학 사 학 위 논 문

건강검진 자료를 이용한 흡연여부 예측 연구

지도교수 안 홍 엽

동 국 대 학 교 통 계 학 과

배 정 민

2 0 2 3

목 차

목 차 i
표 목 차 ii
그 림 목 차 iii
Ⅰ. 서 론 1
Ⅱ. 본 론 1
1. 분석자료 설명 1
2. 데이터 전처리 3
가. 데이터 확인 3
(1) 검진 정보가 없는 행 3
(2) 결측 변수 및 결측 행 제거 3
나. 범주형 변수 5
(1) 흡연 5
(2) 연령대 5
(3) 요단백 5
(4) 연령대 6
다. 수치형 변수 6
(1) 신체 정보 6
(2) 혈압 7
(3) 콜레스테롤 10
(4) 혈중 농도 13
(5) 간 수치 14
라. 결측치 처리 15
마. 파생 변수 15
3. 모델링 17
가. Bayesian Optimization을 활용한 RandomForest 18
나. Bayesian Optimization을 활용한 Xgboost 20

다. 최적 모델 선택 및 Test 성능 ····· 21
Ⅲ. 결론 ····· 22
1. 분석 결과 정리 및 인사이트 ····· 22
2. 모형 활용방안 ····· 23
참고문헌 ····· 24

표 목 차

<표 1> 변수 개요 ····· 2
<표 2> 결측치 처리 전 ····· 4
<표 3> 결측치 처리 후 ····· 4
<표 4> 흡연과 요단백의 독립성 검정 결과 ····· 6
<표 5> 신장, 체중, 시력(좌), 시력(우)의 요약 통계량 ····· 7
<표 6> 수축기, 이완기 혈압에 따른 혈압 상태 분류 ····· 7
<표 7> 흡연 집단 간 수축기의 등분산성 검정 ····· 8
<표 8> 흡연 집단 간 수축기의 이분산 독립표본 T검정(양측) ····· 9
<표 9> 흡연 집단 간 수축기의 이분산 독립표본 T검정(단측) ····· 9
<표 10> 흡연 집단 간 이완기의 등분산성 검정 ····· 9
<표 11> 흡연 집단 간 이완기의 이분산 독립표본 T검정(양측) ····· 9
<표 12> 흡연 집단 간 이완기의 이분산 독립표본 T검정(단측) ····· 10
<표 13> 흡연 집단 간 총콜레스테롤의 등분산성 검정 ····· 12
<표 14> 흡연 집단 간 총콜레스테롤의 이분산 독립표본 T검정(양측) 12
<표 15> 흡연 집단 간 총콜레스테롤의 이분산 독립표본 T검정(단측) 12
<표 16> 간 수치 범위에 따른 위험도 ····· 14
<표 17> RandomForest의 튜닝 전후 성능 ····· 18
<표 18> RandomForest의 하이퍼파라미터 ····· 19
<표 19> Xgboost의 튜닝 전후 성능 ····· 20
<표 20> Xgboost의 하이퍼파라미터 ····· 21

그 림 목 차

【그림 1】 흡연 집단에 따른 음주여부의 비율 ····· 5
【그림 2】 흡연 집단에 따른 혈색소 ····· 5
【그림 3】 흡연 집단에 따른 수축기와 이완기 혈압 ····· 8
【그림 4】 흡연 집단에 따른 콜레스테롤 정보 변수 ····· 11
【그림 5】 흡연 집단에 따른 혈청 크레아티닌 ····· 14
【그림 6】 혈당 수준에 따른 흡연 여부 비율 ····· 16
【그림 7】 혈색소 수준에 따른 흡연 여부 비율 ····· 16
【그림 8】 튜닝 후 RandomForest 모델의 변수 중요도 ····· 19
【그림 9】 튜닝 후 Xgboost 모델의 변수 중요도 ····· 21

Ⅰ. 서 론

흡연이 인체에 미치는 위험성은 꾸준히 제기되고 있으며, 지속적인 흡연은 암, 당뇨병, 고혈압, 고지혈증 등 이외에도 수많은 질환을 유발하는 요인으로 알려져 있다. 이에 따라, 건강검진 시행 시에 작성하는 문진표, 니코틴 직접 측정, 니코틴 간접 측정 등의 방법으로 흡연 여부를 판단하고 있다. 하지만, 문진표 작성자가 흡연 관련 항목에 응답을 하지 않거나 거짓응답을 했을 경우에는 문진표 작성을 통해 흡연여부를 확인하는 데 어려움이 생길 수 있고, 니코틴 혈중 농도를 직접 측정하거나 소변이나 혈액에서 코티닌(cotinine)을 측정하는 방법은 비용이 많이 드는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 어려움과 단점을 해결하는 데에 사용 가능한 흡연 여부 예측 모델을 구축한다. 국민건강보험공단에서 제공하는 건강검진데이터를 이용하여 모델을 구축하면, 기존의 흡연자 정보와 이중으로 확인함으로써 문진항목에 대한 비정확성을 보완할 수 있고 비용이 드는 검사 대신 흡연자를 특정 짓는 새로운 방법이 될 수 있다고 기대한다.

Ⅱ. 본 론

1. 분석 자료 설명

본 분석에 사용된 자료는 국가 공공개방 포털에 공개되어 있는 대한민국 건강보험공단의 건강검진 자료이다. 해당 자료는 건강검진을 받은 건강보험 가입자 100만명을 무작위로 선별하여 이들의 일반 건강검진 결과와 일반 건강검진 대상자 중 만 40세 혹은 만 66세에 도달한 자들이 받는 생애전환기건강진단의 결과로 이루어져 있다.

총 100만개의 행과 31개의 변수로 구성되어 있으며 변수는 크게 건강검진 수진자의 기본정보, 건강검진 결과, 그리고 문진정보로 이루어져 있다. 31개 변수의 설명은 <표1>과 같다.

<표 1> 변수 개요

변수	설명	종류
기준년도	해당 정보의 기준년도	int64
가입자 일련번호	건강보험 가입자에 부여한 일련번호	int64
성별 코드	대상자의 성별 - 1(남자), 2(여자)	category
연령대 코드	대상자의 나이를 5세 단위로 범주화한 코드	category
시도 코드	대상자 거주지의 시도코드	int64
신장	대상자의 키 (5cm 단위) 예) 160~164cm -> 160cm	int64
체중	대상자의 몸무게 (5kg 단위) 예) 25~29kg -> 25kg	int64
허리둘레	대상자의 허리둘레	float64
시력(좌)	대상자의 좌측 시력 - 0.1이하의 시력은 0.1, 실명은 9.9로 표기	float64
시력(우)	대상자의 우측 시력 - 0.1이하의 시력은 0.1, 실명은 9.9로 표기	float64
청력(좌)	대상자의 좌측 귀 청력 - 1(정상), 2(비정상)	category
청력(우)	대상자의 우측 귀 청력 - 1(정상), 2(비정상)	category
수축기 혈압	대상자의 최고 혈압	float64
이완기 혈압	대상자의 최저 혈압	float64
식전혈당 (공복혈당)	대상자의 식사 전 혈당 수치	float64
총 콜레스테롤	혈청 중 에스텔형, 비에스텔형 콜레스테롤의 합	float64
트리글리세라이드	중성지방 수치	float64
HDL 콜레스테롤	고밀도 리포단백질에 포함되는 콜레스테롤	float64
LDL 콜레스테롤	저밀도 리포단백질에 함유된 콜레스테롤.	float64
혈색소	혈액이나 혈구 속에 존재하는 색소단백	float64
요단백	소변에 단백질이 섞여 나오는 것	float64
혈청 크레아티닌	신기능장애에 의해 증량하는 수치	float64

(혈청지오티)AST	간 기능을 나타내는 혈액검사 상의 수치. 심장, 신장, 뇌, 근육의 세포들이 손상되는 경우 농도 증가함	float64
(혈청지오티)ALT	간 기능을 나타내는 혈액검사 상의 수치. 간세포가 손상되는 경우 농도 증가함	float64
감마 지티피	간 기능을 나타내는 혈액검사 상의 수치. 쓸개즙 배설 장애, 간세포 장애 발생 시 혈중에 증가함	float64
흡연	대상자의 흡연 상태 여부 1(피우지 않는다), 2(이전에 피웠으나 끊었다), 3(현재도 피우고 있다)	category
음주 여부	대상자의 음주 상태 여부 0(마시지 않는다), 1(마신다)	category
구강검진 수검여부	대상자가 구강검진을 선택하여 검했는지 여부 0(미수검), 1(수검)	category
치아 우식증 유무	대상자의 충치 유무 0(없음), 1(있음)	category
치석	대상자의 치석 여부 0(없음) , 1(있음)	category
데이터 공개일자	데이터 작성 기준일자	object

2. 데이터 전처리

가. 데이터 확인

(1) 검진 정보가 없는 행

성별, 연령대, 신장, 체중, 허리둘레, 시력, 청력정보, 흡연, 음주여부와 건강검진수검여부 외에 15개의 변수에 대한 건강검진 정보가 전혀 없는 행 33개를 삭제하였다.

(2) 결측 변수 및 결측 행 제거

“기준년도”, “가입자 일련번호”, “시도코드”, “데이터 공개일자”의 4가지 변

수는 흡연과 관련성이 전혀 없다고 판단하여 제거하였다.

구강검진 수검을 받지 않은 인원 668,583명에 대해 충치와 치석의 존재 여부가 없었으며, 이는 충치와 치석의 약 60%로 분석에 이용하기 어렵고 충치와 치석의 존재여부가 흡연에 큰 영향을 미치지 않을 변수라고 판단하여 “충치”, “치석”, 그리고 “수검여부” 변수를 제거하였다.

데이터의 범주형 변수들은 문진결과를 통해 만들어진 것으로 결측값이 많았으며, 수치형 변수들 중 총 콜레스테롤(Cholesterol), 트리글리세라이드(Triglyceride), HDL 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤 변수들은 2008년 이후부터 건강검진의 문진항목으로 추가되면서 2008년까지는 값이 결측이다. 흡연이 콜레스테롤에 미치는 영향과 관련한 학술자료를 통해 흡연여부를 예측하는데 콜레스테롤 관련 변수들은 중요한 변수라고 판단하였기에 콜레스테롤과 관련된 변수인 “총 콜레스테롤”, “HDL”, “트리글리세라이드”를 기준으로 결측값이 있는 402,139행을 모두 제거하여 2009년부터의 데이터만 사용하였다.

또한, “흡연”은 타겟 변수로 사용될 것이므로 결측값이 있는 343행도 제거했다.

<표2>와 <표3>은 각각 결측치를 제거하기 전과 후의 변수 개수와 결측치 개수이다.

<표 2> 결측치 처리 전

변수	결측치 개수	변수	결측치 개수
기준년도	0	식전혈당(공복혈당)	7602
가입자 일련번호	0	총 콜레스테롤	597694
시도코드	0	트리글리세라이드	597678
성별코드	0	HDL 콜레스테롤	597685
연령대 코드(5세단위)	0	LDL 콜레스테롤	605529
신장(5Cm단위)	0	혈색소	7611
체중(5Kg 단위)	0	요단백	12141
허리둘레	108	혈청크레아티닌	7602
시력(좌)	257	(혈청지오티)AST	7601
시력(우)	252	(혈청지오티)ALT	7602
청력(좌)	222	감마 지티피	7603
청력(우)	230	흡연상태	343
수축기 혈압	7532	음주여부	196
이완기 혈압	7534	구강검진 수검여부	0
치아우식증유무	668617	치석	668618
데이터 공개일자	0		

<표 3> 결측치 처리 후

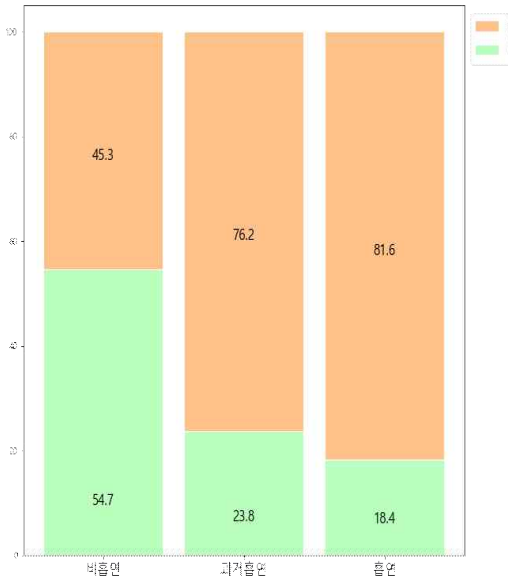
변수	결측치 개수	변수	결측치 개수
성별	0	총콜레스테롤	0
연령대	0	트리글리세라이드	0
신장	0	hdl	0
체중	0	ldl	7842
허리둘레	60	혈색소	7
시력(좌)	120	요단백	2032
시력(우)	116	혈청크레아티닌	0
청력(좌)	98	ast	0
청력(우)	100	alt	1
수축기	10	gpt	1
이완기	10	흡연	0
공복혈당	0	음주여부	62

나. 범주형 변수

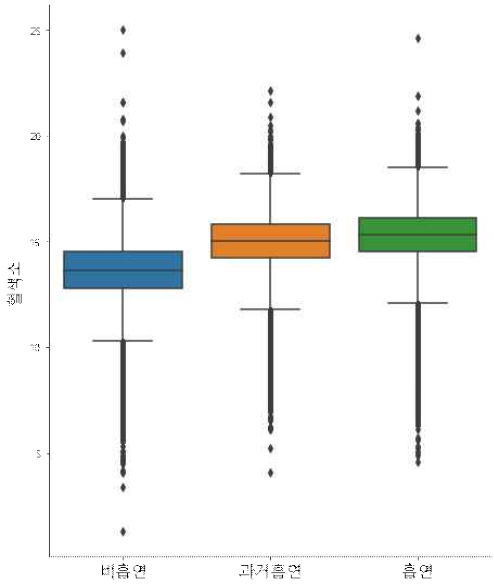
(1) 흡연

흡연 여부를 구분하는 이진분류를 하기 위해서는 타겟 변수인 “흡연”의 재범주화가 필요하였다. 비흡연, 과거흡연, 흡연에 따른 다른 변수들의 비율 및 수치를 확인해 본 결과, 특히 “음주”와 “혈색소”에서 과거흡연 그룹이 비흡연 그룹보다 흡연그룹의 비율 및 수치와 유사함을 보였다. 그리고 서울대학교 건강검진센터에 따르면, 과거흡연자가 비흡연자와 같은 건강상태가 되기 위해서는 21년 이상이 걸린다. 그렇기에 과거흡연 그룹을 흡연그룹에 포함시켜 재범주화하였으며, 비흡연은 0, 흡연은 1로 표현하였다.

<그림1>
흡연 집단에 따른 음주여부의 비율



<그림2>
흡연 집단에 따른 혈색소



(2) 연령대

연령대 변수는 40세에서 90세까지 5단위로 각각 9에서 18까지 범주화되어 있다. 따라서 알아보기 쉽도록 40에서 85로 값을 변환하였다.

(3) 요단백

요단백은 시험지 검사로 측정된 단백질 수치를 1(정상, ~15mg/dL), 2(약산

성, 15~30mg/dL), 3(30~100mg/dL), 4(100~300mg/dL), 5(300~1000mg/dL), 6(1000mg/dL~)으로 범주화되어 있다. 단백질이 하루에 300mg/dL 이상 배출되면 단백뇨로 정의하므로, 5와 6 범주를 하나의 범주 5로 재범주화하였다.

요단백의 범주에 따른 흡연과 비흡연의 비율을 비교했을 때, 요단백이 정상일 때의 범주가 비흡연 비율이 가장 많게 나왔으며, 표본 수가 매우 많았다. 이외 다른 범주는 모두 비슷한 수준의 비흡연 비율로 비슷한 경향을 보였다. 이에 따라 "요단백" 변수를 2개의 범주, 15mg/dL 을 기준으로 정상과 비정상으로 재범주해본 결과, 두 집단에서 흡연과 비흡연의 차이가 있지만 확연한 차이는 없어 보였기에 카이스퀘어 독립성 검정을 진행하였다.

H0: 요단백과 흡연은 독립이다. vs. H1: 요단백과 흡연은 독립이 아니다.

<표4> 흡연과 요단백의 독립성 검정 결과

	비흡연	흡연
정상	238,535(236,585.27)	130,846(132,795.73)
이상	17,730(19,679.73)	12,996(11,046.27)

독립성 검정 결과, 카이제곱 검정통계량 값은 581.7이고 P-value 값은 0.0이다. 따라서 유의수준 0.05 하에서 귀무가설을 기각할 근거가 충분하다. 즉, 요단백과 흡연은 종속된 관계이며, 2개의 범주로 재범주화 하는 것이 타당하다고 판단하였다.

다. 수치형 변수

(1) 신체 정보

다음은 신체 정보 변수에 대해 요약된 통계량이다. 허리둘레가 999cm인 최댓값이 있었으며, 시각화를 통해 666cm의 매우 큰 값을 발견하였다. 이 값들은 이상치로 판단하여 결측값으로 처리하였다. 또한 시력 변수의 값 중 9.9로 표기된 값은 실명으로 측정된 시력 값이 아니기 때문에 결측값으로 변환하였다.

<표5> 신장, 체중, 허리둘레, 시력(좌), 시력(우)의 요약 통계량

	신장	체중	허리둘레	시력(좌)	시력(우)
count	402139.000000	402139.000000	402079.000000	402019.000000	402023.000000
mean	160.704010	62.751859	82.247045	0.926994	0.929863
std	9.209452	12.300228	9.786217	0.650889	0.664638
min	130.000000	30.000000	8.700000	0.100000	0.100000
25%	155.000000	55.000000	75.900000	0.700000	0.700000
50%	160.000000	60.000000	82.000000	0.900000	0.900000
75%	170.000000	70.000000	88.900000	1.000000	1.000000
max	195.000000	135.000000	999.000000	9.900000	9.900000

(2) 혈압

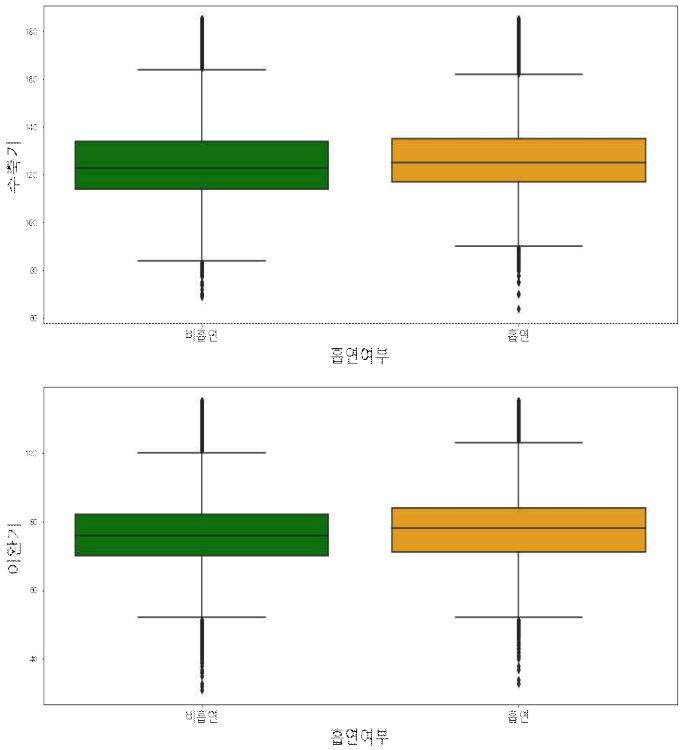
혈압 정보 변수에는 수축기와 이완기 혈압 변수가 있다. 수축기와 이완기 혈압의 몇몇 값들은 분포에서 다소 벗어나 있으며 다음의 <표 6>에서 제시한 고혈압 기준수치보다도 큰 극단값이다. 따라서 99.9 percentile을 기준으로 하여 수축기 혈압이 186 이상이거나 이완기 혈압이 116이상인 행을 삭제하였다.

<표6> 수축기, 이완기 혈압에 따른 혈압 상태 분류

혈압분류	수축기 혈압 (mmHg)			이완기혈압 (mmHg)
정상혈압*		< 120	그리고	< 80
고혈압 전단계	1기	120 - 129	또는	80 - 84
	2기	130 - 139	또는	85 - 89
고혈압	1기	140 - 159	또는	90 - 99
	2기	≥ 160	또는	≥ 100
수축기 단독고혈압		≥ 140	그리고	< 90

* 심혈관질환의 발병위험이 가장 낮은 최적 혈압

<그림3> 흡연 집단에 따른 수축기와 이완기 혈압



이상치 제거 후 흡연 집단에 따른 수축기 혈압 차이를 Box plot으로 확인했을 때 눈에 띄는 차이를 확인하기 어렵다. 이에 등분산성 검정(Bartlett test), 독립표본 T 검정을 통해 혈압 변수와 흡연 사이의 단변량 분석을 진행한다.

<표7> 흡연 집단 간 수축기 등분산성 검정	
H0: 흡연, 비흡연 두 집단의 수축기 분산은 같다. vs. H1: 흡연, 비흡연 두 집단의 수축기 분산은 다르다.	
statistic=1304.7554	p-value=1.0467e-285

유의수준 0.05하에서 귀무가설을 기각할 근거가 충분하며, 흡연과 비흡연 두 집단의 분산은 다르다. 따라서 이분산 독립표본 T검정을 진행했다.

<표8> 흡연 집단 간 수축기의 이분산 독립표본 T검정(양측)	
H0: 흡연, 비흡연 두 집단의 수축기 평균은 같다. vs. H1 : 흡연, 비흡연 두 집단의 수축기 평균은 다르다.	
statistic=-32.0771	p-value=2.1038e-225

유의수준 0.05하에서 귀무가설을 기각할 근거가 충분하다. 즉, 흡연과 비흡연 두 집단의 수축기 평균은 다르다.

<표9> 흡연 집단 간 수축기의 이분산 독립표본 T검정(단측)	
H0: 흡연, 비흡연 두 집단의 수축기 평균은 같다. vs. H1: 비흡연 집단의 수축기 평균이 흡연 집단보다 작다.	
statistic=-32.0771	p-value=1.0519e-225

유의수준 0.05하에서 귀무가설을 기각할 근거가 충분하다. 즉, 비흡연 집단의 수축기 평균이 흡연 집단보다 작다.

다음으로, 흡연 집단에 따라 이완기 혈압의 차이를 확인하기 위하여 등분산 검정(Bartlett test)과 독립표본 T검정을 진행하였다.

<표10> 흡연 집단 간 이완기 등분산성 검정	
H0: 흡연, 비흡연 두 집단의 이완기 분산은 같다. vs. H1: 흡연, 비흡연 두 집단의 이완기 분산은 다르다.	
statistic=1.6315	p-value=0.2015

유의수준 0.05하에서 귀무가설을 기각할 근거가 충분하지 않다. 그러므로 두 집단의 분산은 같다.

<표11> 흡연 집단 간 이완기의 이분산 독립표본 T검정(양측)	
H0: 흡연, 비흡연 두 집단의 이완기 평균은 같다. vs. H1: 흡연, 비흡연 두 집단의 이완기 평균은 다르다.	
statistic=-74.4009	p-value=0.0

유의수준 0.05하에서 귀무가설을 기각할 근거가 충분하다. 즉, 두 집단의 이완기 평균은 다르다.

<표12> 흡연 집단 간 이완기의 이분산 독립표본 T검정(단측)	
H0: 흡연, 비흡연 두 집단의 이완기 평균은 같다. vs. H1: 비흡연 집단의 이완기 평균이 흡연 집단보다 작다.	
statistic=-74.4633	p-value=0.0

유의수준 0.05하에서 귀무가설을 기각할 근거가 충분하다. 즉, 비흡연 집단의 이완기 평균이 흡연 집단보다 작다.

따라서 수축기와 이완기 혈압의 수치는 모두 비흡연자 집단보다 흡연자 집단에서 조금 더 크게 나타났다.

(3) 콜레스테롤

콜레스테롤 정보 변수에는 총콜레스테롤, 트리글리세라이드, hdl, ldl이 있다. 건강검진데이터에서 LDL콜레스테롤은 2012년부터 계산 값과 측정치 값이 통합되었다. 총콜레스테롤, HDL콜레스테롤, 트리글리세라이드 수치로 계산하되, 트리글리세라이드 측정값이 400mg/dL 이상인 경우 실측정한 값으로 기록되어있다.[1] 이에 따라 "ldl"의 결측 행 7842개 중 트리글리세라이드 측정값이 400mg/dL 미만인 경우 Friedwald equation[2]을 이용하여 307개 행을 대체하였으며, 트리글리세라이드가 400mg/dL 이상이면서 800미만인 경우는 LDL 추정공식 Sampson equation[3]을 이용하여 6601개 행을 대체하였다.

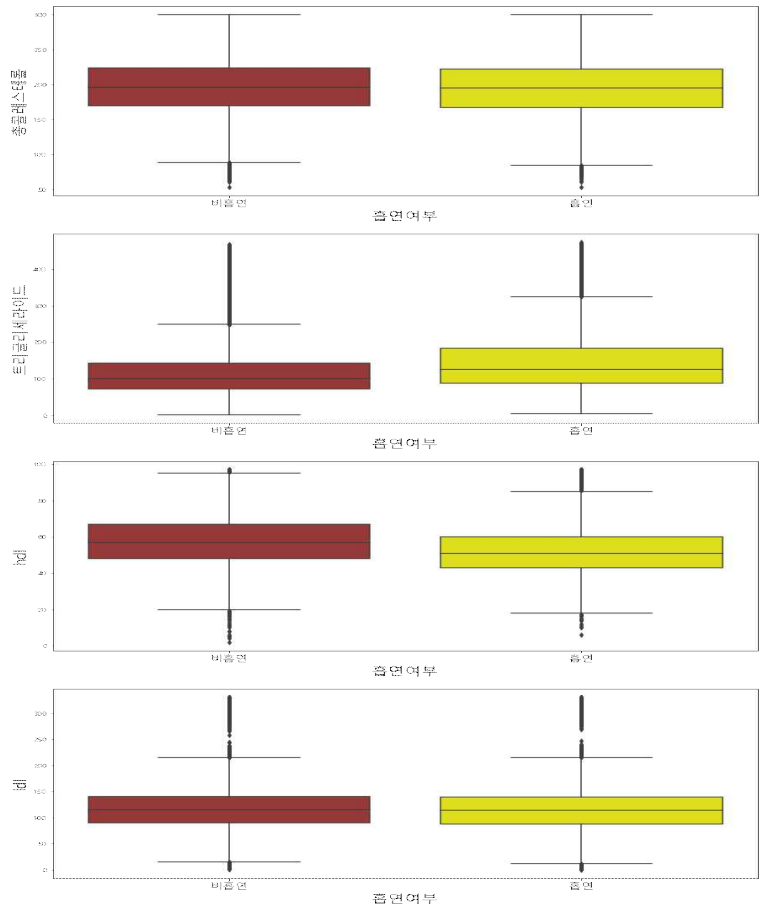
하지만, 트리글리세라이드가 400mg/dL 미만으로 건강검진데이터 기록 시에 사용하는 Friedwald euation을 이용하여 값을 추정했음에도 불구하고 계산된 LDL콜레스테롤 값이 음수값이었기에 이는 계산에 이용된 총콜레스테롤, 트리글리세라이드, HDL콜레스테롤 세 변수의 값 또한 신뢰할 수 없다고 판단하여 대체한 값에서 음수로 나온 18개 행 중 16개 행은 제거하였다. 나머지 2개 행도 음수값이기에 신뢰할 수 값이라 판단하여 제거하였다. 2013년 건강검진통계연보에 따르면, 국가건강검진에서 중성지방을 측정한 11,380,246명 중 중성지방 농도가 400ml/dL 이상인 사람은 236,436명으로 0.02%[4]에 불과

1) 국민건강보험공단, 국가중점 개방데이터(건강검진정보) 사용자 매뉴얼(ver 4.0)
2) Friedewald equation : $LDL-C=TC-HDL-C-TG/5$
3) Sampson equation : $LDL-C=TC/0.948-HDL-C/0.971-TG/8.56+[TG^{*}non-HDL-C]/2140-TG2/16100-9.44$

하였다. 이에 따라 800ml/dL은 매우 특이한 경우라고 여기고 트리글리세라이드가 800mg/dL 이상인 행에 대한 LDL콜레스테롤 수치를 추정할 수 없으므로 제외하였다.

다음 콜레스테롤 관련 변수들의 boxplot과 요약된 통계량을 통해 총콜레스테롤, HDL콜레스테롤, LDL콜레스테롤 모두 이상치가 존재함을 확인하였으며, 이 수치들은 극히 일부의 수치라고 판단했기 때문에 99percentile에 해당하는 수치를 기준으로 제거함으로써 이상치를 처리하였다. 총콜레스테롤은 301이상, hdl의 경우에는 98이상, ldl의 경우에는 331이상에 해당하는 수치로, 대한진단검사의학회에 정하고 있는 총콜레스테롤, HDL콜레스테롤, LDL콜레스테롤의 “높음/아주높음” 수준의 기준보다도 훨씬 높은 수치에 해당된다.

<그림4> 흡연 집단에 따른 콜레스테롤 정보 변수



4) 국민건강보험, 2014.

이상치 처리 후 흡연 집단에 따른 총콜레스테롤, 트리글리세라이드, HDL콜레스테롤, LDL콜레스테롤의 수치를 Box plot으로 봤을 때, 트리글리세라이드는 흡연집단에서 더 높고 HDL콜레스테롤은 비흡연집단에서 더 높았다. 하지만, 총콜레스테롤과 LDL콜레스테롤은 흡연자와 비흡연자 두 집단에서의 차이를 확인하기 어려웠으므로, 흡연 집단에 따른 총콜레스테롤의 등분산성 검정과 독립표본 T 검정을 진행하였다.

<표13> 흡연 집단 간 총콜레스테롤 등분산성 검정	
H0: 흡연, 비흡연 두 집단의 총콜레스테롤 분산은 같다. vs. H1: 흡연, 비흡연 두 집단의 총콜레스테롤 분산은 다르다.	
statistic=115.7866	p-value=5.2929e-27

유의수준 0.05하에서 귀무가설 H0을 기각할 근거가 충분하다. 즉, 두 집단에서 총콜레스테롤의 분산은 다르다.

<표14> 흡연 집단 간 총콜레스테롤의 이분산 독립표본 T검정(양측)	
H0: 흡연, 비흡연 두 집단의 총콜레스테롤 평균은 같다. vs. H1: 흡연, 비흡연 두 집단의 총콜레스테롤 평균은 다르다.	
statistic=18.4605	p-value=4.7647e-76

유의수준 0.05하에서 귀무가설 H0을 기각할 근거가 충분하다. 그러므로 흡연, 비흡연 두 집단의 총콜레스테롤 평균은 다르다.

<표15> 흡연 집단 간 총콜레스테롤의 이분산 독립표본 T검정(단측)	
H0: 흡연, 비흡연 두 집단의 총콜레스테롤 평균은 같다. vs. H1: 비흡연 집단의 총콜레스테롤 평균이 흡연 집단보다 크다.	
statistic=18.4605	p-value=2.3824e-76

유의수준 0.05하에서 귀무가설 H0을 기각할 근거가 충분하다. 즉, 비흡연 집단의 총콜레스테롤 평균이 흡연 집단의 총콜레스테롤보다 크다.

(4) 혈중 농도

혈중 농도 변수에는 공복혈당, 혈색소, 혈청크레아티닌이 있다. 공복혈당은 8시간 이상 공복 상태일 때, 측정한 혈당 수치를 의미하며 126mg/dL 이상이면 당뇨병으로 진단한다. 공복혈당의 요약 통계량을 보면 75percentile 값은 109, 최대값은 901임을 확인했고 이상치 제거가 필요하다고 판단하여 95, 99 percentile 값을 각각 살펴본 결과 206의 값을 가지는 99 percentile 기준으로 행 제거를 했다. 공복혈당 수치가 70 mg/DL미만이면 저혈당, 70~99 mg/dL인 경우 정상, 100~125 mg/DL는 공복혈당장애, 125 mg/DL이상인 경우 당뇨병이라고 진단하므로 위 기준으로 범주화 시켜주었다.

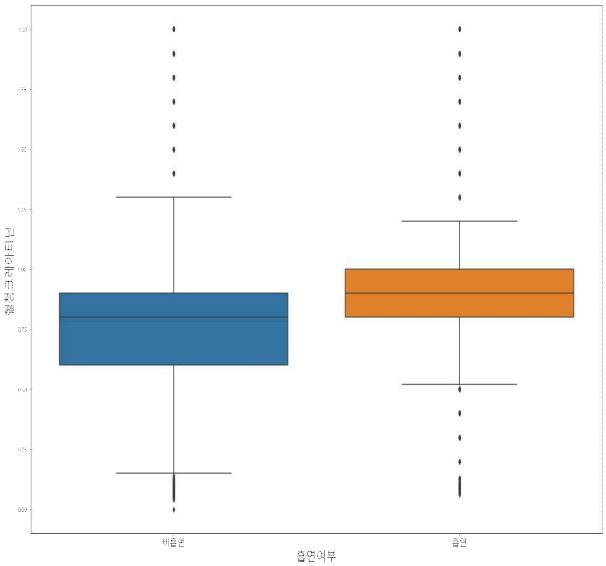
각 범주별 흡연자 비율을 살펴본 결과 <그림3>에서 볼 수 있듯이, 정상 범위의 혈당수치를 가진 집단의 흡연자 비율이 가장 낮았고 당뇨 집단의 흡연자 비율이 가장 높은 것을 확인했다.

혈색소는 성별에 따라 정상 범위가 다르다. 남성의 경우 13.5-17.5g/dL, 여성은 12.5-15.5g/dL일 때 정상이라고 판단한다. 해당 변수의 성별에 따른 분포를 Box plot으로 그려본 결과 정상 범위 내에 대부분이 분포한다는 것을 확인했다.

혈청크레아티닌은 신장 기능장애에 의해 증가하는 신장 관련 건강 수치로. 0.8에서 1.7 mg/dL일 때 정상이라고 판단한다. 통계청의 연령별 혈청크레아티닌 분포 현황을 참고했을 때 2.1이상은 극히 드물기 때문에 이보다 큰 값은 이상치라고 판단했다. 본 자료에서 혈청크레아티닌이 2.1이상인 행은 전체의 0.3%인 것을 확인하였고 해당 행은 삭제하였다. 흡연 여부에 따른 혈청 크레아티닌 수치를 비교해보았을 때 <그림5>와 같이 흡연자의 혈청 크레아티닌 수치가 비교적 더 높은 것을 볼 수 있다.

공복혈당, 혈색소, 혈청크레아티닌 모두 비흡연자에 비해 흡연자의 경우 더 높은 값을 가지는 경향이 있고, 이분산 t 검정 결과 흡연 집단이 비흡연 집단보다 더 큰 수치를 가진다는 것을 확인했다.

<그림5> 흡연 집단에 따른 혈청 크레아티닌



(5) 간 수치

ast, alt, gtp 는 모두 간 기능을 나타내는 혈액검사 수치이다.

gtp의 경우 999의 값을 가지는 행이 66개 존재하였는데, 정상범위 밖에 있는 단일 값이 많이 존재한다는 것은 측청치가 없는 것으로 간주하고 결측치 처리를 해주었다.

ast와 alt이 정상 범위를 벗어났을 때의 위험수준은 아래의 <표16>과 같다.

<표16> 간 수치 범위에 따른 위험도

위험도	수치 범위	원인
경도	40-200 IU/L 정상 상한치의 5배 이내 증가	비알코올성 지방간 질환, 만성 B형 간염
중등도	200-400 IU/L 정상 상한치의 5-10배 증가	바이러스 간염, 약물에 의한 간손상
중증	400 IU/L 이상 정상 상한치의 10배 이상 증가	급성 바이러스성 간염, 허혈성 및 독성 간손상, 자가면역성 간염, 알코올에 의한 간 손상

따라서 본 자료에서 ast와 alt가 중증수치인 400을 넘는 행을 살펴보았을 때, 전체 자료의 1%미만 이었고 이와 같은 수치는 매우 드물게 나타나는 경우라고 판단하여 해당 행은 삭제하였다.

간수치 변수의 흡연 여부에 따른 분포를 그려보았을 때, 흡연 집단이 비흡연 집단보다 간수치가 높은 경향을 보였다. 이 세 변수들은 분포가 한쪽에 몰려있어 정규성을 따른다고 보기 어려우므로 비모수 검정인 맨휘트니 U Test를 통해 흡연여부에 따른 차이 여부를 확인해보고자 했다. 그 결과 세 변수 모두 유의수준 0.05 하에서 “해당 변수는 흡연 여부 집단에 따른 차이가 없다.”는 귀무가설을 기각할 근거가 충분하다는 것을 확인했다.

라. 결측치 대체

본 자료의 결측치는 크게 두 가지 방법으로 대체하였다. 첫 번째로 범주형 변수는 해당 변수의 최빈값으로 단순 대체하였고, 두 번째로 수치형 변수는 다중대체법 MICE(Multivariate Imputation by Chained Equation) 알고리즘을 활용하여 대체하였다.

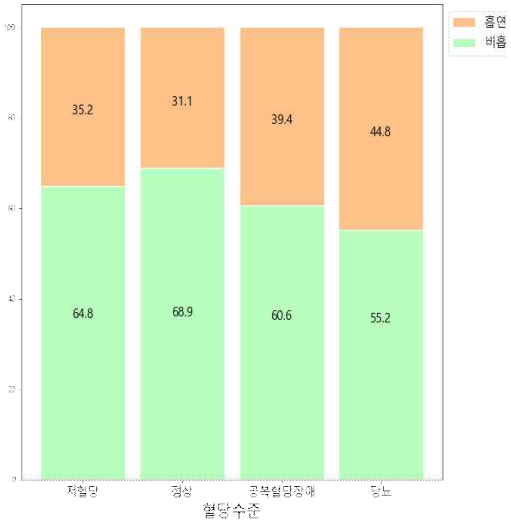
범주형 변수 중에서 시력, 청력에서 많은 결측치가 있는 것을 확인했으나 흡연 여부에 따른 차이는 없었기 때문에 결측치를 대체하기 보다는 변수 자체를 제거하였다. 이후, 요단백과 음주 여부 변수는 사이킷런의 simple imputer를 활용하여 최빈값 대체를 진행했다.

수치형 변수 중 허리둘레, 혈색소, 수축기, 이완기, alt, gtp에 결측치가 있는 것을 확인하였고 자료의 크기에 비해 결측치의 수가 매우 적은 편인 것을 감안하여 MICE 알고리즘을 사용이 적절하다고 판단했다.

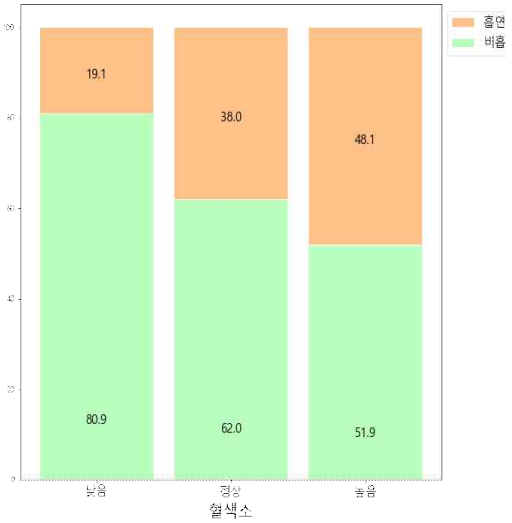
마. 파생변수

주어진 데이터에는 의미가 중복되거나 내포된 변수들이 존재한다. 특히 상관성이 서로 큰 신장, 체중, 허리둘레의 세 가지 신체 정보 변수는 해석의 용이성을 목적으로 신체 정보가 내포된 bmi와 복부비만도 변수로 변환을 시도했다.

<그림6>
혈당수준에 따른 흡연 여부 비율



<그림7>
혈색소 수준에 따른 흡연 여부 비율



체중을 신장의 제곱으로 나누어서 체질량 지수인 bmi 변수를 생성하였고 복부비만은 성별에 따른 허리둘레 기준(여성은 85이상, 남성은 90이상)을 통해 변수를 생성했다. 복부비만 여부에 따른 bmi와 흡연 여부 분포를 살펴본 결과 복부비만인 집단의 bmi가 더 높고, 흡연자 집단의 복부비만 비율이 더 높은 것을 확인했다.

혈색소는 정상 수치보다 작을 경우 '낮음', 클 경우를 '높음', 그리고 정상 범위 내에 있으면 '정상'으로 범주화하여 파생변수를 생성했다. 성별에 따라 다른 기준을 적용하여 혈색소 수준을 정의했고 성별에 따른 혈색소 수준의 차이는 없었다.

범주화한 혈색소 수준과 흡연 간의 관계를 시각화한 것이 <그림7>이며, 혈색소가 정상 수치보다 높은 집단의 흡연자 비율이 정상 수치보다 낮은 집단의 흡연자 비율의 2.5배인 것으로 보아, 혈색소 수치가 높을 수록 흡연자의 비율이 더 높은 경향이 있었다.

공복혈당 수치가 70mg/DL미만이면 저혈당, 70~99mg/dL인 경우 정상, 100~125mg/DL는 공복혈당장애, 125mg/DL이상인 경우 당뇨병이라고 진단하므로 위 기준으로 범주화 시켜주었다. <그림6>에서 범주 별 흡연자 비율을 보면, 정상 범위의 혈당 수치를 가진 집단의 흡연자 비율이 가장 낮았고 당뇨

집단의 흡연자 비율이 가장 높았다. 이는 혈당 수치의 이상이 있는 집단에서는 흡연자 비율이 높은 경향이 있다고 해석할 수 있다.

3. 모델링

본 연구에서 흡연 여부를 예측하기 위하여 1) RandomForest, 2) XGBoost, 3) Logistic Regression 분류 모델을 이용하였다. 또한 이 모델의 예측성능을 비교해보고 예측 모델에 포함된 중요 변수에 대해 살펴보았다. RandomForest와 XGBoost 모델의 성능개선을 위해 하이퍼파라미터 튜닝을 하는 기법으로는 베이지안 최적화(Bayesian Optimization)를 사용했다.

분석에 사용되는 자료는 376874행으로 분석하는 데 충분히 많은 양으로 판단하여 이를 train data : validation data : test data = 6 : 2 : 2로 나누어 사용하였다. train data와 validation data를 사용하여 모형을 학습시켰으며, test data로 데이터를 예측하였다.

사용된 변수 집단 1 : 신장, 체중, 허리둘레, 수축기, 이완기, 공복혈당, 총콜레스테롤, 트리글리세라이드, hdl, ldl, 혈색소, 혈청크레아티닌, ast, alt, gtp, bmi, 복부비만, 성별_1.0, 성별_2.0, 연령대_40.0, 연령대_45.0, 연령대_50.0, 연령대_55.0, 연령대_60.0, 연령대_65.0, 연령대_70.0, 연령대_75.0, 연령대_80.0, 연령대_85.0, 요단백_1.0, 요단백_2.0, 음주여부_0.0, 음주여부_1.0, 혈당수준_1, 혈당수준_2, 혈당수준_3, 혈당수준_4, 혈색소_cat__낮음, 혈색소_cat__정상, 혈색소_cat__높음, 흡연

청력(좌), 청력(우), 시력(좌), 시력(우) 변수는 흡연 집단에 따른 차이가 없었으므로 흡연자와 비흡연자를 예측하는 데 중요한 변수가 아니므로 제외하였다.

사용된 변수 집단 2 : 수축기, 이완기, 공복혈당, 총콜레스테롤, 트리글리세라이드, hdl, 혈청크레아티닌, alt, gtp, bmi, 복부비만, 성별_1.0, 성별_1.0, 연령대_40.0, 연령대_45.0, 연령대_50.0, 연령대_55.0, 연령대_60.0, 연령대_65.0, 연령대_70.0, 연령대_75.0, 연령대_80.0, 연령대_85.0, 요단백_1.0, 요

단백_2.0, 음주여부_0.0, 음주여부_1.0, 혈당수준_1, 혈당수준_2, 혈당수준_3, 혈당수준_4, 혈색소_cat__낮음, 혈색소_cat__정상, 혈색소_cat__높음, 흡연

"사용된 변수들 1"에서 높은 상관관계를 갖고 있었던 변수들 중 일부를 제외하였다. (신장, 체중, 허리둘레)를 제외하고 파생변수들인 (bmi, 복부비만)을 남겨두었으며, ast와 alt는 상관관계가 높고 둘 다 간염의 정도를 보여주는 지표이므로 ast는 제외하였다. 또한, 총콜레스테롤과 ldl의 상관계수가 매우 높고, ldl의 결측값을 총콜레스테롤, 트리글리세라이드, hdl로 추정하였기 때문에 오차나 변동성이 클 수 있기에 ldl을 제외하였다.

사용된 변수 집단 3 : 총콜레스테롤, 트리글리세라이드, hdl, 혈청크레아티닌, ast, alt, gtp, bmi, 복부비만, 성별_1.0, 성별_2.0, 연령대_40.0, 연령대_45.0, 연령대_50.0, 연령대_55.0, 연령대_60.0, 연령대_65.0, 연령대_70.0, 연령대_75.0, 연령대_80.0, 연령대_85.0, 요단백_1.0, 요단백_2.0, 음주여부_0.0, 음주여부_1.0, 혈당수준_1, 혈당수준_2, 혈당수준_3, 혈당수준_4, 혈색소_cat__낮음, 혈색소_cat__정상, 혈색소_cat__높음, 흡연

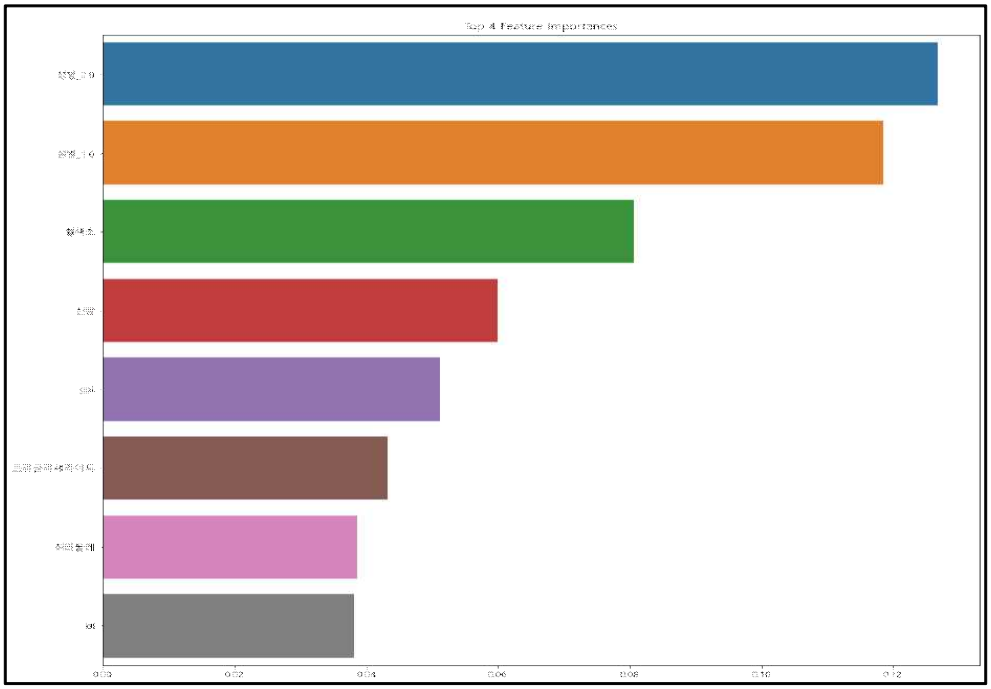
가. Bayesian Optimization을 활용한 RandomForest

의사결정나무(Decision Tree) 모형은 하나의 데이터에 의해 한 가지 의사결정나무 모형을 적합시키므로 데이터에 대한 설명력은 높지만 예측력이 높지 않은 문제가 있다. 또한 의사결정나무는 훈련데이터셋에 과적합되기가 쉽기 때문에 과적합 개선을 위한 여러 복잡한 모델 처리 과정이 필요하다. 따라서 대용량 데이터를 다루기 용이하고 과적합 문제가 개선된 알고리즘인 RandomForest 모델을 선택하였다.

<표17> RandomForest의 튜닝 전후 성능

튜닝 여부	사용된 변수	accuracy	recall	precision	f1
튜닝 전	1	0.818	0.842	0.699	0.764
튜닝 후	2	0.82	0.861	0.697	0.77

<그림8> 튜닝 후 RandomForest 모델의 변수 중요도



튜닝 전 모델의 변수 중요도를 살펴보았을 때, 상위 8개의 변수 중요도에서 성별, 혈색소, 신장, gtp, 트리글리세라이드, 허리둘레, ldl순으로 중요도가 높았다. 베이지안 최적화 알고리즘을 통해 Accuracy 기준으로 최적의 파라미터 조합을 찾아본 결과 최종적으로 아래의 파라미터를 사용하여 모델 튜닝을 진행했다.

<표18> RandomForest의 하이퍼파라미터

파라미터	값
max_depth	18
min_samples_leaf	7
min_samples_split	11
n_estimators	258
n_jobs	-1

앞서 설명한 바와 같이 비슷한 의미를 갖거나 상관관계가 높은 변수를 제거한 집단2를 사용하여 해당 모델에 적합해 본 결과 성능이 향상되었다. 튜닝 후의 모델에서는 성별, gtp, 트리글리세라이드, 총콜레스테롤, hdl, 혈청크레아티닌, alt 순으로 변수 중요도가 높았다. 혈당, 요단백, 혈당수준, 혈색소_cat은

중요도가 다른 변수들에 비해 매우 낮았다.

나. Bayesian Optimization을 활용한 Xgboost

XGBoost는 병렬처리로 GBM보다 학습과 분류 속도가 빠르며, 과적합을 규제해주는 장점을 가지고 있어 내구성이 강하다. 특정 반복 횟수만큼 더 이상 비용함수가 감소하지 않으면 지정된 반복횟수를 다 완료하지 않아도 수행을 종료하는 조기중단과 같은 기능이 있고, 분류의 영역에서 뛰어난 예측 성능을 발휘한다는 특징을 가지고 있기에 XGBoost 모형을 선택하였다.

베이지안 최적화를 통한 파라미터 조정을 하기 이전에, 모든 변수를 모델에 적합시켰다. '성별_1.0', 즉 남성 집단을 나타내는 변수의 중요도가 월등히 높았고, 이어서 음주여부, gtp, hdl 그리고 연령대 변수가 높은 중요도를 보였다.

이어서 베이지안 최적화를 통해 Accuracy 기준 최적의 파라미터 조합을 찾은 결과 위의 파라미터를 사용하였다. 앞서 언급한 변수 집단2를 사용하여 파라미터 조정을 거친 모델에 학습시키고 validation 셋으로 성능을 확인해본 결과는 아래와 같다. 이후, 변수를 줄이고 파라미터를 조정하는 과정을 통해 모델의 복잡도를 줄이면서 성능은 유지하도록 모델학습을 시켰다.

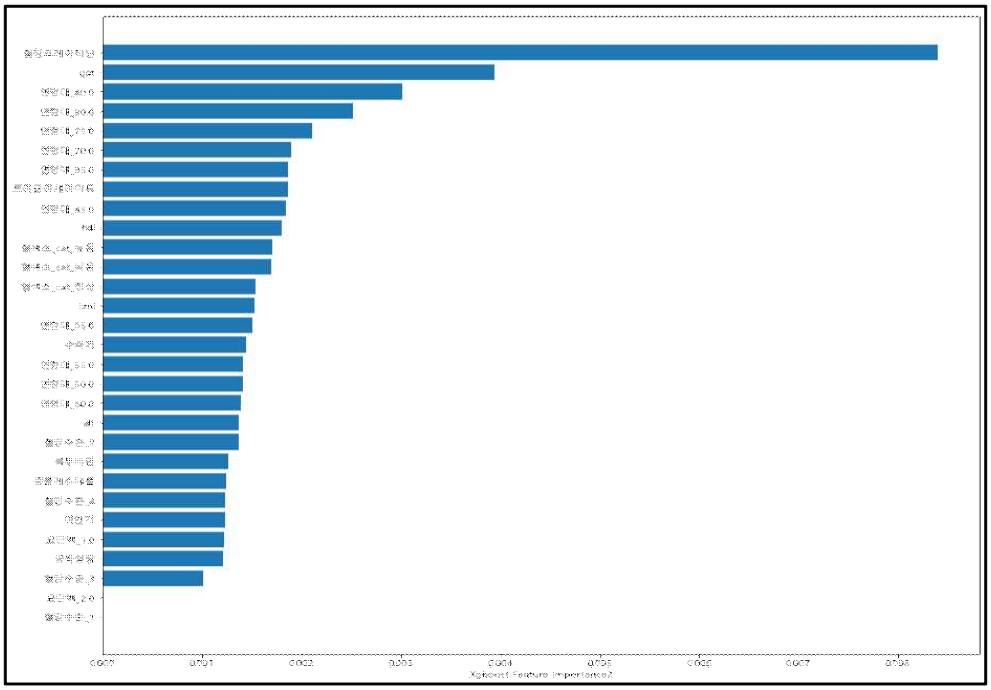
<표19> Xgboost의 튜닝 전후 성능

튜닝 여부	사용된 변수	accuracy	recall	precision	f1
튜닝 전	1	0.818	0.875	0.69	0.772
튜닝 후	2	0.82	0.856	0.699	0.77

<표20> Xgboost의 하이퍼파라미터

파라미터	값
colsample_bytree	0.9
eta	0.1
gamma	9
max_depth	9
min_child_weight	12
subsample	0.68

<그림9> 튜닝 후 Xgboost 변수 중요도



튜닝과 변수 선택의 과정을 거친 후의 변수 중요도는 성별, 음주여부가 월등히 높았고 나머지 변수들의 변수 중요도 크기를 정렬해놓은 그래프가 <그림9>이다.

다. 최적 모델 선택 및 Test 성능

최적의 모델을 선택하는 기준은 성능과 해석의 용이성이다. 두 가지 모델

모두 비슷한 성능을 보였으며, 베이지안 최적화 튜닝 과정과 변수 축소과정을 거친 이후에도 안정적인 성능을 보였다. 반면 각 모델의 변수 중요도를 살폈을 때, Xgboost 모델이 RandomForest 모델에 비해 특정 변수 의존이 과하게 높은 것을 확인했다. 따라서 여러 변수들이 모델을 고르게 설명하고 있는 RandomForest가 변수 해석의 면에서 더 구축이 잘된 모델이라고 판단했다. 결과적으로 최종 선택된 모델로 Test 데이터의 타겟변수를 예측한 평가성능은 정확도(Accuracy)가 0.819, F1-score가 0.769이다.

Ⅲ. 결 론

1. 분석 결론 및 인사이트

첫째, 성별은 흡연을 예측하는데 큰 영향을 준다. 본 자료에서 남성의 흡연자 비율은 67.8%인 것에 반해 여성의 흡연자 비율은 5.3%로 여성의 대부분이 비흡연자라고 볼 수 있다. 이와 같은 극단적인 비율의 차이로 인해 다른 건강수치 변수보다 성별이 흡연 여부를 예측에 큰 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. 성별에 따라 흡연자 비율이 차이가 나는 이유가 무엇일지 사후 연구가 필요해 보이며, 한 편으로는 여성의 흡연을 부정적인 시선으로 보는 사회적 분위기 때문에 여성의 흡연률은 실제보다 낮게 보고된다는 해석도 있다[5]. 따라서 분석 결과대로 성별에 따라 건강검진 과정이나 문진항목에 차이를 두어 국민건강수준조사를 하는 것이 구체적인 정보수집에 도움이 될 것이다.

둘째, 음주하는 집단의 흡연 비율이 높다. 음주를 하지 않는 집단의 흡연자 비율이 17.8%인 반면, 음주를 하는 집단의 흡연자 비율은 49.4%이다. 이를 통해 흡연과 음주를 모두 하는 사람이 많고, 해당 집단은 건강 관리에 소홀하다고 볼 수 있다. 따라서 이 집단은 건강에 문제가 생길 확률이 높으므로 건강 관리가 더욱 필요하다고 보고, 특정 집단에게 경고 또는 꼬리 문항을 단

5) 국가지표체계 -국가발전 지표 - 건강 - 건강행태 - 현재 흡연율 - 해설

문진을 작성하도록 유도할 수 있다. 이를 통해. 특정 집단의 건강 이상을 사전에 발견 빈도가 증가하는 것을 기대한다.

셋째, 흡연자의 경우 혈색소 수치가 높은 경우가 많다. 혈색소 수치를 정상 범위 기준으로 “낮음”, “정상”, “높음” 세가지로 범주화 했을 때, 차례대로 흡연자의 비율이 19.1%, 38%, 48.1%로 비율이 점차 커지는 경향이 있다. 실제로 흡연을 하면 흡연 중에 생기는 담배 연기의 일산화탄소가 헤모글로빈과 결합하게 되면서 적혈구가 많이 만들어 진다. 따라서 혈색소가 높은 적혈구 과다증의 주된 원인이 흡연[6]이라는 데에 타당한 근거가 된다. 본 분석을 통해 흡연자의 경우 혈전에 따라 발생할 수 있는 합병증의 위험성을 알려줌으로써 질병을 예방할 수 있다.

다음으로 모델링 과정을 통해 크게 두가지의 결론을 얻을 수 있었다.

먼저, Random Forest 모델을 통해 흡연 여부를 예측하는 데에 콜레스테롤, 간수치, 성별이 큰 영향을 준다고 해석할 수 있다. 콜레스테롤과 간수치는 음주, 식습관 등의 생활 습관에 영향을 받는 건강 수치이므로 본 분석을 통해 흡연자로 예측 되는 집단은 생활 습관 개선을 통해 건강 관리에 유의해야 할 필요가 있다.

마지막으로, XGBoost 모델을 통해 성별, 음주여부, 혈청 크레아티닌, gtp 그리고 연령대 변수가 흡연 여부를 예측하는 데에 있어서 유의미하다고 볼 수 있다. 이 결과를 통해 중요도가 높게 나온 특정 연령대를 대상으로 금연의 필요성, 흡연의 부정적인 영향을 담은 캠페인을 더 적극적으로 홍보해 볼 수 있다. 추가적으로 본 분석을 통해 흡연자로 예측된 대상자에게는 추가적인 신장 기능 검사를 권유함으로써 더 세부적인 건강관리를 유도하고 질병을 예방할 수 있다.

2. 모델 활용방안

본 분석에서는 Random Forest와 XGBoost의 두가지 모델을 사용하여 흡연 예측 성능을 비교해보았다. 그 결과 XGBoost를 최종 모델로 선정하였고, 학

6) Jane Liesveld, MSD Manual, 적혈구 증가증

습시킨 모델을 통해 문진 결과 없이 건강검진 데이터를 통해 흡연 여부를 예측해 볼 수 있다. 모형을 확장시켜서 적용한다면 건강검진 결과에 따라 흡연자일 확률이 높은 집단에게는 추가적인 검진 또는 문진을 유도하여 해당 집단이 흡연자라서 발생할 수 있는 합병증이나 질병을 예방할 것을 기대한다.

참 고 문 헌

[1] 대한의학회, 질병관리본부 (2018.01.), “고혈압 가이드라인 일차 의료용 요약 정보”

[2] 국민건강보험공단 빅데이터 운영실(2017.), “국가중점 개방데이터(건강검진정보) 사용자 매뉴얼 (ver 4.0)”

[3] 국가법령정보센터(2022.), “일반건강검진 및 의료급여생애전환기검진 결과 판정기준”

[4] 장성옥(2015.), “LDL-콜레스테롤의 추정:Friedwald 공식과 Martin 방법의 비교”, 통계연구 제20권 제2호

[5] 김양현(2012.), “소변검사 이상의 해석과 임상적 적용”, 고려대학교 의과대학 가정의학교실

[6] 원진희(2020.), “국민건강영양조사를 이용한 간기능검사수치에 영향을 주는 요인들에 대한 연구”

[7] 이현웅(2017.), “간기능 검사의 올바른 해석”, 대한내과학회 추계학술대회

[8] Youhyun Song et al. (2021), “Comparison of the effectiveness of Martin’s equation, Friedewald’s equation, and a Novel equation in low-density lipoprotein cholesterol estimation”