

# 인공신경망 알고리즘을 이용한 거세한우 영양소 섭취량에 따른 체척 및 체중 추정

박명선, 이현정, 문성진, 엄경환, Borhan Shokrollahi, 박성민, 장선식\*  
농촌진흥청 국립축산과학원

## Estimating body size traits and weight of Hanwoo steers based on nutrient intake using artificial neural networks algorithm

Myungsun Park, Hyunjeong Lee, Sung Jin Moon, Kyung Hwan Um,  
Borhan Shokrollahi, Seong Min Park, Sunsik Jang\*

National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Republic of Korea

**요약** 본 연구는 거세 한우의 월령별 영양소 섭취량으로 체척 및 체중을 예측하는 연구로써, 영양소 섭취량을 이용한 체중의 예측 가능성을 확인하고자 수행되었다. 시험은 2019년부터 2022년까지 수행되었으며, 45두의 한우 거세우를 공시하였다. 데이터 수집을 위하여 개체별 사료 섭취량을 ICT 장비를 이용하여 수집하고, 영양소 섭취량으로 환산하였다. 체중과 체척은 월별로 데이터를 측정하여 수집하였으며, 모든 모델은 인공신경망 알고리즘을 이용하여 개발하였다. 체척 형질의 예측모델 중 예측력이 가장 높은 형질은 흉위로 나타났으며, 이는 흉위가 영양소 섭취량에 영향을 많이 받음을 내포한다. 흉위는 체중을 예측하는 대표적인 인자로서 많이 사용되고 있으며 본 연구에서도 사양단계별 일당증체량과 높은 상관성을 보여 체중에 가장 영향을 많이 미치는 인자로 작용함을 알 수 있었다. 가장 낮은 예측력을 보인 체척 형질은 개월령에 따라 성장 변화 크기가 작은 좌골폭으로 나타났다. 이러한 체척 형질을 입력층으로 하여 출력된 체중은 결정계수가 0.98을 나타내어 높은 예측력을 보였다. 이는 영양소 섭취량을 이용하여 거세우의 개월령별 체중의 높은 예측이 가능함을 시사한다. 이를 활용하면 농가에서도 월령별 영양소 섭취량을 이용하여 체중 예측이 가능할 것으로 판단되며, 스마트팜과 이미지 및 영상정보를 이용한 다양한 연구분야에서도 체중 예측력을 높이는 기초모델로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

**Abstract** This study aimed to evaluate the ability of nutrient intake to predict body size and weight in castrated Hanwoo steers. The study was conducted from 2019 to 2022 and involved 45 castrated Hanwoo cattle. Individual feed intake data were collected using ICT (Information and Communications Technology) equipment and converted into nutrient intake values. Body weights and various body size traits were measured monthly. Predictive models were developed using artificial neural network algorithms. Of the predictive models based on body size traits, chest height demonstrated the highest predictive accuracy, underscoring the significance of the relationship between nutrient intake and chest girth. Notably, chest girth, which is commonly used to predict body weight, was strongly correlated with average daily gain at various growth stages. The derived weight prediction model, based on body size traits as independent variables, achieved an R-squared value of 0.98, indicating high predictability. These results suggest that it is possible to forecast body weight based on monthly nutrient intakes on farms. This derived model could be used to better predict body weights in research areas utilizing smart farms, image data, and video information.

**Keywords** : Hanwoo Steers, Body Weight, Body Size Trait, Artificial Neural Network, Predict Model

본 논문은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 스마트팜다부처패키지 혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음.  
(421022-04)

\*Corresponding Author : Sunsik Jang(Rural Development Administration, Republic of Korea)  
email: jangsc@korea.kr

Received October 4, 2023

Revised November 1, 2023

Accepted November 3, 2023

Published November 30, 2023

## 1. 서론

한우 농가의 생산성을 높이기 위해서는 적정 사료를 급여하여 사료비 절감과 높은 도체성적을 받아야 한다. 하지만, 현재 코로나 19가 지속되면서 경제적으로 타격을 입고, 무역이 감소됨에 따라 사료가격이 상승되어 많은 농가들이 도산되는 상황이다. 이에 따라, 적정 사료 급여를 통해 잉여 영양소를 저감하고 탄소배출량을 저감하는 정밀 사양 방식이 필요하다. 사료에서 이용되는 영양소는 조단백질(crude protein, CP), 중성세제불용성 섬유소(neutral detergent fiber, NDF) 및 가소화영양소총량(total digestible nutrients, TDN)이 대표적이며 이는 한우 비육에 중요한 영양소원이다.

반추동물의 가장 중요한 특징은 반추위(제 1위)의 반추활동(퇴생김질)과 반추위 미생물에 의한 소화이다. 반추위 내 미생물은 1 mL당 100-1,000억 마리의 미생물이 분포한다[1]. 반추동물이 사료를 섭취하면 제 1위에서 미생물이 사료를 분해하고, 휘발성지방산 등의 흡수가 반추위벽 용모를 통해 이루어진다. 소화된 사료가 소장으로 넘어가면 나머지 휘발성지방산들이 소장에서 흡수된다. 이에 따라, 반추위 미생물의 우점균에 따라 사료를 분해 및 흡수하는 영양소 차이가 생기며, 반추위 용모의 발달에 따라서 흡수율이 다르므로 영양소의 요구량은 개체별로 상이하다.

개체의 반추위 환경은 성장단계에 따라 사료의 영양소 및 섭취량에 따라 변화하며 환경을 조성한다. 반추동물의 사료는 조사료와 농후사료로 분리되며, 조사료는 초식동물인 반추동물에게 중요한 사료이다. 조사료의 대표적인 영양소원은 NDF로써 셀룰로스와 헤미셀룰로스 및 리그닌 등과 같이 소화가 잘 되지 않거나 느리게 소화되는 물질을 포함하고 있다. 농후사료는 탄수화물이 많이 함유되어 있어 에너지 함량을 높여 체중을 높인다. 대표적인 영양소원은 CP와 TDN으로 에너지 함유량을 나타낸다. 대부분의 농가에서는 사양단계에 알맞은 영양소의 수준으로 사료를 배합하여 급여한다.

한우의 사료 섭취량은 간접적으로 건강상태 파악이 가능하며, 원활한 성장을 위한 일일 사료 급여량을 확인하여 영양소 요구량을 산출할 수 있다. 또한, 체중 정보는 농가의 수익과 직결되며 성장률 측정 및 출하를 위한 목표 수치의 확인이 가능한 축산 농가 입장에서 중요한 정보이다[2]. 그러나, 실제 축산 농가는 체중 정보가 동물의 사양관리에 적극적으로 활용되지 않으며, 소수의 농

가를 제외하고 우형기를 가진 농가도 많지 않은 상황이다[3]. 따라서, 농가에서는 체중에 따른 적정 사료 급여량을 추정할 수 없어 가족사양표준을 기반으로 동일한 영양소를 급여하고 있는 실정이다. ICT (Information and Communications Technology) 장비는 개체별 사료 섭취량과 체중을 확인 할 수 있어 개체별 영양소 요구량을 산출과 체중 변화의 예측이 가능하다. 이러한 ICT 장비가 이용되는 스마트팜은 축산 운영에 필요한 동물의 건강, 사양, 유전 및 번식 등의 다양한 분야의 전문 지식이 도입되고 있어, 사용비중이 높아지며 생산성 향상에 도움을 주고 있다.

현재 대부분의 스마트팜은 1차원적인 형태로만 운용되고 있으며, 단위동물에 비하여 반추동물에 다양한 환경적 요인 때문에 농가의 이용률이 떨어진다. 인공신경망(artificial neural network, ANN)은 복잡한 반추위 발효성상을 연구하는데 상당히 유용하다고 보고되었으나 [4], 정확한 데이터 확보가 어려워 의사결정을 지원 시스템이나 인공지능 등의 모델 도입 및 활용이 어렵다. 따라서, 본 연구는 섭취량 측정 및 자동 체중 측정 장치를 이용하여 수집된 데이터를 분석 및 정규화하고, 인공신경망(ANN) 알고리즘을 이용하여 개월령에 따른 초기 체중 예측 모델을 개발하고자 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 데이터 수집

본 연구의 2019년부터 2023년까지 개체별 일당 건물섭취량 및 체중 데이터는 조사료와 배합사료 섭취량 측정 장치 및 자동체중 측정기(※다운)를 이용하여 수집하였다. 또한, 사료섭취량에 건물(dry matter, DM)을 곱하여 개체별 일일 건물섭취량을 산출하였고, 일별 체중의 차이를 확인하여 일당증체량을 산출하였다. 개월령별 일당증체량 및 건물섭취량의 데이터 분포는 Fig. 1과 2에 제시하였다. 사양단계별 섭취한 사료 영양소는 건물량(kg)에 조단백질, 조지방(ether extract, EE), 유기물(organic acid, OM), 중성세제 불용성 섬유소(neutral detergent fiber, NDF), 산성세제 불용성 섬유소(acid detergent fiber, ADF), 비섬유성 탄수화물(non-fibre carbohydrates, NFC) 및 가소화영양소총량을 곱하여 섭취한 영양소의 함량을 산출하였다 (Table 1, 2, 3).

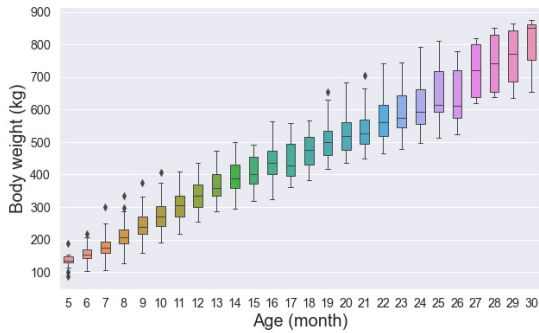


Fig. 1. Box plots of body weights by age of Hanwoo steers

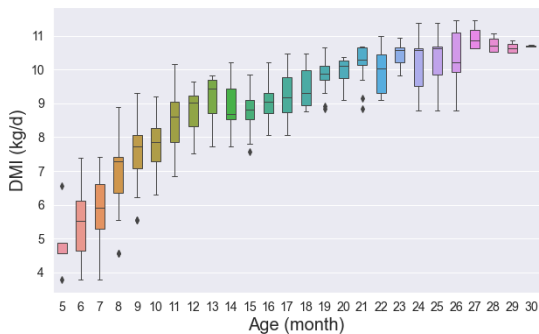


Fig. 2. Box plots of dry matter intake (DMI) by age of Hanwoo steers

Table 1. Basic statistics on the intake of each nutrient according to the growth period of Hanwoo steers

Item <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>	Mean	SD	Min	Med	Max
DM (kg/d)	385	7.40	1.35	3.77	7.69	10.17
CP (kg/d)	385	0.96	0.19	0.49	0.94	1.36
EE (kg/d)	385	0.24	0.05	0.12	0.24	0.34
OM (kg/d)	385	6.75	1.23	3.44	7.01	9.27
NDF (kg/d)	385	2.41	0.54	1.24	2.56	3.18
ADF (kg/d)	385	2.26	0.42	1.15	2.34	3.06
NFC (kg/d)	385	1.87	0.35	0.95	1.91	2.60
TDN (kg/d)	385	4.30	0.79	2.20	4.46	5.94

<sup>1</sup>DM, dry matter; CP, crude proein; EE, ether extract; OM, organic acid; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; NFC, non-fibre carbohydrates; TDN, total digestible nutrients

<sup>2</sup>N, the number of date; SD, standard deviation; Min, minimum; Med, median; Max, maximum

Table 2. Basic statistics on the intake of each nutrient according to the early fattening period of Hanwoo steers

Item <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>	Mean	SD	Min	Med	Max
DM (kg/d)	322	9.38	0.74	7.58	9.39	10.98
CP (kg/d)	322	1.36	0.14	1.03	1.35	1.72
EE (kg/d)	322	0.33	0.04	0.23	0.32	0.41
OM (kg/d)	322	8.29	0.67	6.46	8.35	9.61
NDF (kg/d)	322	3.85	0.75	1.80	4.08	4.82
ADF (kg/d)	322	2.60	0.25	2.02	2.57	3.20
NFC (kg/d)	322	2.59	0.38	1.84	2.54	3.54
TDN (kg/d)	322	5.46	0.50	4.21	5.44	6.62

<sup>1</sup>DM, dry matter; CP, crude proein; EE, ether extract; OM, organic acid; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; NFC, non-fibre carbohydrates; TDN, total digestible nutrients

<sup>2</sup>N, the number of date; SD, standard deviation; Min, minimum; Med, median; Max, maximum

Table 3. Basic statistics on the intake of each nutrient according to the late fattening period of Hanwoo steers

Item <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>	Mean	SD	Min	Med	Max
DM (kg/d)	62	10.45	0.63	8.77	10.59	11.45
CP (kg/d)	62	1.37	0.09	1.13	1.38	1.51
EE (kg/d)	62	0.48	0.03	0.40	0.49	0.53
OM (kg/d)	62	9.44	0.58	7.89	9.58	10.36
NDF (kg/d)	62	4.39	0.27	3.78	4.44	4.86
ADF (kg/d)	62	2.67	0.17	2.33	2.69	3.04
NFC (kg/d)	62	3.58	0.25	2.90	3.60	3.99
TDN (kg/d)	62	6.49	0.41	5.37	6.58	7.16

<sup>1</sup>DM, dry matter; CP, crude proein; EE, ether extract; OM, organic acid; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; NFC, non-fibre carbohydrates; TDN, total digestible nutrients

<sup>2</sup>N, the number of date; SD, standard deviation; Min, minimum; Med, median; Max, maximum

## 2.2 공시축 및 공시축 사양관리

공시축은 국립축산과학원 한우연구소에서 사양되는 거세우 45 두(5,6)를 대상으로 6 개월령~출하까지 데이터를 수집하였다. 공시축의 시험사료는 연구소 자체 비육프로그램을 기준으로 08 시와 16 시에 2 회 균등하게 분배하여 급여하여 ICT 장치에서 섭취하도록 하였다. 또한, 물과 무기물은 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다.

## 2.3 조사항목 및 조사방법

### 2.3.1 사료 일반성분 분석

모든 시험 사료의 일반성분 분석은 기간동안 분기별로 시료를 채취하여 AOAC (Association of official analytical chemist)[7] 방법에 준하여 분석하였다.

### 2.3.2 체중 및 체척 조사

ICT 장비 수집데이터와 실측 데이터의 비교 및 체중 예측을 위하여 개월령별 체중 및 체척을 조사하였다. 체중 측정은 우형기를 이용하여 측정하였고, 체척은 체척자를 사용하여 체고(wither height, WH), 십자부고(hip height, HH), 체장(body length, BL), 흉심(chest depth, CD), 흉폭(chest width, CW), 요각폭(rump width, RW), 곤폭(pelvic width, PW), 좌골폭(hipbone width, HW), 고장(rump length, RL)을 측정하였고, 줄자로 흉위(chest girth, CG)를 측정하였다.

### 2.3.3 인공신경망 알고리즘을 이용한 모델 개발

예측모델 개발에 앞서 데이터들의 정규화(Eq. 1)를 진행하였고, 학습 데이터와 검증데이터를 7:3 비율로 분류하여 모델을 개발하였다. 인공신경망 모델은 생물학적인 뉴런을 수학적으로 모델링화 한 것으로, 뉴런이 다른 뉴런으로부터 입력값을 받아 저장이 지속되고 용량이 넘으면 외부로 출력값을 내보내는 형상과 비슷하다. 즉, ANN은 여러 입력값을 받아 일정 수준이 넘으면 활성화되어 출력값이 나타난다. 일반적으로 사용되는 인공신경망은 다중인공신경망으로써 입력층(input layer), 은닉층(hidden layer) 및 출력층(output layer)로 구분된다(Fig). 본 연구에서는 인공신경망 알고리즘은 복잡한 활성화 함수로 ReLu (Rectified Linear Unit, Eq. 2)을 이용하였고, 은닉층을 3개로 지정하여 3층 퍼셉트론을 사용하였다. 각각의 체척 예측 모델의 입력층을 개월령, DM, CP, EE, OM, NDF, ADF, NFC 및 TDN으로 하여 각각의 체척의 크기를 예측하였고, 역정규화(Eq. 3) 후에 예측치와 관측치를 비교하여 예측력을 평가하였다. 각각의 예측된 체척의 크기(를 입력층으로 하여 개월령에 따른 체중을 출력하는 모델을 개발하였고 관측치와 대조하여 평가하였다.

$$x_{norm} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (1)$$

Where,  $x_{norm}$  is normalize data,  $x$  is observed data,  $x_{min}$  is minimum of data,  $x_{max}$  is maximum

of data

$$z = f\left(\sum_{i=1}^n x_i w_i\right) \quad (2)$$

Where,  $z$  is the equation for prediction of artificial neural network,  $f$  is activation function,  $x$  is input data,  $w$  is weights,  $n$  is the number of input layers

$$x_{denorm} = x_{norm}(x_{max} - x_{min}) + x_{min} \quad (3)$$

Where,  $x_{norm}$  is normalize data,  $x_{denorm}$  is denormalized data,  $x_{min}$  is minimum of data,  $x_{max}$  is maximum of data

## 2.4 통계분석

주요 요인과의 상관성분석은 Pearson's correlation test를 사용하여 상관계수와 유의성을 분석하였다. 모델의 관측치와 예측치의 예측력을 평가하기 위하여  $R^2$  (coefficient of determination, Eq. 4), MAE (mean absolute error, Eq. 5) 및 RMSE (root mean squared error, Eq. 6)를 구하여 예측 정확도를 확인하였다. 모든 데이터를 이용한 수집, 정규화 및 표준화와 모델 개발 및 시각화분석은 Python (ver 3.10.2)을 이용하여 분석하였다.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (4)$$

Where,  $n$  is the number of observations,  $y_i$  is the observed value for the  $i^{th}$  observation,  $\hat{y}_i$  is the forecasted/predicted value for,  $\bar{y}$  is mean value of  $y$ .

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}| \quad (5)$$

Where,  $n$  is the number of observations,  $y_i$  is the observed value for the  $i^{th}$  observation,  $\hat{y}_i$  is the forecasted/predicted value for the  $i^{th}$  observation.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (6)$$

Where,  $n$  is the number of observations,  $y_i$  is the observed value for the  $i^{th}$  observation,  $\hat{y}_i$  is the forecasted/predicted value for the  $i^{th}$  observation.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 주요 형질간의 상관분석

12개월령 체척에 관한 기초통계량은 Table 4와 같다. 분석에 사용한 데이터를 사양단계별로 나누어서 나타내었다. 개체의 체척의 크기를 비교하였을 때 한우 12개월령 거세우의 체척과 유사한 수치를 나타내어 일반 농가에서 대입이 가능할 것으로 생각된다[8].

Table 4. Basic statistics on body measurement traits and body weight of Hanwoo steers at 12 months of age

Item <sup>1</sup>	n <sup>2</sup>	Mean	SD	Min	Med	Max
BW (kg)	45	337.9	46.0	254.0	333.5	437.0
WH (cm)	45	120.2	4.7	110.0	120.0	130.0
HH (cm)	45	124.5	4.9	115.0	124.0	135.0
BL (cm)	45	135.1	7.0	120.0	135.0	151.0
CD (cm)	45	61.6	2.8	57.0	61.0	68.0
CW (cm)	45	36.7	3.0	29.0	36.5	43.0
RW (cm)	45	37.5	2.6	30.0	38.0	43.0
PW (cm)	45	40.0	2.7	33.0	41.0	45.0
HW (cm)	45	23.1	2.9	15.5	23.0	28.0
RL (cm)	45	46.4	2.9	40.0	46.0	54.0
CG (cm)	45	164.3	6.4	145.0	166.0	179.0

<sup>1</sup>BW, body weight; WH, wither height; HH, hip height; BL, body length; CD, chest depth; CW, chest width; RW, rump width; PW, pelvic width; HW, hipbone width; RL, rump lennth; CG, chest girth

<sup>2</sup>n, the number of date; SD, standard deviation; Min, minimum; Med, median; Max, maximum

Shirzeyli 등[9]은 체척 형질로 체중을 예측할 경우 좌골폭, 체고, 체장 및 흉위를 추가하면 예측력이 향상된다고 보고하였다. 이에 따라, 본 연구에서는 사양단계별 영양소 섭취량(DM, CP, TDN 및 NDF)과 체중, 일당증체량, 좌골폭, 체고, 체장 및 흉위를 상관성 분석하여 시각화 하였다. 사양단계별 영향을 미치는 요인을 확인하기 위해서는 일당증체량과 어떠한 상관성을 가지는지 확인하여야 한다. 육성기(6개월령~12개월령, Fig. 3) 및 비육전기(13개월령~22개월령, Fig. 4)의 체중은 영양소섭취량 중 CP와 가장 높은 상관성을 보였고, 일당증체량은 DM 및 TDN과 가장 높은 상관성을 보였다. 한우는 부위에 따라서 전구, 중구 및 후구로 분리한다. 체고와 십자부고는 개체의 전구를 표현하는데 중요한 형질이다. 육성기 일당증체량과 높은 상관성을 가진 체척은 체고와 흉위로 나타났고, 비육전기 일당증체량과 높은 상관성을

가진 체척은 흉위로 나타났다. 이에 따라 육성기에는 흉위와 체고가 성장하며, 비육전기에는 흉위와 적은 수치로 체장이 성장하는 것을 확인할 수 있다. 최 등[10]은 흉위와 체중과의 관계가 가장 높은 상관계수를 가지므로 성장기의 경우 흉위 측정이 체중을 가장 근접하게 예측할 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 육성기 및 비육 전기에 흉위와 체중과의 밀접한 상관계수를 나타나는 것으로 조사되었다.

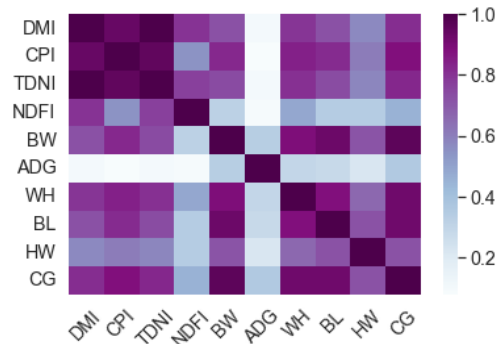


Fig. 3. Correlation analysis with major traits during the growing periods. DMI, dry matter intake; CPI, crude protein intake; TDNI, total digestible nutrients intake; NDFI, neutral detergent fiber intake; BW, body weight; ADG, average daily gain; WH, wither height; BL, body length; HW, hipbone width; CG, chest girth.

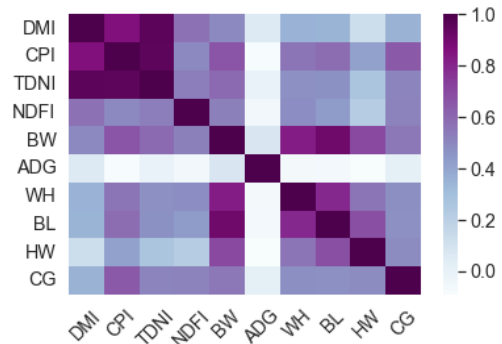


Fig. 4. Correlation analysis with major traits during the early fattening periods. DMI, dry matter intake; CPI, crude protein intake; TDNI, total digestible nutrients intake; NDFI, neutral detergent fiber intake; BW, body weight; ADG, average daily gain; WH, wither height; BL, body length; HW, hipbone width; CG, chest girth.

비육후기(23개월령~출하, Fig. 5)의 체중은 NDF 섭취량과 가장 높은 상관성을 보였으며, 일당중체량은 모든 영양소 섭취량과 높은 상관성을 보였다. 비육후기에서는 체척 형질 중 체장과 일당중체량이 가장 높은 상관계수를 보였고, 좌골폭도 높은 상관성을 나타냈다. 이는 일당중체량이 증가할수록 몸의 길이가 커지고, 후구의 지방이 축적 되는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라, 육성기에 전구 및 중구가 성장하고, 비육전기에는 중구와 체장이 성장하며 비육후기에는 체장과 후구가 성장하는 것을 알 수 있다.

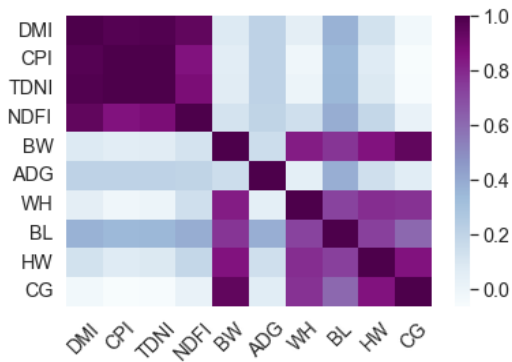


Fig. 5. Correlation analysis with major traits during the late fattening periods. DMI, dry matter intake; CPI, crude protein intake; TDNI, total digestible nutrients intake; NDFI, neutral detergent fiber intake; BW, body weight; ADG, average daily gain; WH, wither height; BL, body length; HW, hipbone width; CG, chest girth.

### 3.2 영양소 섭취량을 이용한 체척 예측모델 개발

개체의 섭취량에 따른 체척의 크기를 예측하여, 모델의 예측력을 평가하였다(Table 5). 체척 형질 중 전구에 포함되는 체고, 십자부고 및 체장의 결정계수( $R^2$ )가 85-86%를 나타내었다. 전구 체척의 예측모델은 개체별 영양소 섭취량에 따라 예측력이 높은 것을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 개월령별 개체의 영양소 섭취량이 체고, 십자부고 및 체장의 크기에 깊게 관여한다는 것을 알 수 있다. 중구는 폭이 깊고 넓어야 하며, 후구와 연결이 잘 되어있어야 한다. 체척 형질 중 중구를 나타내는 흉위, 흉심 및 흉폭의 결정계수는 0.78~0.89로 나타났다. 흉심의 경우 중구에서 가장 낮은 결정계수(0.78)를 보였는데 영양소에 따른 개체의 흉심에 대한 변이가 크기 때문인 것으로 사료된다. 후구를 나타내는 부위는 요각폭,

곤폭, 좌골폭 및 고장이다. 엉덩이 부분의 요각과 곤폭 및 좌골은 폭이 넓고 길어야 하며, 경사지지 않아 모양이 좋고 충실해야 한다. 후구의 결정계수는 0.60~0.87로 좌골폭이 가장 낮은 결정계수를 보였다. 체척 형질은 전체적으로 예측력이 높았으나, 좌골폭이 MAE가 0.09이고 RMSE가 0.11로 낮은 예측력을 보였다.

Table 5. Comparison of body size traits prediction statistic for the artificial neural network of Hanwoo steers

Model <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	MAE	RMSE
WH	0.86	0.05	0.06
HH	0.86	0.05	0.06
BL	0.85	0.05	0.07
CG	0.89	0.04	0.05
CD	0.78	0.05	0.08
CW	0.81	0.06	0.08
RW	0.87	0.05	0.07
PW	0.80	0.06	0.08
HW	0.60	0.09	0.11
RL	0.83	0.05	0.07

<sup>1</sup>WH, wither height; HH, hip height; BL, body length; CD, chest depth; CW, chest width; RW, rump width; PW, pelvic width; HW, hipbone width; RL, rump length; CG, chest girth  
R<sup>2</sup>, coefficient of determination; MAE, mean absolute error; RMSE, root mean squared error

### 3.3 예측된 체척형질을 이용한 체중 예측모델 개발

각각의 체척 예측 모델을 이용하여 영양소 섭취량을 입력층으로 하여 체척 형질을 예측하였고, 체척 형질의 예측치를 이용하여 체중을 예측하는 모델을 개발하였다(Fig. 6). Yilmaz 등[11]은 흉위 및 체장을 이용하여 양의 체중을 예측한 결과 0.87의 결정계수를 보였다. 본 연구에서는 월령과 모든 체척형질을 이용하여 예측하였기 때문에 0.98로써 개선된 결정계수를 보인 것으로 사료된다. 결과적으로 개월령별 영양소 섭취량을 통하여 체중을 예측하는 모델을 개발하였다. 최근 이미지 및 영상 자료를 기반으로 한우의 체형 형질을 예측하는 연구가 활발히 진행되고 있다[12-14]. 이전에 수행된 연구에서는 체중 예측모델의 결정계수가 0.84-0.89를 나타냈으므로, 본 연구에서 개발한 모델을 이용하여 이미지 및 영상 자료에 대입 시킨다면 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

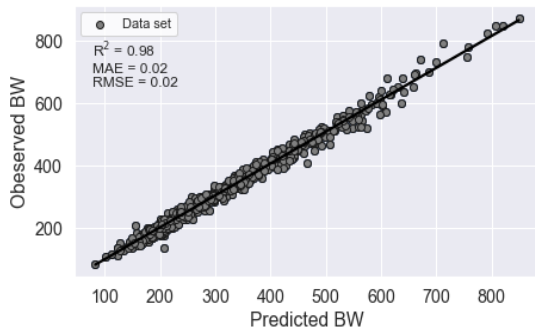


Fig. 6. plot comparing predicted and observed values of body weight by age of Hanwoo steers. BW, body weight.  $R^2$ , coefficient of determination; MAE, mean absolute error; RMSE, root mean squared error.

#### 4. 결론

본 연구에서는 2019년부터 2023년까지 수집된 데이터를 기반으로 체척 형질을 추정하고, 이러한 특성을 활용하여 체중을 예측함으로써 개월령별 섭취량을 기준으로 체중을 예측하는 모델을 개발하였다. 이를 역으로 이용하면 월령별 체중에 따른 적정 영양소 요구량을 산출할 수 있을 것이다. 개발된 모델은 인공지능망을 이용한 초기 모델로서, 개량이 되고 있는 한우에 발맞추어 지속적인 보완이 필요할 것으로 생각된다. 향후 연구에서 추가적인 개체별 데이터와 도체특성(근내지방도, 도체중 및 등심단면적 등)을 접목한다면 섭취량에 따른 도체특성 예측이 가능할 것으로 사료된다. 이는 한우산업과 한우 사양방법에 관련하여 보다 의미 있는 결과가 나올 가능성을 시사한다.

#### References

- [1] J. J. Ha, B. K. Kim, J. K. Yi, D. Y. Oh, C. W. Lee, Y.K. Oh, S. B. Lee, Y. H. Song, "Effect of Enzyme and Yeast Extract Supplement on Growth Performances, *in vitro* Ruminal Fermentation and Blood Parameters in Hanwoo Steers", *Journal of Agriculture and Life Science*, Vol.48, No.3, pp.173-190. Jun. 2014. DOI: <https://doi.org/10.14397/jals.2014.48.3.173>
- [2] C. B. Lee, H. S. Lee, H. C. Cho, "Cattle Weight Estimation Using Fully and Weakly Supervised Segmentation from 2D Images", *Applied Sciences*, Vol.13, No.5, pp.2896. Feb. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13052896>
- [3] National Institute of Animal Science, "Enhancement of economic feasibility through proper management of breeding cattle using standard Korean cattle". National Institute of Animal Science.
- [4] M. Cranninx, V. Fievez, B. Vlaeminck, B. D. Baets, "Artificial neural network models of the rumen fermentation pattern in dairy cattle", *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol.60, No.2, pp.226-238. Mar. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.08.005>
- [5] C. B. Lee, H. C. Cho, "Image-based Korean beef weight estimation using deep learning", *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol.70, No.9, pp.1136-1344. Aug. 2021. DOI: <http://doi.org/10.5370/KIEE.2021.70.9.1336>
- [6] E. G. Kwon, Y. M. Cho, J. B. Kim, "Effects of maternal Genetic Potential and Parity with Pre- and Postpartum on Body Weights, Body Condition Score and Blood metabolites in Hanwoo Cows", *Journal of Animal science and Technology*, Vol.48, No.6, pp.881-888. Dec. 2006.
- [7] A.O.A.C. Official Methods of Analysis (16<sup>th</sup> Ed). *Association of Official Analytical Chemists*, Arlington, VA. 1995, Washington D.C., USA.
- [8] D. Lee, S. Rho, M. Park, S. S. Lee, S. Lee, A. Mahboob, Y. C. Lee, C. G. Dang, H. K. Chang, J. G. Lee, "Prediction of body weight with the body measurements in 12 months age Hanwoo". *Journal of Animal Breeding and Genomics*, Vol.5, No.4, pp.199-207. Dec. 2021. DOI: <https://doi.org/10.12972/jabng.20210019>
- [9] F. H. Shirzeyli, A. Lavvaf. A. Asadi, "Estimation of body weight from body measurements in four breeds of Iranian sheep". *Songklanakarinn Journal of Science & Technology*, Vol.35, NO.5. pp.507-511. Oct. 2013.
- [10] I. Choi, D. Shin, S. Jeong, S. Seo, "Use of morphometric measurement for estimation of AI timing of Hanwoo heifer (Korean native cattle)", *Journal of Embryo Transfer*, Vol.31, No.3, pp. 261-265. Sep. 2016. DOI: <https://doi.org/10.12750/JET.2016.31.3.261>
- [11] O. Yilmaz, I. Cemal, O. Karaca, "Estimation of mature live weight using some body measurements inkarya sheep", *Tropical Animal Health and Production*, Vol.45, No.2, pp.397-403, Jul. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0229-7>
- [12] C. Lee, H. Cho, "Application of Deep Learning-based Image Segmentation Algorithm for Korean Cattle Weight Estimation", *The Transactions of the Korean institute of Electrical Engineers*, Vol.70, No.9, pp.1336-1344, Aug. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2021.70.9.1336>
- [13] D. Lee, Y. G. Cho, Y. N. Song, Kefala, K. S. Seo, "Validation the Significance of Body Condition Score and Body Composition Traits estimated based on image data for Prediction Meat Quantity Traits in Korean Cattle", *Journal of Animal Breeding and*

Genomics, Vol.6, No.1, pp.19-26, Mar. 2022.

DOI: <https://doi.org/10.12972/jabng.20220003>

- [14] H. Cho, C. Lee, Y. Park, "Image-based Korean Cattle Weight Estimation System using Top View Image", *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol.71, No.1, pp.246-252, Jan. 2022.  
DOI: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2022.71.1.246>

박 명 선(Myungsun Park)

[정회원]



- 2017년 2월 : 전북대학교 농업생명과학대학 동물자원과학과 (학사)
- 2019년 2월 : 전북대학교 농업생명과학대학 축산학과 (농학석사)
- 2022년 2월 : 전북대학교 농업생명과학대학 축산학과 (농학박사)
- 2023년 1월 ~ 현재 : 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

반추동물영양학, 동물사양학

이 현 정(Hyun-Jeong Lee)

[정회원]



- 1990년 2월 : 서울대학교 농과대학 축산학과 (농학사)
- 1992년 2월 : 서울대학교 농과대학원 축산학과 (농학석사)
- 1999년 2월 : 서울대학교 농생명과학대학원 동물자원과학과 (농학박사)

- 1992년 7월 ~ 현재 : 국립축산과학원 농업연구관

<관심분야>

한우 영양생리, 지방대사

문 성 진(Sung-Jin Moon)

[정회원]



- 2018년 2월 : 건국대학교 동물생명공학과 (학사)
- 2023년 8월 ~ 현재 : 건국대학교 일반대학원 축산학과 (석박 통합과정)
- 2022년 7월 ~ 현재 : 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

반추영양학

엄 경 환(Kyung-Hwan Um)

[정회원]



- 2017년 2월 : 상지대학교 동물자원학과 (농학학사)
- 2019년 2월 : 강원대학교 동물자원학과 (농학석사)
- 2023년 2월 : 강원대학교 동물자원학과 (농학박사)
- 2023년 1월 ~ 현재 : 국립축산과학원 한우연구소 전문연구원

<관심분야>

반추영양학

Borhan shokrollahi

[정회원]



- 2001년 7월 : Ilam University (학사)
- 2003년 12월 : Tarbiat Modarres university (축산학석사)
- 2010년 1월 : Science and Research Branch of Azad university (축산학박사)

- 2023년 5월 ~ 현재 : 국립축산과학원 한우연구소 전문연구원

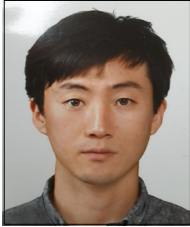
<관심분야>

동물유전학, 동물영양생리, 동물번식



박 성 민(Seong Min Park)

[정회원]



- 2012년 3월 : 전남대학교 동물자원학과 (학사)
- 2016년 8월 : 충남대학교 낙농자원학과 (석사)
- 2022년 3월 : 충남대학교 낙농자원학과 (박사 수료)
- 2011년 10월 ~ 현재 : 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

반추동물영양학

---

장 선 식(Sunl-Sik Jang)

[정회원]



- 1996년 8월 : 충북대학교 대학원 축산학과 (축산학석사)
- 2002년 2월 : 충북대학교 충북대학원 축산학과 (반추영양학박사)
- 1993년 1월 ~ 1994년 12월 : 농촌진흥청 고령지시험장 축산연구사
- 1994년 12월 ~ 현재 : 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

반추동물영양학, 동물영양학, 동물번식학