

헤도닉 모형을 이용한 프로필 사진 NFT의 가치 영향 요인 분석

이근철¹ · 이희정^{2†} · 구훈영³

¹건국대학교 경영대학 / ²한양대학교 산업융합학부 / ³충남대학교 경영학부

A Study on Value Determinants of Profile Picture NFTs Using Hedonic Models

Geun-Cheol Lee¹ · Heejung Lee² · Hoon-Young Koo³

¹College of Business Administration, Konkuk University

²School of Interdisciplinary Industrial Studies, Hanyang University

³School of Business, Chungnam National University

In this study, we explore factors that affect the value of non-fungible tokens (NFTs). NFTs have been expected to play an important role in the future digital environment because they are made of blockchain technology that can prove ownership of digital assets. In this study, we focus on the value determinants of a representative project of profile picture NFTs among the most actively traded collectible NFTs, that is Bored Apes Yacht Club (BAYC). In order to do this, we first collected attribute information and trading history data of BAYC. Next, we proposed a metric that can measure the value of NFTs at any point in time. We also identified the attributes of NFTs that can affect their values in both quantitative and qualitative aspects. For each case, we construct a semi-log regression model based on the hedonic pricing model to understand the explanatory power of each, which attributes of BAYC NFTs are relatively influential, and which attribute values have a positive impact on NFT valuation. We finally proposed an integrated model which is composed of both qualitative and quantitative factors as well as an interaction effect. In terms of the adjusted coefficient of determination value, the model showed an explanatory power close to 70% to explain the valuation of BAYC NFT.

Keywords: Non-Fungible Token, Profile Picture NFT, Hedonic Model

1. 서론

블록체인을 활용하여 디지털 자산의 소유권을 증명할 수 있는 대체 불가능한 토큰(Non-Fungible Token, NFT)이 근래 들어 많은 분야에서 활용되고 있다. 2021년도 NFT 거래액은 약 177억 달러로 전년 대비 200배 이상 증가할 정도로 폭발적인 성장세를 보였다(NonFungible, 2022a). 콜린스 사전(Collins, 2022)의 2021년 올해의 단어로 'NFT'가 선정되었을 정도로 많은 관심을 받던 NFT 시장은 2022년도의 전 세계적인 통화 및 재정 긴축 상황과 함께 그 규모가 많이 축소되었다. 그럼에도 불구하고, NFT가 메타버스로 대표되는 미래의 디지털 세상에서 가

치 교환을 가능케 하는 핵심 요소라는 점에서, 이러한 긴축 기간이 오히려 가치 있는 NFT를 선별할 수 있는 기회로 작용할 수 있다. 또한 꾸준히 주목받고 있는 NFT는 여전히 존재하고 이러한 NFT는 대체 자산의 역할을 수행할 것으로 기대되기 때문에 그러한 자산에 대한 가치 평가가 필요하다.

NFT 시장에 참여하는 소비자 또는 투자자가 NFT를 어떻게 활용할 지에 관해서는 다양한 의사결정이 존재할 수 있다. 본 연구에서는 그 중에서 가장 기본적이고 핵심적인 의사결정 중에 하나인 NFT의 가치를 평가하는 연구를 수행하고자 한다. NFT 가치에 대한 상승 기대는 소비자 또는 투자자가 NFT 시장에 참여하는 가장 중요한 요인 중에 하나일 것이다. 본 연구

† 연락처 : 이희정 교수, 04763 서울특별시 성동구 왕십리로 222 한양대학교 산업융합학부, Tel : 02-2220-2364, Fax : 02-2220-2347, E-mail : stdream@hanyang.ac.kr

2022년 8월 29일 접수; 2022년 11월 11일, 2022년 12월 26일 수정본 접수; 2023년 1월 2일 게재 확정.

에서는 개별 NFT의 가치에 영향을 주는 요인을 분석하여 소비자/투자자에게 어느 NFT가 과소 평가되어 있는지 또는 과대 평가되어 있는지를 제안하고자 한다. 본 연구 결과를 활용하여 개별 NFT 투자에 합리적인 기준이 제시되는데 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

NFT의 종류는 수집품(collectibles), 게임, 예술품, 메타버스, 유틸리티 이렇게 다섯 가지로 분류될 수 있다(Kraeussl and Tugnetti, 2022). 본 연구에서는 그 중에서 가장 큰 거래 규모를 갖는 수집품, 그리고 수집품 중에서도 픽셀 캐릭터 또는 프로필 사진(Profile Picture, PFP)으로 불리는 PFP NFT의 가치 추정에 초점을 맞춘다. PFP는 미학적으로나 경제적으로나 NFT 시장을 지배하고 있는 형식이다(Steiner, 2022). 최대 NFT거래소인 OpenSea의 역대 거래액 상위 10개의 NFT 프로젝트 중에 여섯 개가 PFP NFT에 해당한다(OpenSea, 2022). Steiner(2022)는 PFP의 특성을 다섯 가지 제시하였다: 1) 대량의 유사 이미지로 구성됨 2) 공통적인 템플릿을 사용함 3) 의인화된 객체를 묘사함 4) 몇 가지 속성(attribute 또는 trait)이 존재함 5) 적절한 속성의 조합으로 생성됨. PFP NFT는 주어진 속성 조합에 따라 희귀한 그림이 만들어질 수 있기 때문에 말그대로 대체불가능한 토큰으로 발행되는데 알맞은 조건을 갖고 있다. <Figure 1>에는 대표적인 PFP NFT인 크립토펑크(Cryptopunk)와 BAYC(Bored Ape Yacht Club)의 일부 PFP가 나열되어 있다.

라바랩스(Larva Labs)에서 제작한 크립토펑크는 10,000개의 다소 간단한 픽셀 이미지 프로필을 서로 다른 토큰으로 발행한 것인데, NFT의 시초에 해당되는 역사성 그리고 희소성으로 인해 그 가치를 매우 높게 평가받고 있다. 7523번 크립토펑크는 소더비 경매에서 천만 달러가 넘는 금액에 거래가 되기도 하였다(Sotheby's, 2022). 본 연구에서는 또 다른 대표 PFP NFT 프로젝트인 BAYC의 가치 추정을 고려하고자 한다. 유가랩스(Yuga Labs)에서 발행한 BAYC도 크립토펑크와 마찬가지로 서로 다른 10,000개의 '지루한 원숭이' PFP로 구성되어 있다. 2021년 4월에 나온 BAYC는 2017년 출시된 크립토펑크의 가치를 8개월만에 추월하고 가장 가치있는 NFT수집품으로 평가받고 있

다(Kireyev, 2022). 2022년 2분기에 가장 높은 수익이 발생한 상위 다섯 개의 NFT 거래 중 네 개가 PFP NFT에 해당하고 그 중 두 개가 BAYC 프로젝트였다(NonFungible, 2022b). 이 두 PFP는 6388번과 7537번 '지루한 원숭이'이고, 각각 100만 달러와 120만 달러 정도에 매매되었다. 본 연구에서는 수많은 NFT 프로젝트 중 가장 대표적인 NFT 프로젝트에 해당하는 BAYC를 연구 대상으로 한정하고 BAYC에 속한 개별 NFT의 가격 결정 요인을 도출하여 가치를 추정하고자 한다. BAYC와 같은 PFP NFT는 동일 컬렉션 내에서도 서로 다른 가치를 갖는 수많은 토큰이 존재한다는 점에서 다른 유형의 NFT나 가상 자산과는 차별적인 특성을 갖고 있다. 따라서, BAYC에서 속한 수많은 토큰의 어떠한 내재적 특성이 해당 토큰의 가치에 영향을 미치는지에 초점을 맞추어 연구하고자 한다.

NFT 가치 추정 또는 가격 결정 요인에 대한 연구는 지금이 시작 단계이다. 특히, 국내연구는 전무하다. NFT보다 앞서 블록체인 기술이 활용된 암호화폐의 가격 결정 요인에 관한 연구는 국내외적으로 이루어지고 있지만, 그리 많지 않은 편이다(Lee et al., 2019). 비트코인의 가격 결정요인을 국내 상황에 한정하여 실증분석한 Lee et al.(2019)의 연구에서는 수요공급 요인, 실물경제 요인, 심리적 요인 등이 비트코인 수익률에 영향을 미치는지를 회귀분석 등을 통해 살펴보았는데, 네이버나 구글 트렌드 지수로 파악되는 심리적인 요인만을 유의미한 가격 결정 요인으로 파악하였다. 그 밖에 비트코인 가격이 여러 가지 전통적인 금융자산과 어떠한 상관성이 있는지에 대한 기존 연구를 찾아볼 수 있다(Lee et al., 2018). 동일한 블록체인 기술을 이용했다는 점에서 암호화폐의 가격 결정 요인 연구를 참조할 수 있겠지만, 암호화폐는 대체 가능하고 NFT는 대체 불가능한 자산이라는 근본적인 차이를 갖고 있기 때문에 NFT의 특성에 맞는 가치 추정 연구가 필요하겠다. NFT 가치 추정에 관한 연구가 시작 단계이지만, 많은 관심도에 따라 2021년과 2022년에 들어 관련 연구가 증가하고 있다. Kraeussl and Tugnetti(2022)는 NFT 가격 결정요인과 활용 사례 등에 관한 조사 연구를 수행하였다. 이 조사 연구에 따르면, 헤도닉

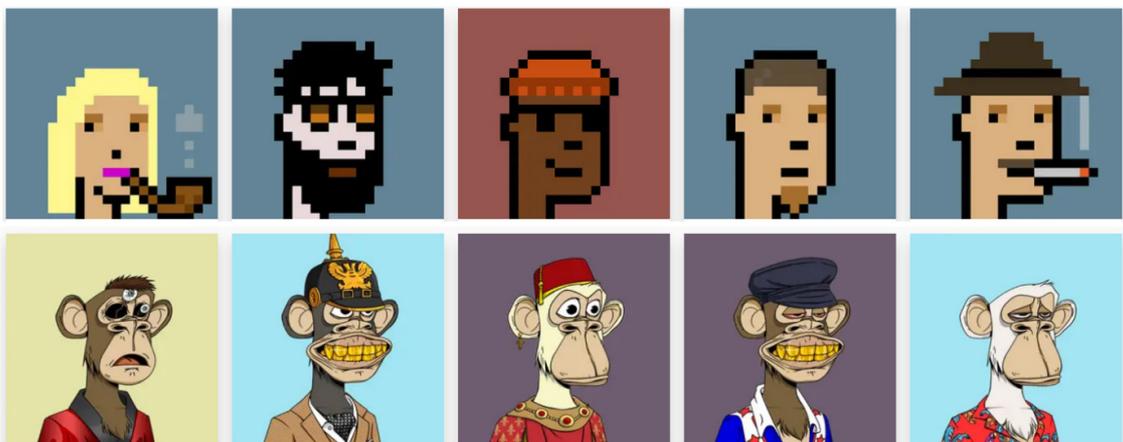


Figure 1. Samples of Cryptopunk (upper line) and BAYC (lower line) PFPs

(Hedonic) 회귀모형을 이용하여 NFT 가격 결정요인을 분석한 연구가 가장 많이 나타났고, 그밖에 벡터자기회귀(Vector Autoregressive)나 웨이블릿(Wavelet)과 같은 시계열 기반의 모형을 이용한 연구가 있었다. 이 중 최근에 게재된 연구 몇 가지를 소개한다(최신 분야라는 특성 상 조사된 다수의 연구는 출판 전 논문의 형태로 SSRN과 같은 아카이브에 공개된 상태이다). Dowling(2022)은 웨이블릿 분석을 이용하여 몇몇 NFT간 그리고 암호화폐간에 상관관계를 분석하여 NFT 가격이 서로 영향을 미치는지 특정한 암호화폐로부터 영향을 받는지 파악하였다. Schaar and Kampakis(2022)는 NFT의 시초로 평가받는 크립토펙크에 대하여 NFT의 가격에 영향을 주는 내부 속성들이 무엇인지 헤도닉 회귀모형을 통해 파악하였다. Nadini *et al.*(2021)에서는 여러 종류의 NFT에 대해서 시각화를 통하여 NFT간 상관관계를 종합적으로 분석하고 선형 회귀모형을 이용하여 1차 및 2차 판매 가격을 예측하였다. 기존 연구에서는 NFT가 갖는 내재적 요인과 경제적 상황이나 다른 금융자산의 가치와 같은 외재적 요인을 다양하게 분석하여 가격 결정요인을 파악하고 있는데, 대체적으로 NFT의 가치가 외부 요인의 영향은 덜 받는다는 결론을 얻고 있다. 이러한 점에서 본 연구에서는 BAYC에 속한 개별 NFT간의 가치 차이가 어떠한 내재적 요인에 의해 발생하는지를 중점적으로 파악하고자 한다. 또한, 전통적인 예술품의 가치평가에서는 해당 작품의 작가의 특성이 주요한 가치 영향 요인으로 고려되지만, 동일 프로젝트에 속한 PFP NFT의 경우 이러한 차이는 발생하지 않기 때문에 개별 NFT의 내재적 특성 요인에 집중하여 가치 영향 요인

을 파악할 필요가 있다.

논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성되어 있다. 다음 장에서는 BAYC NFT와 관련하여 어떠한 자료가 어떻게 수집이 되었는지 설명하고 수집된 자료를 요약하여 소개한다. 제3장에서는 개별 NFT의 가치를 어떻게 측정하는지 본 연구에서 제안하는 척도를 소개한다. 제4장에서는 BAYC NFT의 가치에 영향을 주는 주요한 요인에 대하여 설명한다. 제5장에서는 회귀모형을 이용하여 NFT의 가치와 영향 요인간의 인과관계를 파악하고 회귀분석 결과를 상세히 설명한다. 마지막 장에서는 연구의 결과를 통해 얻게 되는 시사점과 향후 연구 방향에 대하여 언급하며 논문을 마무리 짓는다.

2. BAYC 자료 수집

2.1 BAYC 속성 관련 자료

BAYC에 속한 10,000개의 PFP는 눈모양, 입모양, 복장, 배경 등 여러 가지 속성들의 조합으로 서로 다른 형태를 갖는다. 각 PFP의 속성 정보는 해당 PFP의 가치에 영향을 주는 본질적인 요인으로 예상되기 때문에, 10,000개 PFP의 속성 정보를 먼저 파악할 필요가 있다. BAYC 프로젝트의 개별 속성 정보는 BAYC 사이트(boredapeyachtclub.com)에서 확인할 수 있다. BAYC는 배경, 복장, 귀걸이, 눈, 털, 모자, 입, 이렇게 일곱 가지 속성 수준에 따라 독특한 PFP가 만들어진다(BAYC, 2022). <Table 1>에는 각

Table 1. Summary of BAYC Attributes

Attribute	Level	Attribute value
Background	8	Aquamarine, Army Green, Blue, Gray, New Punk Blue, Orange, Purple, Yellow
Clothes	44	Admirals Coat, Bandolier, Bayc T Black, Bayc T Red, Biker Vest, Black Holes T, Black Suit, Black T, Blue Dress, Bone Necklace, Bone Tee, Caveman Pelt, Cowboy Shirt, Guayabera, Hawaiian, Hip Hop, Kings Robe, Lab Coat, Leather Jacket, Leather Punk Jacket, Lumberjack Shirt, Navy Striped Tee, Pimp Coat, Prison Jumpsuit, Prom Dress, Puffy Vest, Rainbow Suspenders, Sailor Shirt, Service, Sleeveless Logo T, Sleeveless T, Smoking Jacket, Space Suit, Striped Tee, Stunt Jacket, Tanktop, Tie Dye, Toga, Tuxedo Tee, Tweed Suit, Vietnam Jacket, Wool Turtleneck, Work Vest, None
Earring	7	Cross, Diamond Stud, Gold Hoop, Gold Stud, Silver Hoop, Silver Stud, None
Eyes	23	3d, Angry, Blindfold, Bloodshot, Blue Beams, Bored, Closed, Coins, Crazy, Cyborg, Eyepatch, Heart, Holographic, Hypnotized, Laser Eyes, Robot, Sad, Scumbag, Sleepy, Sunglasses, Wide Eyed, X Eyes, Zombie
Fur	19	Black, Blue, Brown, Cheetah, Cream, Dark Brown, Death Bot, Dmt, Golden Brown, Gray, Noise, Pink, Red, Robot, Solid Gold, Tan, Trippy, White, Zombie
Hat	37	Army Hat, Baby's Bonnet, Bandana Blue, Bayc Flipped Brim, Bayc Hat Black, Bayc Hat Red, Beanie, Bowler, Bunny Ears, Commie Hat, Cowboy Hat, Faux Hawk, Fez, Fisherman's Hat, Girl's Hair Pink, Girl's Hair Short, Halo, Horns, Irish Boho, King's Crown, Laurel Wreath, Party Hat 1, Party Hat 2, Police Motorcycle Helmet, Prussian Helmet, S&m Hat, Safari, Sea Captain's Hat, Seaman's Hat, Short Mohawk, Spinner Hat, Stuntman Helmet, Sushi Chef Headband, Trippy Captain's Hat, Vietnam Era Helmet, Ww2 Pilot Helm, None
Mouth	33	Bored, Bored Bubblegum, Bored Cigar, Bored Cigarette, Bored Dagger, Bored Kazoo, Bored Party Horn, Bored Pipe, Bored Pizza, Bored Unshaven, Bored Unshaven Bubblegum, Bored Unshaven Cigar, Bored Unshaven Cigarette, Bored Unshaven Dagger, Bored Unshaven Kazoo, Bored Unshaven Party horn, Bored Unshaven Pipe, Bored Unshaven Pizza, Discomfort, Dumbfounded, Grin, Grin Diamond Grill, Grin Gold Grill, Grin Multicolored, Jovial, Phoneme Ooo, Phoneme L, Phoneme Oh, Phoneme Vuh, Phoneme Wah, Rage, Small Grin, Tongue Out

속성이 몇 개의 수준을 갖고 있는지, 그리고 속성별 속성 값이 무엇인지 정리되어 있다. <Table 1>에서 복장, 귀걸이, 모자 속성의 경우 해당 속성을 갖지 않는 PFP가 존재하는데, 그 경우에는 None으로 해당 속성의 값을 표시하였다.

BAYC가 갖는 속성별 수준의 개수는 각각 8, 44, 7, 23, 19, 37, 33개이므로, 최대로 조합 생성할 수 있는 PFP의 개수는 13억 개를 초과하지만, 특정 조합으로 10,000개만 생성되었다. 이때, 속성 값의 빈도가 동일하지 않기 때문에, 속성 값의 희귀도(rarity)는 다양하게 나타난다. 예를 들어, 배경 값이 파란색(Blue)인 프로필은 10,000개 중에 12.4%인데 복장 값이 검은색 정장(Black Suit)인 프로필은 0.4%에 불과하다(NFT Stats, 2022). 희귀도가 높다고 볼 수 있는 검은색 정장을 한 PFP가 높은 가격을 보일 것이라고 기대할 수 있기 때문에 속성 값의 빈도 정보를 파악하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 10,000개의 BAYC PFP가 갖고 있는 각각의 속성별 속성 값을 파악하여 속성 값의 빈도 자료를 속성별로 정리하였다. <Table 2>에는 7가지 속성 중 배경과 귀걸이의 속성 값 빈도가 정리되어 있다. 배경의 경우 속성 값의 빈도가 대체적으로 균일한 것에 반해, 귀걸이는 속성 값마다 상이한 빈도를 보이며 귀걸이가 없는, 즉 속성 값 'None'을 갖는 경우가 가장 많다는 특징이 있다. 나머지 속성들의 속성 값 빈도 자료는 부록에 제시한다(<Table A1>).

앞서 언급했듯이, 복장, 귀걸이, 모자 속성의 경우 해당 속성을 갖지 않는 PFP가 존재하고, 배경, 눈, 털, 입 속성은 모든 PFP가 해당 값을 갖고 있기 때문에 하나의 PFP가 가질 수 있는

속성의 개수는 최소 네 개에서 최대 일곱 개까지 가능하다. 10,000개의 PFP에 대해 개별 PFP가 갖는 속성의 개수를 빈도 분포표로 정리하면 <Table 3>과 같다. 여섯 개의 속성을 갖는 PFP가 전체의 절반 남짓 되어 가장 많고, 일곱 개 속성을 모두 갖는 경우는 19%가량으로 파악되었다.

2.2 BAYC 거래 관련 자료

블록체인의 특성 상 모든 NFT 거래는 상세하게 기록된다. 본 연구에서는 NFT 거래 기록 자료를 조회할 수 있는 기능을 제공하는 둔(dune.com) 사이트를 통해 BAYC 거래 기록을 유료로 수집할 수 있었다. BAYC가 처음 출시된 2021년 4월부터 2022년 2월 말까지의 기간 동안의 거래에 대한 자료를 모두 수집하였다. 자료의 일관성을 위하여 OpenSea를 통해 거래가 성사된 경우, 단건 거래(single item trade), 그리고 이더리움(ETH)으로 거래된 경우만을 고려하였다. 이러한 경우에 해당하는 거래는 해당 기간 거래 중 86.2%로 대다수를 차지한다. 수집된 자료에는 거래 건마다 거래시각, 거래플랫폼, 달러 거래금액, 이더리움 거래금액, 구매자 지갑 주소, 판매자 지갑 주소, 계약 주소, 거래 NFT ID 등 다양한 거래 정보를 담고 있다. 거래 NFT ID는 BAYC의 경우 몇 번 원숭이를 나타내며 일반적으로 토큰 ID(Token ID)로 불린다. BAYC의 경우, 0번부터 9,999번까지의 토큰 ID가 10,000개의 PFP에 각각 부여되어 있다. 거래 자료에 대한 요약 정보는 <Table 4>에 정리되어 있다.

Table 2. Frequency Tables of Background and Earring Attributes

(a) Background							
Aquamarine	Army Green	Blue	Gray	New Punk Blue	Orange	Purple	Yellow
1266	1243	1242	1170	1232	1273	1291	1283

(b) Earring						
Cross	Diamond Stud	Gold Hoop	Gold Stud	Silver Hoop	Silver Stud	None
149	222	462	439	882	823	7023

Table 3. Frequency Table of BAYC PFP by the Number of Attributes

Number of attributes	4	5	6	7
Frequency	254	2540	5323	1883

Table 4. Summary of the BAYC transaction record data used in this study

Transaction period	APR 2021 ~ FEB 2022
Number of transactions	21,465
Number of token IDs traded	8,301(out of 10,000)
Average number of transactions per token ID	2.58
Most frequently traded token ID	#4962 (15 times)
Average price (Unit: Ethereum)	16.7 ETH
Highest price (Unit: Ethereum)	769 ETH (#2087, 2021/SEP/30)
Average price (Unit: USD)	\$54,722.4
Highest price (Unit: USD)	\$2,911,189.6 (#3749, 2021/SEP/6)

2.3 토큰 ID별 자료

본 연구에서는 개별 BAYC NFT, 즉 토큰 ID별로 가치를 측정하고자 하기 때문에 앞서 소개된 BAYC 속성 및 거래 자료를 토큰 ID별로 정리할 필요가 있다. 정리된 토큰 ID별 자료에는 각 원숭이가 속성을 몇 개를 갖는지, 각 속성마다 어떤 값을 갖는지, 해당 속성 값의 빈도는 어떤지 등의 속성 정보와 해당 원숭이가 몇 번 거래되었는지, 평균 거래 금액 및 최고 거래 금액은 얼마인지 등의 거래 정보가 담겨있다. <Table 5>에는 평균 거래 금액(단위: 달러) 상위 5개 토큰 ID의 자료가 정리되어 있다.

표에는 각 원숭이의 프로필 사진(PFP)도 포함되어 있다. 대체적으로 독특한 모습을 띠고 있다. ‘속성 개수’는 BAYC가 가질 수 있는 일곱 가지 속성 중에 각 원숭이가 실제 갖고 있는 속성의 개수이다. 예를 들어, 3749번 원숭이의 경우 귀걸이는 없기 때문에 속성 개수는 여섯 개이다. ‘속성별 값’은 각 속성별로 해당 원숭이가 갖는 속성 값을 나타낸다. 예를 들어, 3749번 원숭이의 배경 속성의 값은 ‘Yellow’이다. ‘속성값의 빈도’는 BAYC 10,000개의 PFP 중 해당 속성 값을 갖는 토큰 ID의 개수를 말한다. 3749번 원숭이의 배경 속성 값인 ‘Yellow’의 빈도는 1,283으로 10,000개 PFP 중 1,283개의 PFP는 3749번과

동일한 배경을 갖는다는 것을 알 수 있다. 3749번 원숭이의 털 속성 값(Solid Gold)의 빈도는 46으로 BAYC PFP중 0.46%의 PFP만이 해당 속성 값을 갖는 매우 드문 경우임을 알 수 있다. 거래 건수는 1~3회 사이로 해당 토큰 ID들은 그리 많지 않은 거래가 일어났다. 평균 거래 금액은 모두 100만 달러 이상이며, 최고 거래 금액이 300만 달러에 육박하는 토큰 ID도 존재한다. <Table 4>에 나와 있듯이 실제 거래된 토큰 ID는 8,301개이므로, 본 연구에서는 8,301개의 토큰 ID에 대해 <Table 5>와 같은 정보를 정리하여 활용하였다.

3. NFT 가치 측정

PFP NFT의 가치는 1차적으로 해당 NFT의 거래 가격으로 측정될 수 있지만, NFT 거래 가격은 시간에 따라 큰 변화를 갖는다는 특징이 있다. <Figure 2>는 BAYC 출시부터 2022년 2월말까지의 일별 평균 거래 가격 추이를 나타내는 그래프이다.

그래프에서 보듯이 시기에 따라 액면 가격은 변동폭이 크기 때문에, 본 연구에서는 특정일에 거래된 모든 BAYC NFT 가격의 평균을 중심으로 개별 NFT의 상대적인 높낮이를 계산하여

Table 5. Five Highest Priced BAYC Token IDs and Their Specifications

Token ID		3749	6694	7090	8585	4177
PFP						
# of attributes		6	6	5	5	7
Attribute value	Background	Yellow	New Punk Blue	New Punk Blue	Blue	Aquamarine
	Fur	Solid Gold	Black	Solid Gold	Trippy	Black
	Clothes	Black T	Hawaiian	Service	None	Black Suit
	Eyes	Laser Eyes	Blue Beams	Heart	Heart	Bored
	Mouth	Small Grin	Phoneme Oh	Grin Multicolored	Phoneme Vuh	Bored Unshaven
	Hat	Sea Captain's Hat	None	None	King's Crown	Bayc Hat Red
	Earring	None	Gold Stud	None	None	Cross
Frequency of the value	Background	1283	1232	1232	1242	1266
	Fur	46	1229	46	77	1229
	Clothes	334	283	142	1886	42
	Eyes	69	49	394	394	1714
	Mouth	272	237	116	333	1551
	Hat	304	2256	2256	77	119
	Earring	7023	439	7023	7023	149
# of transactions		3	1	2	3	1
Mean transaction price (\$)		1468327.467	1422003.717	1407597.24	1316161.49	1257095.376
Highest transaction price (\$)		2911189.6	1422003.717	2258886	2693771.246	1257095.376
Mean transaction price (ETH)		415	420.69	399.5	366.623	388.8
Highest transaction price (ETH)		740	420.69	600	696.969	388.8

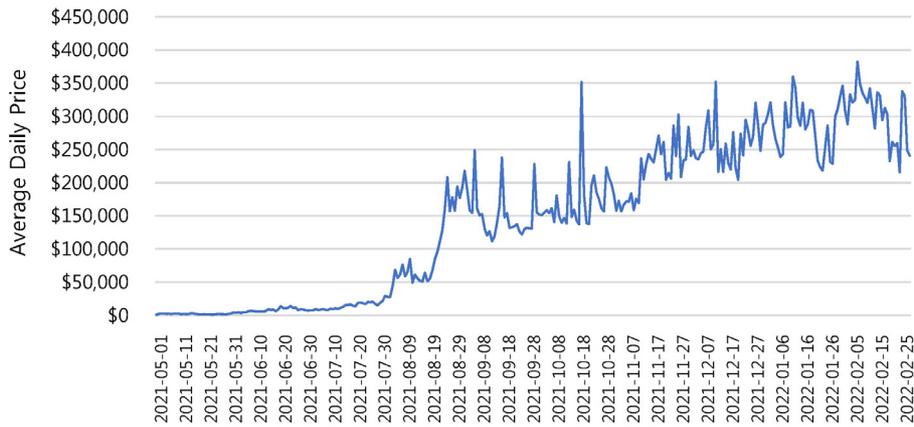


Figure 2. Average Price Trend of BAYC NFT

해당 토큰 ID의 가치를 측정하고자 한다. 이러한 상대적 가치 측정은 외부적 요인에 의한 NFT 가치 변화를 통제하는 목적도 갖고 있다. 본 연구에서는 해당 척도를 프리미엄 비로 지칭하며, 특정일 t 에 토큰 ID i 의 프리미엄 비(m_{it})는 다음과 같이 계산하고자 한다.

$$m_{it} = p_{it} / \bar{p}_t \quad (1)$$

여기서, p_{it} 는 특정일 t 에 토큰 ID i 의 거래 가격이고, \bar{p}_t 는 특정일 t 에 거래된 모든 BAYC NFT 가격의 평균이다. 프리미엄 비 값이 1보다 크면 상대적으로 가치가 큰 토큰 ID이고, 1보다 작으면 상대적으로 가치가 작은 토큰 ID로 볼 수 있다.

예를 들어, 2021년 5월 9일에 거래된 7156번 토큰 ID의 거래 금액은 22,763 달러였다. 그리고, 2022년 1월 30일에 거래된 7367번 토큰 ID의 거래 금액은 234,989 달러였다. 액면 가격으로는 7367번 원송이가 10배 넘게 높은 가치를 갖는다고 볼 수 있지만, 프리미엄 비로 가치를 측정하면 각각 9.0388, 0.7573으로 7156번 원송이가 훨씬 더 높은 가치를 갖는 것으로 측정된다. 실제로, 7156번 토큰 ID의 2021년 5월 9일 거래는 해당 일에 가장 비싸게 거래되었고, 7367번 토큰 ID의 2022년 1월 30일 거래는 해당 일에 가장 싸게 거래되었다.

본 연구에서 고려하는 PFP NFT의 가치는 시간에 상관없이 측정되어야 하기 때문에 토큰 ID의 프리미엄 비가 여러 시점에 존재하는 경우에는 평균 값을 이용하여 해당 토큰 ID의 프리미엄 비로 사용한다. 최종적으로, 토큰 ID i 의 프리미엄 비 (M_i)는 다음과 같은 식으로부터 산출될 수 있다.

$$M_i = \sum_{t \in \Delta_i} m_{it} / |\Delta_i| \quad (2)$$

여기서, m_{it} 는 특정일 t 에 토큰 ID i 의 프리미엄 비이고 Δ_i 는 토큰 ID i 가 거래된 날의 집합이다. 본 연구에서는 위의 식을 이용하여 2022년 2월 말까지 거래된 8,301개 BAYC 토큰 ID별 프리미엄 비를 모두 산출하여 이후 분석에 사용하였다.

4. 가치 결정 요인

본 연구에서 PFP NFT의 가치에 영향을 주는 요인으로 해당 NFT의 내재적 특성인 속성(attribute 또는 trait)과 희귀도(rarity)를 고려하고자 한다. NFT의 속성이 희귀도에 영향을 주기 때문에 독립적인 관계는 아니지만, 속성은 정성적으로 희귀도는 정량적으로 측정되기 때문에 별도로 고려될 필요가 있다. 먼저, PFP NFT의 속성에 대한 설명을 기술한다.

PFP NFT의 정의에서도 언급되었듯이, 모든 PFP NFT는 미리 주어진 몇 가지 속성의 조합으로 나타난다. BAYC 10,000개의 토큰 ID가 각기 다른 점은 본질적으로는 속성이 갖는 값의 차이이다. BAYC의 경우 최대 7개의 속성을 가질 수 있는데, 먼저, 속성을 많이 가질수록 가치에 영향을 주는지를 파악하기 위하여 속성 개수별 거래 금액 그리고 프리미엄 비 정보를 <Table 6>에 정리하였다.

속성이 많을수록 해당 토큰 ID가 더 높은 가치를 가질 것이라고 기대할 수 있지만, <Table 6>에서 보듯이, 오히려 속성이 4개인 경우에 평균적인 가치가 가장 높게 나타났다. 다만, 속성이 4

Table 6. Transaction Price and Premium Ratio According to the Number of Attributes

# of attributes	Mean of transaction price (Std.)	Mean of premium ratio (Std.)
4	\$75,221 (\$138,117)	2.2433 (1.6609)
5	\$44,160 (\$80,429)	0.9960 (1.1776)
6	\$47,480 (\$76,359)	1.0335 (1.0371)
7	\$54,832 (\$89,610)	1.1977 (1.1771)

Table 7. Comparison between Token IDs 7342 and 5199

Token ID		7342	5199
PFP			
Attribute Value (Its frequency)	Background	Purple (1,291)	Army Green (1,243)
	Fur	Tan (626)	Robot (265)
	Clothes	None (1,886)	None (1,886)
	Eyes	Zombie (308)	Cyborg (108)
	Mouth	Phoneme Vuh (333)	Bored (2,272)
	Hat	None (2,256)	None (2,256)
	Earring	None (7,023)	None (7,023)
Premium ratio		0.3793	6.567

개인 경우의 그 가치의 분산도 크기 때문에 단순히 속성의 개수만을 고려하는 것이 아니라, 어떤 속성 값을 갖는지가 개별 NFT의 가치에 영향을 미치는 중요한 요인이라고 할 수 있다.

예를 들어, 복장, 모자, 귀걸이 속성이 없어서 속성의 개수가 4개로 동일한 토큰 ID 7342와 5199를 비교해보자. <Table 7>에서 보듯이, 토큰 ID 7342는 평범한 속성 값을 갖고 있는데 반해, 토큰 ID 5199의 털과 눈 속성 값은 각각 Robot과 Cyborg로 차별적인 속성값을 갖고 있고 이 차이는 두 토큰 ID의 프리미엄 비 값의 극명한 격차로 나타났다.

희귀도(rarity)는 개별 PFP NFT가 얼마나 희귀한 지를 나타내는 정량화된 지표이다. 개별 PFP NFT는 여러 속성의 조합으로 만들어지기 때문에 개별 PFP NFT의 희귀도를 산출하기 위해서 해당 PFP NFT가 갖는 속성 값의 희귀도가 먼저 산출될 필요가 있다. Mekacher *et al.*(2022)은 토큰 ID i 의 속성 a 의 속성 값의 희귀도(r_{ia})를 아래와 같은 산식으로 산출하였다.

$$r_{ia} = \left(\frac{f_{ia}}{N} \right)^{-1} \quad (3)$$

여기서, N 은 해당 PFP NFT의 토큰 ID의 전체 개수이고 f_{ia} 는 토큰 ID i 의 속성 a 의 속성 값과 동일한 값을 갖는 토큰 ID의 개수이다. 즉, 특정 속성 값의 희귀도는 해당 속성 값의 빈도의 역수로 측정된다. 예를 들어, <Table 7>에 소개된 토큰 ID 7342의 털 속성 값인 Tan은 626개의 토큰 ID가 해당 속성 값을 가지므로 $r_{7342, Fur} = \left(\frac{626}{10000} \right)^{-1} = 15.974$ 의 희귀도를 갖고, 토큰 ID 5199의 털 속성 값인 Robot은 265개의 토큰 ID가 해당 속성 값을 가지므로 $r_{5199, Fur} = \left(\frac{265}{10000} \right)^{-1} = 37.736$ 의 희귀도를 갖는다.

개별 PFP NFT의 희귀도는 위에서 구한 각 속성의 희귀도를

조합하여 산출할 수 있다. Mekacher *et al.* (2022)에서는 단순히 모든 속성의 희귀도의 합으로 해당 NFT의 희귀도를 산출하였다. 따라서, 특정한 토큰 ID i 의 희귀도(R_i)는 아래와 같은 산식으로 구해질 수 있다.

$$R_i = \sum_a r_{ia} \quad (4)$$

본 연구에서는 추가적인 정보를 반영한 희귀도 산식을 새롭게 제안하고자 한다. 토큰 ID가 갖는 속성의 개수와 속성별 속성 값의 개수를 반영하여 다음과 같은 희귀도 산식을 제안한다.

$$R_i = \sum_a \left(\frac{r_{ia}}{l_a} \right) / n_i \quad (5)$$

여기서, n_i 는 토큰 ID i 가 갖는 속성의 개수이고 l_a 는 속성 a 의 수준 수이다. 각 속성별 수준 수(l_a) 값은 <Table 1>에 소개되어 있다. 두 가지 모두 작을수록 희귀도 값은 크게 나타나게 된다. 예를 들어, <Table 7>에 소개된 토큰 ID 7342번과 5199의 희귀도를 식 (4)와 (5)로 각각 구해보자. 먼저, 식 (4)를 이용한 7342번의 희귀도(R_{7342})는 $\left(\frac{1291}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{626}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{1886}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{308}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{333}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{2256}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{7023}{10000} \right)^{-1} = 97.38$ 이고, 5199번의 희귀도(R_{5199})는 $\left(\frac{1243}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{265}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{1886}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{108}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{2272}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{2256}{10000} \right)^{-1} + \left(\frac{7023}{10000} \right)^{-1} = 153.93$ 이다. 식 (5)를 이용한 희귀도 계산을 위해 먼저, n_i 값을 찾는다. 두 토큰 ID는 동일하게 4개의 속성을 가지므로 $n_{7342} = n_{5199} = 4$ 이다. 따라서, 식 (5)를 이용하여 7342번의 희귀도를 계산하면,

$$\left\{ \left(\frac{1291}{10000} \right)^{-1} / 8 + \left(\frac{626}{10000} \right)^{-1} / 19 + \left(\frac{1886}{10000} \right)^{-1} / 43 \right.$$

$$+ \left(\frac{308}{10000} \right)^{-1} / 23 + \left(\frac{333}{10000} \right)^{-1} / 33 + \left(\frac{2256}{10000} \right)^{-1} / 36$$

$$\left. + \left(\frac{7023}{10000} \right)^{-1} / 6 \right\} / 4 = 1.154$$
 이고, 5199번의 회귀도는

$$\left\{ \left(\frac{1243}{10000} \right)^{-1} / 8 + \left(\frac{265}{10000} \right)^{-1} / 19 + \left(\frac{1886}{10000} \right)^{-1} / 43 \right.$$

$$+ \left(\frac{108}{10000} \right)^{-1} / 23 + \left(\frac{2272}{10000} \right)^{-1} / 33 + \left(\frac{2256}{10000} \right)^{-1} / 36$$

$$\left. + \left(\frac{7023}{10000} \right)^{-1} / 6 \right\} / 4 = 1.909$$
 이다. 식 (4)를 사용하면 5119번의 회귀도가 7342번에 비해 1.58배 크게 산출된 것에 비하여, 식 (5)를 사용하면 1.65배 크게 산출되었다.

5. 헤도닉 모형을 이용한 분석

제품이나 서비스의 가격을 산정하기 위하여 사용되는 모형 중에 잘 알려진 모형으로 헤도닉 가격 모형이 있다. 이 모형은 특정 재화와 갖는 속성 또는 특성으로 해당 제품의 가치가 평가된다는 헤도닉 가설을 기반으로 한 제품 차별화 모형이다 (Rosen, 1974). 이러한 특징으로 헤도닉 모형은 주로 미술품이나 부동산의 가치를 평가하는데 자주 사용되고 있다 (Lee, 2008; Jang and Park, 2020b). 재화가 갖는 속성에 따라 가격이 산정된다는 헤도닉 모형의 기본 가정은 본 연구에서 고려하는 PFP NFT의 가치 평가에도 적용될 수 있다. 즉, 10,000개의 BAYC를 차별화하는 대부분의 요인은 개별 NFT가 갖는 일곱 가지 속성의 차이에서 비롯되기 때문이다. 따라서, 개별 NFT의 내재적 가치를 해당 NFT가 갖는 여러 속성들로 추정할 수 있는 회귀식 형태의 모형을 구성할 수 있다. 한편, 기존의 물리적 미술품의 가치 평가에는 작가의 특성(명성, 국적, 사망여부

등)이나 일반적인 작품 특성(주제, 크기, 판매유형, 등)이 주요한 독립변수로 사용되었지만 (Jang and Park, 2020b; Veronika, 2018), 이러한 특성들은 동일 프로젝트에 속한 PFP NFT에서는 공통 변수이므로 PFP NFT의 가치 영향 요인으로 고려하기에 적합하지 않다. 따라서, 본 연구에서는 PFP NFT가 갖고 있는 본질적 특성, 즉 NFT가 갖는 속성의 회귀도 및 속성 값을 헤도닉 모형의 독립변수로 고려한다.

헤도닉 모형의 회귀식은 종속변수와 독립변수를 선형으로 표현할 수도 있고 로그함수를 이용하여 비선형으로 표현할 수도 있다. 그 중에서 종속변수에만 로그를 취한 반로그 (semi-log) 모형이 여러 연구에서 적합한 모형으로 알려진 바 있다 (Lee, 2008). 본 연구에서 NFT의 가치를 측정하기 위해 사용되는 프리미엄 비 값도 오른쪽 꼬리가 긴 (right-skewed) 분포 형태를 갖기 때문에 반로그 모형이 적합하다고 판단된다. 본 연구에서는 회귀모형을 정량적 모형과 정성적 모형으로 나누어 분석한 후 최종적으로 두 가지를 결합한 통합 모형을 활용하여 가치 평가에 활용하고자 한다.

5.1 정량적 모형

개별 NFT의 속성 값을 정량화한 것이 다름 아닌 회귀도라고 볼 수 있다. 따라서 4장에서 소개된 회귀도 산식을 이용하면, 특정 PFP NFT의 가치를 평가하기 위한 정량적 회귀 모형은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\log M = \alpha + \beta R + \epsilon \tag{6}$$

여기서, M 은 PFP NFT의 프리미엄 비(종속변수)이고, R 은 해당 NFT의 회귀도(독립변수)이고, α 는 회귀상수, β 는 독립변수의 회귀계수, 그리고 ϵ 는 오차항이다. 제4장에 소개된 두 가지 회귀도 산식에 따른 각각의 회귀분석 결과가 <Table 8>에 정리되어 있다.

Table 8. Regression Results of the Quantitative Model

(a) Equation (4) used

Dependent variable	Independent variable	Estimates of coefficient	Standard error	t-statistics	p-value
log M	(Intercept)	-0.8419	0.01161	-72.53	0.000
	R (4)	0.004488	0.0000646	69.43	0.000
Adj. R^2 : 0.3674					

(b) Equation (5) used

Dependent variable	Independent variable	Estimates of coefficient	Standard error	t-statistics	p-value
log M	(Intercept)	-0.956739	0.012310	-77.72	0.000
	R (5)	0.726106	0.009735	74.59	0.000
Adj. R^2 : 0.4012					

Table 9. ANOVA Table of Regression Using the Qualitative Model

Factor	D.F.	Sum of Square	Mean Square	F-statistic	p-value
Background	7	1.48	0.21	2.53	0.0134
Clothes	43	201.27	4.68	56.01	0.0000
Earring	6	31.39	5.23	62.60	0.0000
Eyes	22	208.08	9.46	113.17	0.0000
Fur	18	394.55	21.92	262.29	0.0000
Hat	36	138.71	3.85	46.11	0.0000
Mouth	32	296.01	9.25	110.69	0.0000
Residual	8136	679.93	0.08		

표의 내용을 보면, 개별 NFT의 속성 값들을 정량화한 회귀도가 종속변수를 모두 유의하게 설명하고 있으며, 조정 결정계수(Adj. R²) 값을 확인하면 그 설명력이 40%내외임을 알 수 있다. 본 연구에서 새롭게 제안하는 회귀도 산식을 사용한 회귀모형이 다소 높은 설명력을 보임을 알 수 있다. 기존 회귀도 산식이 개별 속성의 빈도만을 고려한 것에 비해 제안된 회귀도 산식에서는 속성별 수준 수 등의 추가적인 사항이 적절히 반영되었음을 알 수 있다. 따라서, 이후 통합 모형에서는 식 (5)의 회귀도를 사용한다.

5.2 정성적 모형

이 절에서는 정성적인 요인을 고려한 헤도닉 모형을 구성하고자 한다. 독립변수는 개별 NFT의 속성이기 때문에 해당 NFT의 각 속성을 범주형 변수로 고려하여 모형에 반영한다. 일곱가지 속성을 갖는 특정 PFP NFT의 가치를 평가하기 위한 정성적 회귀 모형은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\log M = \alpha + \sum_{a \in A} \beta_a T_a + \epsilon \quad (7)$$

여기서, M 은 개별 PFP NFT의 프리미엄 비이고, T_a 는 해당 PFP NFT의 속성 a 의 속성 값이고, A 는 BAYC NFT의 속성 집합(={Background, Clothes, Earring, Eyes, Fur, Hat, Mouth})이

다. α 는 회귀상수, β_a 는 독립변수 T_a 의 회귀계수, 그리고 ϵ 는 오차항이다. 정성적 모형의 독립변수 7개는 모두 범주형 변수이고 실제 회귀분석 시에는 더미변수로 코딩되어 처리되기 때문에 164개의 이진변수를 갖는 회귀모형이 사용된다. <Table 9>에는 정성적 회귀모형을 이용한 회귀분석의 분산분석표가 정리되어 있다.

표의 유의확률(p-value)을 통해 일곱가지 BAYC의 속성 중 배경(Background)을 제외하고 나머지 속성들은 NFT의 가치에 영향을 주는 매우 유의한 속성임을 알 수 있다(유의수준 0.01에서). 유의한 속성들을 F값의 크기로 중요도를 구분하면 털, 눈, 입이 귀걸이, 복장, 모자에 비해서 상대적으로 NFT의 가치에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 털, 눈, 입과 같은 원숭이의 선천적인 특성이 귀걸이, 복장, 모자와 같은 후천적인 특성들에 비해 NFT의 가치에 더 큰 영향을 미친다는 점이 흥미롭다.

위의 분산분석표에서는 속성별 상대적 중요도가 파악되었지만, 각 속성마다 어떤 속성 값이 유의한지에 대한 해석은 정성적 모형의 회귀분석 결과로부터 확인할 수 있다. 164개 변수에 대한 전체 결과는 매우 크기 때문에 부록에 제시하였고(<Table A2>), 각 속성별로 계수추정치가 0.9 이상인 매우 유의하다고 보이는 속성 값만 <Table 10>에 정리하였다.

먼저, 정성적 모형의 조정 결정계수 값을 보면, 0.6445로 회귀도만을 고려한 정량적 모형에 비하여 더 높은 설명력을 보인다. 각 속성의 개별 속성 값에 따라 PFP NFT의 가치가 달라

Table 10. Summary of Regression Results of the Qualitative Model

Attribute	Attribute values	Estimate of coefficient	Attribute	Attribute values	Estimate of coefficient
Background	-	-	Hat	King's Crown	1.06
Clothes	Black Suit	1.15		Trippy Captain's Hat	0.95
Earring	-	-	Mouth	Bored Unshaven Dagger	1.63
Eyes	Blue Beams	1.50		Bored Unshaven Pizza	1.51
	Laser Eyes	1.00		Bored Pizza	1.15
Fur	Solid Gold	2.41		Bored Dagger	0.91
	Trippy	1.61		Grin Diamond Grill	0.90

Adj. R²: 0.6445

진다는 것을 확인할 수 있다. 다음으로 각 속성마다의 회귀분석 결과를 살펴보자. 우선, 배경(Background) 속성은 유의수준 0.01에서 모든 속성 값이 유의하지 않게 나와서 <Table 10>에 결과가 없다. 이는 배경 속성이 유의하지 않다는 분산분석표의 결과에 부합한다. 두 번째로 복장(Clothes) 속성은 43개 변수 중 2개를 제외하고 모두 유의한 변수인데, 양의 계수 값을 갖는 경우는 <Table 10>에 있는 Black Suit가 유일하다. 대부분의 BAYC 복장 속성 값은 해당 NFT의 가치에 상대적으로 긍정적인 영향을 주지 못하는 것으로 보인다. 특히 복장의 속성 값 None의 계수값(-0.60)보다 계수값이 작은 변수가 18개나 존재한다. 즉, 옷을 입지 않은 원숭이보다 옷을 입은 원숭이의 가치가 더 낮게 평가되는 경우가 절반 가까이 된다. 전체 속성 값을 통틀어서 음의 계수값을 가장 많이 갖는 속성 값이 복장 속성에 존재하고 그 중 가장 작은 값을 갖는 속성 값도 복장 속성 값 중 하나인 Sleeveless T이다.

세 번째로, 귀걸이(Earring) 속성은 7개 변수 모두 음의 계수 값을 갖는다는 특징이 있다. 따라서 <Table 10>에 표시할 값이 없다. 귀걸이를 하지 않는 경우(속성 값이 None인 경우)보다는 귀걸이를 한 경우가 모두 상대적으로 큰 계수 값을 갖지만, 그 차이가 크지 않기 때문에 귀걸이 속성 값으로 BAYC NFT의 가치를 차별화하는 것은 쉽지 않음을 알 수 있다. 네 번째로 눈(Eyes) 속성은 22개 변수 중 유의하면서 양의 계수 값을 갖는 속성 값은 Blue Beams 등 4개가 존재하며 유의하면서 음의 계수 값을 갖는 속성 값은 Crazy 등 13개가 존재한다. 다른 속성에 비하여 속성 값에 따라 가치의 차이가 상대적으로 많이 발생할 수 있는 속성이라고 볼 수 있다. 다섯 번째로 털(Fur) 속성은 18개 변수 중 12개 변수가 유의하면서 양의 계수 값을 보인다. 이 중 Solid Gold는 모든 속성 값을 통틀어 가장 큰 양의 계수 값(2.41)을 갖는 등 털 속성은 BAYC NFT 가치에 긍정적인 영향을 가장 많이 줄 수 있는 속성 값을 많이 보유하고 있다.

여섯 번째로 모자(Hat) 속성의 경우 36개 변수 중 유의하면서 양의 계수 값을 갖는 경우가 20개로 과반 이상이 존재하지만, None의 계수 값보다 작은 계수 값을 갖는 변수도 19개, 즉 절반 이상이나 존재하기 때문에 복장 속성과 유사하게 모자를 쓴 원숭이의 가치가 쓰지 않은 원숭이보다 더 낮은 경우를 확인할 수 있다. 마지막으로 입(Mouth) 속성은 32개 변수 중 유의하면서 양의 값을 갖는 변수가 18개 존재하고, 0.9이상의 양의 계수 값을 갖는 속성 값이 Bored Unshaven Dagger를 포함하여 5개로 모든 속성 중 가장 많이 나타났다. 앞서 설명한 눈, 털 속성과 함께 입 속성은 BAYC NFT의 가치에 차별성을 줄 수 있는 속성의 특징을 보인다.

정성적 모형의 회귀분석 결과로부터 눈, 털, 입과 같은 선천적 특성을 갖는 속성이 상대적으로 더 중요한 요인임을 다시 확인할 수 있었고, 그 중에서 구체적으로 <Table 10>에 나열되어 있는 속성 값들이 BAYC NFT의 가치를 높이는 속성임을 파악하였다. 예를 들어, 앞서 <Table 5>에 소개된 거래 금액 기준으로 상위 다섯 개 토큰 ID의 경우 <Table 10>에 나열되어 있는 속

성 값 중 최소 하나 이상을 포함하고 있음을 확인할 수 있다.

5.3 통합 모형

앞서 소개된 정량적 모형과 정성적 모형의 독립변수를 결합하여 통합모형을 구성하면 다음과 같은 회귀모형을 얻을 수 있다. 수식에서 사용된 기호는 앞서 소개된 것과 같다.

$$\log M = \alpha + \beta R + \sum_{a \in A} \beta_a T_a + \epsilon \quad (8)$$

위와 같은 모형에 대해 회귀분석을 수행하면, 조정 결정계수 값 0.6454의 결과를 얻게 된다. 즉, 정성적 모형의 설명력과 큰 차이는 없었다. 개별 NFT의 회귀도가 결국은 속성값의 빈도가 의존하기 때문에 통합으로 인한 큰 설명력의 향상은 얻지 못했다. 본 연구에서는 제안 모형의 설명력의 수준을 확인하기 위하여, 잘 알려진 기계학습 방법의 하나인 랜덤 포레스트를 사용하여 비교하였다. 랜덤 포레스트는 비모수적 특성을 갖고 있어 미술 작품 등의 가격을 예측하는 모형으로 기존 연구에서 사용되었다(Jang and Park, 2020a; Veronika, 2018). 본 연구에서는 랜덤 포레스트 모형을 구현하기 위하여 R의 randomForest 패키지를 활용하였다. 해당 모형에서는 제안 모형(8)과 동일한 변수를 사용하였고, 주요 하이퍼파라미터인 ntree(생성 나무의 개수)값은 100, 500, 1000, 2000 그리고 mtry(노드 분할 기준이 되는 변수의 개수)값은 3, 5, 7로 12회 조합하여 적용시켰다. 적합 결과, 랜덤 포레스트 모형의 설명력을 확인할 수 있는 R²값이 58.65%에서 60.13% 사이로 나타났다. 대략적으로 60%내외의 설명력을 보인 랜덤 포레스트 모형에 비하여 제안 모형(8)의 설명력은 64.54%로 제안 회귀모형의 설명력이 낮지 않은 수준임을 확인할 수 있었다.

더 나아가, 본 연구에서는 제안 모형의 설명력 향상을 위해 추가적으로 일곱 가지 속성간의 교호작용(interaction) 효과의 존재 여부를 탐색하였다. 총 21(=7C₂)개 조합 가운데 회귀 모형의 설명력이 의미있게 증가한 경우는 복장·모자 조합이었다. 이 교호작용을 포함한 최종적인 통합 모형은 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\log M = \alpha + \beta R + \sum_{a \in A} \beta_a T_a + \gamma T_{Clothes} \cdot T_{hat} + \epsilon \quad (9)$$

여기서, γ 는 교호작용 변수의 회귀계수이며, 나머지 기호는 앞서 소개된 것과 같다. 위 회귀 모형의 조정 결정계수 값은 0.6890으로 정량적 모형과 정성적 모형을 단순히 결합한 모형보다는 높은 설명력을 보인다고 할 수 있다. 예를 들어, <Table 11>에는 복장 속성 값이 동일하게 Toga인 두 토큰 ID의 정보가 정리되어 있다. Toga는 그림에서 보듯이 로마인 의상을 말한다. 이 때, 토큰 ID 6948은 모자 속성 값이 Laurel Wreath, 즉 월계관으로 의상과 잘 맞는 조합이지만, 토큰 ID 1931은 모자 속성 값이 BAYC Flipped Brim, 현대의 챙 모자로 의상과는 어색한 조합으로 볼 수 있다. 두 토큰 ID의 회귀도는 크게 차이 나지 않지만 프리미엄 비는 매우 큰 차이를 보이고 있다.

Table 11. Difference between Two Combinations of Clothes and Hat

Token ID	6948	1931
PPF		
Clothes value	Toga	Toga
Hat value	Laurel Wreath	BAYC Flipped Brim
Rarity (R)	1.4978	1.3986
Premium ratio (M)	8.3115	1.474

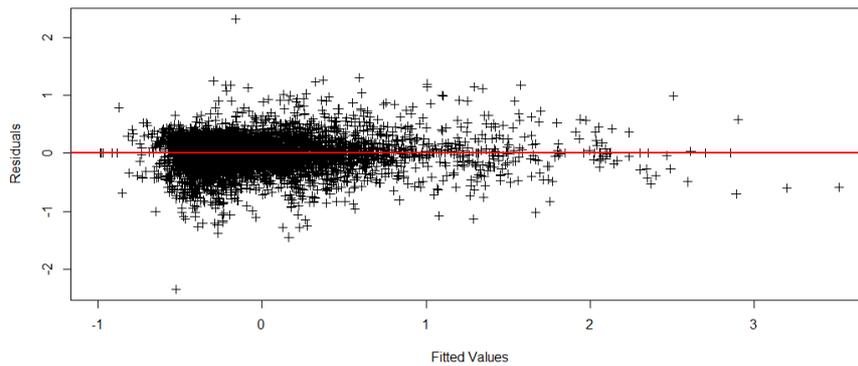


Figure 3. Residual Plot of the Integrated Model

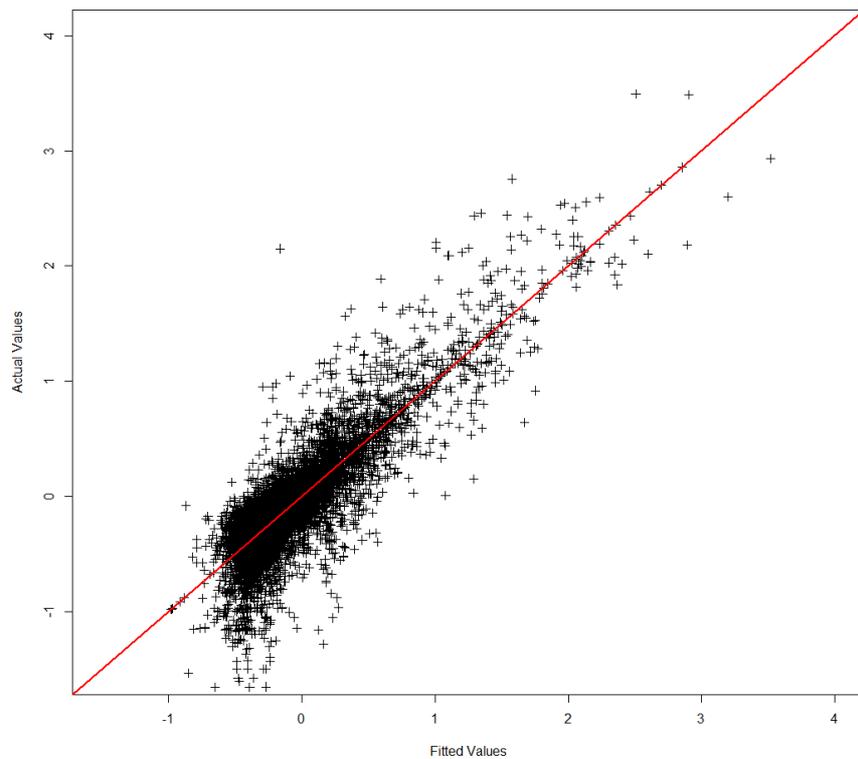


Figure 4. Actual vs. Fitted Values Plot of the Integrated Model

<Table 11>에 소개된 경우처럼 복장 모자 조합에 따른 가치의 차이가 발생하는 경우가 흔하게 나타나지는 않지만, 본 연구에서는 회귀모형의 설명력을 유의미하게 증가시키는 교호작용 효과로 복장·모자 조합을 유일하게 확인하였다.

마지막 그림은 통합모형의 회귀분석 결과에 대한 적합도를 알아볼 수 있는 잔차도(<Figure 3>)와 실제 값 대 적합 값 그래프(<Figure 4>)이다. 두 그래프를 통해 회귀분석의 적합도에 문제가 될 만한 심한 왜곡 현상은 없음을 확인할 수 있다. 또한 <Figure 4>에서는 특정 BAYC NFT의 과소/과대 평가 여부를 확인할 수 있다. <Figure 4>의 빨간색 대각선 아래 부분의 토큰 ID들은 적합 값보다 실제 값이 작기 때문에 과소 평가된 NFT로 볼 수 있으며, 반대로 대각선 위에 위치한 토큰 ID들은 과대 평가된 NFT로 볼 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 대표적 프로필 사진 NFT인 BAYC NFT의 가치에 영향을 주는 요인에 관한 연구를 수행하였다. 특히, BAYC에서 속한 수많은 NFT의 어떠한 내재적 특성이 해당 NFT의 가치에 영향을 미치는지에 초점을 맞추어 연구를 수행하였다. BAYC NFT의 가치 측정을 위하여 프리미엄 비라는 척도를 제시하였고, BAYC 출시부터 2022년 2월까지의 모든 거래 내역을 파악하여 개별 NFT의 프리미엄 비를 산출하여 활용하였다. 본 연구에서는 개별 NFT가 갖는 희귀도, 속성별 속성 값 등을 독립변수로 하고, 프리미엄 비를 종속변수로 하는 헤도닉 가격 모형에 기반한 회귀모형을 제안하였다. 헤도닉 모형을 이용한 분석을 통해 속성 중에서는 입, 눈, 털과 같은 선천적인 특성을 갖는 속성이 상대적으로 영향도가 높다는 것을 확인하였고, 개별 속성 값들 중에서는 Blue Beams, Solid Gold, King's Crown 등과 같은 속성 값을 갖는 NFT의 가치가 높게 나타남을 확인하였다. 마지막으로, 정량적, 정성적 요인 그리고 복장 및 모자 속성의 교호작용 효과를 포함하는 통합 회귀 모형까지 제시하여, BAYC NFT의 가치에 대한 설명력을 70%에 근접하게 높일 수가 있었다.

BAYC의 성공은 '지루한 원숭이 비즈니스 모델(The Bored Ape Business Model)'이라고 불릴 정도로 NFT 분야의 성공적인 비즈니스 모델로 여겨지고 있다(Lee, 2021). 따라서, BAYC와 유사한 방식, 즉 속성 조합을 통한 대량의 PFP NFT를 발행하는 NFT프로젝트가 진행되었고, Doodles, CyberKongz, FLUF World 등이 NFT 시장을 성장시키는데 큰 역할을 하고 있다. 국내에서도 2021년 12월에 Meta Kongz 프로젝트(themetakongz.com)가 유사한 방식으로 10,000개의 3D 고릴라 PFP를 NFT로 발행하였다. 이처럼 NFT 생태계를 주도하고 있는 '지루한 원숭이 비즈니스 모델' 방식의 NFT 프로젝트는 앞으로도 계속 발생될 것으로 예상된다. 따라서, 본 연구에서 BAYC를 대상으로 제시된 가치 추정 모형은 유사 PFP를 발행

하는 주요 NFT 프로젝트에도 적용이 가능할 것으로 보인다. 개별 속성의 차이는 다소 있지만, BAYC와 마찬가지로 원숭이 또는 고릴라 등 의인화된 객체를 이용한 PFP NFT 프로젝트가 매우 많다는 점에서 개발된 모형의 검증뿐만 아니라 확장 적용도 가능하겠다.

참고문헌

- BAYC (2022), <https://boredapeyachtclub.com/#/gallery> Accessed July 29 2022.
- Collins (2022), The Collins word of the year 2021 is... <https://www.collinsdictionary.com/woty> Accessed July 26 2022.
- Dowling, M. (2022), Is non-fungible token pricing driven by cryptocurrencies?, *Finance Research Letters*, **44**, 102097.
- Jang, D. and Park, M. (2020a), A Study on the Art Price Prediction Model Using the Random Forests, *Journal of Applied Reliability*, **20**(1), 34-42.
- Jang, D. and Park, M. (2020b), Financial Returns and Price Determinants of Art: A Hedonic Quantile Regression Approach, *Journal of Applied Reliability*, **20**(2), 133-144.
- Kireyev, P. (2022), NFT Marketplace Design and Market Intelligence, INSEAD Working Paper No. 2022/03/MKT, Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4002303>.
- Kraeussl, R. and Tugnetti, A. (2022), Non-Fungible Tokens (NFTs): A Review of Pricing Determinants, Applications and Opportunities, Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4112429>.
- Lee, E. (2021), The Bored Ape Business Model: Decentralized Collaboration via Blockchain and NFTs; SSRN Scholarly Paper ID 3963881; Social Science Research Network: Rochester, NY, <https://doi.org/10.2139/ssrn.3963881>.
- Lee, K. K., Cho, S., Min, G., and Yang, C. W. (2019), The Determinant of Bitcoin Prices in Korea, *Korean Journal of Financial Studies*, **48**(4), 393-415.
- Lee, Y. M. (2008), A Review of the Hedonic Price Model, *Journal of the Korea Real Estate Analysts Association*, **14**(1), 81-87.
- Lee, J., Kim, K. W., and Park, D.-H. (2018), Empirical Analysis on Bitcoin Price Change by Consumer, Industry and Macro-Economy Variables, *Journal of Intelligence and Information Systems*, **24**(2), 195-220.
- Mekacher, A., Bracci, A., Nadini, M., Martino, M., Alessandretti, L., Aiello, L. M., and Baronchelli, A. (2022), How Rarity Shapes the NFT Market, arXiv preprint arXiv:2204.10243. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.10243>.
- Nadini, M., Alessandretti, L., Di Giacinto, F., Martino, M., Aiello, L. M., and Baronchelli, A. (2021), Mapping the NFT Revolution: Market Trends, Trade Networks, and Visual Features, *Scientific Reports*, **11**(1), 1-11.
- NFT Stats (2022), <https://www.nft-stats.com/collection/boredapeyachtclub> Accessed July 29 2022.
- NonFungible (2022a), Yearly NFT Market Report 2021, <https://nonfungible.com/reports/2021/en/yearly-nft-market-report-free> Accessed July 27 2022.
- Nonfungible, (2022b), Quarterly NFT Market Report Q2 2022, <https://nonfungible.com/reports/2022/en/q2-quarterly-nft-market-report> Accessed July 27 2022.

OpenSea (2022), https://opensea.io/rankings?sortBy=total_volume
Accessed July 27 2022.

Rosen, S. (1974), Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition, *Journal of Political Economy*, **82**(1), 34-55.

Schaar, L. and Stylianos, K. (2022), Non-fungible Tokens as an Alternative Investment: Evidence from Cryptopunks, *The Journal of The British Blockchain Association*, 31949.

Sotheby's, 2022, <https://www.sothebys.com/en/buy/auction/2021/natively-digital-cryptopunk-7523/cryptopunk-7523>.

Steiner, A. (2022), Bored Apes & Monkey Selfies: Copyright & PFP NFTs. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4116638>.

Veronika, H. (2018), Price Determinants of Art Photography at Auctions. Master's thesis, Institute of Economic Studies, Charles University in Prague.

<Appendix>

Table A1. Frequency of Each Value of Attributes Fur, Eyes, Clothes, Mouth, and Hat.

Fur		Clothes		Mouth		Hat	
Black	1229	Admirals Coat	64	Bored	2272	Army Hat	294
Blue	490	Bandolier	163	Bored Bubblegum	119	Baby's Bonnet	158
Brown	1370	Bayc T Black	215	Bored Cigar	121	Bandana Blue	89
Cheetah	406	Bayc T Red	140	Bored Cigarette	710	Bayc Flipped Brim	231
Cream	636	Biker Vest	253	Bored Dagger	49	Bayc Hat Black	228
Dark Brown	1352	Black Holes T	205	Bored Kazoo	74	Bayc Hat Red	119
Death Bot	175	Black Suit	42	Bored Party Horn	88	Beanie	578
Dmt	215	Black T	334	Bored Pipe	132	Bowler	262
Golden Brown	778	Blue Dress	95	Bored Pizza	50	Bunny Ears	195
Gray	496	Bone Necklace	203	Bored Unshaven	1551	Commie Hat	304
Noise	155	Bone Tee	230	Bored Unshaven Bubblegum	65	Cowboy Hat	354
Pink	511	Caveman Pelt	163	Bored Unshaven Cigar	94	Faux Hawk	136
Red	474	Cowboy Shirt	119	Bored Unshaven Cigarette	438	Fez	377
Robot	265	Guayabera	232	Bored Unshaven Dagger	28	Fisherman's Hat	345
Solid Gold	46	Hawaiian	283	Bored Unshaven Kazoo	61	Girl's Hair Pink	105
Tan	626	Hip Hop	128	Bored Unshaven Party horn	45	Girl's Hair Short	150
Trippy	77	Kings Robe	68	Bored Unshaven Pipe	101	Halo	324
White	397	Lab Coat	144	Bored Unshaven Pizza	26	Horns	252
Zombie	302	Leather Jacket	206	Discomfort	208	Irish Boho	225
		Leather Punk Jacket	153	Dumbfounded	505	King's Crown	77
Eyes		Lumberjack Shirt	213	Grin	713	Laurel Wreath	72
3d	487	Navy Striped Tee	334	Grin Diamond Grill	78	Party Hat 1	120
Angry	432	Pimp Coat	80	Grin Gold Grill	91	Party Hat 2	107
Blindfold	264	Prison Jumpsuit	235	Grin Multicolored	116	Police Motorcycle Helmet	130
Bloodshot	846	Prom Dress	103	Jovial	296	Prussian Helmet	130
Blue Beams	49	Puffy Vest	227	Phoneme ooo	255	S&m Hat	235
Bored	1714	Rainbow Suspenders	135	Phoneme L	241	Safari	182
Closed	710	Sailor Shirt	284	Phoneme Oh	237	Sea Captain's Hat	304
Coins	479	Service	142	Phoneme Vuh	333	Seaman's Hat	420
Crazy	407	Sleeveless Logo T	144	Phoneme Wah	163	Short Mohawk	318
Cyborg	108	Sleeveless T	252	Rage	266	Spinner Hat	181
Eyepatch	333	Smoking Jacket	221	Small Grin	272	Stuntman Helmet	157
Heart	394	Space Suit	105	Tongue Out	202	Sushi Chef Headband	187
Holographic	151	Striped Tee	412			Trippy Captain's Hat	65
Hypnotized	220	Stunt Jacket	178			Vietnam Era Helmet	223
Laser Eyes	69	Tanktop	235			Ww2 Pilot Helm	110
Robot	350	Tie Dye	144				
Sad	551	Toga	202				
Scumbag	233	Tuxedo Tee	235				
Sleepy	751	Tweed Suit	141				
Sunglasses	352	Vietnam Jacket	224				
Wide Eyed	549	Wool Turtleneck	240				
X Eyes	243	Work Vest	188				
Zombie	308						

<Table A2>는 정성적 모형을 적용한 회귀분석 결과이다. 7개의 범주형 변수가 이진변수로 코딩되어 수행되었기 때문에 각 속성의 수준보다 하나 적은 이진변수가 각각 사용되었다. 아래 표에 표시되지 않은 속성 값은 해당 범주형 변수의 기준 값으로 볼 수 있으며, 해당 속성 값의 계수추정치는 0으로 보고 다른 속성 값의 계수추정치와 비교가 가능하다. 아래 경우에 각 속성, 즉 배경, 복장, 귀걸이, 눈, 털, 모자, 입의 기준 속성값은 각각 Aquamarine, Admirals Coat, Cross, 3d, Black, Army Hat, Bored이다.

Table A2. Regression result of the Qualitative Model

Variables	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	Variables	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.801104	0.057369	13.964	0.0000	Cheetah	0.21416	0.018611	11.507	0.0000
Background					Cream	0.003159	0.015451	0.204	0.8380
Army Green	-0.01007	0.012775	-0.788	0.4306	Dark Brown	-0.0073	0.012494	-0.584	0.5589
Blue	-0.00184	0.012741	-0.144	0.8855	Death Bot	0.482152	0.027124	17.776	0.0000
Gray	0.023768	0.012976	1.832	0.0670	Dmt	0.388842	0.02444	15.91	0.0000
New Punk Blue	-0.00527	0.012813	-0.411	0.6809	Golden Brown	0.002612	0.014589	0.179	0.8579
Orange	0.013927	0.012667	1.099	0.2716	Gray	0.009743	0.016947	0.575	0.5654
Purple	-0.00167	0.012649	-0.132	0.8949	Noise	0.501558	0.028663	17.498	0.0000
Yellow	-0.00416	0.012643	-0.329	0.7422	Pink	0.043399	0.016812	2.581	0.0099
Clothes					Red	0.051073	0.0172	2.969	0.0030
Bandolier	-0.64466	0.049521	-13.018	0.0000	Robot	0.289786	0.022439	12.914	0.0000
Bayc T Black	-0.57195	0.048441	-11.807	0.0000	Solid Gold	2.410237	0.054832	43.957	0.0000
Bayc T Red	-0.55112	0.051368	-10.729	0.0000	Tan	-0.00101	0.015428	-0.065	0.9478
Biker Vest	-0.66357	0.047183	-14.064	0.0000	Trippy	1.609145	0.041044	39.206	0.0000
Black Holes T	-0.64962	0.048655	-13.351	0.0000	White	0.09814	0.018356	5.346	0.0000
Black Suit	1.150867	0.070699	16.278	0.0000	Zombie	0.277343	0.020926	13.254	0.0000
Black T	-0.66651	0.046446	-14.35	0.0000	Hat				
Blue Dress	-0.64216	0.053849	-11.925	0.0000	Baby's Bonnet	-0.00697	0.031081	-0.224	0.8227
Bone Necklace	-0.64181	0.048589	-13.209	0.0000	Bandana Blue	0.24004	0.039372	6.097	0.0000
Bone Tee	-0.68901	0.047698	-14.445	0.0000	Bayc Flipped Brim	0.198608	0.028708	6.918	0.0000
Caveman Pelt	-0.69872	0.04968	-14.064	0.0000	Bayc Hat Black	0.217275	0.028491	7.626	0.0000
Cowboy Shirt	-0.59018	0.052159	-11.315	0.0000	Bayc Hat Red	0.334986	0.035108	9.542	0.0000
Guayabera	-0.71136	0.0476	-14.945	0.0000	Beanie	0.027094	0.02279	1.189	0.2345
Hawaiian	-0.59012	0.04697	-12.564	0.0000	Bowler	0.0755	0.02693	2.804	0.0051
Hip Hop	-0.30425	0.051328	-5.928	0.0000	Bunny Ears	0.048054	0.029238	1.644	0.1003
Kings Robe	-0.22782	0.059766	-3.812	0.0000	Commie Hat	0.033107	0.025962	1.275	0.2023
Lab Coat	-0.61797	0.050786	-12.168	0.0000	Cowboy Hat	0.061356	0.025016	2.453	0.0142
Leather Jacket	-0.64756	0.048469	-13.36	0.0000	Faux Hawk	0.174671	0.03315	5.269	0.0000
Leather Punk Jacket	-0.52357	0.050548	-10.358	0.0000	Fez	0.012404	0.024742	0.501	0.6162
Lumberjack Shirt	-0.67668	0.048021	-14.091	0.0000	Fisherman's Hat	-0.01278	0.025028	-0.511	0.6096
Navy Striped Tee	-0.7066	0.046337	-15.249	0.0000	Girl's Hair Pink	0.180095	0.036716	4.905	0.0000
None	-0.59986	0.043581	-13.764	0.0000	Girl's Hair Short	0.064664	0.032084	2.015	0.0439
Pimp Coat	-0.05173	0.056266	-0.919	0.3579	Halo	0.122517	0.025516	4.802	0.0000
Prison Jumpsuit	-0.66212	0.04759	-13.913	0.0000	Horns	0.079131	0.027629	2.864	0.0042
Prom Dress	-0.68037	0.053072	-12.82	0.0000	Irish Boho	0.015813	0.02768	0.571	0.5678
Puffy Vest	-0.69696	0.047903	-14.549	0.0000	King's Crown	1.063833	0.044377	23.972	0.0000
Rainbow Suspenders	-0.54932	0.050704	-10.834	0.0000	Laurel Wreath	0.462693	0.041641	11.111	0.0000
Sailor Shirt	-0.67753	0.046876	-14.454	0.0000	None	0.108565	0.019728	5.503	0.0000
Service	-0.70745	0.050505	-14.007	0.0000	Party Hat 1	0.175041	0.034822	5.027	0.0000
Sleeveless Logo T	-0.59458	0.05016	-11.854	0.0000	Party Hat 2	0.21695	0.036922	5.876	0.0000
Sleeveless T	-0.74445	0.047352	-15.722	0.0000	Police Motorcycle Helmet	0.084238	0.034054	2.474	0.0134

Variables	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	Variables	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Smoking Jacket	-0.62703	0.04805	-13.05	0.0000	Prussian Helmet	0.133848	0.033636	3.979	0.0000
Space Suit	-0.13518	0.05432	-2.489	0.0128	S&m Hat	0.032081	0.027496	1.167	0.2433
Striped Tee	-0.69202	0.045649	-15.159	0.0000	Safari	-0.02366	0.029735	-0.796	0.4263
Stunt Jacket	-0.69427	0.048852	-14.212	0.0000	Sea Captain's Hat	0.07323	0.02627	2.788	0.0053
Tanktop	-0.72808	0.047754	-15.246	0.0000	Seaman's Hat	0.023046	0.024262	0.95	0.3422
Tie Dye	-0.48358	0.050748	-9.529	0.0000	Short Mohawk	0.026187	0.025747	1.017	0.3091
Toga	-0.6331	0.048216	-13.131	0.0000	Spinner Hat	0.190698	0.029822	6.394	0.0000
Tuxedo Tee	-0.68625	0.047666	-14.397	0.0000	Stuntman Helmet	0.060145	0.030996	1.94	0.0524
Tweed Suit	-0.51603	0.050495	-10.22	0.0000	Sushi Chef Headband	0.186963	0.030262	6.178	0.0000
Vietnam Jacket	-0.70645	0.047932	-14.739	0.0000	Trippy Captain's Hat	0.954781	0.044101	21.65	0.0000
Wool Turtleneck	-0.68051	0.047578	-14.303	0.0000	Vietnam Era Helmet	0.045092	0.028179	1.6	0.1096
Work Vest	-0.65561	0.048607	-13.488	0.0000	Ww2 Pilot Helm	0.137752	0.035928	3.834	0.0001
Earring					Mouth				
Diamond Stud	-0.25999	0.034763	-7.479	0.0000	Bored Bubblegum	0.314362	0.031456	9.994	0.0000
Gold Hoop	-0.40627	0.030669	-13.247	0.0000	Bored Cigar	0.233078	0.030261	7.702	0.0000
Gold Stud	-0.3918	0.031083	-12.605	0.0000	Bored Cigarette	0.025204	0.013593	1.854	0.0638
None	-0.45962	0.027065	-16.982	0.0000	Bored Dagger	0.908722	0.04902	18.538	0.0000
Silver Hoop	-0.4293	0.028897	-14.856	0.0000	Bored Kazoo	0.31349	0.037913	8.269	0.0000
Silver Stud	-0.4337	0.028995	-14.958	0.0000	Bored Party Horn	0.316182	0.035697	8.857	0.0000
Eyes					Bored Pipe	0.256379	0.029651	8.647	0.0000
Angry	-0.11632	0.02126	-5.472	0.0000	Bored Pizza	1.145174	0.050329	22.754	0.0000
Blindfold	-0.12005	0.024403	-4.919	0.0000	Bored Unshaven	0.017605	0.010447	1.685	0.0920
Bloodshot	-0.12164	0.018432	-6.599	0.0000	Bored Unshaven Bubblegum	0.503589	0.044024	11.439	0.0000
Blue Beams	1.504383	0.053659	28.036	0.0000	Bored Unshaven Cigar	0.321674	0.033871	9.497	0.0000
Bored	-0.13372	0.016633	-8.039	0.0000	Bored Unshaven Cigarette	0.044895	0.016804	2.672	0.0076
Closed	-0.1585	0.018901	-8.386	0.0000	Bored Unshaven Dagger	1.629282	0.070993	22.95	0.0000
Coins	-0.14382	0.020493	-7.018	0.0000	Bored Unshaven Kazoo	0.482034	0.042188	11.426	0.0000
Crazy	-0.15982	0.021524	-7.425	0.0000	Bored Unshaven Party horn	0.767101	0.050442	15.208	0.0000
Cyborg	0.551697	0.036212	15.235	0.0000	Bored Unshaven Pipe	0.243379	0.033862	7.187	0.0000
Eyepatch	-0.08399	0.022735	-3.694	0.0002	Bored Unshaven Pizza	1.509792	0.075465	20.006	0.0000
Heart	-0.04695	0.021873	-2.147	0.0318	Discomfort	0.03539	0.023445	1.51	0.1312
Holographic	0.11381	0.031001	3.671	0.0002	Dumbfounded	0.008822	0.015522	0.568	0.5698
Hypnotized	-0.08201	0.026507	-3.094	0.0020	Grin	0.014417	0.013645	1.057	0.2907
Laser Eyes	0.996816	0.043375	22.982	0.0000	Grin Diamond Grill	0.903098	0.040248	22.439	0.0000
Robot	0.022308	0.022683	0.983	0.3254	Grin Gold Grill	0.701578	0.034947	20.076	0.0000
Sad	-0.1399	0.019941	-7.015	0.0000	Grin Multicolored	0.50783	0.031387	16.18	0.0000
Scumbag	0.000717	0.02593	0.028	0.9779	Jovial	0.040913	0.01926	2.124	0.0337
Sleepy	-0.133	0.018763	-7.088	0.0000	Phoneme ooo	0.025162	0.020887	1.205	0.2284
Sunglasses	-0.0089	0.022874	-0.389	0.6972	Phoneme L	0.039162	0.021832	1.794	0.0729
Wide Eyed	-0.14058	0.019925	-7.056	0.0000	Phoneme Oh	0.013843	0.021671	0.639	0.5230
X Eyes	-0.09003	0.025645	-3.51	0.0005	Phoneme Vuh	0.033799	0.018547	1.822	0.0684
Zombie	-0.01085	0.023512	-0.461	0.6445	Phoneme Wah	0.031334	0.025796	1.215	0.2245
Fur					Rage	0.02006	0.021293	0.942	0.3462
Blue	0.043715	0.016928	2.582	0.0098	Small Grin	0.048358	0.020681	2.338	0.0194
Brown	-0.00588	0.012435	-0.473	0.6363	Tongue Out	0.026253	0.023512	1.117	0.2642

저자소개

이근철 : 고려대학교에서 산업공학 학사, 한국과학기술원에서 산업공학 석사와 박사학위를 취득하였다. 현재 건국대학교 경영대학 경영학과에 재직 중이며, 관심 연구분야는 시계열 분석, 제조 및 서비스 시스템의 설계와 운영에 관한 최적화 등이다.

이희정 : 한양대학교 산업공학과에서 학사, 한국과학기술원에서 산업공학 석사 및 박사학위를 취득하였다. 삼성전자(주) 기술 총

괄 책임연구원 및 대구대학교 산업경영공학과 조교수를 재직하고 현재 한양대학교 산업융합학부 교수로 재직 중이다. 관심 연구 분야는 Collaborative Engineering, Knowledge, and Information Management, Product Lifecycle Management이다.

구훈영 : 서울대학교 산업공학과에서 학사, 석사 및 박사학위를 취득하였다. 현재 충남대학교 경영학부에 재직 중이며 주요 관심 분야는 R&D 경영, SCM, 예측모형 등이다.