유
	냉각회로도	유
	날짜마크	유

[표 3] 고객 주문서의 기타 요구사항

기타 요구사항	
정밀도	3
외관	1
변형정도	3
금형가격	5
성형속도	2

#### 4.2 금형 사양서 작성

금형 사양서가 완성되어있지 않은 경우, 고객이 입력한 필수항목과 고객의 요구에 따라 미리 채워진 선택항목을 바탕으로 HOQ를 사용하여 나머지 채워지지 않은 항목들을 선택하고 그 값을 결정해야 한다. 먼저, 각 요소의 연관성을 영향력에 따라 1에서 5까지 값으로 결정한다[그림 2]. 이를 토대로 미리 채워지지 않은 금형 사양서의 요소값을 결정해야 하는데, 고객 주문서의 필수항목들은 러너방식과 형상을 결정하는데 있어서의 제약조건으로 작용하며 기타 요구사항은 제약조건을 만족하는 대안들 중에 가장 합리적인 선택을 할 수 있는 기준으로 사용된다. 예를 들어 러너 방식과 형상을 결정하는 문제를 살펴보면, 러너방식은 핫 러너, 콜드 러너로 구별할 수 있는데, ABS수지의 경우 두 가지 방식 모두 성형가능하다. 따라서 고객의 기타 요구사항을 반영하여 가장 합리적인 방식인 콜드 러너로 결정할 수 있다[표 4]. 또한 러너의 형상 역시 같은 방법을 사용하여 가장 일반적인 원형을 선택하였고 노즐도 같은 방법으로 롱 노즐을 사용하기로 결정하였다. 따라서 러너는 콜드 러너 방식의 롱 노즐을 사용하며, 러너의 형상은 원형으로 결정할 수 있다.



[그림 2] House Of Quality

[표 4] 대안 비교 표

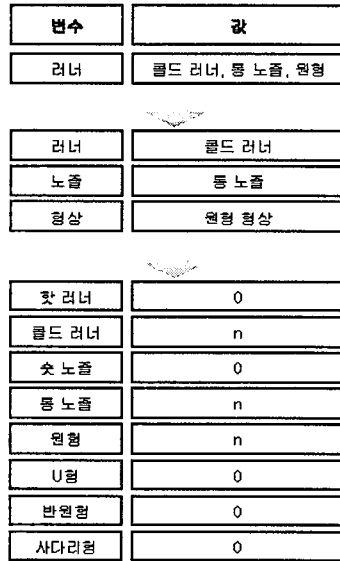
	중요도	핫 러너	쿨드 러너	핫 러너	쿨드 러너
정밀도	3	3	2	9	6
외관	1	3	3	3	3
변형정도	3	4	2	12	6
금형가격	5	1	5	5	25
성형속도	2	4	2	8	4
			합계	37	44

### 4.3 금형제작비용 추정 모델

#### 4.3.1 인공신경망

금형 사양서에 작성된 여러 항목들은 인공신경망의 입력변수로 사용되어진다. 하지만, 이러한 입력변수들은 순서가 있는 서수형 변수와 순서가 없는 범주형 변수가 섞여 있기 때문에 바로 적용할 수가 없다. 따라서 범주형 변수를 서수형으로 표시하는 변환과정이 필요하다. 또한 금형 사양서의 항목값은 여러 의미를 갖고 있기 때문에 하나의 변수가 한 가지 의미를 갖도록 분리하는 작업도 필요하다. 앞에서 예로 든 러너 항목을 입력변수로 사용하기 위해 변환한다면 먼저 러너를 종류와 노즐 길이, 형상에 따라 분리한다. 이렇게 분리된 변수가 범주형이기 때문에 변수값을 숫자로 변환해야 하는데 그 방법 중의 하나인 1 of C Coding 방법을 사용한다. 이 방법은 하나의 변수를 범주의 숫자만큼의 변수로 확장하여 해당하는 값만 상수 n의 값을 갖고 나머지 값들은 0을 갖는 방법을 말한다. 예를 들어, 러너의 형상이 원형, U형, 반원형, 사다리형으로 나누어진다고 한다면 변수는 4개로 변하고 이중에 선택된 값이 원형이라면 U형, 반원형, 사다리형의 변수의 값은 0이 되고 원형의 값은 n이 된다[그림 3]. 모델을 구축하기 과거의 모든 자료들을 앞의 데이터

변환 과정을 거쳐 변환시키고 실제 소요된 제작비용을 결과값으로 사용하여 학습한다. 이렇게 얻어진 신경망에 실제로 구하려고 하는 금형의 입력값들을 대입하여 제작비용을 얻을 수 있다.



[그림 3] 변수의 확장

#### 4.3.2 사례기반추론

사례기반추론을 이용하여 비용을 추정하는 방법은 두 단계로 나누어진다. 먼저 가장 가까운 사례를 찾고, 그 다음 단계에서는 그 사례와의 차이를 고려하여 해를 수정하게 된다.

사례기반추론 기법을 사용하기 위해서 고객 사양서의 각 요소들을 10개의 카테고리 분류하고 그 카테고리들을 비용이 많이 소요되지 않는 것부터 시작해서 비용이 많이 소요되는 것으로 순차적으로 1에서 10의 값을 부여한다[표 5]. 비용을 추정하고자 하는 새로운 데이터가 들어오면 가장 동일한 값이 많은 사례를 선택하게 된다. [표 5]와 같이 10개의 사례가 있다고 할 때, 새로운 데이터가 (6, 7, 10, 5)라고 한다면 사례 3이 선택되어지고 현재의 비용은 7이 된다. 해를 수정하는 모델은 인공신경망을 사용한다. 기존 데이터를 사용하여 [표 6]과 같이 가장 가까운 사례를 찾고 그 차이값을 입력층의 값으로 사용한다. 그리고 출력층은 비용의 차이를 사용하여 모델을 학습한다. 이렇게 학습된 신경망에 새로운 데이터를 입력하여 변화될 값을 유추한다. (6, 7, 10, 5)의 경우 사례 3이 선택되었으므로, 사례 3과의 차이값인 (0, 0, 0, 2)를 입력변수로 사용하게 된다. 그리고 신경망의 결과값이 2였다고 한다면, 기존의 비용 7에 2를 더하여 9로 유추할 수 있다.

[표 5] 입력층의 데이터 형식

[표 6] 해의 수정 시 입력층의 데이터 형식

#### 4.4 금형제작비용 조정 및 최종 견적가 결정

금형제작비용 모델에서 나온 결과값을 50이라고 한다면, 여기에 금형제작비용 모델에서 적용하지 못했던 다른 요소를 적용하여 조정해야 한다. 고객이 3D CAD 데이터를 제공하지 않았을 경우, 금형업체에서 이를 설계해야 하므로 설계비용이 추가로 더해지고 신작이라고 한다면, 시행착오 등으로 발생할 수 있는 비용이 추가된다. 따라서 기존의 50에 설계비용 3이 추가되고 신작비용 7이



사례	X1D	X2D	X3D	X4D	Y
1	10	8	8	4	28
2	10	7	10	10	11
3	8	7	10	9	-9
4	10	8	8	2	-2
5	8	8	8	8	-28
6	8	1	8	3	18
7	4	4	4	2	7
8	7	7	7	3	18
9	8	8	10	1	-81
10	8	8	8	2	11
9	0	2	0	-2	6
10	-1	3	-1	-2	-19

추가되어 60으로 비용을 추정할 수 있다.

제작비용이 결정되었으면 고객정보와 공장상황에 따라 견적가를 산출해야 한다. 현 공장의 오더상태를 고려하였을 때, 납기를 맞추기 위하여 오버타임이 5일간 필요하므로 그에 대한 비용을 추가하고 고객에 대한 회사의 방침으로 40%의 이윤을 결정하기로 하였다. 따라서 견적가는 기존의 비용 60에 오버타임으로 인한 비용 5를 추가하고 그의 40%인 26을 추가하여 91로 결정한다.

## 5. 결론

본 연구에서는 사출금형을 대상으로 금형제작비용을 추정하고 합리적인 견적가를 책정할 수 있도록 도와주는 견적지원시스템을 제안하였다. QFD를 사용함으로써 고객의 요구사항을 금형설계과정에 체계적으로 반영할 수 있도록 하였고, 인공지능 기법을 사용한 변성형 모델을 구축하여 보다 신속하고 정확한 원가추정시스템을 제안하였다. 마지막으로 견적자가 외부요소를 고려하여 견적가를 조정할 수 있도록 함으로써 금형업체에게 가장 큰 이익을 줄 수 있는 견적가를 책정할 수 있도록 하였다.

견적지원시스템을 사용함으로써 미숙한 금형견적자도 숙련된 전문가와 비슷하게 견적을 낼 수 있으며, 숙련된 전문가에게도 체계적인 견적과정을 제시함으로써 보다 정확한 견적을 낼 수 있도록 하였다.

제안한 시스템은 사출금형의 견적과정에 있어서 소요되는 제작비용에 초점이 맞추어져 있다. 추후 연구로는 과거 데이터를 기반으로 현재 문제를 해결해야 하는 변성형 방법이 문제점을 보완할 수 있는 연구가 필요하며, 공장상황 등을 모니터링 하여 납기 기능 여부 및 가공비의 변동사항 등을 파악할 수 있도록 주문처리에 관한 전반적인 시스템 개발이 필요하다.

## 6. 참고문헌

- [1] A. Liebers, A.H. Stepple, M.A. Schutttert and H.J.J. Kals, Part classification for variant cost estimation, Proceedings of the Fourth International Conference on Street Metal 1996, SheMet'96, pp.167-178, 1996.
- [2] E.M. Shehab and H.S. Abdalla, "Manufacturing Cost Modelling for Concurrent Product Development," Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol.17, No.4, pp.341-353, 2001.
- [3] Anita Lee, Chun Hung Cheng and Jaydeep Balakrishnan, "Software development cost estimation: Integrated neural network with cluster analysis," Information & Management, Vol.34, pp.1-9, 1998.
- [4] E. ten Brinke, E. Lutters, T. Strepple and H.J.J. Kals, "Variant Based Cost Estimation

한국경영과학회/대한산업공학회 2003 춘계공동학술대회  
2003년 5월 16일-17일 한동대학교(포항)

Based on Information Management," International Journal of Production Research, Vol.38, No.17, pp.4467-4479, 2000.

[5] K. Chin and T.N. Wong, "An Expert System for Injection Mold Cost Estimation," Advanced in Polymer Technology, Vol.14, No.4, 303-314, 1995.

[6] S.B. Bong, "An Expert System of Estimate for the Dies and Moulds," '99 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp.217-222, 1999.

[7] M.J. Berry, G.S. Linoff, Data Mining Techniques: For marketing, sales and customer support, John Wiley & Sons, 1997.

[8] R. Duda and P. Hart, Pattern classification and scene analysis, Wiley, New York, 1973.