

빅데이터 분석 결과 보고서

“응급실 혼잡도 분석을 통한 의료 서비스 극대화”

Code-911 1팀

이서경, 김보배, 손하지

목차

1. 분석 배경 및 기획 의도

1.1 분석 배경

1.2 기획 의도

2. 분석 목표

3. 분석 데이터

3.1 데이터 수집

3.2 데이터 정합성 검증

3.3 데이터 전처리

4. 분석 과정 및 결과

4.1 지역 별 응급실 혼잡도 분석 결과 및 시각화

4.2 응급의학과 의사 재배치 분석 결과 및 시각화

5. 활용방안

6. 참고문헌

1. 배경 및 기획 의도

1.1 분석 배경

최근 중증 응급환자가 제때 치료받지 못하고 결국 사망하는 이른바 ‘응급실 뺑뺑이’ 사건이 연이어 발생하면서 응급의료체계의 문제점이 이슈화 되고 있다. ‘경기도 용인시 70대 노인 교통사고’, ‘대구 10대 여학생 추락사고’, ‘5세 아동 고열 응급실 5곳 전전 후 재 이송 사망’ 모두 올해 발생하여 언론에 보도된 사건들이다.

이는 과거부터 이어져온 문제로, 이미 대책이 마련되어 있음에도 불구하고 지속되고 있다. 지난 2015년 보건복지부는 응급 의료체계를 정비하여 중증 응급 환자들이 골든 타임을 놓치는 일이 없도록 한다는 목표 하에 ‘응급의료에 관한 법률’ 개정안을 시행하며 전국의 권역 응급의료센터를 20개에서 41개소로 확대하는 등의 노력을 기울였다. 그러나 8년이 지난 현재까지도 응급의료현장은 크게 달라지지 않았다는 의견이 지배적이다.

대한응급의학회를 비롯한 관련 전문가들은 응급실 뺑뺑이의 주된 원인으로 응급실 과밀화와 전문의 부족을 지목하고 있다. 이에 따라 효율적인 의료서비스 제공을 위해 응급실 과밀화 해결과 의료 인적 자원 관리에 대한 사회적 요구가 높아지고 있다.

1.2 기획 의도

지역 별 응급실 혼잡도(병상 포화 지수)를 통해 응급실 과밀화 정도를 예측하여 추후 과밀화 예방을 위한 정보를 제공한다. 또한 응급의학과 전문의 분포 및 수요를 알아보고 재배치를 통해 지역 간 의료 형평성을 높일 수 있는 정보를 제공한다.

2. 분석 목표

- ① 응급실 이용 현황, 119 이송 환자 수 등 빅데이터를 활용하여 전국의 시/도 별 응급실 혼잡도(병상 포화 지수)를 예측한다.
- ② 서울과 경기도의 응급의학과 전문의 분포와 수요를 분석하고, 요구되는 전문의 재배치 수치를 제공한다.

3. 분석 데이터

3.1 데이터 수집

모든 데이터는 전국 시도별 및 월별로 기록된 2019년부터 2021년까지의 3년간의 정보를 활용하였다.

① 환자 수 관련 데이터

환자 수 관련 데이터를 중점적으로 고려하여 응급실 혼잡도와와의 연관성을 분석하기 위해 응급실 이용 현황 데이터를 사용하였다. 또한, 119 이송 환자 수와 교통사고 건수 역시 의미 있는 데이터로 판단하여 활용하였다.

- ◆ 119 이송 환자 수 – 공공데이터포털 API(소방청_구급통계서비스, JSON)
- ◆ 응급실 이용 현황 – KOSIS 국가통계포털(XLSX)
- ◆ 교통사고 건수 – TAAS 교통사고분석시스템(XLSX)

② 기후 데이터

기후 역시 응급실 혼잡도에 영향을 미칠 것으로 예상되어 기후 데이터를 수집하였다. 온도, 습도, 강수량은 해당 조사에 활용된 기후 변수이다.

- ◆ 온도, 습도, 강수량 – 공공데이터포털 API(기상청_지상기상월보 조회서비스, JSON)

③ 인구 데이터

지역별 인구가 응급실 혼잡도에 미치는 영향을 고려하여 전국 총 인구수 데이터도 분석에 포함시켰다.

- ◆ 전국 총 인구수 – KOSIS 국가통계포털(XLSX)

④ 응급실 혼잡도 관련 데이터

응급실 혼잡도를 병상포화지수로 정하였으며, 이를 계산하기 위해 응급실 이용 환자 수, 재실 시간, 그리고 병상 수 데이터를 활용하였다.

- ◆ 응급실 재실 시간 – 응급의료통계포털(XLSX)

- ◆ 응급의료기관 병상 수 - 응급의료통계포털(XLSX)

⑤ 의사 수 관련 데이터

응급의학과 의사 재배치 분석을 위해 응급의학전문의 수 데이터를 활용하였다.

- ◆ 응급의학전문의 수 - 응급의료통계포털(XLSX)

3.2 데이터 정합성 검토

각 데이터의 정합성 검사 결과, 세종시의 경우 2020년 6월까지 관내에 응급실이 존재하지 않아 응급실 이용 환자 데이터가 2020년 7월 이후부터 존재하였다. 이에 결측 데이터는 모두 NULL값으로 처리되었으며, 데이터 분석 시 NULL값을 가지는 행은 제외하고 2020년 7월 이후의 데이터만을 활용하여 분석이 진행되었다.

기후 데이터(온도, 습도, 강수량)에서 경기도, 강원도, 전라도 등 도 단위 지역의 데이터가 부족했다. 해당 도에 속하는 도시 중 몇 개만 데이터가 제공되었기 때문에, 도 단위 지역에 대해서는 해당 도시의 데이터를 대푯값으로 선정하여 사용하고자 하였다.

3.3 데이터 전처리

데이터 전처리 단계에서 모든 데이터를 데이터프레임 형태로 구성하였고, 연도와 월로 구분하여 17개의 시도별 데이터 파일을 생성하였다.

서울을 대상으로 사전 테스트로 상관분석을 수행한 결과, 기후 데이터인 온도, 습도, 강수량과 전국 총 인구 수는 응급실 혼잡도와 상관성이 낮은 것으로 나타났다. 따라서, 이러한 결과를 바탕으로 모든 데이터셋에서 해당 변수들을 제외하였다.

응급실 혼잡도는 병상포화지수로 정의하였다. 이는 보건복지부에서 실시하는 응급의료기관평가 항목 중 응급실의 혼잡 정도를 평가하기 위해 사용되는 지표로 산출 방법은 다음과 같다.

- 병상포화지수 산출 방법

$$\text{병상포화지수} = \frac{\text{내원환자수} \times \text{재실시간}}{\text{기준병상수} \times \text{월별일자수} \times 24\text{시간}} \times 100$$

- ◆ 재실 시간 : 재실 시간 데이터는 2시간 미만, 2-4시간 미만, 4-6시간 미만, 6-8시간 미만, 8-12시간 미만, 12-24시간 미만, 24시간 이상의 범주로 나뉘며, 각 범주의 평균값으로 계산하였다.
- ◆ 기준 병상 수 : 병상 수 데이터는 응급실 혼잡도를 지역별로 효과적으로 비교하기 위해 의료기관의 종류를 구분하지 않고 지역별 응급의료기관의 총 병상 수를 사용하였다.

4.1 지역 별 응급실 혼잡도 분석 및 시각화

4.1.1 전국 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-2.835e+03	-4.500	9.53e-05
Year	1.406e+00	2. 4.516	9.09e-05
Month	1.622e-02	0.260	0.797
이동 환자 수	-3.245e-05	-1.394	0.174
응급실 이용 환자수	8.144e-05	14.952	1.91e-15
교통사고 건수	-1.289e-04	-0.773	0.445
Adjusted R-squared	0.9615		
p-value	2.2e-16		

Note : *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

B: 가중치, t: 가중치/ 표준 오차, p: 유의수준, p-value: 유의수준, Adjusted R-squared: 조정된 결정 계수

[표 1-1] 전국 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 1-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-3.109e+03	-6.118	7.73e-07

Year	1.541e+00	6.129	7.47e-07
이동 환자 수	-4.108e-05	-2.359	0.0246
응급실 이용 환자수	8.221e-05	17.248	9.89e-07
Adjusted R-squared	0.9632		
p-value	0.000000000000000022		

[표 1-2] 단계적 선택법을 사용한 전국 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수가 독립변수로 선택되었다.

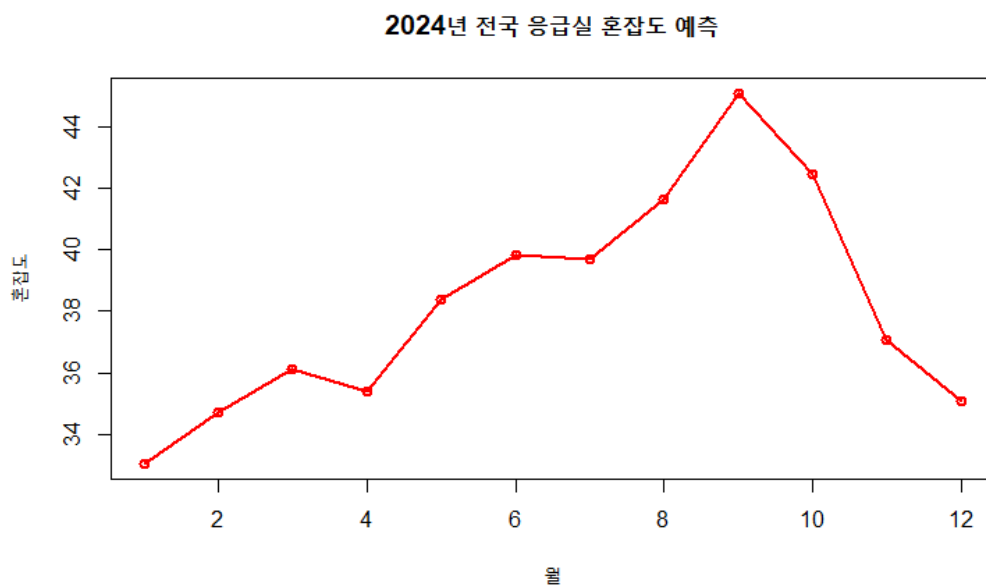
위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

#전국 응급실 혼잡도 = $(-3.109e+03) + (1.541e+00 * \text{year}) + (-4.108e-05 * \text{이동 환자 수}) + (8.221e-05 * \text{응급실 이용 환자수})$

p- value : **2.2e-16**

Adjusted R-squared : **0.9632 -> 96.32%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 전국 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.



4.1.2 서울 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-2.715e+03	-2.151	0.0396
Year	1.346e+00	2.158	0.0391
Month	-1.096e-01	-0.945	0.3521
이동 환자 수	7.776e-04	2.045	0.0497
응급실 이용 환자수	3.885e-04	5.728	2.99e-06
교통사고 건수	-2.998e-03	-1.427	0.1638
Adjusted R-squared	0.9301		
p-value	0.000000000000000022		

Note : *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

B: 가중치, t: 가중치/ 표준 오차, p: 유의수준, p-value: 유의수준, Adjusted R-squared: 조정된 결정 계수

[표 1-1] 서울 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 1-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-2.503e+03	-2.018	0.0523
Year	1.240e+00	2.025	0.0516
이동 환자 수	7.080e-04	1.901	0.0666
응급실 이용 환자수	4.021e-04	6.076	9.89e-07
교통사고 건수	-3.502e-03	-1.727	0.0941
Adjusted R-squared	0.9304		
p-value	0.000000000000000022		

[표 1-2] 단계적 선택법을 사용한 서울 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수, 교통사고 건수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

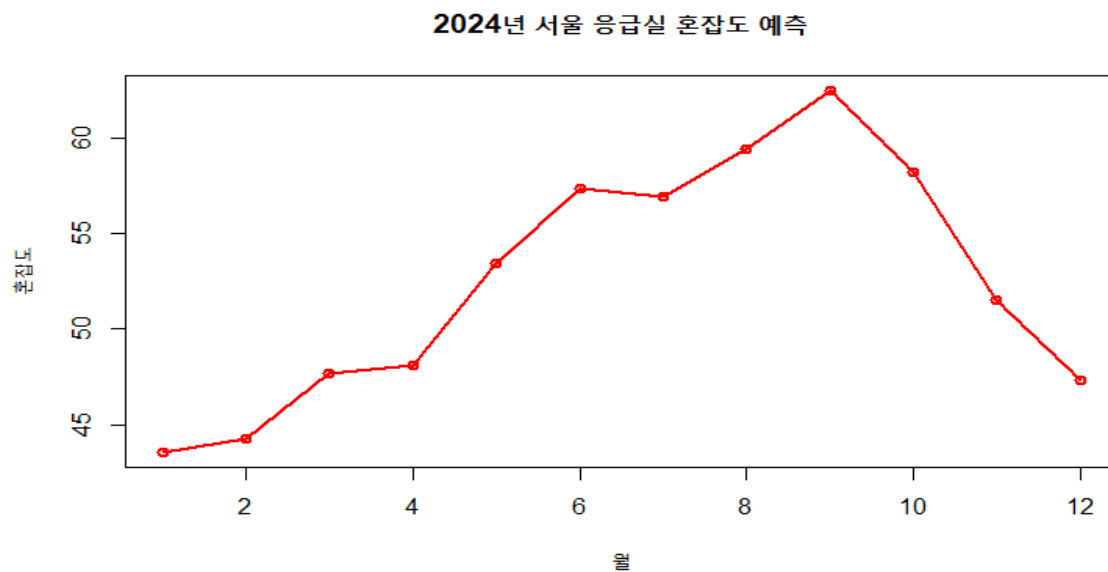
$$\#서울 응급실 혼잡도 = (-2.503e+03) + (1.240e+00 * year) + (7.080e-04 * 이동 환자 수)$$

+ (4.021e-04 * 응급실 이용 환자수) + (-3.502e-03 * 교통사고 건수)

p- value : 2.2e-16

Adjusted R-squared : 0.9304 -> 93.04%

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 서울 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.



4.1.3 부산 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-6.388e+02	-0.705	0.48629
Year	3.163e-01	0.707	0.48478
Month	-9.561e-02	-1.064	0.29571
이동 환자 수	2.035e-03	3.323	0.00235
응급실 이용 환자수	9.909e-04	4.628	6.65e-05
교통사고 건수	-7.732e-03	-1.455	015616

Adjusted R-squared	0.8466
p-value	0.0000000000002

[표 2-1] 부산 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 2-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	2.8475551	0.914	0.36780
이동 환자 수	0.0018868	3.255	0.00268
응급실 이용 환자수	0.0010547	5.298	8.35e-06
교통사고 건수	-0.0108869	-2.628	0.01307
Adjusted R-squared	0.8498		
p-value	0.00000000000006867		

[표 2-2] 단계적 선택법을 사용한 부산 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수, 교통사고 건수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

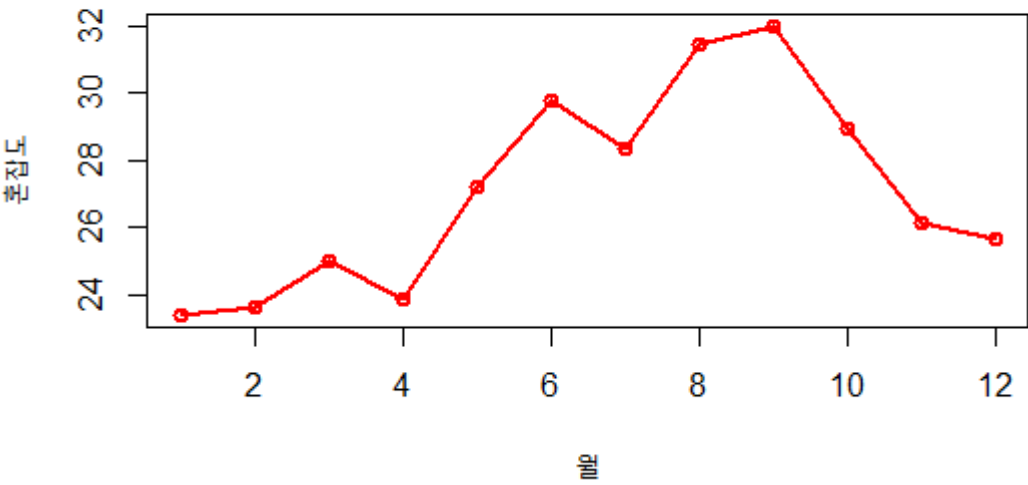
#부산 응급실 혼잡도 = (2.8475551) + (0.0018868 * 이동 환자 수) + (0.0010547 * 응급실 이용 환자수) + (-0.0108869 * 교통사고 건수)

p- value : 6.867e-14

Adjusted R-squared : 0.8498 -> 84.98%

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 부산 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.

2024년 부산 응급실 혼잡도 예측



4.1.4 충북 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-4.661e+03	-6.599	2.65e-07
Year	2.311e+00	6.614	2.54e-07
Month	2.803e-02	0.409	0.686
이동 환자 수	-1.249e-03	-1.122	0.271
응급실 이용 환자수	1.810e-03	6.675	2.15e-07
교통사고 건수	7.441e-04	0.182	0.857
Adjusted R-squared	0.8343		
p-value	0.000000000007683		

[표 3-1] 충북 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 3-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-4.557e+03	-8.665	6.68e-10
year	2.259e+00	8.683	6.37e-10

이동 환자 수	-8.842e-04	-1.371	0.18
응급실 이용 환자 수	1.733e-03	8.492	1.05e-09
Adjusted R-squared	0.8435		
p-value	0.0000000000001325		

[표 3-2] 단계적 선택법을 사용한 충북 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

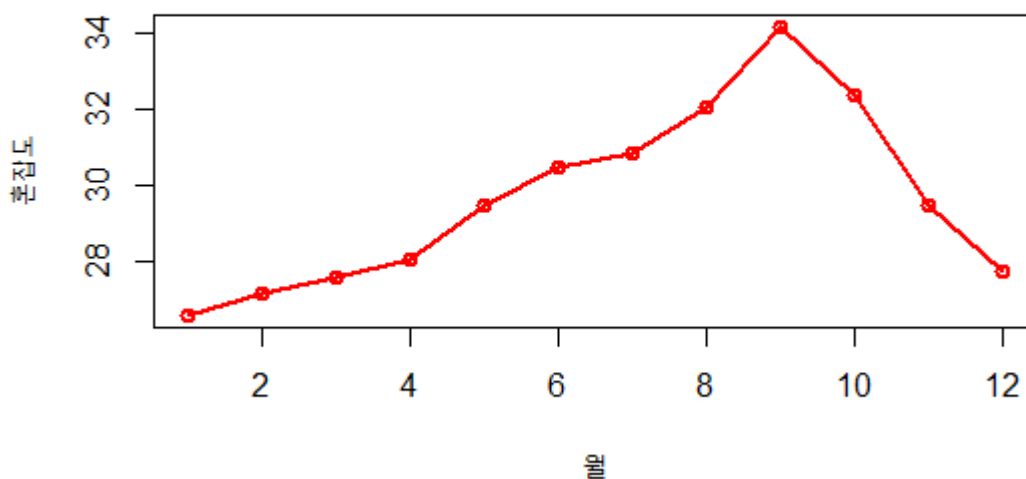
#충북 응급실 혼잡도 $= (-4.557e+03) + (2.259e+00 * year) + (-8.842e-04 * 이동 환자 수) + (1.733e-03 * 응급실 이용 환자수)$

p- value : **1.325e-13**

Adjusted R-squared : **0.8435 -> 84.35%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 충북 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.

2024년 충북 응급실 혼잡도 예측



4.1.5 충남 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-7.830e+03	-7.428	2.81e-08
Year	3.897e+00	7.434	2.77e-08
Month	-1.881e-02	-0.171	0.8653
이동 환자 수	-1.380e-03	-1.870	0.0713
응급실 이용 환자수	1.597e-03	9.157	3.42e-10
교통사고 건수	6.875e-03	1.614	0.1169
Adjusted R-squared	0.8836		
p-value	0.0000000000000041		

[표 4-1] 충남 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 4-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-7.859e+03	-7.670	1.19e-08
Year	3.893e+00	7.678	1.17e-08
이동 환자 수	-1.432e-03	-2.172	0.0376
응급실 이용 환자수	1.610e-03	10.385	1.29e-11
교통사고 건수	6.578e-03	1.718	0.0958
Adjusted R-squared	0.8873		
p-value	0.000000000000004624		

[표 4-2] 단계적 선택법을 사용한 충남 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수, 교통사고 건수가 독립변수로 선택되었다.

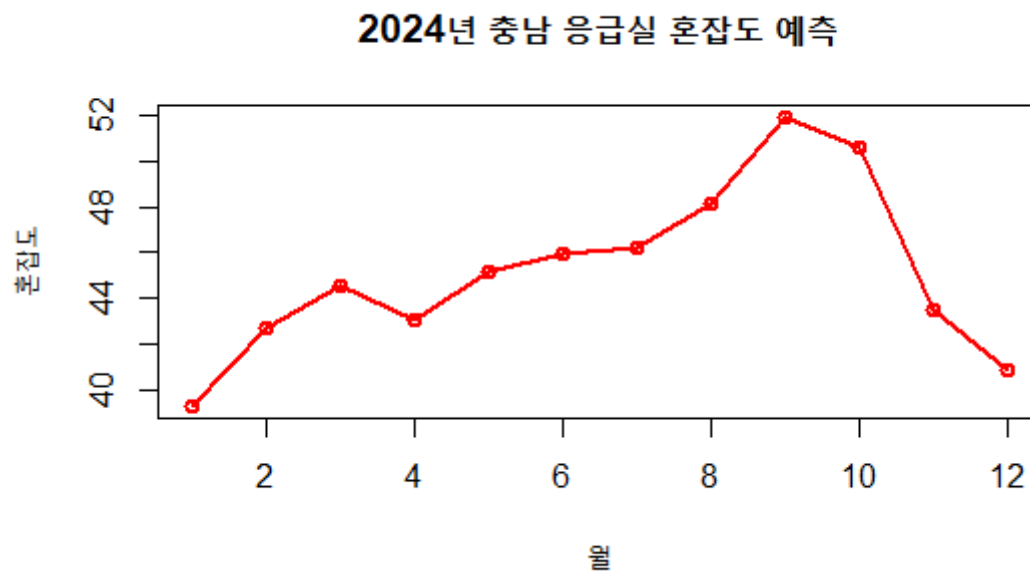
위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

#충남 응급실 혼잡도 = $(-7.859e+03) + (3.893e+00 * year) + (-1.432e-03 * 이동 환자 수) + (1.610e-03 * 응급실 이용 환자수) + (6.578e-03 * 교통사고 건수)$

p- value : **4.624e-15**

Adjusted R-squared : 0.8873 -> 88.73%

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 충남 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.



4.1.6 대전 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-4.043e+03	-2.668	0.0122
Year	2.001e+00	2.669	0.0121
Month	-5.946e-02	-0.630	0.5338
이동 환자 수	-8.989e-04	-0.384	0.7039
응급실 이용 환자수	2.918e-03	6.370	4.98e-07
교통사고 건수	2.293e-03	0.322	0.7497
Adjusted R-squared	0.9398		
p-value	0.000000000000000022		

[표 5-1] 대전 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 5-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-3.544e+03	-3.841	0.000527
Year	1.754e+00	3.847	0.000519
응급실 이용 환자수	2.768e-03	19.312	2e-16
Adjusted R-squared	0.9435		
p-value	0.000000000000000022		

[표 5-2] 단계적 선택법을 사용한 대전 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 응급실 이용 환자 수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

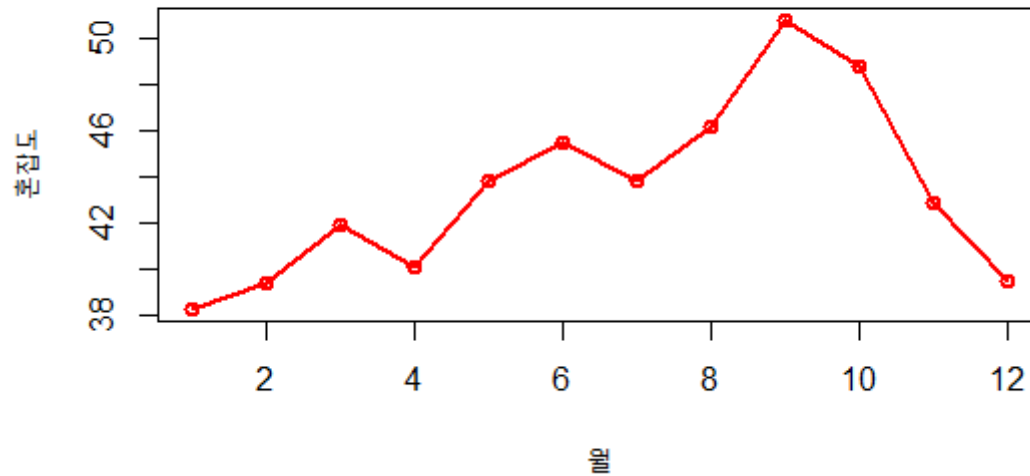
#대전 응급실 혼잡도 $= (-3.544e+03) + (1.754e+00 * year) + (2.768e-03 * \text{응급실 이용 환자수})$

p- value : **2.2e-16**

Adjusted R-squared : **0.9435 -> 94.35%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 대전 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.

2024년 대전 응급실 혼잡도 예측



4.1.7 대구 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	6.247e+03	6.747	1.76e-07
Year	-3.085e+00	-6.731	1.84e-07
Month	1.206e-01	1.410	0.1688
이동 환자 수	-2.504e-03	-3.835	0.0006
응급실 이용 환자수	3.177e-03	18.482	2e-16
교통사고 건수	-3.987e-03	-1.434	0.1618
Adjusted R-squared	0.9855		
p-value	0.000000000000000022		

[표 6-1] 대구 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 6-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	6.247e+03	6.747	1.76e-07
Year	-3.085e+00	-6.731	1.84e-07

month	1.206e-01	1.410	0.1688
이동 환자 수	-2.504e-03	-3.835	0.0006
응급실 이용 환자수	3.177e-03	18.482	2e-16
교통사고 건수	-3.987e-03	-1.434	0.1618
Adjusted R-squared	0.9855		
p-value	0.000000000000000022		

[표 6-2] 단계적 선택법을 사용한 대구 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, month, 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수, 교통사고 건수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

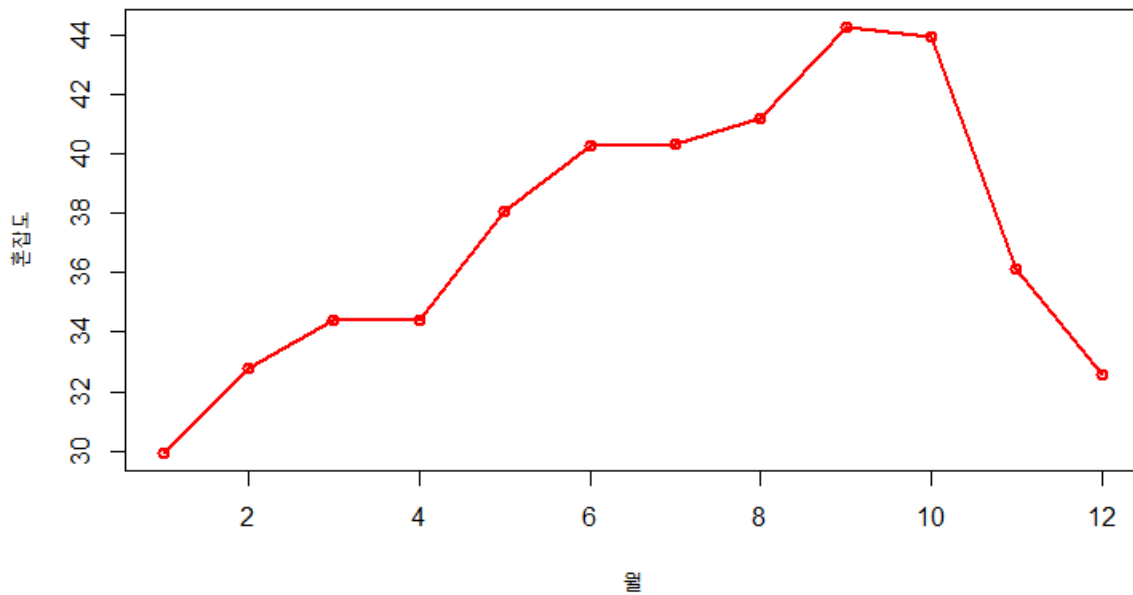
#대구 응급실 혼잡도 $= (6.247e+03) + (-3.085e+00 * year) + (1.206e-01 * month) + (-2.504e-03 * \text{이동 환자 수}) + (3.177e-03 * \text{응급실 이용 환자수}) + (-3.987e-03 * \text{교통사고 건수})$

p-value : **2.2e-16**

Adjusted R-squared : **0.9855 -> 98.55%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 대구 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.

2024년 대구 응급실 혼잡도 예측



4.1.8 강원 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-3.185e+03	-8.780	8.65e-10
Year	1.578e+00	8.798	8.27e-10
Month	-2.633e-03	-0.059	0.9536
이동 환자 수	8.058e-05	0.399	0.6924
응급실 이용 환자수	1.571e-03	16.326	2e-16
교통사고 건수	-5.370e-03	-1.948	0.0608
Adjusted R-squared	0.9513		
p-value	0.000000000000000022		

[표 7-1] 강원 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 1-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-3.227e+03	-9.630	5.65e-11

Year	1.599e+00	9.650	5.38e-11
응급실 이용 환자수	1.591e-03	21.369	2e-16
교통사고 건수	-5.151e-03	-2.329	0.0263
Adjusted R-squared	0.9541		
p-value	0.000000000000000022		

[표 7-2] 단계적 선택법을 사용한 강원 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 응급실 이용 환자 수, 교통사고 건수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

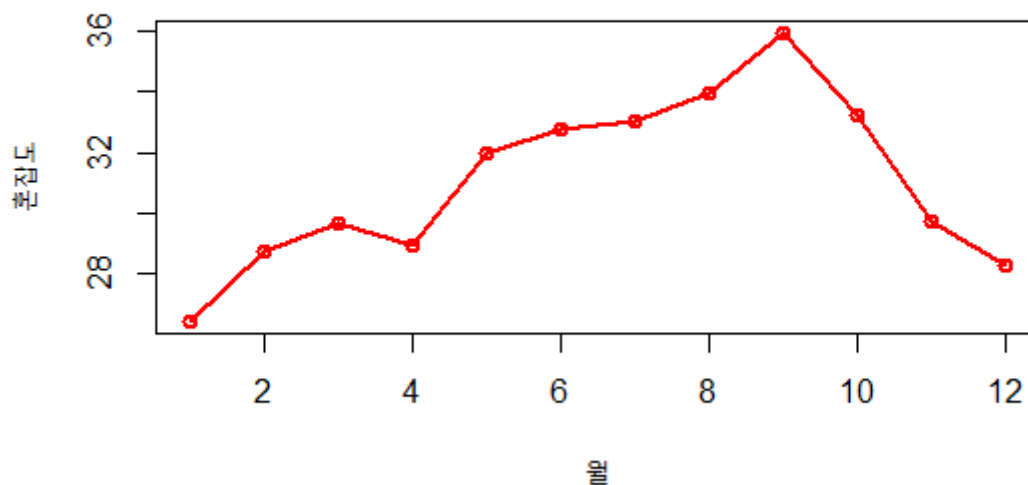
#강원 응급실 혼잡도 $= (-3.227e+03) + (1.599e+00 * year) + (1.591e-03 * \text{응급실 이용 환자수}) + (-5.151e-03 * \text{교통사고 건수})$

p- value : **2.2e-16**

Adjusted R-squared : **0.9541 -> 95.41%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 강원 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.

2024년 강원 응급실 혼잡도 예측



4.1.9 광주 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-5.146e+03	-4.996	2.36e-05
Year	2.552e+00	5.011	2.26e-05
Month	3.802e-03	0.037	0.9708
이동 환자 수	-1.576e-03	-2.119	0.0425
응급실 이용 환자수	1.250e-03	9.017	4.81e-10
교통사고 건수	4.476e-03	0.810	0.4243
Adjusted R-squared	0.8569		
p-value	0.0000000000000877		

[표 8-1] 광주 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 8-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-4.682e+03	-5.398	6.24e-06
Year	2.323e+00	5.410	6.02e-06
이동 환자 수	-1.286e-03	-2.008	0.0532
응급실 이용 환자수	1.203e-03	9.551	6.89e-11
Adjusted R-squared	0.8621		
p-value	0.00000000000001764		

[표 8-2] 단계적 선택법을 사용한 광주 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수가 독립변수로 선택되었다.

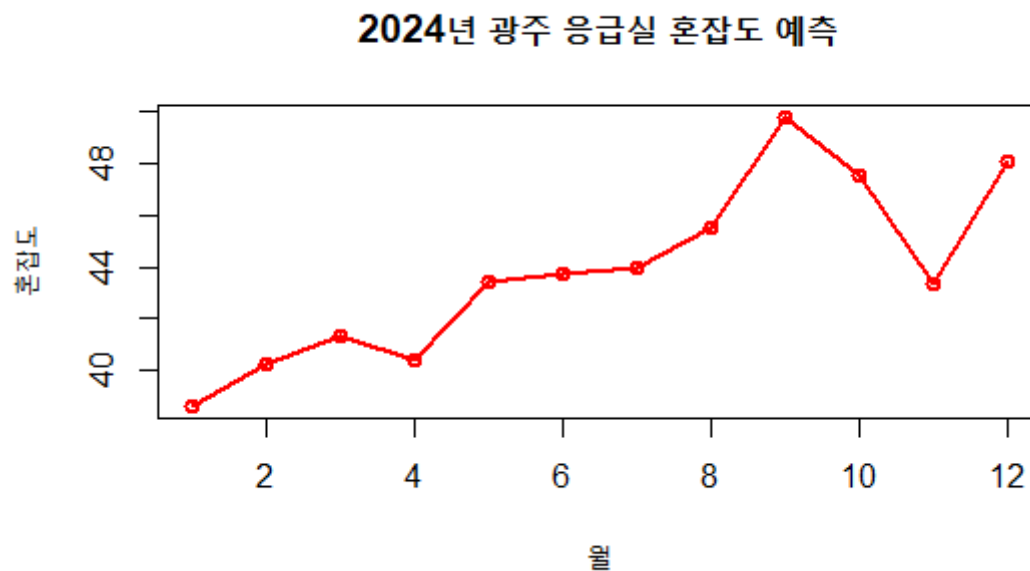
위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

#광주 응급실 혼잡도 $= (-4.682e+03) + (2.323e+00 * year) + (-1.286e-03 * 이동 환자 수) + (1.203e-03 * 응급실 이용 환자수)$

p- value : **1.764e-14**

Adjusted R-squared : 0.8621 -> 86.21%

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 광주 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.



4.1.10 경기 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-6.505e+03	-7.173	5.57e-08
Year	3.226e+00	7.188	5.35e-08
Month	2.107e-02	0.217	0.8300
이동 환자 수	-6.026e-04	-3.046	0.0048
응급실 이용 환자수	4.319e-04	12.132	4.25e-13
교통사고 건수	3.776e-04	0.351	0.7277
Adjusted R-squared	0.9466		
p-value	0.00000000000000022		

[표 9-1] 경기 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 9-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-6.270e+03	-7.772	7.29e-09
Year	3.110e+00	7.785	7.05e-09
이동 환자 수	-5.191e-04	-3.595	0.00108
응급실 이용 환자수	4.196e-04	14.139	2.59e-15
Adjusted R-squared	0.9492		
p-value	0.000000000000000022		

[표 9-2] 단계적 선택법을 사용한 경기 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

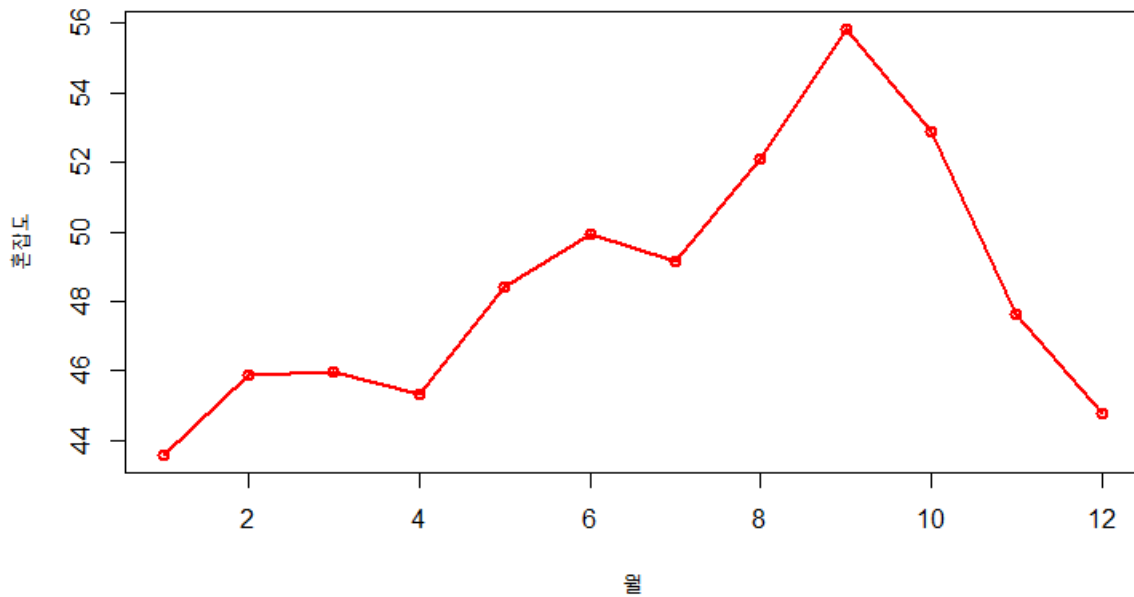
#경기 응급실 혼잡도 $= (-6.270e+03) + (3.110e+00 * year) + (-5.191e-04 * 이동 환자 수) + (4.196e-04 * 응급실 이용 환자수)$

p- value : **2.2e-16**

Adjusted R-squared : **0.9492 -> 94.92%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 경기 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.

2024년 경기 응급실 혼잡도 예측



4.1.11 인천 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-5.146e+03	-4.996	2.36e-05
Year	2.552e+00	5.011	2.26e-05
Month	3.802e-03	0.037	0.9708
이동 환자 수	-1.576e-03	-2.119	0.0425
응급실 이용 환자수	1.250e-03	9.017	4.81e-10
교통사고 건수	4.476e-03	0.810	0.4243
Adjusted R-squared	0.8569		
p-value	0.0000000000000877		

[표 10-1] 인천 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 1-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-4.682e+03	-5.398	6.24e-06
Year	2.323e+00	5.410	6.02e-06

이동 환자 수	-1.286e-03	-2.008	0.0532
응급실 이용 환자수	1.203e-03	9.551	6.89e-11
Adjusted R-squared	0.8621		
p-value	0.00000000000001764		

[표 10-2] 단계적 선택법을 사용한 인천 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

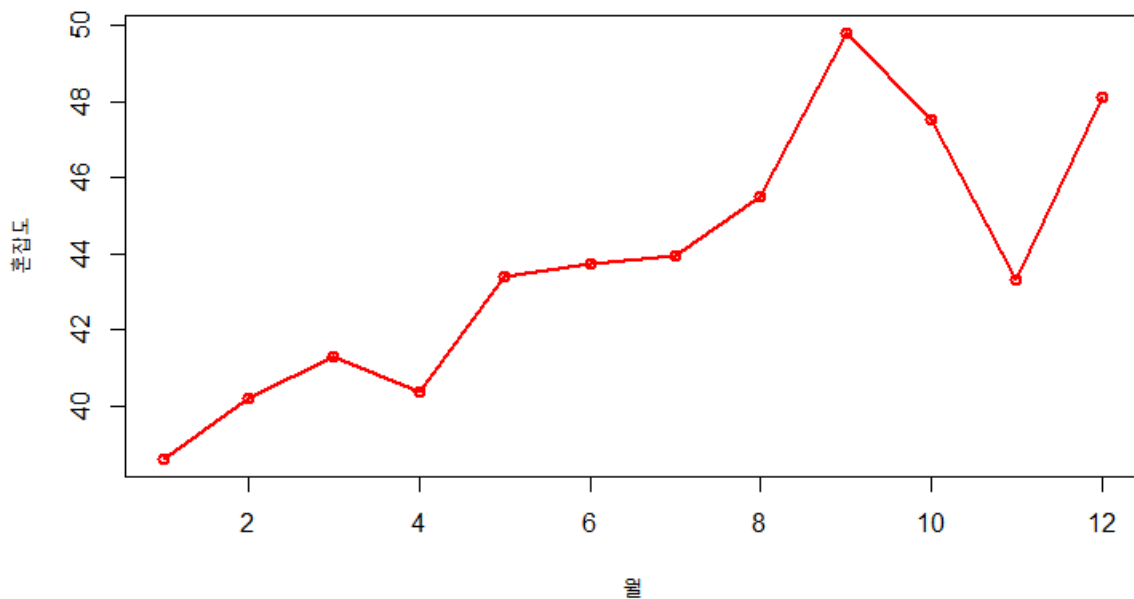
#인천 응급실 혼잡도 $= (-4.682e+03) + (2.323e+00 * year) + (-1.286e-03 * \text{이동 환자 수}) + (1.203e-03 * \text{응급실 이용 환자수})$

p- value : **1.764e-14**

Adjusted R-squared : **0.8621 -> 86.21%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 인천 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.

2024년 인천 응급실 혼잡도 예측



4.1.12 제주 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-5.585e+03	-6.120	9.98e-07
Year	2.767e+00	6.124	9.87e-07
Month	1.151e-02	0.176	0.861
이동 환자 수	-1.126e-03	-0.774	0.445
응급실 이용 환자수	3.449e-03	12.474	2.11e-13
교통사고 건수	-7.701e-03	-1.000	0.325
Adjusted R-squared	0.9604		
p-value	0.000000000000000022		

[표 11-1] 제주 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 11-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-5.084e+03	-8.310	1.71e-09
Year	2.519e+00	8.321	1.66e-09
응급실 이용 환자수	3.277e-03	21.779	2e-16
교통사고 건수	-1.040e-02	-1.729	0.0935
Adjusted R-squared	0.9621		
p-value	0.000000000000000022		

[표 1-2] 단계적 선택법을 사용한 제주 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 응급실 이용 환자 수, 교통사고 건수가 독립변수로 선택되었다.

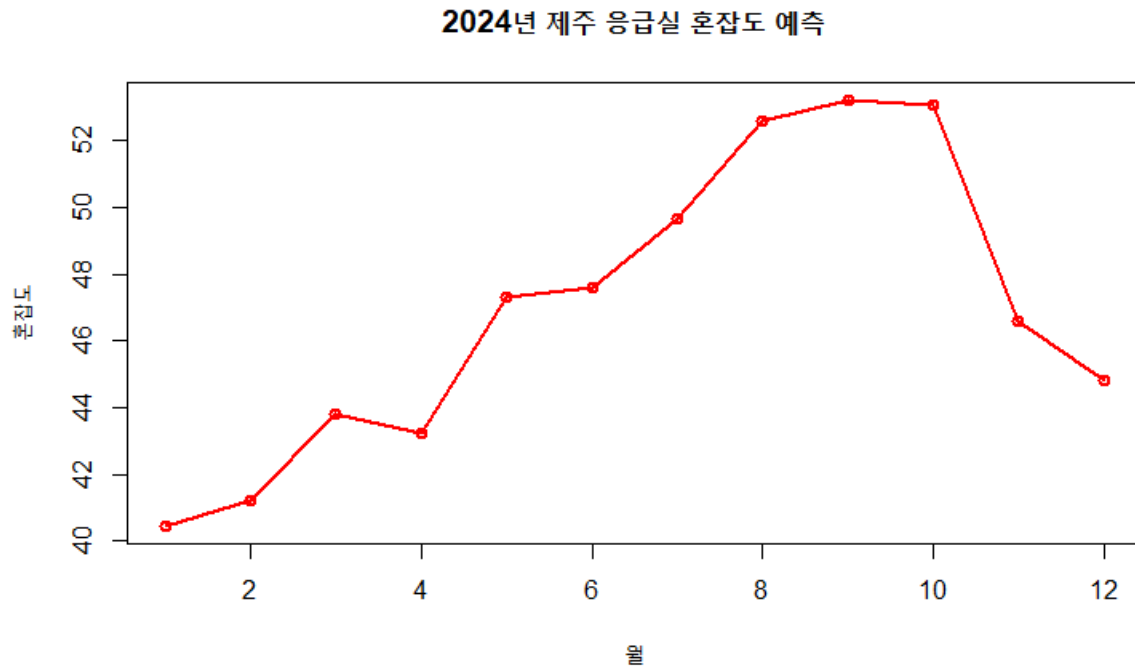
위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

#제주 응급실 혼잡도 $= (-5.084e+03) + (2.519e+00 * year) + (3.277e-03 * \text{응급실 이용 환자수}) + (-1.040e-02 * \text{교통사고 건수})$

p-value : **2.2e-16**

Adjusted R-squared : 0.9621 -> 96.21%

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 제주 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.



4.1.13 울산 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-3.998e+03	-9.453	1.67e-10
Year	1.982e+00	9.475	1.58e-10
Month	1.316e-02	0.287	0.7758
이동 환자 수	-1.601e-03	-1.714	0.0968
응급실 이용 환자수	4.337e-03	17.144	2e-16
교통사고 건수	-6.535e-03	-1.179	0.2478
Adjusted R-squared	0.9406		
p-value	0.000000000000000022		

[표 12-1] 울산 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 12-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-4.238e+03	-11.486	6.89e-13
Year	2.100e+00	11.504	6.61e-13
이동 환자 수	-2.082e-03	-2.746	0.00981
응급실 이용 환자수	4.314e-03	18.136	2e-16
Adjusted R-squared	0.9417		
p-value	0.000000000000000022		

[표 12-2] 단계적 선택법을 사용한 울산 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

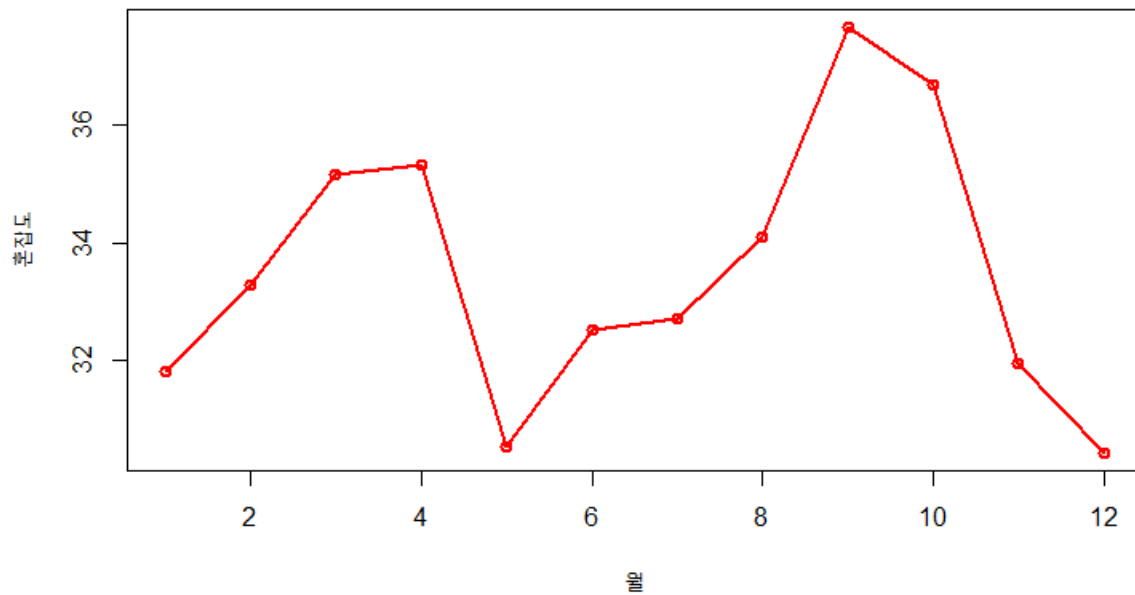
#울산 응급실 혼잡도 $= (-4.238e+03) + (2.100e+00 * year) + (-2.082e-03 * 이동 환자 수) + (4.314e-03 * 응급실 이용 환자수)$

p- value : **2.2e-16**

Adjusted R-squared : **0.9417 -> 94.17%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 울산 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.

2024년 울산 응급실 혼잡도 예측



4.1.14 세종 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	7.458e+02	0.351	0.731
Year	-3.680e-01	-0.350	0.732
Month	3.196e-02	0.324	0.752
이동 환자 수	-2.871e-03	-1.339	0.205
응급실 이용 환자수	1.417e-02	23.896	1.73e-11
교통사고 건수	1.865e-03	0.098	0.924
Adjusted R-squared	0.9834		
p-value	0.000000000003739		

[표 13-1] 세종 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 13-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	3.2493375	3.600	0.00263

이동 환자 수	-0.0033017	-2.956	0.00982
응급실 이용 환자수	0.0140488	26.572	4.97e-14
Adjusted R-squared	0.9856		
p-value	0.000000000000005918		

[표 13-2] 단계적 선택법을 사용한 세종 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

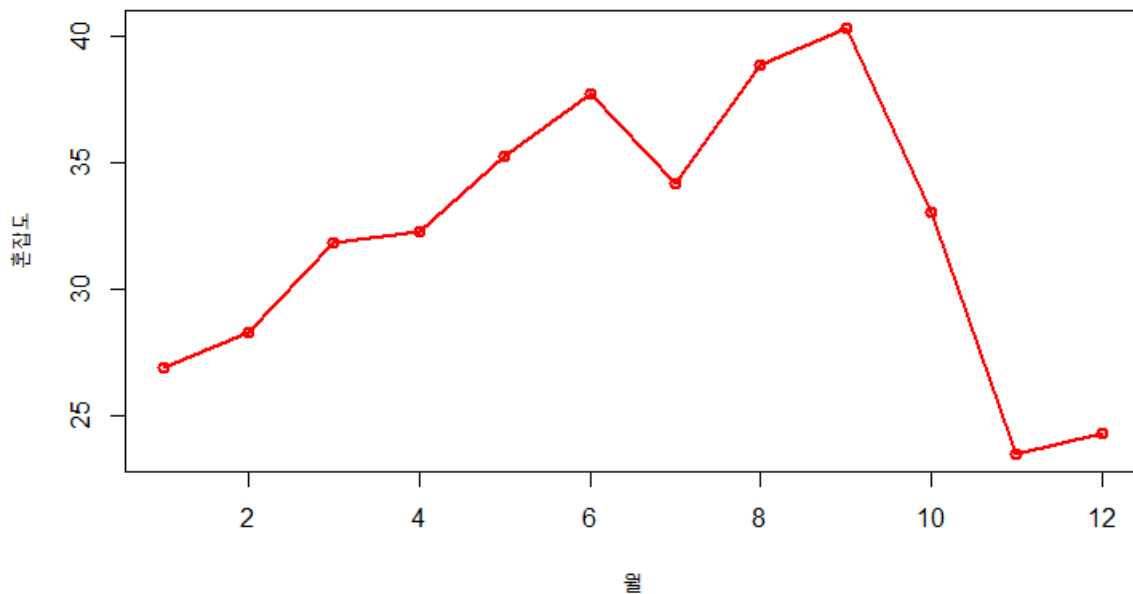
#세종 응급실 혼잡도 $= (3.2493375) + (-0.0033017 * \text{이동 환자 수}) + (0.0140488 * \text{응급실 이용 환자수})$

p- value : **5.918e-15**

Adjusted R-squared : **0.9856 -> 98.56%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 세종 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.

2024년 세종 응급실 혼잡도 예측



4.1.15 경북 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-1.052e+04	-6.940	1.04e-07
Year	5.211e+00	6.958	9.94e-08
Month	8.372e-02	0.474	0.639
이동 환자 수	-4.454e-04	-0.974	0.338
응급실 이용 환자수	1.020e-03	4.739	4.86e-05
교통사고 건수	-2.028e-03	-0.405	0.688
Adjusted R-squared	0.6643		
p-value	0.0000002355		

[표 14-1] 경북 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 14-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-1.059e+04	-8.502	7.97e-10
Year	5.246e+00	8.517	7.66e-10
응급실 이용 환자수	8.450e-04	5.924	1.21e-06
Adjusted R-squared	0.6823		
p-value	0.000000002298		

[표 14-2] 단계적 선택법을 사용한 경북 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 응급실 이용 환자 수가 독립변수로 선택되었다.

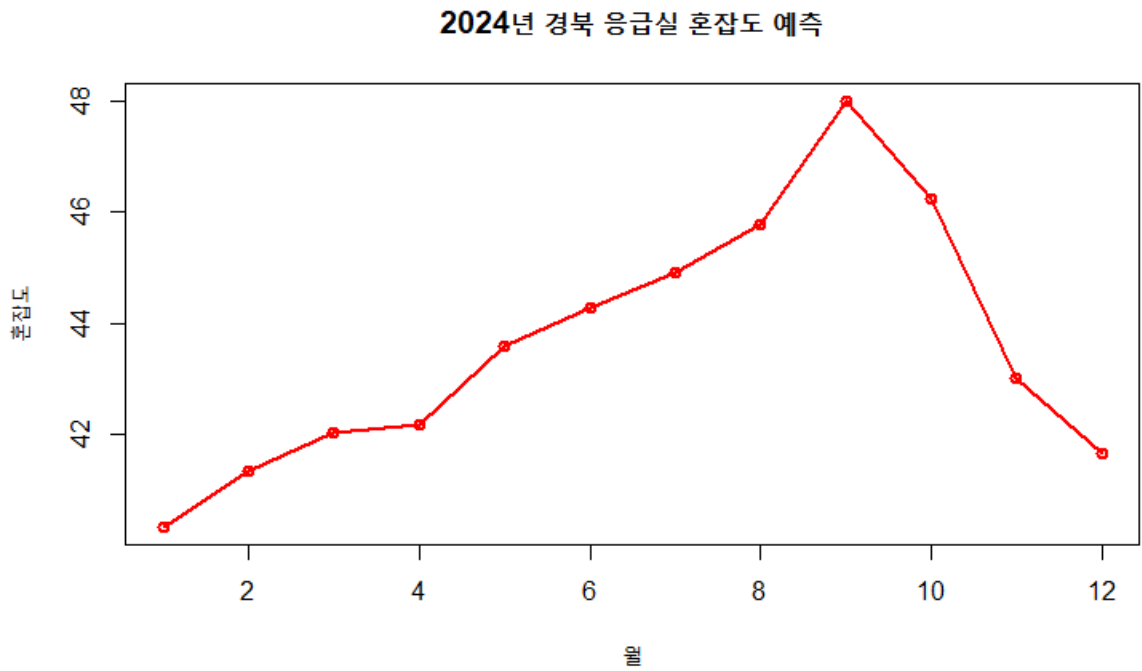
위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

#경북 응급실 혼잡도 $= (-1.059e+04) + (5.246e+00 * year) + (8.450e-04 * \text{응급실 이용 환자수})$

p-value : **2.298e-09**

Adjusted R-squared : **0.6823 -> 68.23%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 경북 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.



4.1.16 경남 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-3.957e+03	-7.508	2.28e-08
Year	1.961e+00	7.532	2.14e-08
month	8.675e-03	0.170	0.8662
이동 환자 수	-1.599e-04	-2.591	0.0146
응급실 이용 환자수	1.089e-03	20.911	2e-16
교통사고 건수	-6.206e-04	-0.318	0.7529
Adjusted R-squared	0.9321		
p-value	0.000000000000000022		

[표 15-1] 경남 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 15-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-4.040e+03	-9.235	1.53e-10
Year	2.001e+00	9.252	1.47e-10
이동 환자 수	-1.651e+04	-3.250	0.00272
응급실 이용 환자수	1.087e-03	21.928	2e-16
Adjusted R-squared	0.9361		
p-value	0.000000000000000022		

[표 15-2] 단계적 선택법을 사용한 경남 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

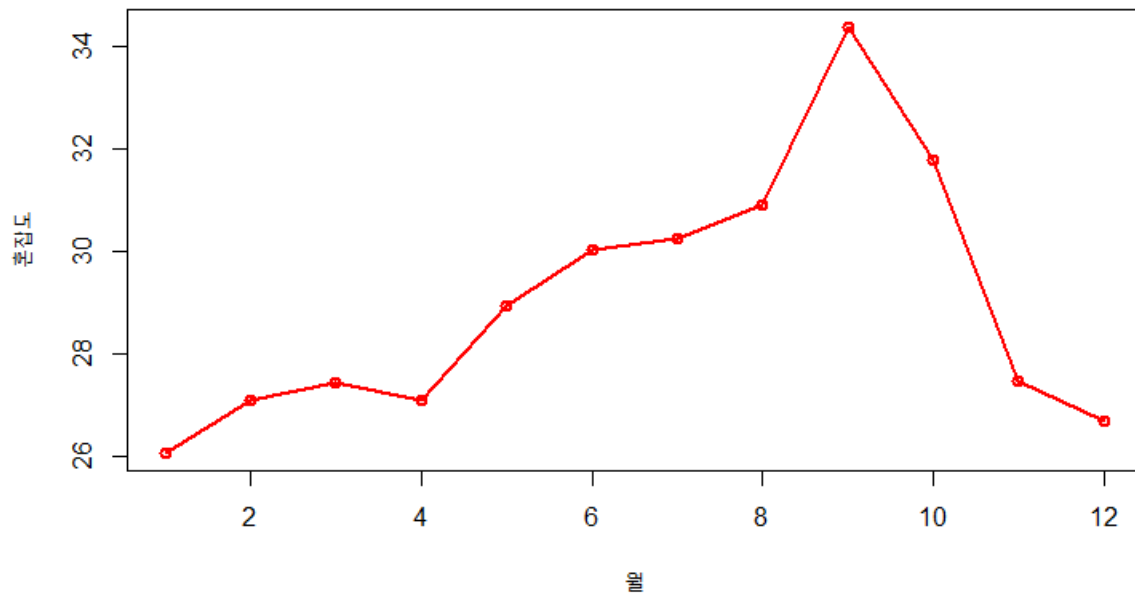
#경남 응급실 혼잡도 $= (-4.040e+03) + (2.001e+00 * year) + (-1.651e-04 * 이동 환자 수) + (1.087e-03 * 응급실 이용 환자수)$

p-value : **2.2e-16**

Adjusted R-squared : **0.9361 -> 93.61%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 경남 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.

2024년 경남 응급실 혼잡도 예측



4.1.17 전북 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-1.547e+03	-1.453	0.157
Year	7.662e-01	1.454	0.156
Month	-8.780e-02	-0.990	0.330
이동 환자 수	4.058e-04	0.500	0.621
응급실 이용 환자수	1.772e-03	10.087	3.74e-11
교통사고 건수	-6.878e-04	-0.121	0.904
Adjusted R-squared	0.9266		
p-value	0.000000000000000022		

[표 17-1] 전북 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 17-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-1.798e+03	-2.559	0.0153

Year	8.904e-01	2.564	0.0151
응급실 이용 환자수	1.832e-03	19.394	2e-16
Adjusted R-squared	0.9308		
p-value	0.00000000000000022		

[표 17-2] 단계적 선택법을 사용한 서울 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 응급실 이용 환자 수가 독립변수로 선택되었다.

위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

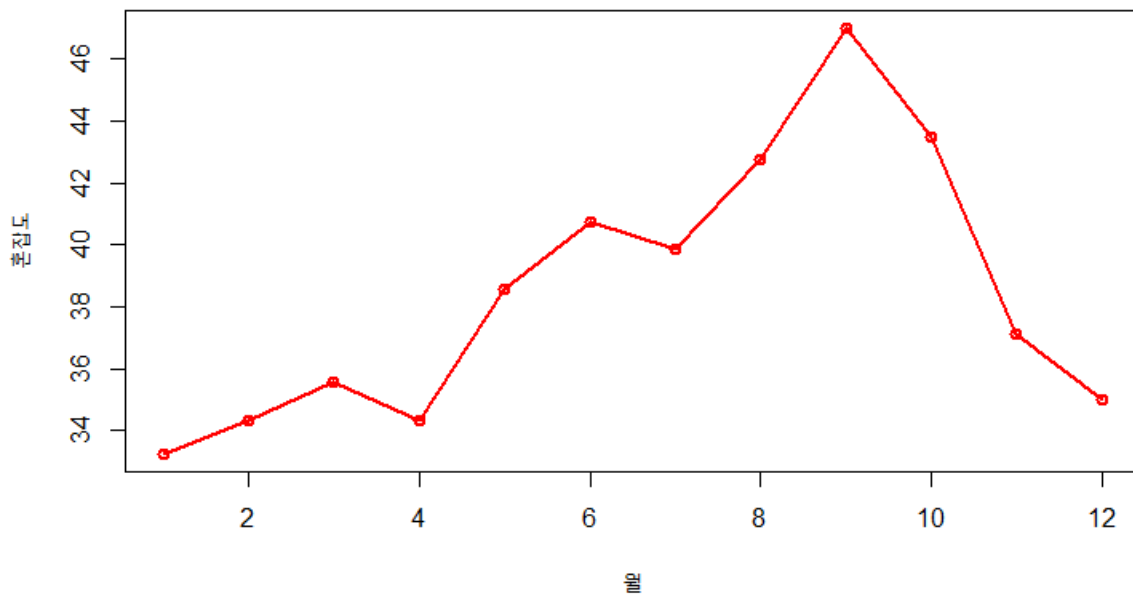
#전북 응급실 혼잡도 $= (-1.798e+03) + (8.904e-01 * year) + (1.832e-03 * \text{응급실 이용 환자수})$

p- value : **2.2e-16**

Adjusted R-squared : **0.9308 -> 93.08%**

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 전북 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.

2024년 전북 응급실 혼잡도 예측



4.1.18 전남 응급실 혼잡도 분석 결과

설명 변수	B	t	P
Constant	-3.545e+03	-3.921	0.000474
Year	1.757e+00	3.931	0.000461
Month	1.510e-02	0.181	0.857440
이동 환자 수	-2.174e-03	-3.436	0.001751
응급실 이용 환자수	1.985e-03	5.533	5.18e-06
교통사고 건수	7.649e-03	1.841	0.075547
Adjusted R-squared	0.5063		
p-value	0.00005776		

[표 16-1] 전남 응급실 혼잡도 회귀분석

[표 16-1]의 회귀분석 결과를 단계적 선택법 StepAIC(model, direction="both") 사용하여 변수를 다시 선택하였다.

설명 변수	B	t	P
Constant	-3.593e+03	-4.220	0.000197
Year	1.780e+00	4.230	0.000192
이동 환자 수	-2.151e-03	-3.529	0.001325
응급실 이용 환자수	1.971e-03	5.732	2.64e-06
교통사고 건수	7.922e-03	2.079	0.045948
Adjusted R-squared	0.5217		
p-value	0.00001644		

[표 16-2] 단계적 선택법을 사용한 전남 응급실 혼잡도 회귀분석

단계적 선택법을 사용하여 변수 선택 후 결과를 확인해보니 year, 이동 환자 수, 응급실 이용 환자 수, 교통사고 건수가 독립변수로 선택되었다.

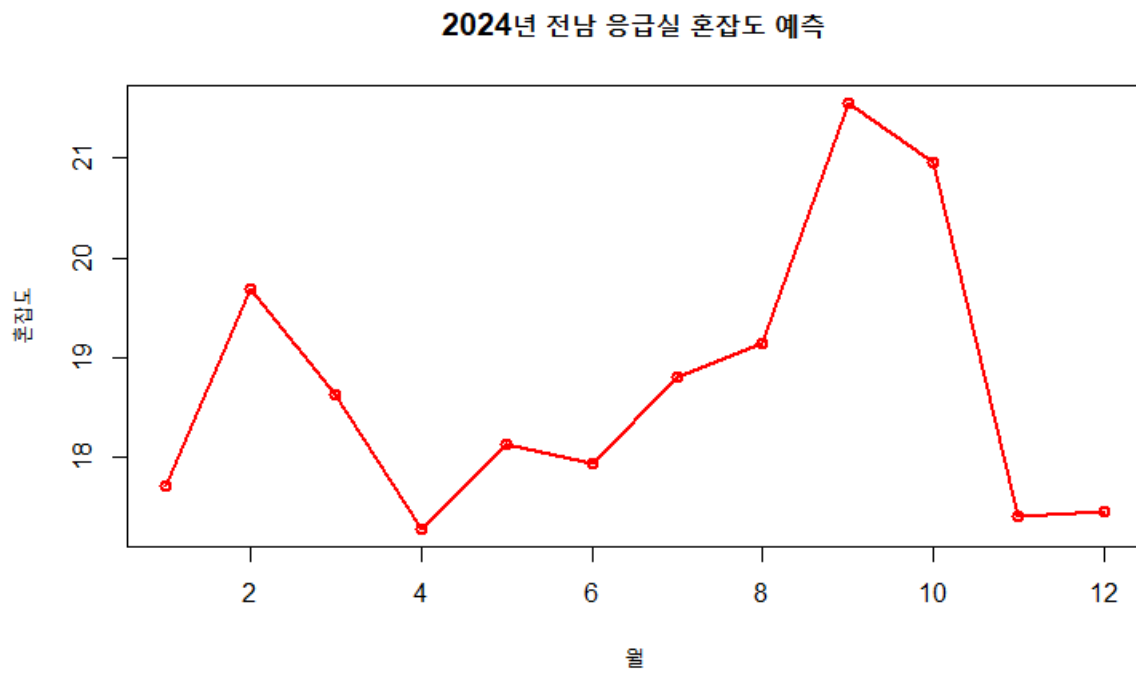
위 모델에서 얻은 회귀식 결과는 다음과 같다.

#전남 응급실 혼잡도 = $(-3.593e+03) + (1.780e+00 * year) + (-2.151e-03 * 이동 환자 수) + (1.971e-03 * 응급실 이용 환자수) + (7.922e-03 * 교통사고 건수)$

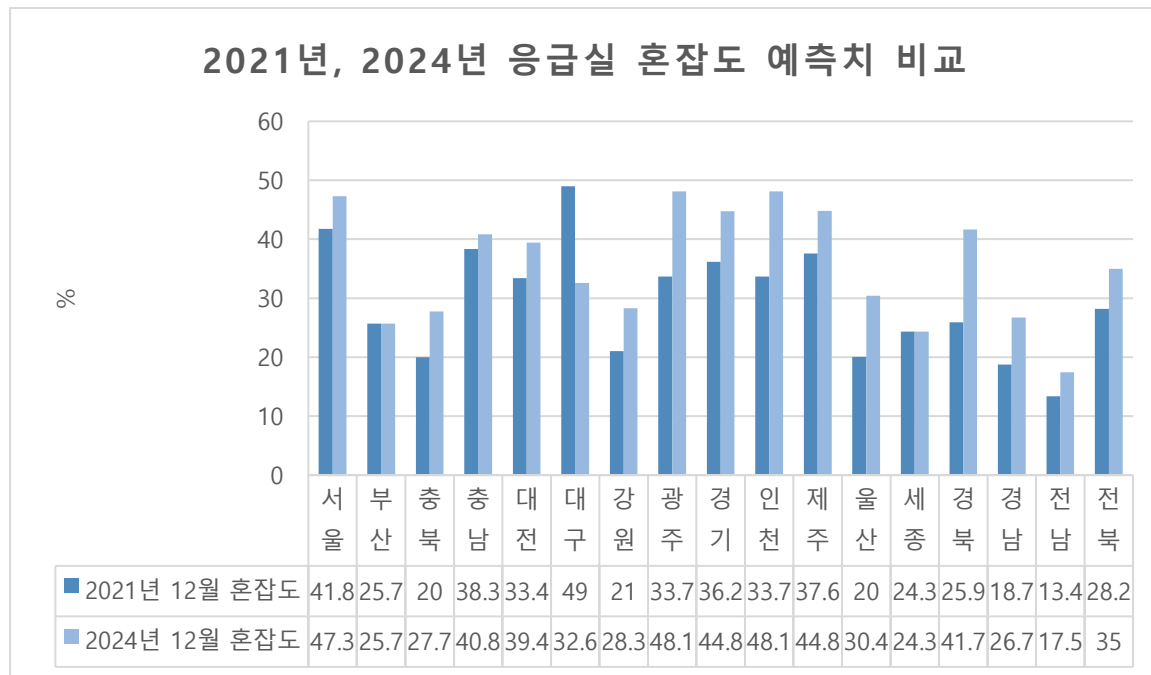
p- value : **1.644e-05**

Adjusted R-squared : 0.5217 -> 52.17%

모든 독립변수의 조건이 마지막 년도(2021년)와 같다고 가정하면, 2024년 전남 응급실 혼잡도 예상 추이는 다음과 같다.



4.1.19 분석 결과 시각화



회귀분석에서 p -value 값은 구한 회귀 모델이 의미 있는 모델인지를 나타내는 것으로, 이 값이 작을수록 의미 있는 모델인 것을 나타낸다. 평균적으로 p -value 값이 유의 수준인 0.05보다 작으면 해당 독립변수는 종속변수에 통계적으로 유의적인 영향을 미치는 것으로 간주된다. Adjusted R-squared 값은 모델의 설명력을 나타내며 0 ~ 1 사이의 값을 가진다. 이 값이 클수록 회귀 모델이 오차가 적다는 의미를 나타낸다.

결론적으로 p -value 와 Adjusted R-squared 값에 의해 17가지 지역에 대한 본 회귀분석 모델은 유의하게 도출되었다. 또한 독립 변수들 사이의 상관 분석 결과 연도, 응급실 이용 환자수, 이동 환자 수가 주로 높은 상관관계를 보였다.

2021년 12월을 기준으로 응급실 혼잡도를 예측해본 결과 전반적으로 혼잡도가 50% 미만으로 유지되는 것으로 확인되었고, 대구가 49%로 가장 높고 경북이 8%로 가장 낮게 예측되었다. 이는 각 지역 전체의 응급의료를 대표적으로 담당하고 있는 권역응급의료센터부터 가장 중증도가 낮은 지역응급의료기관을 모두 포함한 수치로, 실제 가장 중증 응급환자가 몰리는 권역응급의료센터나 대형병원의 응급 센터의 경우 이러한 평균치보다 높은 혼잡도를 보일 것으로 예상된다.

이러한 결과에서도 전체 혼잡도가 40%를 넘는 서울과 대구의 경우 효율성 제고를 위한 전략적 개입이 필요할 것으로 판단된다. 40% 미만 지역에서도 응급 상황이나 재난 발

생 시 예상치 못한 환자 급증에 대비할 수 있는 사전 조치가 필수적이다. 월별 혼잡도 추세는 유연하고 예측 가능한 의료 시스템 구축의 중요성을 강조한다고 볼 수 있다.

또한 2021년 12월과 2024년 12월 혼잡도 변화를 비교해본 결과 대구(16.4% 감소)를 제외한 모든 지역에서 2021년 대비 2024년에 혼잡도가 상승하는 추세를 보였다. 이 중 경북은 15.8%의 상승으로 가장 큰 차이를 보였다. 이에 향후 혼잡도가 점차 증가할 것으로 예측되므로 응급의료 시스템의 효율성 향상을 위한 전략적인 정책 변화가 필요할 것으로 사료된다.

4.2 응급의학과 의사 재배치 분석 결과 및 시각화

4.2.1 응급의학과 전문의 수요 예측

응급의학과 전문의 재배치 분석을 위해 서울과 경기도의 응급의학과 전문의 수요를 계산하였다. 수요 계산 방법 및 식은 대한응급의학회에서 2017년에 발간한 “2018~2022 응급의학 전문의 수요·공급 예측”을 따랐다. 다음은 응급의학과 전문의 수요 계산을 위한 기본 가정이다.

- 1) 응급실 이용 환자 수는 가장 최근 데이터인 2022년을 기준으로 한다.
(2022년 응급실 이용자 수 : 서울 = 1,025,310명 , 경기 = 1,358,634명)
- 2) 업무량 산정 기준 단위는 FTE(Full Time Equivalent, 풀타임 근무시간)이며 연간 1,764시간(주 36시간/49주)으로 가정한다.
- 3) 1명의 응급의학과 전문의가 1시간 동안 진료하는 적정 환자 수는 2명 (2PPH(Patients per Hour))으로, 1명의 전문의의 연간 환자 수용 능력은 3528명 (1764시간X2명)이다.
- 4) 전체 응급의학과 전문의 중 80% 정도만이 실제 응급의료기관에서 직접 환자를 진료하고 있고, 전체 근무시간 중 70%만을 환자 진료에 사용하고 있다고 가정한다.

위 가정을 전제로 하여 수행한 응급의학과 전문의 수요 계산식은 다음과 같다.

수요 FTE = Number of Patient / Capacity of 1 FTE

1) 서울 : 1,025,310명 / 3,528 = 291 FTE

2) 경기 : 1,358,634명 / 3,528 = 385 FTE

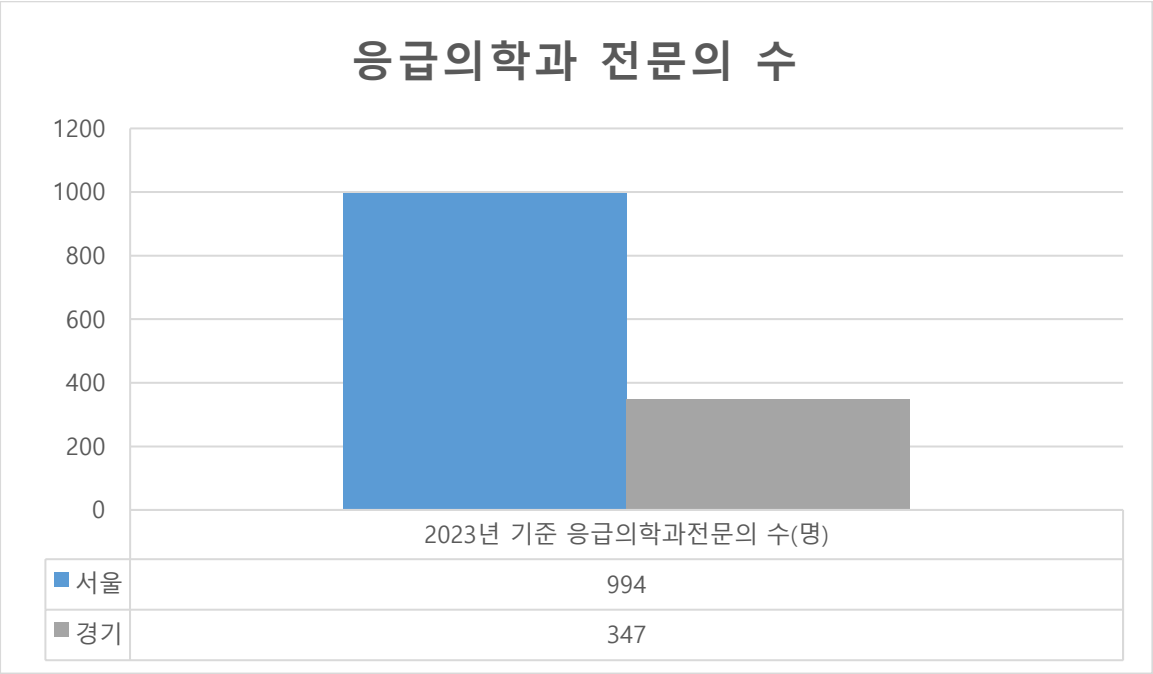
수요 전문의 수 = FTE / (전문의 중 응급실에 근무하는 비율 x 실제 근무 시간)

1) 서울 : 291 FTE / (0.8 x 0.7) = 519명

2) 경기 : 385 FTE / (0.8 x 0.7) = 688명

계산 결과 서울에 필요한 응급의학과 전문의는 519명, 경기도에 필요한 응급의학과 전문의는 688명으로 확인되었다.

4.2.2 응급의학과 전문의 현황 분석 및 인력 재배치



현재 2023년 기준으로, 서울 응급의학과 전문의 수는 994명, 경기 응급의학과 전문의 수는 347명으로 집계되고 있다. 위에서 산출한 응급의학과 전문의 수요에 의하면 현재 응급의학과 전문의 수는 서울은 **475명** 초과, 경기는 **341명이** 부족한 상태로 판단된다. 따라서 서울의 **최소 341명**의 응급의학과 전문의가 경기도로 이동하게 된다면, 경기도 또한 OCED가 제시하는 최소 업무 강도의 요건인 2PPH를 달성하게 된다. 이는 서울 응급의학과 전문의의 **34.3%** 해당하는 수치이다.

결론적으로 서울 응급의학과 전문의 중 **341명(34.3%)**이 경기도로 이동하게 되면 경기

도 또한 2PPH 충족하게 되어 의료형평성이 개선될 수 있음을 알 수 있다.

5. 활용방안

응급실 혼잡도 예측은 다양한 측면에서 응급 의료 서비스의 효율성 증진, 응급 의료 시스템 전반의 개선 및 환자 안내를 개선하는데 중요한 역할을 수행할 수 있다.

혼잡도 정보를 활용한 대기 시간 최적화를 통해 응급 상황이 아닌 환자들의 대기 시간을 최소화하고, 응급 상황이 있는 환자들에게 신속한 응급 처치를 제공하기 위한 전략의 기초 자료로 제공될 수 있다. 또한 자원 할당과 운영 최적화를 통해 의료 인력과 시설 자원을 효율적으로 조절하기 위한 자료로 활용될 수 있으며 응급의료체계 관련 정책 수립과 시스템 개선을 위한 근거로 활용될 수 있어, 응급 의료 서비스의 품질을 향상시키는 데 도움이 될 수 있다.

6. 참고문헌

- [1]. 대한응급의학회 인력 자문 특별위원회. "2018~2022 응급의학 전문의 수요·공급 예측". 대한응급의학회. 2017년.
- [2]. 제상모 외. "우리나라에 응급의학 전문의는 얼마나 필요한가?" 대한응급의학회지, vol. 16, no. 6, 2005년 12월, pp. 613-619.
- [3]. 김벼울 외. "응급실 과밀화 해결을 위한 데이터 분석 기반 응급실 혼잡도 예측 모형 연구" 한국데이터정보과학회지, vol.29, no.5, 2018년, pp.1201-1213.
- [4]. 조재민. "'뽕뽕이 사망' 빈발...응급실 유명무실 원인은". 데일리 메디, 2023-07-19.
- [5]. 이상훈. "응급의학회 "응급실 뽕뽕이 원인은 과밀화"...해법은?". 약업신문, 2023-07-12.
- [6]. 대한민국 보건복지부. "2023년도 응급의료기관 평가기준집". 2022년.