

# Artificial Neural Network를 이용한 화살 성능에 대한 연구

## A Study of Arrow Performance using Artificial Neural Network

정영상\* · 김성신\*\*†

Yeongsang Jeong, and Sungshin Kim†

\*부산대학교 전자전기컴퓨터공학과, \*\*부산대학교 전기공학과

† Department of Electrical Engineering, Pusan National University

### 요 약

제조공정을 통해 생산된 화살의 성능을 평가하기 위한 방법으로, 활과 화살을 오랫동안 사용해 온 사냥꾼이나 레저 스포츠 용품을 만드는 기술자, 그리고 전문가의 개인적인 경험 등이 사용된다. 또한, 반복슈팅실험을 통해 얻어진 화살의 탄착점 집적도는 생산된 화살의 성능을 평가하기 위한 중요한 지표이다. 탄착점 집적도와 초고속카메라를 통해 촬영된 비행중인 화살의 이미지를 이용하여, 화살의 성능에 대한 연구가 수행되고 있다. 하지만, 화살의 특성(길이, 무게, 스판, 오버랩, 곧기)과 탄착점의 분포간의 상관관계에 대한 연구는 부족하다. 본 논문에서는 탄착점 분포를 수치적으로 출력할 수 있는 시스템을 개발하고, 생산된 화살이 가지는 특성과 탄착점 사이의 상관관계모델을 구현하는 것이 목적이다. 모델의 입력은 화살이 가지는 특성(스판, 곧기)이 사용되고, 출력은 화살의 노크 각도를 120도씩 회전시키면서 3번 반복 슈팅하여 얻어지는 삼각형 모양 좌표의 MAD(mean absolute distance)를 이용하였다. 상관관계 모델을 구현하기 위해서 입출력 학습데이터를 수집하였고, 모델의 구현을 위해서는 인공신경회로망(Artificial neural network, ANN)을 사용하였다.

**키워드** : 화살, 측정 시스템, 스판, 곧기, 인공신경회로망

### Abstract

In order to evaluate the performance of arrow that manufactures through production process, it is used that personal experiences such as hunters who have been using bow and arrow for a long time, technicians who produces leisure and sports equipment, and experts related with this industries. Also, the intensity of arrow's impact point which obtains from repeated shooting experiments is an important indicator for evaluating the performance of arrow. There are some ongoing researches for evaluating performance of arrow using intensity of the arrow's impact point and the arrow's flying image that obtained from high-speed camera. However, the research that deals with mutual relation between distribution of the arrow's impact point and characteristics of the arrow (length, weight, spine, overlap, straightness) is not enough. Therefore, this paper suggests both the system that could describes the distribution of the arrow's impact point into numerical representation and the correlation model between characteristics of arrow and impact points. The inputs of the model are characteristics of arrow (spine, straightness). And the output is MAD (mean absolute distance) of triangular shaped coordinates that could be obtained from 3 times repeated shooting by changing knock degree 120. The input-output data is collected for learning the correlation model, and ANN (artificial neural network) is used for implementing the model.

**Key Words** : Arrow, Measurement System, Spine, Straightness, Artificial Neural Network

## 1. 서 론

접수일자: 2014년 3월 9일

심사(수정)일자: 2014년 4월 1일

게재확정일자: 2014년 5월 25일

† Corresponding author

이 논문은 2010년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2012-0006889) 본 논문은 BK21플러스, IT기반 융합산업 창의인력양성사업단에 의하여 지원되었음.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

양궁 대회에서 성능 높은 화살을 선택하는 것은 경쟁 선수들 사이에서 중요한 차별화 요소가 될 수 있다. 성능에 관여하는 요소로는 화살의 외부적인 영향[1]과 화살이 비행할 때 발생하는 진동[2,3], 그리고 탄착점 분포 등이 있다. 대표적인 화살의 외부적인 영향은 바람이며, 바람은 화살의 측면 움직임에 영향을 준다. 바람의 영향과 관계있는 화살의 특성은 질량과 무게이다. 작은 직경에 높은 질량 화살일수록 바람에 대한 영향을 적게 받는다.[1] 화살의 진동은 디자인과 재료에 영향을 받는다.[2] 비행 시 발생하는 화살의 진동을 공사의 패러독스라고 한다. 공사의 패러독스는 활시위를 놓는 순간 힘이 가해진 화살 뒤쪽이 무게 중심이 있는 화살 앞쪽을 앞서면서 세로로 놓여 있는 활 중간에서 진동

하며 날아가는 현상이다.[3] 고속으로 이동하는 화살은 초고속 카메라로 효율적인 분석이 가능하여, 촬영한 영상을 유한 차분 모델 기반으로 수치적인 모델을 수행하여 왔다.[3][4][5] 반복적인 슈팅 실험을 통해 나타나는 탄착점 분포에 대한 분석은 화살의 성능을 평가하는 중요한 요소이다. 탄착점은 목표 과녁에 화살이 처음으로 도달한 지점이다, 선행 연구로 화살의 외부적인 영향과 화살의 진동에 관해서는 연구가 이루어지고 있지만, 화살의 특성(길이, 무게, 스파인, 오버랩, 끈기)과 탄착점 분포에 대한 연구는 부족하다.

본 논문에서는 탄착점 분포를 수치적으로 출력할 수 있는 시스템과 완성된 화살이 가지는 특성을 이용하여 화살이 가지는 성능에 대한 예측 모델을 수행하였다. 화살 특성에 따른 탄착점의 분포를 예측하면 화살 특성에 따른 성능 분석 및 제조업에서 화살 성능 분류가 용이하다. 모델의 입력은 화살의 특성으로 끈기와 스파인을 사용한다. 출력으로는 화살의 노크 각도를 120도씩 회전시키면서 3번 반복 슈팅하여 출력되는 삼각형 모양의 좌표를 MAD(Mean Absolute Distance)로 계산하여 값을 도출한다. MAD의 크기가 작으면 좋은 성능을 가진 화살이라고 판단하고, 가장

이상적인 값 0이면 좌표 점 3개의 값이 동일하거나 정삼각형 모양을 가진다. 탄착점 측정 시스템은 고속으로 이동하는 화살의 이동궤적에서 특정 위치에서의 점을 좌표로 출력하는 시스템이다.[7] 그림 1은 약 300km/h 속도로 비행하는 화살의 위치 좌표를 표출하는 시스템 구성도와 반복적인 슈팅 실험을 통해 저장된 화살의 위치 좌표를 이용한 화살 성능 예측 모델을 나타낸 시스템 구성도이다. 화살의 특성에 따른 탄착점 분포에 대한 예측 모델은 블랙박스 모델로 복잡하고 비선형 현상의 모델링 및 다변량 회귀 문제를 해결하기 위해 다양한 프레임 워크를 제공하는 Artificial Neural Network(ANN)을 사용하였다.[8]

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 지정된 위치에서 광학센서 기반의 탄착점 측정 시스템을 설치하여 화살의 위치 좌표를 출력하는 방법에 대해서 설명한다. 그리고 3장에서는 화살의 성능 예측 모델의 입·출력 데이터에 대해서 설명한다. 4장에서는 3장에서 설명한 입·출력 데이터를 이용하여 화살 성능 예측 모델의 반응표면(response surface)을 통해 화살의 특성변수와 탄착군의 관계를 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해서 제시한다.

## 2. 화살 위치 측정 시스템

고속으로 이동하는 화살의 비행 속도는 약 300km/h 이상 가진다. 화살의 속도가 약 300km/h를 가지고 0.5m의 길이를 가지는 화살 위치 좌표를 얻기 위해서는 최소 sampling time은 약 5ms~15ms가 필요하다. 많은 양의 데이터를 계측하기 위해 높은 sampling rate을 가지며, 포토다이오드의 개수에 따라 많은 채널을 커버할 수 있는 아날로그 입력 모듈이 필요하다. 그래서 높은 sampling rate와 많은 채널을 커버할 수 있는 National Instruments에서 출시되는 DAQ device를 이용하여 비행 중인 화살의 위치 좌표를 출력할 수 있는 시스템을 개발하였다.[6] 다수의 포토다이오드에서 출력되는 데이터를 계측하기 위해 8:1 analog mux

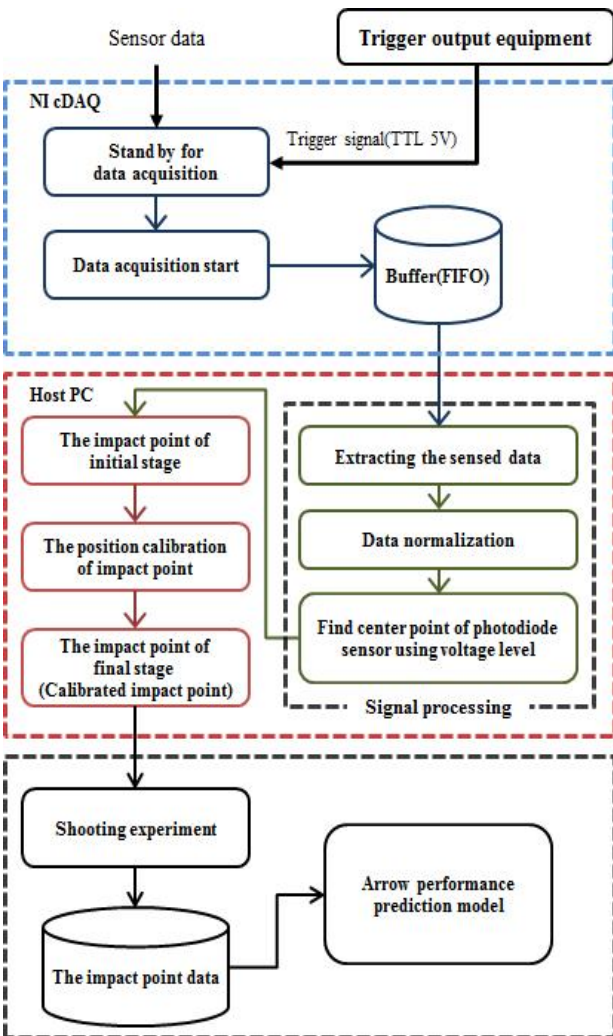


그림 1. 시스템 구성  
Fig. 1. System configuration

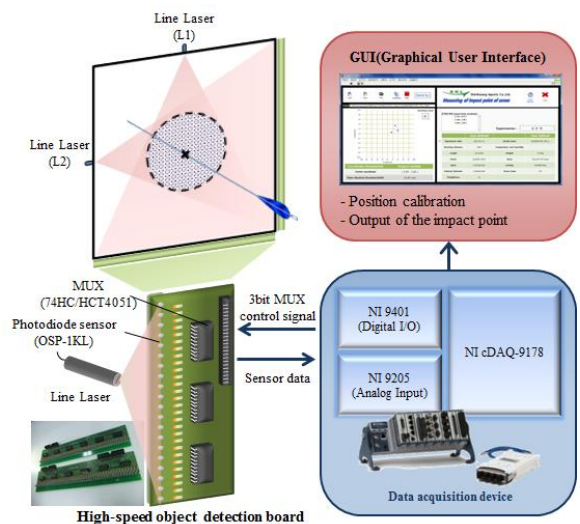


그림 2. 화살 탄착점 측정 시스템 구성도  
Fig. 2. System design of measuring impact point

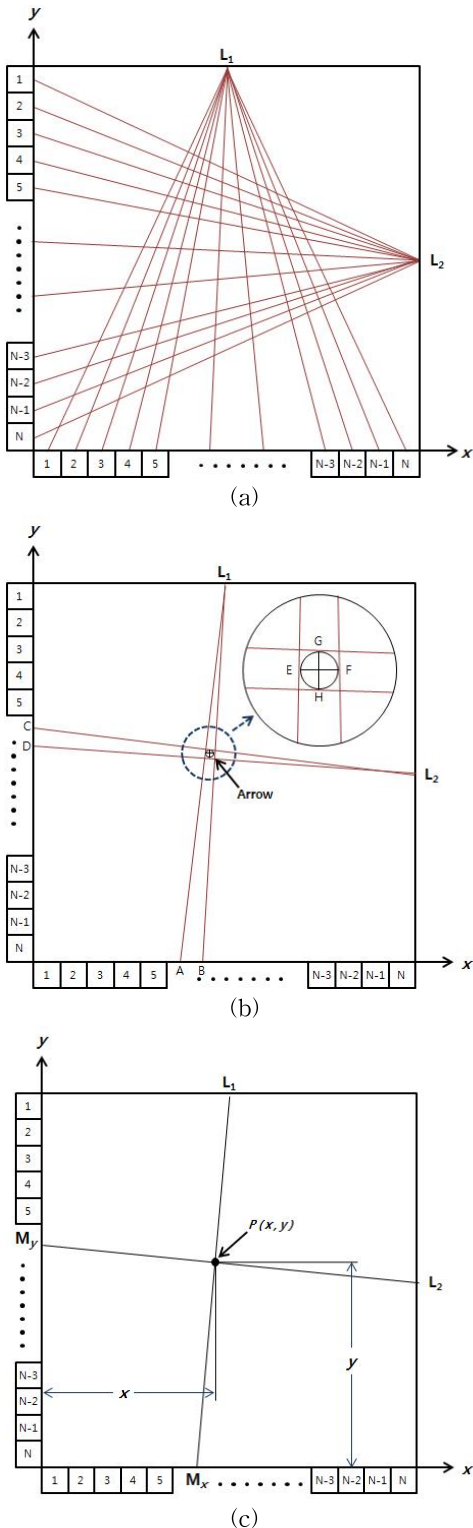


그림 3. 화살의 위치 연산: (a) 포토다이오드와 라인레이저 구성 (b) 화살에 의해 가려진 포토다이오드 (c) 직선의 방정식을 이용한 화살의 위치 측정

Fig. 3. Computing the position of the arrow: (a) Configuration of photodiode and line laser (b) Covered photodiode by arrow's shadow (c) Measuring arrow's location using function of linear

mux(74HC/HCT4051)를 사용하고, mux는 NI 9401 모듈의 3bit 디지털 신호로 컨트롤 하였다. mux에서 출력되는 신호는 NI 9205 analog input 모듈을 사용하여 24개의 채널을 입력받는다. NI 9205 아날로그 입력 모듈의 최대 sampling rate은 250kS/s이고, 총 32개의 아날로그 입력을 가진다. 본 연구에서 사용하는 채널수는 24개이며, 1개의 채널당 20kS/s를 사용한다. NI 9205의 한 채널의 입력은 mux의 출력에서 받으며, mux가 커버하는 포토다이오드 수는 8개이다. NI cDAQ 9718 8-slot USB chassis는 NI 9401과 NI 9205 모듈의 동기화를 맞추어 주고, NI 9205에서 입력 받은 아날로그 신호를 host pc로 전송한다. 발사대에서 화살이 발사 될 때 트리거 신호가 발생하면, NI-9178 chassis은 트리거 신호를 입력으로 받아 1초 동안 데이터를 취득한다. 1초 동안 데이터를 취득하므로 한 개의 포토다이오드에서 데이터를 계측하는 개수는 2500개이다. 계측한 데이터는 DAQ와 host pc의 슬롯이나 포트를 통해 연결하고, 컴퓨터 버스를 통해 데이터를 전송한다. 컴퓨터 버스는 명명과 측정된 데이터를 전달하기 위한 DAQ devise와 컴퓨터 간의 통신 인터페이스 역할을 한다. 그림 2은 라인레이저에서 출력되는 적색 레이저에 의해서 포토다이오드 전압레벨의 변화를 DAQ로 계측하고, 계측된 데이터를 host pc로 전송하는 하드웨어구성도이다.

그림 3의 (a)와 같이 2개의 라인레이저가 사각 모양의 프레임의  $L_1, L_2$  지점에 각각 설치되고, 라인레이저의 반대편 지점에는 각각  $N$ 개의 포토다이오드가 설치된다. 포토다이오드는 라인레이저에서 출력되는 적색 빛을 받아 빛에너지를 전기에너지로 변환시켜주는 소자이다. 라인레이저 빛의 강도에 따라 포토다이오드에서 출력되는 전압레벨이 다르다. 화살이 사각 모양의 프레임을 통과할 때 발생하는 임의의 지점에 있는 포토다이오드 센서의 전압레벨 변화를 계측할 수 있으며, 계측된 데이터를 이용하여 화살 위치의 좌표를 표출한다. 화살이 프레임을 통과하게 되면, 그림 3의 (b)와 같이 화살에 의해서 레이저 빛의 일부분이 가려지게 되므로,  $x$ 축 포토다이오드 센서에 그림자  $\overline{AB}$ 와  $y$ 축 포토다이오드 센서에 그림자  $\overline{CD}$ 가 발생하게 된다. 빛은 광원 ( $L_1, L_2$ )으로부터 직진하기 성질 때문에,  $\triangle ABL_1$ 과  $\triangle EFL_1$ 이 닮음이고  $\triangle CDL_2$ 와  $\triangle GHL_2$ 이 닮음이다. 점  $M_{\overline{AB}}$ 와  $M_{\overline{CD}}$ 가  $\overline{AB}, \overline{CD}$ 의 중점이라 정의하면,  $\overline{L_1M_{\overline{AB}}}$ 와  $\overline{L_2M_{\overline{CD}}}$ 가  $\overline{EF}$ 와  $\overline{GH}$ 를 이등분하게 되고  $\overline{L_1M_{\overline{AB}}}$ 와  $\overline{EF}$ 가 만나는 교점을  $M_{\overline{EF}}$ ,  $\overline{L_2M_{\overline{CD}}}$ 와  $\overline{GH}$ 가 만나는 교점을  $M_{\overline{GH}}$ 라고 하면 화살의 위치는  $(M_{\overline{EF}}, M_{\overline{GH}})$ 가 된다. 그림 3의 (c)에서  $\overline{L_1M_x}$ 와  $\overline{L_2M_y}$ 이 만나는 교점이 바로 화살의 위치  $P(x, y)$ 이다. 도형의 닮음[6]을 이용하여 화살의 탄착점을 구하기 위해서는 화살이 프레임을 통과할 때 생기는  $x$ 축,  $y$ 축 그림자의 중점 좌표  $M_x, M_y$ 가 필요하며 무게 중심법을 이용하여 탄착점을 표출한다. 화살에 가려진 포토다이오드 센서의 전압레벨은 떨어지고, 떨어진 전압레벨의 크기와 그림자가 가려진 포토다이오드의 인덱스를 이용하여 화살의 그림자로 가려진 포토다이오드 중심을 구한다. 그림자로 가

$$Point = \frac{\sum_{i=a}^b v_i k_i}{V_{total}} \quad (1)$$

려진 포토다이오드 중심을 구하기 위한 무게 중심법은 식 (1)과 같다.

$a$ 에서  $b$ 까지 포토다이오드 센서가 화살의 그림자에 가려진 범위이고,  $k$ 는 포토다이오드의 인덱스이다.  $r$ 은 화살의 그림자에 가려져 떨어진 전압 레벨이고,  $V_{total}$ 은 화살의 그림자가 가려진 포토다이오드의 떨어진 전체 전압레벨이다.[7]

$P(x,y)$ 는 고속 물체를 탐지하기 위해 포토다이오드 센서가 일직선으로 부착되어 있는 보드의 구조와 라인레이저에서 출력되는 빛의 각도, 사각형 모양의 프레임 정밀도 때문에 오차를 포함하고 있다. 그래서 화살의 탄착점 위치 측정 시스템 정밀도 향상을 위해서 격자 교정판을 이용한 보정 알고리즘을 적용하였다. 1cm 간격으로 격자점을 뚫어 교정판을 제작하여 프레임에 설치하였다. 프레임에 설치된 1cm 간격의 격자점에 화살을 꽂아 계측된 데이터를 이용하여 보정을 수행하였다. 보정 알고리즘은 ANN을 이용하였고, 격자점의 좌표와 계측된 좌표의 평균적인 오차는 보정 전 약 3mm에서 보정 후 0.5mm로 개선됨을 확인 할 수 있었다. 두 점사이의 평균적 오차의 합은 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned}
 Error_{total} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \| (\hat{x}_i, \hat{y}_i) - (x_i, y_i) \| \\
 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Error_i
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

### 3. 모델의 데이터 구성

제조공정을 통해 생산된 화살의 성능은 그림 4와 같이 화살대, 깃, 화살촉이 가지는 특성이 결합되어 화살 탄착군의 밀집도가 달라진다. 화살은 동일한 힘으로 슈팅하여 화살 탄착점의 밀집도가 높을수록 성능이 좋다고 판단하고 있다. 화살의 성능을 좌우하는 탄착점의 밀집도에 영향을 미치는 외변수로는 화살 깃(vanes, fletching), 화살촉(arrow head), 스파인(spine), 오버랩(overlap), 곧기(straightness)등이 있다. 본 논문에서는 곧기와 스파인을 모델의 입력으로 사용하였다. 그림 5의 (a)와 (b) 같이 곧기는 28 inch 만큼 떨어져있는 두 포인트 위에 화살을 놓고 화살의 중심이 휘어진 정도를 나타내는 척도이다. 스파인은 28 inch 만큼 떨어져있는 두 포인트 위에 화살을 놓고 중심에 880g의 추를 매달아서 화살의 중심이 휘어진 정도를 측정한다.[2] 그림 6과 같이 모델 출력은 노크의 각도를 120도 회전시키면서 화살 1개당 3번씩 슈팅 후 발생하는 탄착군을 수치적으로 변환한 값을 사용한다. 화살과 활시위를 연결하는 부품을 노크라고 부른다. 노크를 회전 시키면 화살이 비행 시 영향을 받는 spine의 방향을 다르게 슈팅할 수 있다. 탄착점 측정 시스템[7]을 발사대로부터 25m 지점에 설치한다. 탄착점 측정 시스템을 이용하여 반복 슈팅 실험에 의해 출력되는 좌표 3점을 이어 주면 삼각형이 형성되고, 식 (3)과 같이 삼각형의 변의 편차를 MAD(Mean Absolute Deviation)으로 값을 도출한다. MAD가 0이면 좌표 점 3개의 값이 동일하거나 정삼각형을 모양을 가진다. 표 1은 제조공정에서 화살이 가지는 스파인과 곧기의 수치이다. 그리고 탄착점 측정 시스템을 통해 출력되는 MAD이다. 화살 성능 예측 모델의 입·출력 데이터로 사용하였다.

$$\begin{aligned}
 Mean &= \frac{A+B+C}{3} \\
 y = MAD &= \frac{|A-Mean|+|B-Mean|+|C-Mean|}{3}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

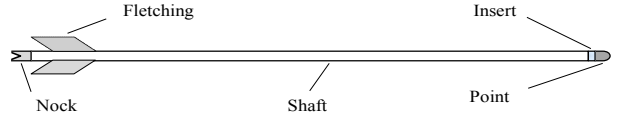


그림 4. 화살의 각 부위 명칭  
Fig. 4. Name of arrow's part

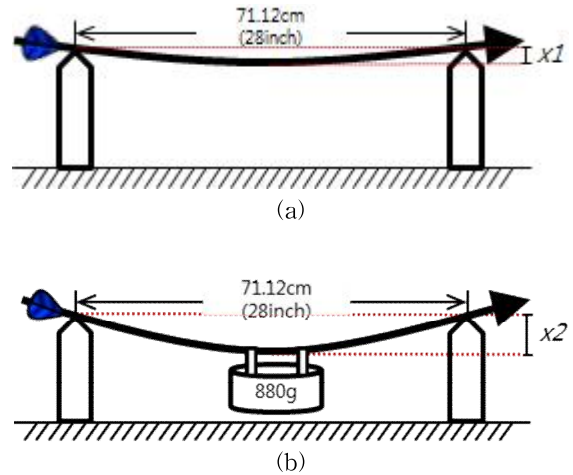


그림 5. 화살의 곧기와 스파인: (a) 화살의 곧기 측정방법 (b) 화살의 스파인 측정 방법

Fig. 5. Straightness and the spine of the arrow: (a) Measuring method of arrow's straightness (b) Measuring method of arrow's spine

표 1. 모델의 입·출력 데이터  
Table 1. Input-output data pair

No.	Input		Output
	straightness	spine	MAD(mm)
1	0.3747	0.3906	6.21
2	0.3395	0.1953	1.53
3	0.3395	0.1797	1.75
4	0.2919	0.2578	5.19
5	0.2567	0.2968	4.85
		⋮	
75	0.3499	0.6094	8.31
77	0.5507	0.8125	6.68
76	0.3685	0.7656	6.93
78	0.4699	0.8438	10.8
79	0.5942	0.9297	8.48



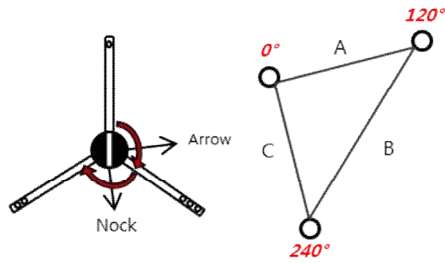


그림 6. 화살의 후면과 슈팅 결과에 따른 탄착군  
 Fig. 6. Backside of arrow and impact point group by arrow shooting result

4. 실험 및 결과

탄착점 성능에 대한 예측 모델은 ANN을 사용하였다. ANN은 비선형 현상의 모델링 및 다변량 회귀 문제를 해결하기 위해 다양한 프레임 워크를 제공한다. 그리고 블랙박스 모델로 시스템 또는 프로세스의 물리적 표현이 필요하지 않으며, 복잡하고 비선형 문제를 해결할 때 사용된다.[7] 본 논문에서는 ANN의 구조는 2-2-1 feed-forward network를 사용하였다. Learning rate는 0.01이고, Training data와 Test data 79개를 3개의 케이스로 분류하였다. 결과는 그림 7의 반응 표면과 표 2와 모델의 RMSE(root mean square error)로 도출하였다.

모델의 입력은 독립적인 변수로 스파인과 끈기를 사용하였다. 끈기는 화살의 휘어진 정도를 나타내는 수치이고, 0에 근접할수록 MAD는 수치는 작아진다. 스파인은 화살의 탄성을 나타내는 수치이고, 활에 따라 적합한 스파인을 선택해야한다. 본 논문에서 제안한 화살 성능 예측 모델을 통해서 현재 슈팅 실험을 한 활의 최적화된 화살을 선택할 수 있다.

표 2. Artificial Neural Network 적용 결과  
 Table 2. Result of Artificial Neural Network

	Training RMSE	Test RMSE
case 1	1.68 mm	1.71 mm
case 2	1.77 mm	1.51 mm
case 3	1.66 mm	1.52 mm

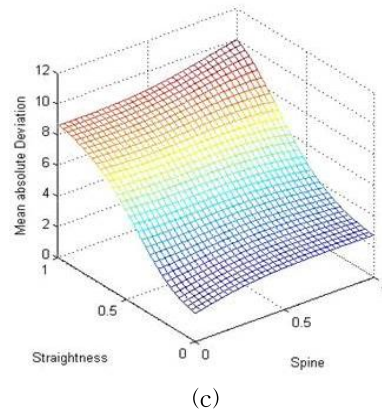
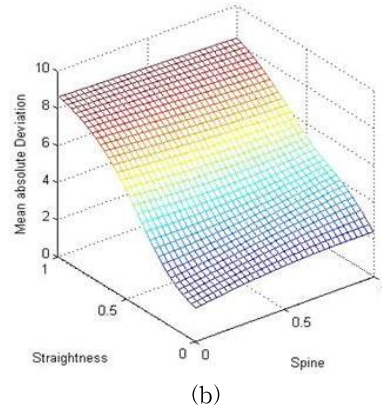
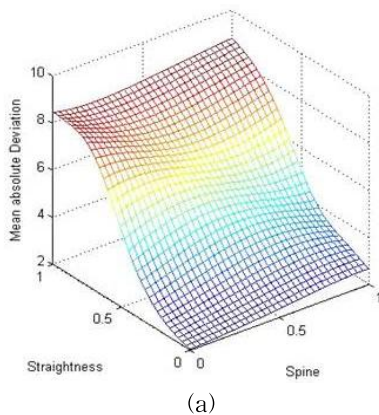


그림 7. 화살 성능 예측 모델의 반응 표면: (a) case 1 (b) case 2 (c) case 3

Fig. 7. Response Surface of arrow's performance prediction model : (a) case 1 (b) case 2 (c) case 3

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 화살의 탄착점 분포를 수치적으로 출력할 수 있는 시스템과 완성된 화살이 가지는 외생 변수를 이용하여 화살 성능 예측 모델을 수행하였다. 화살의 위치 정보를 좌표로 출력하기 위해 라인레이저와 포토다이오드 센서를 사각 모양의 프레임에 설치하여 센서 데이터를 계속 받아 화살의 탄착점을 표출하였다. 화살의 노크를 120도 회전시켜 3번 슈팅하고, 출력되는 삼각형 모양의 좌표를 이용하여 MAD를 출력하고, 완성된 화살이 가지는 외생변수 스파인과 끈기를 이용하여 화살 성능 예측 모델의 입·출력 데이터를 구성하였다. 측정된 화살의 입·출력 데이터를 비선형 현상의 모델링 및 다변량 회귀 문제에 사용되는 ANN을 이용하여 성능 예측 모델 수행하였다. 반응표면 모델의 성능을 분석하고 RMSE를 통해서 모델의 성능을 검증하였다. 제안된 성능 예측 모델을 통해서 활에 따른 적합한 스파인의 화살을 선택할 수 있었다.

본 논문의 연구 결과를 토대로 하여 양궁선수 개인 활에 따른 적합한 화살을 선택할 수 있다. 그리고 측정 시스템의 프레임 확장하여 화살의 모양 복원 연구와 화살의 성능을 평가하는 요소 중 공사의 패러독스 크기 측정을 통해 화살 성능하의 상관관계에 대해서 연구를 계속 수행할 것이다.

## References

- [1] J. L. Park, "Minimizing wind drift of an arrow," *Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, vol. 226, no. 1, pp. 52-60, 2012.
- [2] M. Rieckmann, J. L. Park, J. Codrington and B. Cazzolato, "Modelling the three-dimensional vibration of composite archery arrows under free-free boundary conditions," *Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, vol. 226, no. 2, pp. 114-122, 2012.
- [3] B. W. Kooi, "On the mechanics of the arrow: Archer's Paradox," *Journal of Engineering Mathematics*, vol. 31, no. 2-3, pp. 285-303, 1997.
- [4] J. L. Park and O. Logan, "High-speed video analysis of arrow behaviour during the power stroke of a recurve archery bow," *Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, vol. 227, no. 2, pp. 128-136, 2013.
- [5] J. L. Park, "The behaviour of an arrow shot from a compound archery bow," *Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, vol. 225, no. 1, pp. 8-21, 2011.
- [6] J. Yu, H. Lee, Y. Jeong, "Measuring System for Impact Point of Arrow using Mamdani Fuzzy Inference System," *Journal of Korea Institute of Intelligent systems*, vol. 22, no.4, pp. 521-526, 2012.
- [7] Y. Jeong, H. Lee, J. Yu, "Measurement and Calibration System of Arrow's Impact Point using High Speed Object Detecting Sensor," *The Second International Conference on Intelligent Systems and Applications*, pp. 167-172, 2013.
- [8] M. Khayet, C. Cojocar, M. Essalhi, "Artificial neural network modeling and response surface methodology of desalination by reverse osmosis," *Journal of Membrane Science*, vol. 368, no. 1, pp. 202-214, 2011.

## 저 자 소 개



### 정영상(Yeongsang Jeong)

2010년 : 경남대학교 정보통신공학과 공학사  
 2012년 : 경남대학교 첨단공학과 공학석사  
 2012년~현재 : 부산대학교 전자전기공학과 박사과정

관심분야 : Digital signal Processing, Fuzzy, Recognition, Adaptive Noise Control, Soft Computing  
 Phone : +82-10-6722-6909  
 E-mail : dalpangi03@pusan.ac.kr



### 김성신(Sungshin Kim)

1986년 : 연세대학교 전기공학과 공학석사  
 1996년 : Georgia Inst. of Technology, 전기및컴퓨터공학부 공학박사  
 1998년~현재 : 부산대학교 전기공학부 교수

관심분야 : Intelligent System, Intelligent Robot, Fault Diagnosis and Prediction  
 Phone : +82-51-510-2374  
 Fax : +82-51-513-0212  
 E-mail : sskim@pusan.ac.kr