**[2025 제안논문]**

**머신러닝 모델을 활용한 COVID-19 팬데믹 이후**

**북미사망보험 사망률 중장기 개선효과 추정**

목차

[**1장 서론 (Introduction)** 3](#_Toc206186707)

[1. 연구 배경 3](#_Toc206186708)

[**제2장 연구 방법 (Materials & Methods)** 4](#_Toc206186709)

[1. 활용 데이터 4](#_Toc206186710)

[2. 장래 사망률 Projection 방법론 4](#_Toc206186711)

[2.1) 회귀모형 4](#_Toc206186712)

[2.2) GLM (Generalized Linear Model) 5](#_Toc206186713)

[2.3) ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) 6](#_Toc206186714)

[2.4) APC (Age Period Cohort) 7](#_Toc206186715)

[2.5) 머신러닝 모델 8](#_Toc206186716)

[3. 데이터 Smoothing 방법론 8](#_Toc206186717)

[3.1) 2D 가우시안 커널 8](#_Toc206186718)

[3.2) 테일 1D 가우시안 커널(경계 완화) 10](#_Toc206186719)

[4. 신뢰도 기법 적용 방법론 11](#_Toc206186720)

[4.1) Bühlmann-Straub 신뢰도 이론 11](#_Toc206186721)

[**제3장 결과 (Results)** 13](#_Toc206186722)

[1. 인구통계를 사용한 사망개선율 Projection 13](#_Toc206186723)

[1.1) HMD 기반 북미 성별 및 연령별 사망률 Projection 모델 선정 13](#_Toc206186724)

[1.2) APC 모델을 이용한 2020 ~ 2035년 사망개선율 추계 17](#_Toc206186725)

[1.3) Smoothing 적용 및 결과 Summary 18](#_Toc206186726)

[2. 자사통계(Primerica)를 사용한 사망개선율 Projection 21](#_Toc206186727)

[2.1) 계약속성 Projection 21](#_Toc206186728)

[2.2) 자사통계 기반 북미 성별 및 연령별 사망률 Projection 모델 선정 23](#_Toc206186729)

[2.3) Smoothing 적용 및 결과 Summary 25](#_Toc206186730)

[**제4장 결론 (Conclusion)** 29](#_Toc206186731)

[**Appendix** 30](#_Toc206186732)

# **1장 서론 (Introduction)**

## 1. 연구 배경

당사는 북미 사망보험 재보험 수재 업무에 있어 사망률 가정을 수립하기 위해 Society of Actuaries(SOA)에서 제공하는 사망개선율 산출 도구(이하, MIM Tool)을 활용하고 있다. 해당 도구는 과거 통계 데이터를 기반으로 연령, 성별, 소득수준 등에 따른 사망개선율을 추정할 수 있는 기능을 제공하지만, 실무 적용 과정에서 다음과 같은 구조적 및 기술적 한계를 드러내고 있다.

1. 북미 인구의 사망개선율은 2010년 이후 구조적인 둔화 추세를 보이고 있으며, COVID-19 팬데믹 이후 그 변동성이 크게 확대되었다. 이는 향후 사망개선율을 예측함에 있어 노이즈를 증가시키는 요인으로 작용한다.
2. SOA Tool의 단기적인 사망개선율은 데이터 기반으로 산출할 수 있으나, 장기 개선율(Long-Term Mortality Improvement Rate, 이하 LTR)의 경우 계리사의 주관적 판단이 개입될 수 밖에 없으며 현재 당사의 경우 외부 컨설팅에서 제시된 값을 사용하고 있다.
3. 북미사망 개선율에 영향을 미치는 언더라이팅 등급, 언더라이팅 방법론(Full UW vs Accelerated UW) 등 실제 재보험 리스크에 영향을 미치는 추가 변수에 대한 반영이 어렵다.

본 연구는 이러한 구조적(변수 제한)과 기술적(장기 개선율 및 COVID 불안정성)인 한계를 극복하기 위한 데이터 기반의 대안 모델을 제시하고, 실증적 비교를 통해 우리 회사에 적합한 사망개선율 추정 프레임워크를 제시하고자 한다.

# **제2장 연구 방법 (Materials & Methods)**

## 1. 활용 데이터

본 연구에서 사용한 데이터는 아래와 같음.

* 외부 공공통계: HMD(Human Mortality Database)통계의 북미 성별, 연령별 1995년~2023년 사망자수, 인구수, 코로나로 인한 사망자수
* 내부 경험데이터: 당사의 북미 사망보험 보유계약 및 청구 이력 데이터를 2010년 ~ 2025년 1분기까지 활용함. 계약 조건(Underwriting method, 담보 구조, 피보험자 정보), 사망 시점 및 COVID 사망 여부 등 세부 정보 포함됨.

## 2. 장래 사망률 Projection 방법론

HMD 통계를 활용하여 주요 연령의 장래 사망자 수를 추정해보고 이를 바탕으로 분석에 활용할 경험 데이터의 기간을 특정하였음. 장래 추정에는 회귀모형, GLM(Generalized Linear Model), ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average), APC(Age Period Cohort) 모델을 활용하였음.

이후 자사 통계를 활용해 장래 사망률 추정에는 머신러닝 모델인 랜덤포레스트를 활용하여 비교 분석하였음.

### 2.1) 회귀모형

정의 및 수식

* 회귀분석은 하나의 종속 변수 Y와 하나 이상의 독립 변수 X 사이의 관계를 수학적 함수로 모델링하는 통계 기법임.
* 가장 흔한 형태의 선형 회귀 기본 모형은 아래와 같음.

(은 오차항, E[=0, Var(을 가정)

추정 방법

* 가장 보편적인 방법인 최소제곱법(ordinary least squares, OLS)은 잔차 제곱합 을 최소화하여 를 추정함.

가정 및 진단

* 선형성(linearity): Y와 X간 관계가 선형일 것
* 독립성(Independence): 관측치 간 오차가 상관되지 않을 것
* 등분산성(Homoscedasticity): 모든 i에서 Var()가 동일할 것
* 정규성(Normality): 가 정규 분포를 따를 것

장단점

* 장점: 해석이 직관적이고 계산이 빠르며, 모형 진단 도구가 잘 발달
* 단점: 비선형 관계나 이분산성, 이상치(outlier)에 민감

### 2.2) GLM (Generalized Linear Model)

정의 및 수식

* GLM은 선형 회귀를 지수족(Exponential Family)분포[[1]](#footnote-1)와 연결 함수(Link Function)[[2]](#footnote-2)를 통해 확장한 모형임.
* 모형 구성 요소:

1. 확률 분포: 종속 변수 가 지수족 분포를 따름
2. 선형 예측 변수:
3. 링크 함수: g(, 여기서

(e.g. 로지스틱 회귀, 포아송 회귀 등이 포함)

추정 방법

* 최대우도법(Maximum Likelihood Estimation)을 사용하며, 일반적으로 반복 가중 최소제곱법(Iteratively Reweighted Least Squares, IRLS)을 통해 파라미터를 추정함.

장단점

* 장점: 종속 변수 분포(이분산, 범주형 등)에 유연하게 대응 가능, 다양한 링크 함수를 통해 비선형 관계도 모형화
* 단점: 모형 선택 시 링크 함수, 분포 선택이 필요하며, 과대적합(Overfitting)주의

### 2.3) ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

정의 및 수식

* ARIMA(p, d, q) 모형은 비정상 시계열(non-stationary series)을 다루기 위해 ARMA모형을 차분(differencing)단계로 확장한 것임.

여기서 B는 시차 연산자(Lag Operator),

(AR부분),

(MA부분)

* d차 차분을 통해 정상성(stationarity)을 확보하며, 필요 시 계절성 모델링을 위해 SARIMA로 확장

추정 방법

* 파라미터 는 최대우도법 또는 비최소자승법(non-least squares)을 통해 추정하며, 통상적으로 Box-Jenkins절차(식별-추정-진단)로 모형선택

장단점

* 장점: 단변량 시계열 예측에 효과적, 모델 구조가 명확하여 단기 예측에 강점
* 단점: 계절성, 비선형 패턴, 다변량 상호작용 반영 어려우며, 모형 식별 및 차분 차수 결정이 복잡함

### 2.4) APC (Age Period Cohort)

정의 및 수식

* APC 모형은 인구 집단의 사망률(또는 발생률) 변동이 연령(Age), 기간(Period), 코호트(Cohort Birth Year or Cohort Index) 세 가지 효과로 구분되어 있을 때, 이들을 동시에 추정, 분리하고자 고안된 통계 모형임.

예를 들어, 70세 자체의 특성(연령 효과), 2025년이라는 시점의 의료, 환경변화(기간효과), 1955년생 세대의 특성(코호트 효과)를 동시에 고려해 어느 효과가 얼마나 기여했는가를 분석하는 모형임.

* 일반적 형태 (로그 선형 모형)

여기서

* + : 연령 x, 시점 t의 사망률
  + : 연령 효과 (age effect)
  + : 기간 효과 (period effect)
  + : 코호트 효과 (cohort effect), c = t-x
* AC모형은 기간효과를 제외하고 연령, 코호트만 고려

식별성 이슈

* 변수 간 c=t-x 관계로 인해 완전한 식별이 불가능하여, 다음과 같은 제약을 부여함.

또는 선형 추세(linear trend)를 제거하는 방식

추정 방법

* 통상적으로 포아송 회귀 틀에서 GLM을 이용해 로그 선형 추정, 제약사항은 Lagrange multiplier 또는 디자인 매트릭스에 직접 반영하여 해결함.

장단점

* 장점: 각 효과를 분리하여 인과적 해석 가능, 장기 추세 및 세대(cohort)특성 파악에 유용함
* 단점: 식별성 문제로 제약 선택에 민감, 과도한 파라미터는 과적합 위험

### 2.5) 머신러닝 모델

정의 및 수식

* To be filled
* To be filled

추정 방법

* To be filled

장단점

* 장점: To be filled
* 단점: To be filled

## 3. 데이터 Smoothing 방법론

장래 사망률 추정 후 실무 적용 가능성을 높이기 위해 연령(행)×연도(열) 격자 상의 사망개선율 표면에 평활화를 수행하였음. 본 연구는 2D 가우시안 커널(분리가능 커널) 과 테일 1D 가우시안(마지막 연도 경계 완화) 를 적용함. 기본 대역폭은 연령축 σ=2.5, 기간축 σ=1.2로 설정하였고, 최종연도(2035)는 현실적 제약을 반영하여 −1% 미만이면 −1%로 클램프한 뒤 마지막 4개 연도(2032–2035) 에 대해 연도축 1D 가우시안(σ=1.0)으로 재-스무딩하여 경계 단절을 완화하였음. 팬데믹 추가 보정은 적용하지 않았음.

### 3.1) 2D 가우시안 커널

정의 및 수식

* 연령 a, 연도 t에서의 개선율을 라고 할 때, 2차원 가우시안 커널 로 평활하한 값 는
* 분리가능(separable) 구조를 이용하여 연령축 1D 가우시안 → 기간축 1D 가우시안 순으로 컨볼루션을 적용함. 경계는 끝값 반복(edge replication)으로 처리하여 외삽 왜곡을 최소화함.

추정 방법

* 대역폭 선택은 민감도 분석을 통해 시각적 매끈함과 구조 보간 간 균형점을 찾음: ,
* 필요 시 교차검증(CV) 또는 정보기준 유사 지표(잔차 제곱합ᆞ곡률 패널티 병행)로 자동 튜닝 가능함.

가정 및 진단

* 국소 매끈함(local smoothness): 인접 연령/연도 간 개선율이 급변하지 않는다는 전제를 둠.
* 등방성 가정은 아님(연령·기간축 각각 다른 σ 사용): 연령단면과 기간추세의 비대칭적 매끈함을 허용.
* 진단: (i) 잔차맵 의 평균·분산 안정성, (ii) 연령·연도별 1차 기울기/2차 곡률 감소 여부, (iii) 고령대 톱니 제거 여부, (iv) 시계열 자기상관 완화 여부 등을 점검함.

장단점

* 장점: 계산이 빠르고 구현이 단순하며, 연령ᆞ기간축별 매끈함 조절이 직관적임. 경계 처리로 외삽 편향을 완화하고, 과도한 미세 변동(잡음)을 효과적으로 억제함.
* 단점: Cohort(대각) 방향의 뚜렷한 구조는 분리가능 커널에서 상대적으로 희석될 수 있음. 선택에 민감하며, 지나치게 크면 구조적 신호가 과평활될 위험이 있음.

### 3.2) 테일 1D 가우시안 커널(경계 완화)

정의 및 수식

* 정책적·실무적 제약을 반영하여 최종연도(2035)의 개선율을 하한 및 상한 로 클램프:
* 경계 단절을 줄이기 위해, 마지막 L년(본 연구 L=4, 즉 2032–2035) 에 한해 연도축 1D 가우시안 으로 재-스무딩:
* 마지막 값은 제약을 유지하기 위해 (하한에 걸린 경우) 또는 (상한에 걸린 경우)로 재고정함(앵커 고정).

추정 방법

* 2D 스무딩 후, 가 제약(하한 or 상한)에 걸린 연령 a에 대해서만 테일 스무딩을 적용함(불필요한 전역 수정을 방지).
* 꼬리 구간 업데이트는 에 한정하여 수행, 2035는 항상 해당 제약값으로 유지함.

가정 및 진단

* 최종연도에서의 현실적 하한 제약이 합리적이라는 전제.
* 진단: (i) Δ-연속성 지표 의 급변 감소 여부, (ii) 테일 스무딩이 2031 이전 구간에 미치는 영향이 미미함을 확인, (iii) 제약 적용 연령대의 집중도와 규모 점검.

장단점

* 장점: 마지막 연도 경계에서 발생하는 시각적·수치적 단절을 완화하면서 정책 제약(상한 및 하한)을 동시에 만족. 영향 범위를 마지막 L년으로 제한하여 원자료 구조 보존.
* 단점: 제약 값 설정에 민감하며, 이 과도하면 말기 구간이 지나치게 수렴할 수 있음. 제약을 정식 최적화(QP)로 풀지 않으므로 이론적 최적성은 제한적임.

## 4. 신뢰도 기법 적용 방법론

인구통계 기반 사망개선율과 회사통계 기반 사망개선율을 결합하기 위해 Bühlmann-Straub 신뢰도 이론을 적용하였음. 자사 통계는 5세 단위 연령집단별로 집계하였으며, 각 집단의 사고건수가 384건 이상인 경우 Full Credibility를 부여하고, 그 외에는 부분 신뢰도를 부여하는 방식으로 조합함. 최종 개선율은 신뢰도 가중평균 형태로 산출하였음.

### 4.1) Bühlmann-Straub 신뢰도 이론

정의 및 수식

연령집단 에 대해

* : 인구통계 기반 개선율 (mortality improvement rate from population statistics)
* : 회사통계 기반 개선율 (mortality improvement rate from company statistics)
* : 연령집단 의 신뢰도(Credibility factor),

최종 조합 개선율 는 다음과 같이 정의함.

Full Credibility를 위한 사고건수 기준 를 384(신뢰수준 = 95%, 허용오차 = 10%)건으로 설정하였으며, 각 집단의 사고건수 에 대해 신뢰도는 다음과 같이 산출함.

이때, 형태는 Classical Credibility Formula에 기반하며, 표본 크기에 따른 불확실성을 반영함.

추정 방법

* 5세 단위 연령집단별 사고건수 집계
* 인구통계·회사통계 개선율 산출
* 계산 후 최종 개선율 결합

가정 및 진단

* Full Credibility 기준: 신뢰수준 95%, 허용오차 ±10%
* 집단 간 개선율 추정 오차의 독립성 가정
* 소표본 구간에서는 외부 인구통계 안정성 활용

장단점

* 장점: 표본 크기에 따라 내부 경험과 외부 통계를 유연하게 결합, 구현이 단순
* 단점: Full Credibility 기준 민감도 존재, 외부 통계의 추정 오차는 미반영

# **제3장 결과 (Results)**

## 1. 인구통계를 사용한 사망개선율 Projection

### 1.1) HMD 기반 북미 성별 및 연령별 사망률 Projection 모델 선정

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Data Source** | HMD 1995년~2023년 사망자수 통계 | |
| **Training Year** | 1995 ~ 2015(COVID 사망 제외) | |
| **Test Year** | 2016 ~ 2023(COVID 사망 제외) | |
| **Model 검증 지표** | 1. | RMSE: 예측 오차의 상대적 크기 비교 |
| 2. | MAE: 예측값과 실제값의 절대 오차 평균 |
| 3. | R square: 모델 설명력 |

**[남성 인구통계 Test Result]**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **구분** | **Test Result(2016 ~ 2023)** | | |
| **RMSE** | **MAE** | **R2** |
| 1) 회귀모형 | 0.00728 | 0.00344 | 99.49% |
| 2) ARIMA 1차 | 0.00727 | 0.00327 | 99.49% |
| 3) ARIMA 2차 | 0.00728 | 0.00345 | 99.49% |
| 4) GLM 1차 | 0.00701 | 0.00311 | 99.53% |
| 5) GLM 2차 | 0.00628 | 0.00268 | 99.62% |
| **6) APC** | **0.00477** | **0.00185** | **99.78%** |

|  |  |
| --- | --- |
| **구분** | **결과** |
| **1. RMSE** |  |
| **2. MAE** |  |
| **3. R2** |  |

**[여성 인구통계 Test Result]**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **구분** | **Test Result(2016 ~ 2023)** | | |
| **RMSE** | **MAE** | **R2** |
| 1) 회귀모형 | 0.00709 | 0.00224 | 99.25% |
| 2) ARIMA 1차 | 0.00761 | 0.00227 | 99.14% |
| 3) ARIMA 2차 | 0.00707 | 0.00223 | 99.26% |
| 4) GLM 1차 | 0.00712 | 0.00217 | 99.25% |
| 5) GLM 2차 | 0.00787 | 0.00287 | 99.08% |
| **6) APC** | **0.00558** | **0.00165** | **99.54%** |

|  |  |
| --- | --- |
| **구분** | **결과** |
| **1. RMSE** |  |
| **2. MAE** |  |
| **3. R2** |  |

해석 및 모델 선택: 모든 지표에서 남성과 여성 모두 **APC(Age-Period-Cohort) 모델**이 가장 우수한 성능을 보였다. 이는 사망 개선율 추정에 있어 연령, 시기, 코호트 효과가 중요한 기여 요인임을 시사한다. 이에 따라, 본 연구의 **사망률 예측 모형으로 APC 모델을 채택**하였다.

### 1.2) APC 모델을 이용한 2020 ~ 2035년 사망개선율 추계

|  |  |
| --- | --- |
| **Data Source** | HMD 1995년~2023년 사망자수 통계 |
| **Training Year** | 1995 ~ 2019(COVID 사망 제외) |
| **Projection Year** | 2020 ~ 2035 |
| **적용 모델** | APC |

훈련 기간 설정 근거: COVID-19 사망을 제외했음에도 불구하고 2020–2021년에는 초과 사망(Excess Mortality)이 관측되었으며, 2022–2023년에는 Mortality Harvest 현상이 나타났다. 해당 시기의 데이터는 사망률 추세에 왜곡을 유발할 가능성이 있어, 모델 훈련에는 2019년까지의 자료만 활용하였다

[Figure 3.1 대표연령(40, 60)에 대한 사망개선율 실제값(Actual)과 예상값(Future)]

스크린샷, 라인, 도표이(가) 표시된 사진

AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다.

### 1.3) Smoothing 적용 및 결과 Summary

APC 모델 산출값을 기반으로, 2024–2035년의 사망개선율 표면(연령 × 연도)에 대해 \*\*2D 가우시안 스무딩(Separable Kernel)\*\*을 적용하였다. 이는 시계열 및 연령 단면에서 발생하는 단기 잡음을 제거하고, 장기적 구조적 형태를 유지하기 위함이다.

**추가 Tail Smoothing:**

연령 하단이 2035년으로 종료되는 구간에 대해, 마지막 4개 연도(2032–2035)에 대해 연도축 방향 1D 가우시안 스무딩(σ=1.0)을 재적용하여 2034→2035 전이 시 발생할 수 있는 급격한 변화(단절)를 완화하였다.

[Figure 3.2 주요 연령별 사망개선율 변화(Smoothing 전/후 비교)]

스크린샷, 라인, 도표이(가) 표시된 사진

AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다.

스크린샷, 라인이(가) 표시된 사진

AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다.

[Figure 3.3 Heat-Map 비교(남성, 여성)]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **구분** | **결과** | |
| **Smoothing 전** | **Smoothing 후** |
| 1. 남성 | 스크린샷, 다채로움, 라인, 직사각형이(가) 표시된 사진  AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다. | 스크린샷, 다채로움이(가) 표시된 사진  AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다. |
| 2. 여성 | 스크린샷, 다채로움, 라인, 예술이(가) 표시된 사진  AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다. | 스크린샷, 다채로움이(가) 표시된 사진  AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다. |

아래 표는 35–65세 연령대의 연도별 평균 사망개선율을 나타낸 것이다. HMD 관측치, APC 모형 예측치(스무딩 전·후), 그리고 현행 당사 가정(SOA MIM Tool Default)을 함께 제시하여, 모델 적용 전후의 변화를 직관적으로 비교할 수 있도록 하였다.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **구분** | **인구통계**  **(HMD)** | | **APC 모형**  **(Smoothing 전)** | | **APC 모형**  **(Smoothing 후)** | | **SOA MIM Tool**  **(현행 당사 가정\*)** | |
| **남성** | **여성** | **남성** | **여성** | **남성** | **여성** | **남성** | **여성** |
| 2016 | -3.1% | -2.2% |  |  |  |  |  |  |
| 2017 | -1.0% | 0.0% |  |  |  |  |  |  |
| 2018 | 0.3% | 1.4% |  |  |  |  |  |  |
| 2019 | -0.4% | 0.6% |  |  |  |  |  |  |
| 2020 | -10.4% | -8.1% |  |  |  |  |  |  |
| 2021 | -3.8% | -3.7% |  |  |  |  |  |  |
| 2022 | 2.0% | 2.2% |  |  |  |  |  |  |
| 2023 | 3.5% | 3.6% |  |  |  |  |  |  |
| 2024 |  |  | 0.2% | -0.6% | 0.3% | -0.3% | 0.2% | 0.6% |
| 2025 |  |  | 0.1% | 0.0% | 0.3% | -0.1% | 0.4% | 0.7% |
| 2026 |  |  | 0.4% | -0.1% | 0.4% | 0.1% | 0.6% | 0.8% |
| 2027 |  |  | 0.8% | 0.5% | 0.6% | 0.2% | 0.8% | 0.8% |
| 2028 |  |  | 0.6% | 0.5% | 0.6% | 0.2% | 0.9% | 0.9% |
| 2029 |  |  | 0.2% | -0.4% | 0.6% | 0.2% | 1.0% | 0.9% |
| 2030 |  |  | 1.4% | 0.6% | 0.7% | 0.1% | 1.0% | 0.9% |
| 2031 |  |  | 0.9% | 0.0% | 0.6% | 0.2% | 1.0% | 0.9% |
| 2032 |  |  | -0.3% | 0.2% | 0.6% | 0.2% | 1.0% | 0.9% |
| 2033 |  |  | 0.7% | 0.2% | 0.7% | 0.3% | 1.0% | 0.9% |
| 2034 |  |  | 1.1% | 0.2% | 0.7% | 0.3% | 1.0% | 0.9% |
| 2035 |  |  | 1.2% | 0.8% | 0.4% | 0.2% | 1.0% | 0.9% |

\* 당사 가정은 L&E 제안 중 Moderate Long-Term Rate 적용

## 2. 자사통계(Primerica)를 사용한 사망개선율 Projection

### 2.1) 계약속성 Projection

자사 통계를 사용하여 사망개선율 Projection 시 계약속성에 대한 사망개선율 반영이 가능하다는 이점이 있으나, 계약속성 역시 Projection 시켜야 하는 이슈가 있음. 이러한 이슈를 해결하기 위해 계약속성별로 Projection 모델을 다음과 같이 고안함

|  |  |
| --- | --- |
| **구분1** | 자세한 Projection 방법론 기술 |
| **구분2** | 자세한 Projection 방법론 기술 |
| **구분3** | 자세한 Projection 방법론 기술 |

**[계약속성 Projection Result]**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **구분** | | **Test Result(2016 ~ 2023)** | | |
| **RMSE** | **MAE** | **R2** |
| 성별 | 1) 회귀모형 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 2) ARIMA 1차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 3) ARIMA 2차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 4) GLM 1차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 5) GLM 2차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| **6) APC** | To be filled | To be filled | To be filled |
| **Blood**  **Test 유무** | 1) 회귀모형 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 2) ARIMA 1차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 3) ARIMA 2차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 4) GLM 1차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 5) GLM 2차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| **6) APC** | To be filled | To be filled | To be filled |
| **U/W**  **Class** | 1) 회귀모형 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 2) ARIMA 1차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 3) ARIMA 2차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 4) GLM 1차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 5) GLM 2차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| **6) APC** | To be filled | To be filled | To be filled |

계약속성 모델 Selection 결과

### 2.2) 자사통계 기반 북미 성별 및 연령별 사망률 Projection 모델 선정

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Data Source** | To be filled | |
| **Training Year** | To be filled | |
| **Test Year** | To be filled | |
| **Model 검증 지표** | 1. | RMSE: 예측 오차의 상대적 크기 비교  텍스트, 폰트, 블랙, 시계이(가) 표시된 사진  AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다. |
| 2. | MAE: 예측값과 실제값의 절대 오차 평균  블랙, 폰트, 텍스트, 디자인이(가) 표시된 사진  AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다. |
| 3. | R square: 모델 설명력  블랙, 텍스트, 폰트, 디자인이(가) 표시된 사진  AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다. |

**[남성 자사통계 Test Result]**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **구분** | **Test Result(2016 ~ 2023)** | | |
| **RMSE** | **MAE** | **R2** |
| 1) 회귀모형 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 2) ARIMA 1차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 3) ARIMA 2차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 4) GLM 1차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 5) GLM 2차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| **6) APC** | To be filled | To be filled | To be filled |

**[여성 인구통계 Test Result]**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **구분** | **Test Result(2016 ~ 2023)** | | |
| **RMSE** | **MAE** | **R2** |
| 1) 회귀모형 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 2) ARIMA 1차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 3) ARIMA 2차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 4) GLM 1차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| 5) GLM 2차 | To be filled | To be filled | To be filled |
| **6) APC** | To be filled | To be filled | To be filled |

해석 및 모델 선택: To be filled

### 2.3) Smoothing 적용 및 결과 Summary

인구통계의 APC 모델 산출값과 동일하게, 자사통계 머신러닝 결과 역시 2024–2035년의 사망개선율 표면(연령 × 연도)에 대해 **2D 가우시안 스무딩(Separable Kernel)**과 Tail Smoothing을 적용하였다.

[Figure 3.4 주요 연령별 사망개선율 변화(Smoothing 전/후 비교)]

스크린샷, 라인, 도표이(가) 표시된 사진

AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다.

스크린샷, 라인이(가) 표시된 사진

AI 생성 콘텐츠는 정확하지 않을 수 있습니다.

[Figure 3.5 Heat-Map 비교(남성, 여성)]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **구분** | **결과** | |
| **Smoothing 전** | **Smoothing 후** |
| 1. 남성 | To be filled | To be filled |
| 2. 여성 | To be filled | To be filled |

아래 표는 35–65세 연령대의 연도별 평균 사망개선율을 나타낸 것이다. HMD 관측치, 머신러닝 모형 예측치(스무딩 전·후), 그리고 현행 당사 가정(SOA MIM Tool Default)을 함께 제시하여, 모델 적용 전후의 변화를 직관적으로 비교할 수 있도록 하였다.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **구분** | **인구통계**  **(HMD)** | | **머신러닝 모형**  **(Smoothing )** | | **머신러닝 모형**  **(Smoothing 후)** | | **SOA MIM Tool**  **(현행 당사 가정\*)** | |
| **남성** | **여성** | **남성** | **여성** | **남성** | **여성** | **남성** | **여성** |
| 2016 | -3.1% | -2.2% |  |  |  |  |  |  |
| 2017 | -1.0% | 0.0% |  |  |  |  |  |  |
| 2018 | 0.3% | 1.4% |  |  |  |  |  |  |
| 2019 | -0.4% | 0.6% |  |  |  |  |  |  |
| 2020 | -10.4% | -8.1% |  |  |  |  |  |  |
| 2021 | -3.8% | -3.7% |  |  |  |  |  |  |
| 2022 | 2.0% | 2.2% |  |  |  |  |  |  |
| 2023 | 3.5% | 3.6% |  |  |  |  |  |  |
| 2024 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 0.2% | 0.6% |
| 2025 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 0.4% | 0.7% |
| 2026 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 0.6% | 0.8% |
| 2027 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 0.8% | 0.8% |
| 2028 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 0.9% | 0.9% |
| 2029 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 1.0% | 0.9% |
| 2030 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 1.0% | 0.9% |
| 2031 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 1.0% | 0.9% |
| 2032 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 1.0% | 0.9% |
| 2033 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 1.0% | 0.9% |
| 2034 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 1.0% | 0.9% |
| 2035 |  |  | TBF | TBF | TBF | TBF | 1.0% | 0.9% |

\* 당사 가정은 L&E 제안 중 Moderate Long-Term Rate 적용

## 3. 인구통계 Projection(APC모델)과 자사통계 Projection(머신러닝모델) 결합 결과

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **구분** | **Heat-Map** | |
| **결합 전** | **결합 후** |
| 1. 남성 | To be filled | To be filled |
| 2. 여성 | To be filled | To be filled |

[2035시점 사망개선율 Table Summary]

Female

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **구분** | **APC** | **머신러닝** | **결합** | **L&E(당사 가정)** | | |
| **Con** | **Mod** | **Agg** |
| 35 | 1.0% |  |  | 0.50% | 0.50% | 0.75% |
| 55 | -1.0% |  |  | 0.75% | 1.10% | 1.25% |
| 75 | 0.2% |  |  | 0.75% | 1.15% | 1.50% |

Male

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **구분** | **APC** | **머신러닝** | **결합** | **L&E(당사 가정)** | | |
| **Con** | **Mod** | **Agg** |
| 35 | 1.0% |  |  | 0.65% | 0.65% | 1.15% |
| 55 | -0.9% |  |  | 0.90% | 1.10% | 1.25% |
| 75 | 1.0% |  |  | 1.00% | 1.15% | 1.50% |

[Graph Summary]

To be filled

# **제4장 결론 (Conclusion)**

To be filled

# **Appendix**

**[Appendix 1-1. 사망개선율 Projection\_인구통계\_남성\_APC모형]**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Age | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |
| 0 | 0.2% | 0.2% | 0.1% | 0.1% | 0.1% | 0.2% | 0.3% | 0.4% | 0.5% | 0.6% | 0.7% |
| 1 | 0.2% | 0.2% | 0.1% | 0.1% | 0.1% | 0.2% | 0.3% | 0.4% | 0.5% | 0.5% | 0.7% |
| 2 | 0.2% | 0.2% | 0.2% | 0.1% | 0.1% | 0.2% | 0.2% | 0.3% | 0.4% | 0.5% | 0.6% |
| 3 | 0.3% | 0.3% | 0.2% | 0.1% | 0.1% | 0.2% | 0.2% | 0.3% | 0.4% | 0.4% | 0.5% |
| 4 | 0.4% | 0.4% | 0.3% | 0.2% | 0.1% | 0.1% | 0.2% | 0.3% | 0.3% | 0.4% | 0.4% |
| 5 | 0.6% | 0.5% | 0.4% | 0.2% | 0.2% | 0.2% | 0.2% | 0.2% | 0.3% | 0.3% | 0.3% |
| 6 | 0.7% | 0.6% | 0.5% | 0.3% | 0.2% | 0.2% | 0.2% | 0.2% | 0.3% | 0.3% | 0.2% |
| 7 | 0.9% | 0.7% | 0.6% | 0.5% | 0.3% | 0.3% | 0.2% | 0.2% | 0.2% | 0.3% | 0.2% |
| 8 | 1.0% | 0.9% | 0.8% | 0.6% | 0.5% | 0.4% | 0.3% | 0.3% | 0.2% | 0.3% | 0.2% |
| 9 | 1.2% | 1.1% | 1.0% | 0.8% | 0.6% | 0.5% | 0.4% | 0.3% | 0.3% | 0.3% | 0.3% |
| 10 | 1.4% | 1.3% | 1.2% | 1.0% | 0.8% | 0.7% | 0.5% | 0.4% | 0.3% | 0.3% | 0.3% |
| 11 | 1.7% | 1.5% | 1.4% | 1.1% | 1.0% | 0.8% | 0.6% | 0.4% | 0.4% | 0.4% | 0.4% |
| 12 | 1.9% | 1.8% | 1.6% | 1.3% | 1.2% | 1.0% | 0.8% | 0.5% | 0.5% | 0.5% | 0.5% |
| 13 | 2.2% | 2.0% | 1.8% | 1.6% | 1.4% | 1.2% | 1.0% | 0.7% | 0.6% | 0.6% | 0.6% |
| 14 | 2.3% | 2.2% | 2.1% | 1.8% | 1.6% | 1.4% | 1.1% | 0.8% | 0.7% | 0.8% | 0.8% |
| 15 | 2.2% | 2.4% | 2.3% | 2.1% | 1.8% | 1.6% | 1.3% | 1.0% | 0.9% | 0.9% | 1.0% |
| 16 | 2.0% | 2.3% | 2.4% | 2.3% | 2.1% | 1.9% | 1.5% | 1.2% | 1.1% | 1.2% | 1.2% |
| 17 | 1.6% | 2.1% | 2.4% | 2.4% | 2.3% | 2.1% | 1.8% | 1.4% | 1.3% | 1.4% | 1.4% |
| 18 | 1.2% | 1.7% | 2.2% | 2.4% | 2.4% | 2.3% | 2.0% | 1.6% | 1.5% | 1.6% | 1.6% |
| 19 | 0.7% | 1.3% | 1.8% | 2.1% | 2.4% | 2.5% | 2.2% | 1.9% | 1.8% | 1.8% | 1.8% |
| 20 | 0.5% | 0.8% | 1.3% | 1.8% | 2.2% | 2.4% | 2.4% | 2.1% | 2.0% | 2.1% | 2.1% |
| 21 | 0.4% | 0.5% | 0.9% | 1.3% | 1.8% | 2.2% | 2.3% | 2.2% | 2.3% | 2.3% | 2.3% |
| 22 | 0.5% | 0.4% | 0.6% | 0.9% | 1.3% | 1.8% | 2.1% | 2.2% | 2.4% | 2.5% | 2.6% |
| 23 | 0.7% | 0.5% | 0.5% | 0.6% | 0.9% | 1.4% | 1.7% | 2.0% | 2.3% | 2.7% | 2.8% |
| 24 | 1.0% | 0.8% | 0.6% | 0.5% | 0.6% | 0.9% | 1.3% | 1.6% | 2.1% | 2.6% | 2.9% |
| 25 | 1.3% | 1.1% | 0.8% | 0.6% | 0.5% | 0.6% | 0.8% | 1.1% | 1.7% | 2.4% | 2.8% |
| 26 | 1.6% | 1.4% | 1.1% | 0.8% | 0.6% | 0.5% | 0.5% | 0.7% | 1.3% | 2.0% | 2.5% |
| 27 | 2.0% | 1.7% | 1.5% | 1.1% | 0.8% | 0.6% | 0.4% | 0.4% | 0.8% | 1.5% | 2.0% |
| 28 | 2.3% | 2.0% | 1.8% | 1.4% | 1.1% | 0.9% | 0.5% | 0.3% | 0.5% | 1.1% | 1.5% |
| 29 | 2.6% | 2.4% | 2.1% | 1.8% | 1.5% | 1.2% | 0.8% | 0.4% | 0.4% | 0.8% | 1.1% |
| 30 | 2.8% | 2.7% | 2.4% | 2.1% | 1.8% | 1.5% | 1.1% | 0.6% | 0.5% | 0.7% | 0.8% |
| 31 | 3.0% | 2.9% | 2.7% | 2.4% | 2.1% | 1.8% | 1.4% | 1.0% | 0.8% | 0.8% | 0.8% |
| 32 | 2.9% | 3.0% | 3.0% | 2.7% | 2.4% | 2.2% | 1.7% | 1.3% | 1.1% | 1.1% | 1.0% |
| 33 | 2.7% | 3.0% | 3.1% | 3.0% | 2.7% | 2.5% | 2.0% | 1.6% | 1.4% | 1.4% | 1.4% |
| 34 | 2.3% | 2.8% | 3.0% | 3.1% | 3.0% | 2.8% | 2.4% | 1.9% | 1.8% | 1.7% | 1.7% |
| 35 | 1.9% | 2.4% | 2.8% | 3.0% | 3.1% | 3.0% | 2.7% | 2.3% | 2.1% | 2.1% | 2.0% |
| 36 | 1.4% | 2.0% | 2.5% | 2.8% | 3.0% | 3.1% | 2.9% | 2.6% | 2.4% | 2.4% | 2.3% |
| 37 | 1.0% | 1.5% | 2.0% | 2.4% | 2.8% | 3.1% | 3.0% | 2.8% | 2.7% | 2.7% | 2.7% |
| 38 | 0.6% | 1.1% | 1.6% | 2.0% | 2.5% | 2.9% | 3.0% | 2.9% | 2.9% | 3.0% | 3.0% |
| 39 | 0.3% | 0.7% | 1.1% | 1.6% | 2.0% | 2.5% | 2.8% | 2.9% | 3.1% | 3.2% | 3.3% |
| 40 | 0.1% | 0.4% | 0.8% | 1.1% | 1.6% | 2.1% | 2.4% | 2.6% | 3.0% | 3.4% | 3.5% |
| 41 | -0.1% | 0.2% | 0.5% | 0.8% | 1.1% | 1.6% | 2.0% | 2.3% | 2.8% | 3.3% | 3.6% |
| 42 | -0.4% | 0.0% | 0.2% | 0.5% | 0.8% | 1.2% | 1.5% | 1.8% | 2.4% | 3.0% | 3.4% |
| 43 | -0.6% | -0.3% | 0.0% | 0.2% | 0.5% | 0.8% | 1.1% | 1.4% | 2.0% | 2.7% | 3.1% |
| 44 | -0.9% | -0.5% | -0.2% | 0.0% | 0.2% | 0.5% | 0.7% | 1.0% | 1.5% | 2.2% | 2.7% |
| 45 | -1.3% | -0.9% | -0.5% | -0.2% | 0.0% | 0.3% | 0.4% | 0.6% | 1.1% | 1.7% | 2.2% |
| 46 | -1.6% | -1.2% | -0.8% | -0.5% | -0.2% | 0.1% | 0.2% | 0.3% | 0.7% | 1.3% | 1.8% |
| 47 | -1.7% | -1.5% | -1.1% | -0.8% | -0.5% | -0.2% | 0.0% | 0.1% | 0.4% | 1.0% | 1.4% |
| 48 | -1.8% | -1.7% | -1.4% | -1.1% | -0.8% | -0.4% | -0.3% | -0.2% | 0.2% | 0.7% | 1.0% |
| 49 | -1.6% | -1.7% | -1.6% | -1.4% | -1.1% | -0.7% | -0.5% | -0.4% | 0.0% | 0.4% | 0.8% |
| 50 | -1.3% | -1.5% | -1.6% | -1.6% | -1.4% | -1.1% | -0.8% | -0.7% | -0.3% | 0.2% | 0.6% |
| 51 | -0.8% | -1.2% | -1.5% | -1.6% | -1.6% | -1.4% | -1.2% | -1.0% | -0.5% | 0.0% | 0.3% |
| 52 | -0.4% | -0.8% | -1.1% | -1.5% | -1.6% | -1.5% | -1.5% | -1.3% | -0.8% | -0.3% | 0.1% |
| 53 | 0.1% | -0.3% | -0.7% | -1.2% | -1.5% | -1.6% | -1.7% | -1.6% | -1.2% | -0.6% | -0.2% |
| 54 | 0.5% | 0.2% | -0.2% | -0.7% | -1.1% | -1.4% | -1.7% | -1.8% | -1.5% | -0.9% | -0.5% |
| 55 | 0.9% | 0.6% | 0.3% | -0.2% | -0.7% | -1.1% | -1.5% | -1.8% | -1.6% | -1.2% | -0.9% |
| 56 | 1.2% | 1.0% | 0.7% | 0.2% | -0.2% | -0.7% | -1.2% | -1.5% | -1.5% | -1.4% | -1.0% |
| 57 | 1.4% | 1.3% | 1.0% | 0.7% | 0.3% | -0.2% | -0.8% | -1.2% | -1.4% | -1.3% | -1.0% |
| 58 | 1.7% | 1.5% | 1.3% | 1.0% | 0.7% | 0.3% | -0.3% | -0.8% | -1.1% | -1.1% | -1.0% |
| 59 | 1.8% | 1.7% | 1.6% | 1.3% | 1.0% | 0.7% | 0.2% | -0.4% | -0.7% | -0.9% | -1.0% |
| 60 | 1.9% | 1.9% | 1.8% | 1.6% | 1.3% | 1.1% | 0.6% | 0.1% | -0.3% | -0.4% | -0.6% |
| 61 | 1.8% | 2.0% | 2.0% | 1.8% | 1.6% | 1.4% | 1.0% | 0.5% | 0.2% | 0.1% | -0.1% |
| 62 | 1.7% | 1.9% | 2.0% | 1.9% | 1.8% | 1.6% | 1.3% | 0.8% | 0.6% | 0.5% | 0.4% |
| 63 | 1.6% | 1.8% | 2.0% | 2.0% | 2.0% | 1.9% | 1.5% | 1.1% | 1.0% | 1.0% | 0.9% |
| 64 | 1.4% | 1.6% | 1.9% | 2.0% | 2.0% | 2.0% | 1.7% | 1.4% | 1.3% | 1.3% | 1.3% |
| 65 | 1.2% | 1.5% | 1.7% | 1.8% | 2.0% | 2.1% | 1.9% | 1.6% | 1.6% | 1.6% | 1.6% |
| 66 | 1.0% | 1.3% | 1.5% | 1.7% | 1.9% | 2.0% | 2.0% | 1.8% | 1.8% | 1.9% | 1.9% |
| 67 | 0.9% | 1.1% | 1.4% | 1.5% | 1.7% | 1.9% | 1.9% | 1.8% | 1.9% | 2.1% | 2.1% |
| 68 | 0.7% | 0.9% | 1.2% | 1.3% | 1.5% | 1.7% | 1.8% | 1.8% | 2.0% | 2.2% | 2.3% |
| 69 | 0.4% | 0.7% | 1.0% | 1.2% | 1.3% | 1.6% | 1.6% | 1.7% | 1.9% | 2.3% | 2.5% |
| 70 | 0.2% | 0.5% | 0.8% | 1.0% | 1.2% | 1.4% | 1.5% | 1.5% | 1.8% | 2.2% | 2.5% |
| 71 | 0.0% | 0.3% | 0.6% | 0.8% | 1.0% | 1.2% | 1.3% | 1.3% | 1.7% | 2.1% | 2.4% |
| 72 | -0.1% | 0.1% | 0.4% | 0.6% | 0.8% | 1.1% | 1.1% | 1.2% | 1.5% | 1.9% | 2.2% |
| 73 | -0.2% | -0.1% | 0.2% | 0.3% | 0.6% | 0.9% | 0.9% | 1.0% | 1.3% | 1.7% | 2.0% |
| 74 | -0.1% | -0.1% | 0.0% | 0.1% | 0.4% | 0.6% | 0.7% | 0.8% | 1.1% | 1.6% | 1.8% |
| 75 | 0.1% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.2% | 0.4% | 0.5% | 0.6% | 1.0% | 1.4% | 1.7% |
| 76 | 0.3% | 0.2% | 0.1% | -0.1% | 0.0% | 0.2% | 0.3% | 0.4% | 0.8% | 1.2% | 1.5% |
| 77 | 0.6% | 0.4% | 0.2% | 0.0% | 0.0% | 0.1% | 0.1% | 0.2% | 0.5% | 1.0% | 1.3% |
| 78 | 0.8% | 0.7% | 0.5% | 0.2% | 0.0% | 0.0% | -0.1% | 0.0% | 0.3% | 0.8% | 1.1% |
| 79 | 1.0% | 0.9% | 0.7% | 0.5% | 0.2% | 0.1% | -0.1% | -0.2% | 0.1% | 0.6% | 0.9% |
| 80 | 1.2% | 1.1% | 1.0% | 0.7% | 0.5% | 0.3% | 0.0% | -0.2% | 0.0% | 0.4% | 0.7% |
| 81 | 1.3% | 1.2% | 1.2% | 0.9% | 0.7% | 0.5% | 0.2% | -0.1% | -0.1% | 0.2% | 0.5% |
| 82 | 1.3% | 1.3% | 1.3% | 1.1% | 1.0% | 0.8% | 0.4% | 0.1% | 0.0% | 0.2% | 0.3% |
| 83 | 1.3% | 1.4% | 1.4% | 1.3% | 1.2% | 1.0% | 0.7% | 0.3% | 0.2% | 0.3% | 0.3% |
| 84 | 1.3% | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.3% | 1.2% | 0.9% | 0.6% | 0.4% | 0.5% | 0.5% |
| 85 | 1.3% | 1.3% | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.1% | 0.8% | 0.7% | 0.7% | 0.7% |
| 86 | 1.3% | 1.3% | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.5% | 1.3% | 1.0% | 0.9% | 1.0% | 1.0% |
| 87 | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.5% | 1.3% | 1.1% | 1.1% | 1.2% | 1.3% |
| 88 | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.5% | 1.4% | 1.2% | 1.3% | 1.4% | 1.5% |
| 89 | 1.5% | 1.5% | 1.5% | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.4% | 1.3% | 1.4% | 1.6% | 1.7% |
| 90 | 1.6% | 1.6% | 1.6% | 1.5% | 1.4% | 1.4% | 1.3% | 1.2% | 1.4% | 1.7% | 1.8% |
| 91 | 1.7% | 1.7% | 1.7% | 1.6% | 1.5% | 1.5% | 1.3% | 1.2% | 1.4% | 1.7% | 1.9% |
| 92 | 1.8% | 1.8% | 1.7% | 1.6% | 1.6% | 1.5% | 1.4% | 1.2% | 1.4% | 1.7% | 1.9% |
| 93 | 1.9% | 1.9% | 1.8% | 1.7% | 1.6% | 1.6% | 1.4% | 1.3% | 1.4% | 1.6% | 1.8% |
| 94 | 2.0% | 2.0% | 1.9% | 1.8% | 1.7% | 1.7% | 1.5% | 1.3% | 1.4% | 1.6% | 1.8% |
| 95 | 2.0% | 2.0% | 2.0% | 1.9% | 1.8% | 1.8% | 1.6% | 1.4% | 1.4% | 1.6% | 1.8% |
| 96 | 2.0% | 2.1% | 2.1% | 2.0% | 1.9% | 1.9% | 1.7% | 1.5% | 1.5% | 1.7% | 1.8% |
| 97 | 1.9% | 2.1% | 2.2% | 2.1% | 2.0% | 2.0% | 1.8% | 1.5% | 1.6% | 1.7% | 1.9% |
| 98 | 1.9% | 2.0% | 2.2% | 2.2% | 2.1% | 2.1% | 1.9% | 1.6% | 1.6% | 1.7% | 1.9% |
| 99 | 1.8% | 2.0% | 2.2% | 2.3% | 2.2% | 2.2% | 2.0% | 1.7% | 1.6% | 1.7% | 1.8% |
| 100 | 1.7% | 1.9% | 2.1% | 2.3% | 2.3% | 2.3% | 2.1% | 1.8% | 1.6% | 1.6% | 1.6% |

**[Appendix 1-2. 사망개선율 Projection\_인구통계\_여성\_APC모형]**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Age | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |
| 0 | -0.10% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | -0.20% | -0.10% | -0.10% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 1 | -0.10% | 0.00% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 2 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | 0.00% | 0.00% | -0.10% |
| 3 | 0.10% | 0.00% | 0.00% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | 0.00% | -0.10% | -0.10% |
| 4 | 0.10% | 0.10% | 0.10% | 0.00% | -0.10% | -0.10% | -0.10% | 0.00% | 0.00% | -0.10% | -0.20% |
| 5 | 0.20% | 0.20% | 0.10% | 0.00% | 0.00% | -0.10% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | -0.10% | -0.20% |
| 6 | 0.40% | 0.30% | 0.20% | 0.10% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | -0.10% | -0.20% |
| 7 | 0.50% | 0.50% | 0.40% | 0.20% | 0.10% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | -0.10% | -0.20% |
| 8 | 0.70% | 0.60% | 0.50% | 0.30% | 0.20% | 0.10% | 0.00% | 0.10% | 0.10% | 0.00% | -0.20% |
| 9 | 0.80% | 0.80% | 0.70% | 0.50% | 0.30% | 0.10% | 0.10% | 0.10% | 0.10% | 0.00% | -0.10% |
| 10 | 1.00% | 0.90% | 0.80% | 0.60% | 0.40% | 0.20% | 0.20% | 0.10% | 0.10% | 0.10% | -0.10% |
| 11 | 1.20% | 1.10% | 1.00% | 0.80% | 0.50% | 0.40% | 0.20% | 0.20% | 0.20% | 0.10% | 0.00% |
| 12 | 1.40% | 1.40% | 1.20% | 1.00% | 0.70% | 0.50% | 0.40% | 0.30% | 0.20% | 0.20% | 0.00% |
| 13 | 1.70% | 1.60% | 1.50% | 1.20% | 0.90% | 0.60% | 0.50% | 0.40% | 0.30% | 0.20% | 0.10% |
| 14 | 1.80% | 1.80% | 1.70% | 1.40% | 1.00% | 0.80% | 0.60% | 0.50% | 0.40% | 0.30% | 0.20% |
| 15 | 1.80% | 1.90% | 1.90% | 1.60% | 1.30% | 1.00% | 0.80% | 0.60% | 0.50% | 0.40% | 0.40% |
| 16 | 1.50% | 1.90% | 2.00% | 1.80% | 1.50% | 1.20% | 1.00% | 0.80% | 0.70% | 0.60% | 0.60% |
| 17 | 1.20% | 1.70% | 2.00% | 2.00% | 1.70% | 1.50% | 1.20% | 1.00% | 0.80% | 0.70% | 0.70% |
| 18 | 0.80% | 1.30% | 1.80% | 1.90% | 1.80% | 1.70% | 1.40% | 1.20% | 1.00% | 0.90% | 0.90% |
| 19 | 0.50% | 0.90% | 1.40% | 1.70% | 1.80% | 1.80% | 1.70% | 1.40% | 1.20% | 1.10% | 1.10% |
| 20 | 0.30% | 0.60% | 1.00% | 1.40% | 1.60% | 1.80% | 1.80% | 1.60% | 1.50% | 1.30% | 1.30% |
| 21 | 0.40% | 0.40% | 0.70% | 1.00% | 1.30% | 1.60% | 1.70% | 1.80% | 1.70% | 1.60% | 1.60% |
| 22 | 0.60% | 0.50% | 0.50% | 0.60% | 0.80% | 1.20% | 1.50% | 1.70% | 1.80% | 1.80% | 1.80% |
| 23 | 1.00% | 0.80% | 0.60% | 0.50% | 0.50% | 0.80% | 1.20% | 1.50% | 1.80% | 1.90% | 2.00% |
| 24 | 1.40% | 1.20% | 0.90% | 0.50% | 0.40% | 0.50% | 0.80% | 1.20% | 1.60% | 1.90% | 2.10% |
| 25 | 1.80% | 1.60% | 1.30% | 0.80% | 0.40% | 0.30% | 0.50% | 0.80% | 1.20% | 1.70% | 2.00% |
| 26 | 2.00% | 1.90% | 1.70% | 1.20% | 0.70% | 0.40% | 0.30% | 0.40% | 0.80% | 1.30% | 1.70% |
| 27 | 2.20% | 2.20% | 2.00% | 1.60% | 1.10% | 0.60% | 0.40% | 0.30% | 0.50% | 0.90% | 1.30% |
| 28 | 2.40% | 2.40% | 2.30% | 1.90% | 1.50% | 1.00% | 0.60% | 0.40% | 0.30% | 0.50% | 0.80% |
| 29 | 2.40% | 2.50% | 2.50% | 2.20% | 1.80% | 1.40% | 1.00% | 0.60% | 0.40% | 0.40% | 0.50% |
| 30 | 2.50% | 2.60% | 2.60% | 2.40% | 2.10% | 1.80% | 1.40% | 1.00% | 0.60% | 0.40% | 0.40% |
| 31 | 2.40% | 2.60% | 2.70% | 2.50% | 2.30% | 2.00% | 1.80% | 1.40% | 1.00% | 0.70% | 0.60% |
| 32 | 2.30% | 2.60% | 2.70% | 2.60% | 2.40% | 2.20% | 2.00% | 1.80% | 1.40% | 1.20% | 1.00% |
| 33 | 2.10% | 2.50% | 2.70% | 2.70% | 2.50% | 2.40% | 2.20% | 2.00% | 1.80% | 1.60% | 1.50% |
| 34 | 1.80% | 2.30% | 2.60% | 2.60% | 2.50% | 2.40% | 2.30% | 2.20% | 2.00% | 1.90% | 1.90% |
| 35 | 1.40% | 2.00% | 2.40% | 2.50% | 2.50% | 2.50% | 2.40% | 2.30% | 2.20% | 2.20% | 2.20% |
| 36 | 1.00% | 1.60% | 2.10% | 2.30% | 2.40% | 2.40% | 2.50% | 2.40% | 2.40% | 2.30% | 2.40% |
| 37 | 0.60% | 1.20% | 1.70% | 2.00% | 2.20% | 2.30% | 2.40% | 2.50% | 2.40% | 2.50% | 2.60% |
| 38 | 0.20% | 0.70% | 1.30% | 1.60% | 1.90% | 2.10% | 2.30% | 2.40% | 2.50% | 2.60% | 2.70% |
| 39 | -0.20% | 0.30% | 0.80% | 1.20% | 1.50% | 1.80% | 2.10% | 2.30% | 2.50% | 2.60% | 2.70% |
| 40 | -0.50% | 0.00% | 0.40% | 0.80% | 1.10% | 1.50% | 1.80% | 2.10% | 2.30% | 2.60% | 2.80% |
| 41 | -0.70% | -0.30% | 0.10% | 0.30% | 0.60% | 1.00% | 1.40% | 1.80% | 2.10% | 2.40% | 2.70% |
| 42 | -0.90% | -0.50% | -0.20% | 0.00% | 0.20% | 0.60% | 1.00% | 1.40% | 1.80% | 2.20% | 2.60% |
| 43 | -1.10% | -0.70% | -0.40% | -0.30% | -0.10% | 0.20% | 0.60% | 1.00% | 1.50% | 1.90% | 2.30% |
| 44 | -1.30% | -1.00% | -0.60% | -0.50% | -0.40% | -0.20% | 0.20% | 0.60% | 1.00% | 1.50% | 2.00% |
| 45 | -1.60% | -1.20% | -0.90% | -0.70% | -0.60% | -0.50% | -0.20% | 0.20% | 0.60% | 1.10% | 1.50% |
| 46 | -1.70% | -1.40% | -1.10% | -0.90% | -0.80% | -0.70% | -0.50% | -0.20% | 0.20% | 0.60% | 1.10% |
| 47 | -1.80% | -1.60% | -1.30% | -1.10% | -1.00% | -0.90% | -0.70% | -0.50% | -0.20% | 0.20% | 0.60% |
| 48 | -1.70% | -1.70% | -1.50% | -1.40% | -1.30% | -1.10% | -0.90% | -0.70% | -0.50% | -0.10% | 0.20% |
| 49 | -1.50% | -1.60% | -1.60% | -1.60% | -1.50% | -1.30% | -1.10% | -0.90% | -0.70% | -0.40% | -0.10% |
| 50 | -1.20% | -1.40% | -1.50% | -1.60% | -1.70% | -1.60% | -1.30% | -1.10% | -0.90% | -0.60% | -0.30% |
| 51 | -0.70% | -1.00% | -1.30% | -1.50% | -1.80% | -1.70% | -1.60% | -1.30% | -1.10% | -0.80% | -0.50% |
| 52 | -0.30% | -0.60% | -0.90% | -1.30% | -1.70% | -1.80% | -1.70% | -1.60% | -1.30% | -1.00% | -0.70% |
| 53 | 0.00% | -0.20% | -0.50% | -1.00% | -1.50% | -1.70% | -1.80% | -1.80% | -1.60% | -1.30% | -0.90% |
| 54 | 0.30% | 0.20% | -0.10% | -0.60% | -1.10% | -1.50% | -1.70% | -1.70% | -1.70% | -1.40% | -1.00% |
| 55 | 0.50% | 0.50% | 0.30% | -0.10% | -0.70% | -1.20% | -1.50% | -1.70% | -1.70% | -1.50% | -1.00% |
| 56 | 0.70% | 0.70% | 0.60% | 0.20% | -0.30% | -0.70% | -1.20% | -1.40% | -1.60% | -1.50% | -1.00% |
| 57 | 0.80% | 0.80% | 0.80% | 0.50% | 0.10% | -0.30% | -0.70% | -1.10% | -1.40% | -1.40% | -1.00% |
| 58 | 0.90% | 0.90% | 0.90% | 0.70% | 0.40% | 0.10% | -0.30% | -0.70% | -1.10% | -1.20% | -1.00% |
| 59 | 1.00% | 1.10% | 1.00% | 0.90% | 0.60% | 0.30% | 0.00% | -0.30% | -0.70% | -0.90% | -1.00% |
| 60 | 1.00% | 1.10% | 1.10% | 1.00% | 0.70% | 0.50% | 0.30% | 0.00% | -0.30% | -0.60% | -0.70% |
| 61 | 0.90% | 1.10% | 1.20% | 1.10% | 0.90% | 0.70% | 0.50% | 0.30% | 0.10% | -0.20% | -0.30% |
| 62 | 0.80% | 1.10% | 1.20% | 1.20% | 1.00% | 0.80% | 0.70% | 0.50% | 0.40% | 0.20% | 0.10% |
| 63 | 0.60% | 0.90% | 1.20% | 1.20% | 1.00% | 0.90% | 0.80% | 0.70% | 0.60% | 0.50% | 0.50% |
| 64 | 0.30% | 0.70% | 1.00% | 1.10% | 1.10% | 1.00% | 0.90% | 0.80% | 0.70% | 0.70% | 0.70% |
| 65 | 0.10% | 0.50% | 0.80% | 1.00% | 1.00% | 1.00% | 1.00% | 0.90% | 0.80% | 0.80% | 0.90% |
| 66 | -0.20% | 0.20% | 0.60% | 0.80% | 0.80% | 0.90% | 1.00% | 1.00% | 0.90% | 0.90% | 1.00% |
| 67 | -0.30% | 0.00% | 0.30% | 0.50% | 0.60% | 0.80% | 0.90% | 1.00% | 1.00% | 1.00% | 1.10% |
| 68 | -0.50% | -0.20% | 0.10% | 0.30% | 0.40% | 0.60% | 0.80% | 0.90% | 1.00% | 1.10% | 1.20% |
| 69 | -0.50% | -0.30% | -0.10% | 0.00% | 0.10% | 0.30% | 0.60% | 0.80% | 0.90% | 1.10% | 1.30% |
| 70 | -0.50% | -0.40% | -0.20% | -0.20% | -0.10% | 0.10% | 0.30% | 0.60% | 0.80% | 1.00% | 1.30% |
| 71 | -0.40% | -0.40% | -0.30% | -0.30% | -0.30% | -0.10% | 0.10% | 0.30% | 0.60% | 0.90% | 1.20% |
| 72 | -0.20% | -0.30% | -0.30% | -0.40% | -0.40% | -0.30% | -0.20% | 0.10% | 0.30% | 0.70% | 1.00% |
| 73 | 0.10% | -0.10% | -0.20% | -0.30% | -0.50% | -0.50% | -0.30% | -0.20% | 0.10% | 0.40% | 0.70% |
| 74 | 0.40% | 0.20% | 0.00% | -0.20% | -0.50% | -0.50% | -0.50% | -0.40% | -0.10% | 0.20% | 0.50% |
| 75 | 0.80% | 0.60% | 0.30% | 0.00% | -0.40% | -0.50% | -0.50% | -0.50% | -0.30% | -0.10% | 0.20% |
| 76 | 1.00% | 0.90% | 0.70% | 0.30% | -0.20% | -0.40% | -0.50% | -0.60% | -0.50% | -0.30% | 0.00% |
| 77 | 1.20% | 1.20% | 1.00% | 0.60% | 0.10% | -0.20% | -0.40% | -0.50% | -0.50% | -0.40% | -0.20% |
| 78 | 1.30% | 1.40% | 1.30% | 1.00% | 0.50% | 0.10% | -0.20% | -0.40% | -0.50% | -0.50% | -0.30% |
| 79 | 1.30% | 1.40% | 1.50% | 1.20% | 0.80% | 0.40% | 0.10% | -0.20% | -0.40% | -0.40% | -0.30% |
| 80 | 1.30% | 1.40% | 1.50% | 1.40% | 1.10% | 0.80% | 0.40% | 0.10% | -0.20% | -0.30% | -0.30% |
| 81 | 1.20% | 1.40% | 1.50% | 1.50% | 1.30% | 1.10% | 0.80% | 0.40% | 0.10% | -0.10% | -0.10% |
| 82 | 1.20% | 1.40% | 1.50% | 1.50% | 1.30% | 1.20% | 1.00% | 0.80% | 0.50% | 0.20% | 0.10% |
| 83 | 1.10% | 1.30% | 1.50% | 1.50% | 1.30% | 1.30% | 1.20% | 1.00% | 0.80% | 0.60% | 0.50% |
| 84 | 1.00% | 1.30% | 1.40% | 1.40% | 1.30% | 1.30% | 1.30% | 1.20% | 1.10% | 0.90% | 0.90% |
| 85 | 1.00% | 1.20% | 1.40% | 1.40% | 1.30% | 1.30% | 1.30% | 1.30% | 1.20% | 1.20% | 1.20% |
| 86 | 1.00% | 1.20% | 1.30% | 1.30% | 1.20% | 1.30% | 1.30% | 1.30% | 1.30% | 1.40% | 1.50% |
| 87 | 1.00% | 1.20% | 1.30% | 1.20% | 1.20% | 1.20% | 1.20% | 1.30% | 1.30% | 1.40% | 1.60% |
| 88 | 1.10% | 1.20% | 1.30% | 1.20% | 1.10% | 1.10% | 1.20% | 1.20% | 1.30% | 1.40% | 1.60% |
| 89 | 1.10% | 1.20% | 1.30% | 1.20% | 1.10% | 1.00% | 1.10% | 1.20% | 1.30% | 1.40% | 1.60% |
| 90 | 1.10% | 1.30% | 1.30% | 1.20% | 1.10% | 1.00% | 1.00% | 1.10% | 1.20% | 1.40% | 1.50% |
| 91 | 1.10% | 1.20% | 1.40% | 1.30% | 1.10% | 1.00% | 1.00% | 1.00% | 1.10% | 1.30% | 1.50% |
| 92 | 1.10% | 1.20% | 1.30% | 1.30% | 1.10% | 1.10% | 1.00% | 1.00% | 1.00% | 1.20% | 1.40% |
| 93 | 1.10% | 1.20% | 1.30% | 1.30% | 1.20% | 1.10% | 1.00% | 1.00% | 1.00% | 1.10% | 1.30% |
| 94 | 1.10% | 1.20% | 1.30% | 1.30% | 1.20% | 1.10% | 1.10% | 1.00% | 1.00% | 1.10% | 1.30% |
| 95 | 1.10% | 1.20% | 1.30% | 1.30% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.20% |
| 96 | 1.10% | 1.30% | 1.30% | 1.30% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.30% |
| 97 | 1.20% | 1.30% | 1.40% | 1.30% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.20% | 1.30% |
| 98 | 1.20% | 1.30% | 1.40% | 1.30% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.20% | 1.40% |
| 99 | 1.20% | 1.30% | 1.40% | 1.30% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.00% | 1.00% | 1.10% | 1.40% |
| 100 | 1.20% | 1.40% | 1.40% | 1.40% | 1.10% | 1.10% | 1.10% | 1.00% | 0.90% | 1.10% | 1.30% |

1. 정규분포, 감마분포, 포아송분포, 지수분포, 다항분포 등 [↑](#footnote-ref-1)
2. Identity, Log, Reciprocal, Logit, Probit 등 [↑](#footnote-ref-2)