비선형 계획법을 활용한 효율적인

공적 방역 마스크 분배 방안에 관한 연구

-전염병 확산 초기 시점을 기준으로-

이재순, 서영준, 유영현, 황성재
K F 9 4 팀

Index

1. 연구배경
2. 분석 도구
3. 연구방법론
4. 결과 및 분석
5. 결론 및 한계점

KMAC KF94

1. 연구배경

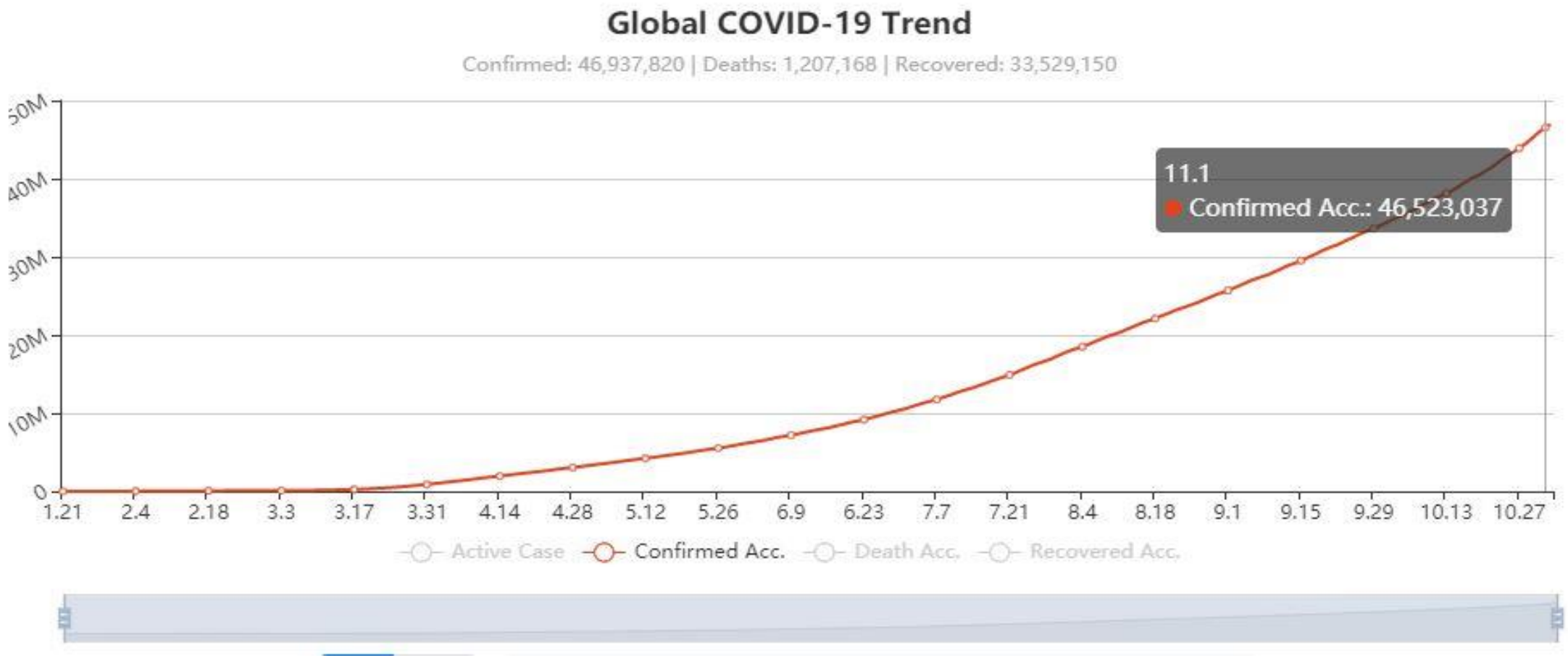
코로나바이러스-19(COVID-19)란?

정의	SARS-CoV-2 감염에 의한 호흡기 증후군
질병 분류	· 법정감염병 : 제1급감염병 신종감염병증후군 · 질병 코드 : U07.1
병원체	SARS-CoV-2 : Coronaviridae에 속하는 RNA 바이러스
전파 경로	현재까지는 비말(침방울), 접촉을 통한 전파로 알려짐 · 기침이나 재채기를 할 때 생긴 비말(침방울)을 통한 전파 등 · 코로나19 바이러스에 오염된 물건을 만진 뒤 눈, 코, 입을 만짐
잠복기	1~14일 (평균 4~7일)
진단 기준	· 환자 : 진단을 위한 검사기준에 따라 감염병병원체 감염이 확인된 사람 · 진단을 위한 검사기준 - 검체에서 바이러스 분리 - 검체에서 특이 유전자 검출
증상	발열, 권태감, 기침, 호흡곤란 및 폐렴 등 경증에서 중증까지 다양한 호흡기감염증이 나타남 그 외 가래, 인후통, 두통, 객혈과 오심, 설사 등도 나타남
치료	· 대증 치료 : 수액 보충, 해열제 등 보존적 치료 · 특이적인 항바이러스제 없음

치명률	· 전세계 치명률은 약 3.4%(WHO, 3.5 기준) 단, 국가별 · 연령별 치명률 수준은 매우 상이함 · 고령, 면역기능이 저하된 환자, 기저질환을 가진 환자가 주로 중증, 사망 초래
관리	**환자 관리** · 표준주의, 비말주의, 접촉주의 준수 · 증상이 있는 동안 가급적 집에서 휴식을 취하고 다른 사람과 접촉을 피하도록 권고 **접촉자 관리** · 감염증상 발생 여부 관찰
예방	· 백신 없음 · 올바른 손씻기 - 흐르는 물에 비누로 30초 이상 꼼꼼하게 손씻기 - 특히, 외출 후, 배변 후, 식사 전·후, 기저귀 교체 전·후, 코를 풀거나 기침, 재채기 후 등에는 반드시 실시 · 기침 예절 준수 - 기침할 때는 휴지나 옷소매 위쪽으로 입과 코를 가리고 하기 - 호흡기 증상이 있는 경우 마스크 착용 · 씻지 않은 손으로 눈, 코, 입 만지지 않기 · 주위 환경을 자주 소독하고 환기하기

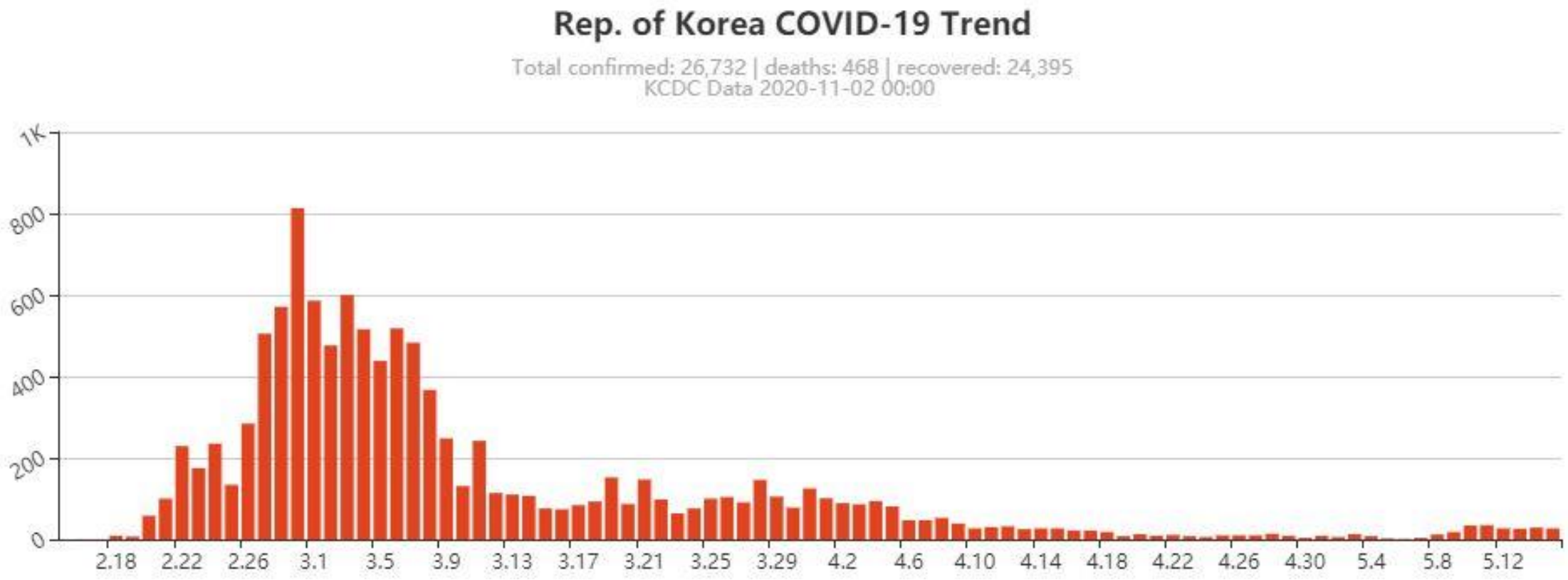
출처 : http://ncov.mohw.go.kr/

코로나바이러스 전세계 확산현황



출처 : https://coronaboard.kr/en/

코로나바이러스 발생 초기 확산현황



출처 : https://coronaboard.kr/en/

확산 초기 마스크 분배의 문제점

매크로 돌려 마스크 사재기...개인구매자 18명 적발

최종수정 2020.03.17 19:04 기사입력 2020.03.17 19:04 댓글 쓰기

공적마스크 5부제가 시행되고 있는 15일 서울 마포구 한 약국 앞에서 시민들이 마스크를 구매하기 위해 줄을 서고 있다/강진형 기자 aymsdream@

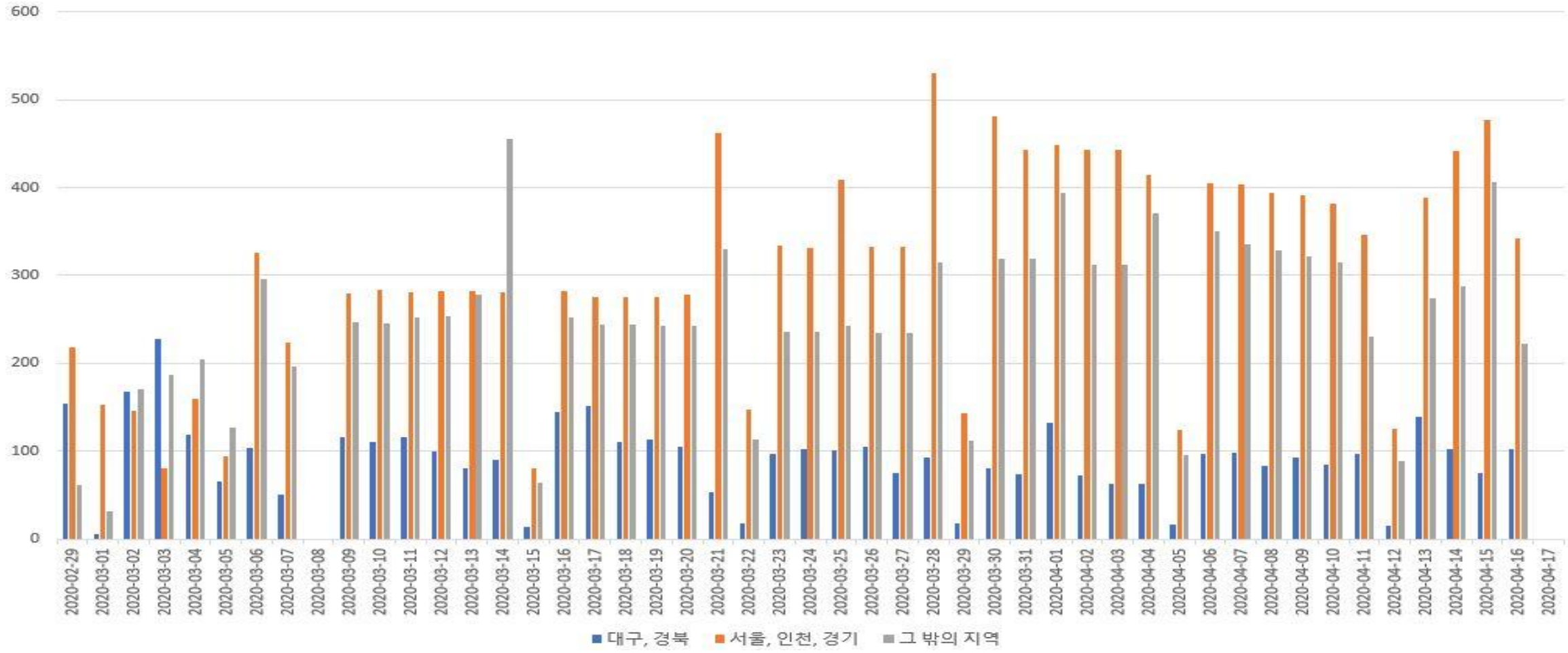
'매크로'로 마스크 수천장 사재기한 10여명 검거

입력 : 2020-03-13 17:50

지난 10일 서울 시내 한 약국에서 공적 마스크를 구매한 시민들이 마스크를 들어 보이고 있다. 연합뉴스

KF94

확산 초기 공적마스크 분배 현황



출처 : www.mfds.go.kr

KMAC KF94

2. 분석 도구

전염병 확산 모델

전염병 확산 방지 연구의 시작

1766년부터 전염병 확산을 방지하기 위한 연구 시작

스위스 수학자 다니엘 베르누이가 확률이론을 이용하여 천연두 관련 연구 발표

천연두 바이러스 백신의 효능을 수학적인 데이터로 증명

전염병 확산 방지 연구 사례

20세기 초 영국에서 전염병 모델을 체계적으로 연구하기 시작

영국의 수학자 하머(W. H. Hamer)는 런던에서의 홍역 유행 과정을 표현한 모델 분석

병리학자 로날드 로스(Ronald Ross)는 말라리아를 옮기는 기생충 확산 모델 구축

전염병 확산 모델

SIR모델의 태동

스코틀랜드의 수학자 윌리엄 컬맥과 예방역학자인 엔더슨 맥켄드릭이 구축

전염병이 유행하기 위한 초기 조건을 설정해 전염병의 확산 정도를 예측

SIR모델을 통해 1905년 인도 봄베이와 1665년 영국의 홍역 발병을 정확히 예측

1918년과 1919년 스페인에서 유행한 독감에 대한 데이터로 환자수 계산

과거의 전염병 사례를 꾸준히 연구함으로써 미래에 다가올 전염병에 대해 대비할 수 있는 자료 마련

전염병 확산 모델 - SIR 모델

■ 전염병 확산 모델의 가장 기본이 되는 모델

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta IS}{N}$$

$$\frac{dI}{dt} = -\frac{\beta IS}{N} - \gamma I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

$$\frac{dS}{dt} + \frac{dI}{dt} + \frac{dR}{dt} = 0$$

기호	설명
β	전파율. 감수성군과 감염군이 만날 율
γ	회복율, 제거율 그 역수($\frac{1}{\gamma}$)는 평균감염기간을 결정
S(0)	모집단 내 최초 감수성군의 수
I(0)	모집단 내 최초 감염군의 수
N(0)	모집단의 수

* 모든 모수는 양수

전염병 확산 모델 - SIRD 모델

■ SIR모델에 Deceased를 추가시킨 모델

감염군 내에서 자연적으로 사망하는 집단을 병이 치료되거나 병으로 인해 사망한 집단과 분리한 모델이다

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta IS}{N}$$

$$\frac{dI}{dt} = -\frac{\beta IS}{N} - \gamma I - \mu I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

$$\frac{dD}{dt} = \mu I$$

기호	설명
μ	전파율. 치명률, 감염자가 사망할 율
β	전파율. 감수성군과 감염군이 만날 율
γ	회복율, 제거율 그 역수($\frac{1}{\gamma}$)는 평균감염기간을 결정
S(0)	모집단 내 최초 감수성군의 수
I(0)	모집단 내 최초 감염군의 수
N(0)	모집단의 수

* 모든 모수는 양수

전염병 확산 모델 - MSIR 모델

■ SIR모델에 Maternal을 추가시킨 모델

홍역과 같이 어머니의 모계유전을 통한 모체항체의 전달로 태어난 직후 몇 개월간 면역을 띄는 모체 유래 면역을 추가한 모델

$$\frac{dM}{dt} = \Lambda - \delta M - \mu M$$

$$\frac{dS}{dt} = \delta M - \frac{\beta SI}{N} - \mu S$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - \gamma I - \mu I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R$$

기호	설명
Λ	모체항체를 받고 태어난 출생자의 수
δ	면역기간이 끝나는 율
μ	사망률, 모집단의 출생률
β	전파율. 감수성군과 감염군이 만날 율
γ	회복율, 제거율
M(0)	모집단내의 최초 면역자의 수
S(0)	최초 감수성군의 수
I(0)	최초 감염군의 수
N(0)	모집단의 수

* 모든 모수는 양수

전염병 확산 모델 - SEIR 모델

■ SIR모델에 Exposed를 추가시킨 모델

다수의 전염병의 경우 감염은 되었지만 아직 증상이 발현되지 않은 잠복기를 노출군으로 추가해준 모델

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \mu S - \beta \frac{I}{N} S$$

$$\frac{dE}{dt} = \beta \frac{I}{N} S - (\mu + \sigma) E$$

$$\frac{dI}{dt} = \sigma E - (\gamma + \mu) I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R$$

기호	설명
μ	사망률, 모집단의 출생률
β	전파율. 감수성군과 감염군이 만날 율
γ	회복율, 제거율
σ	개인들의 노출군에서 감염군으로의 이동률, 그 역수($\frac{1}{\sigma}$)는 평균 잠복기
S(0)	최초 감수성군의 수
E(0)	모집단내의 최초 노출군의 수
I(0)	최초 감수성군의 수
N(0)	최초 감염군의 수

* 모든 모수는 양수

비선형 계획법의 정의와 특성

■ 비선형 계획법의 정의

제약조건들을 만족시키며 목적함수를 최적화하는 문제인 최적화 문제의 일종

최적화 문제는 크게 선형 계획법과 비선형 계획법으로 나뉨

■ 비선형 계획법의 특성

목적함수나 제약 조건 중에 1차가 아닌 함수를 적어도 하나 이상 포함

수식에 의해 해석적으로 구하기 어려움

컴퓨터를 이용한 발견적 알고리즘에 의한 해법 사용

KMAC KF94

3. 연구방법론

일일 공급 마스크 수량 정의

2020.2.29 기준 공적 방역 마스크 공급현황

지 역	구입 가능한 곳	수량 (만 개)
대구, 경북	약국, 마트, 홈쇼핑	154
서울, 인천, 경기	약국, 백화점	218
그 밖의 지역	약국, 마트	61
전국 공통	공영홈쇼핑, 의료기관	15
합계		448

일일 공급 마스크

5,000,000만 장

전염병 정의

전염병 확산 모델 적용을 위한 기본 수치 정의

구 분	수 치	출 처
전파율	0.212264	Coronavirus Dieasese 2019
회복율	0.08333	Coronavirus Dieasese 2019
잠복율	0.25	Coronavirus Dieasese 2019
출생, 사망률	0.0012	2019 인구 동향 조사

가정 조건 설정

■ 마스크의 사용 효과

침방울과 같은 비말로 전파되는 코로나 바이러스의 특성상 마스크의 감염 예방 효과는 높다.

따라서 마스크의 사용 효과는 100% 감염 예방으로 한다.

■ 마스크의 재사용률

마스크 하나를 연속으로 사용하는 날짜는 사람마다, 상황마다 다르다.

따라서 마스크 재사용률을 20%, 50%, 80%로 변화시키며 비교를 진행한다.

■ 지역 간 이동 인구

지역 간 이동 인구는 고정된 사람도 있지만 매일매일 변화하는 사람도 많이 존재하므로 예측이 어렵다.

따라서 고정적으로 이동하는 인구만 고려하며 인접한 지역으로 5% 인접하지 않은 지역으로 1%의 인구가 이동한다고 가정한다.

마스크를 고려한 전염병 확산 모형 구축

■ SEIR모형을 기반으로 구축한 새로운 모형

$$S' = S - n$$

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \mu S' - \beta \frac{I}{N} S'$$

$$\frac{dE}{dt} = \beta \frac{I}{N} S' - (\mu + \sigma)E$$

$$\frac{dI}{dt} = \sigma E - (\gamma + \mu)I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R$$

$$N(t) = An(t-1), \qquad (A = 0.2 \text{ or } 0.5 \text{ or } 0.8)$$

기호	설명
n	분배되는 마스크의 수
μ	사망률, 모집단의 출생률
γ	회복율, 제거율
β	전파율. 감수성군과 감염군이 만날 율
σ	노출군에서 감염군으로의 이동율
S(0)	최초 감수성군의 수
E(0)	최초 노출군의 수
I(0)	최초 감염군의 수
N(0)	모집단의 수

모든 모수는 양수

목적 함수와 제약 조건 설정

■ 목적 함수

전체 지역의 감염자가 가장 적게 나오는 것으로 설정

$$\text{Minimize } z = \sum (E + I)$$

■ 제약 조건

$$\sum_{j=1}^{17} X_{ij} \leq 5{,}000{,}000$$

$$\sum_{k=1}^{17} (S_{ij} \times B_{jk}) \geq X_{ij} + 0.8X_{(i-1)j}5{,}000{,}000$$

X_{ij}는 음이 아닌 정수

$i = 1, 2, \ldots, 15, \quad j = 1, 2, \ldots, 17, \quad X_{0j} = 0$

X_{ij} 는 i번째 날 j지역의 마스크 분배량

S_{ij} 는 i번째 날 j지역의 감수성군

B_{jk}는 j지역과 k지역 간의 인구 이동률

공적 방역 마스크 분배 대안 설정

■ 감염자 비례 공적 방역 마스크 분배 방안

전체 감염군에 대한 각 지역별 감염군의 비율로 공적 방역 마스크를 분배
각 지역의 감염군에 비례하여 매일 다른 수량의 마스크를 분배

■ 인구수 비례 공적 방역 마스크 분배 방안

전체 인구수에 대한 각 지역별 인구수의 비율로 공적 방역 마스크를 분배
전체 인구수는 거의 일정하므로 매일 같은 수량의 마스크를 분배

■ 균등 공적 방역 마스크 분배 방안

모든 지역에 같은 수량의 공적 방역 마스크를 분배
17개 지역에 294,118개씩 균등하게 마스크를 분배

■ 취약계층 비례 공적 방역 마스크 분배 방안

코로나 바이러스의 취약계층에 대한 연구가 충분히 진행되지 않았으므로
인플루엔자 우선접종 권장대상의 고위험군에 비례하여 공적 방역 마스크를 분배

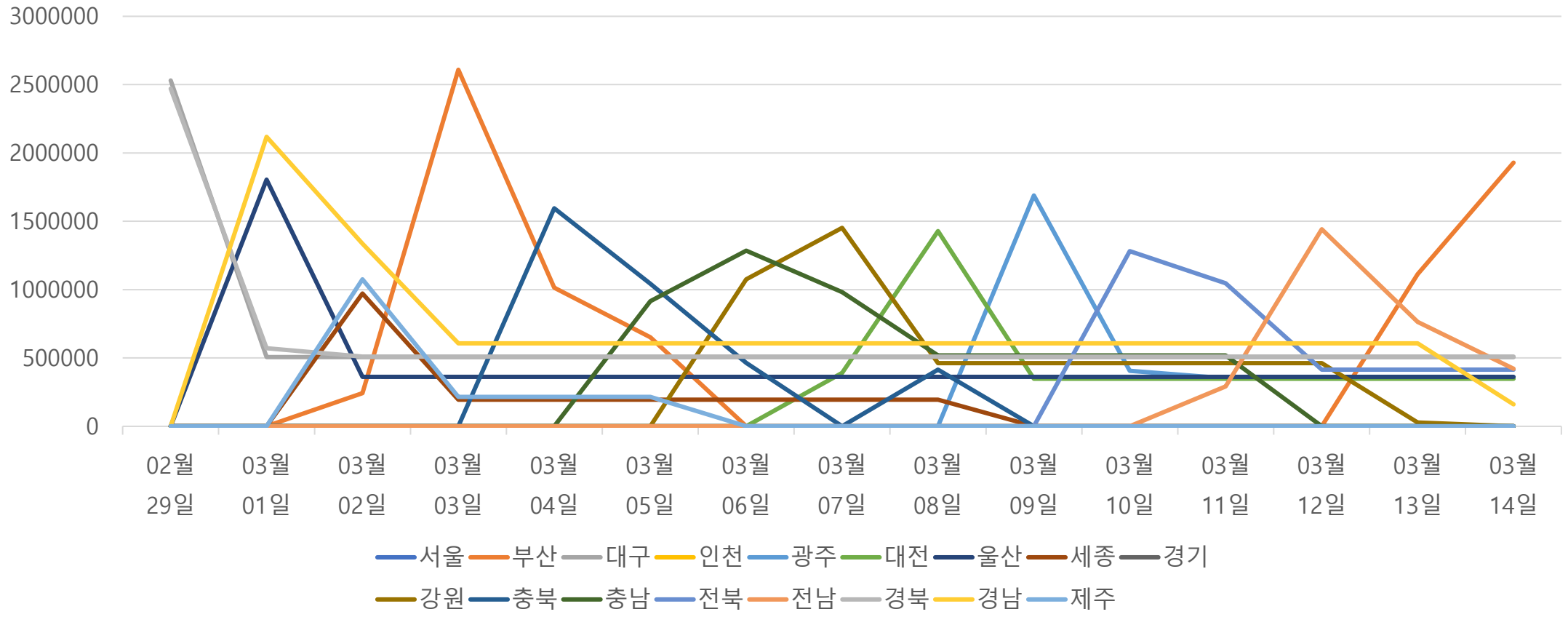
KMAC KF94

4.

결과 및 분석

최적 분배 방안 결과

지역별 마스크 분배량 (재사용률 : 80%)



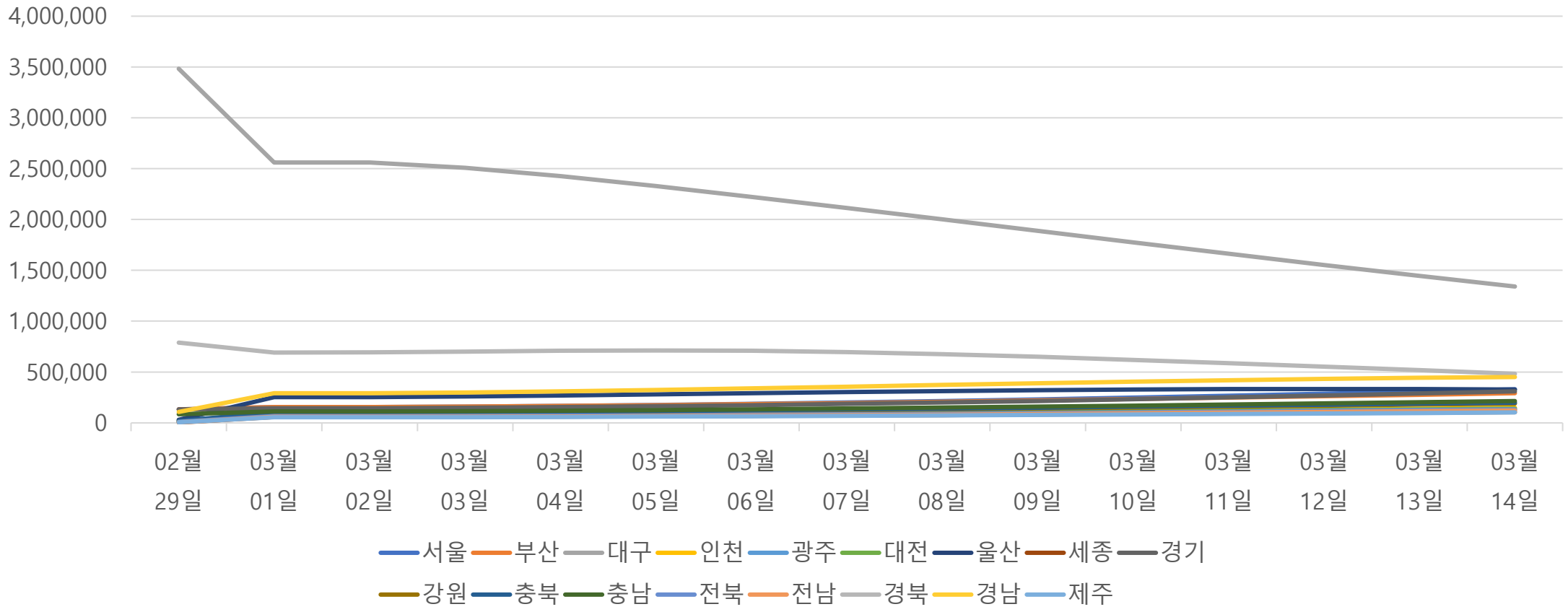
최적 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 80%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	85.3	131.9	217.1	강원	6.7	37.8	44.5
부산	20.7	62.5	83.2	충북	20.4	41.6	62.0
대구	6.0	364.4	370.4	충남	10.3	40.7	51.0
인천	38.0	58.7	96.7	전북	6.8	41.8	48.6
광주	4.0	34.0	38.0	전남	11.3	44.1	55.5
대전	2.9	33.0	35.8	경북	1.6	99.0	100.7
울산	0.9	41.9	42.8	경남	2.8	50.9	53.7
세종	6.3	14.4	20.7	제주	10.4	18.9	29.3
경기	79.1	122.3	201.4	합계	313.5	1,237.9	1,551.4

감염자 비례 분배 방안 결과

지역별 마스크 분배량 (재사용률 : 80%)

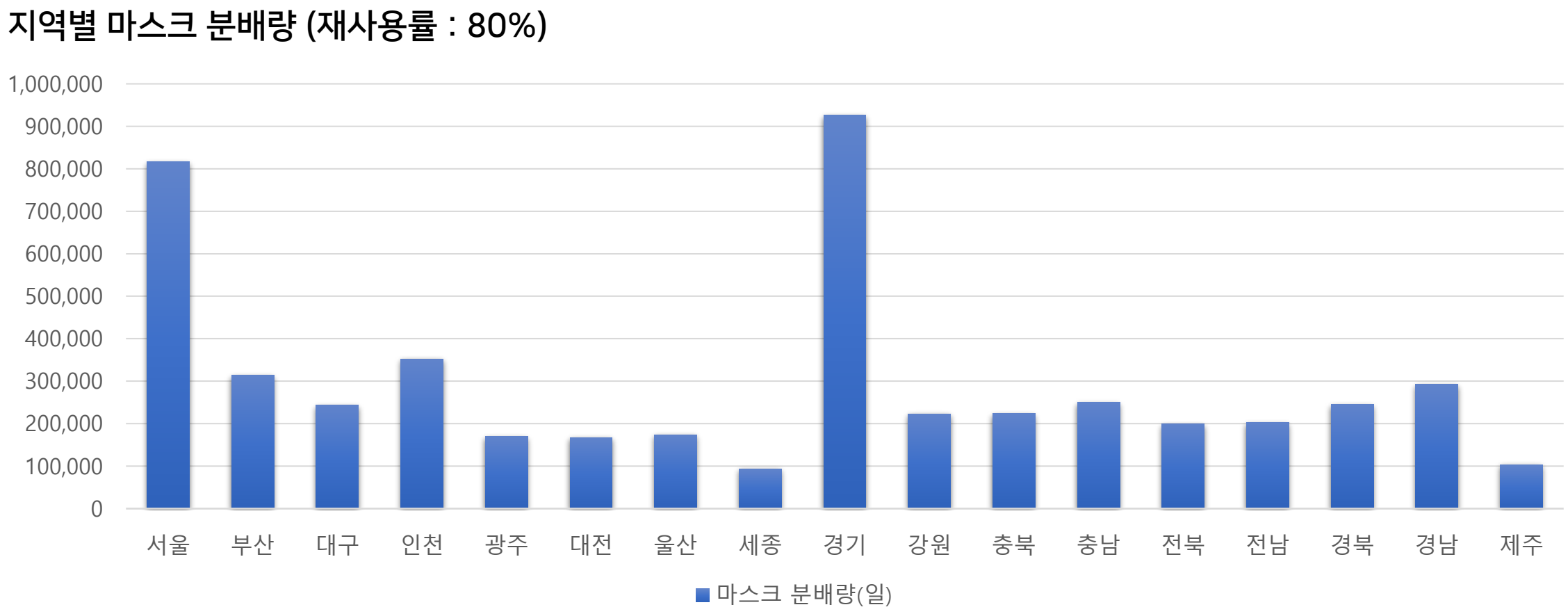


감염자 비례 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 80%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	69.7	119.2	188.9	강원	33.6	66.2	99.8
부산	49.5	101.0	150.5	충북	34.6	69.4	104.0
대구	6.0	364.4	370.4	충남	37.7	74.5	112.2
인천	31.0	53.2	84.3	전북	25.6	47.3	72.9
광주	23.4	44.3	67.6	전남	23.8	43.1	66.9
대전	25.0	49.1	74.0	경북	3.6	132.3	135.9
울산	20.8	99.8	120.7	경남	49.9	146.4	196.4
세종	67.1	112.6	179.7	제주	17.0	35.2	52.2
경기	67.1	112.6	179.7	합계	585.4	1,670.6	2,256.1

인구수 비례 분배 방안 결과

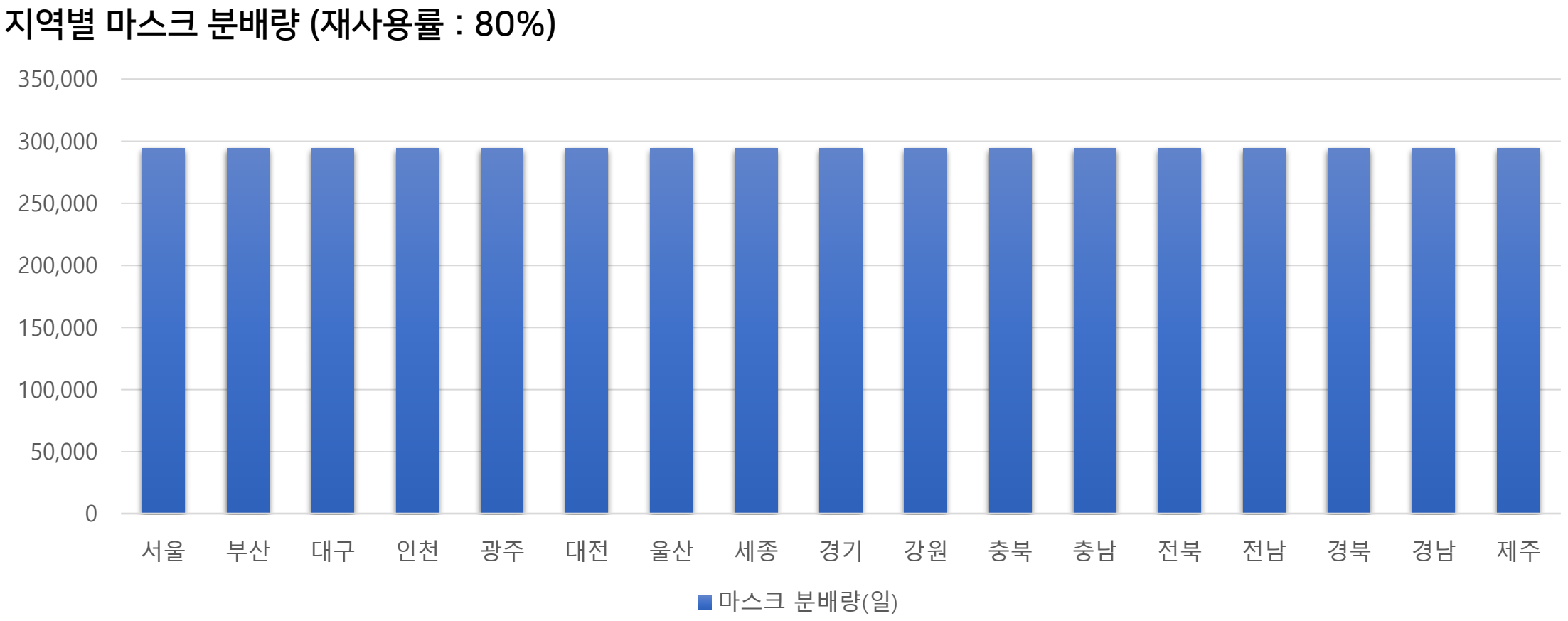


인구수 비례 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 80%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	34.6	81.5	116.2	강원	21.6	50.9	72.6
부산	34.6	81.3	115.9	충북	23.0	54.2	77.2
대구	568.7	1,340.9	1,909.6	충남	24.8	58.3	83.1
인천	15.4	36.3	51.7	전북	14.7	34.5	49.2
광주	14.0	33.1	47.1	전남	13.1	30.8	43.8
대전	16.1	37.8	53.9	경북	154.2	363.0	517.2
울산	56.1	132.1	188.2	경남	64.8	152.5	217.3
세종	32.1	75.6	107.8	제주	12.0	28.3	40.3
경기	32.1	75.6	107.8	합계	1,131.9	2,666.7	3,798.9

균등 분배 방안 결과


지역별 마스크 분배량 (재사용률 : 80%)
350,000
300,000
250,000
200,000
150,000
100,000
50,000
0
서울
부산
대구
인천
광주
대전
울산
세종
경기
강원
충북
충남
전북
전남
경북
경남
제주
마스크 분배량(일)

균등 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 80%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	64.1	112.0	176.2	강원	14.6	42.7	57.3
부산	37.1	84.1	121.2	충북	15.6	45.6	61.1
대구	445.7	1,200.2	1,645.9	충남	20.2	53.1	73.2
인천	18.4	39.6	58.0	전북	7.9	26.5	34.3
광주	4.7	21.6	26.3	전남	7.3	23.9	31.2
대전	5.1	24.4	29.5	경북	121.9	326.2	448.1
울산	20.5	88.8	109.3	경남	64.3	152.0	216.3
세종	61.7	106.0	167.7	제주	0.3	10.5	10.8
경기	61.7	106.0	167.7	합계	971.1	2,463.2	3,434.1

KF94

취약계층 비례 분배 방안 결과

지역별 마스크 분배량 (재사용률 : 80%)

취약계층 비례 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 80%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	30.4	76.7	107.0	강원	28.2	58.1	86.3
부산	29.1	75.2	104.3	충북	30.5	62.3	92.8
대구	573.1	1,345.8	1,918.9	충남	28.7	62.6	91.3
인천	19.5	40.7	60.2	전북	15.1	35.0	50.1
광주	17.7	37.0	54.7	전남	12.8	30.5	43.2
대전	19.7	41.7	61.4	경북	121.2	325.3	446.5
울산	83.1	160.8	243.9	경남	54.1	140.4	194.5
세종	23.3	65.4	88.7	제주	18.0	34.6	52.6
경기	23.3	65.4	88.7	합계	1,127.8	2,657.5	3,785.1

결과 정리

대안별 15일 후 노출군과 감염군의 합 예측 값 정리

재사용률	20%			50%			80%		
	E	I	E+I	E	I	E+I	E	I	E+I
최적	821.0	1,810.6	2,634.3	645.4	1,581.7	2,227.2	313.5	1,237.9	1,551.4
감염자	1,108.4	2,177.5	3,285.9	865.7	1,968.8	2,834.5	585.4	1,670.6	2,256.1
인구수	2,185.6	3,689.5	5,875	1,898	3,396.6	5,294.9	1,131.9	2,666.7	3,798.9
균등	2,098.8	3,594	5,692.6	1,780.1	3,263.5	5,043.7	971.1	2,463.2	3,434.1
취약	2,180.8	3,683.8	5,864.9	1,891.8	3,389.8	5,281.8	1,127.8	2,657.5	3,785.1

KMAC KF94

5.

결론 및 한계점

결론

■ 최적 분배 방안 VS 감염자 비례 분배 방안

최적 분배 방안

비선형 계획법을 이용한 방안으로
가장 효과가 높은 방안

BUT

감염자가 많은 지역에
마스크를 몰아주는 형평성 문제가 존재
이를 위해 시도별 의무 할당량 배정 필요

감염자 비례 분배 방안

시도별 감염자 수에 비례하여 마스크 분배
두번째로 효과적인 방안

BUT

분배 가능한 마스크 수량 파악과 일 단위
또는 실시간 감염자 데이터가 필요

■ 이러한 방안은 재난의 초기에 효과적인 대응에 도움이 될 것

초기에 빠르고 효과적인 대응을 통해 감염병 확산 뿐만 아니라 다양한 재난상황을 극복할 수 있음

결론

■ 전세계를 강타한 코로나 바이러스

한국도 예외가 아니라 코로나 바이러스 확진자가 급증
바이러스의 확산에 유일한 대비책인 마스크가 확산 초기 수요 급증으로 인해 공급에 차질이 생김
정부는 마스크 5부제를 시행하여 균등한 공급을 하고 바이러스의 확산을 막고자 함

■ 하지만 명확하지 않은 공적 방역 마스크 분배 방안 기준

마스크의 분배에 있어 어떠한 기준을 가지고 분배하는지 알 수 없었고
감염자가 가장 많은 대구 경북 보다 서울 경기 지역의 공급량이 훨씬 많은 것을 알 수 있음

■ 초기 확산 방지를 위한 효율적인 분배 방안 필요

이를 위해 마스크를 고려한 SEIR 모형을 이용하여 다양한 분배방안을 적용해 최적의 분배 방안을 찾는 연구를 진행하였고 앞으로 다가올 또다른 재난에 구호물자의 효율적인 분배를 위해 본 연구의 후속연구가 필요함

한계점

■ **코로나 바이러스에 대한 연구 부족**

아직 연구가 끝난 질병이 아니고, 다양한 외적 요인으로 감염자가 폭발적으로 늘어난 사례가 있어 기존의 SEIR 모델을 적용하기 어려울 수 있다.

따라서 코로나 바이러스에 대한 연구가 충분히 진행된 다음에 본 연구와 결과를 비교 해야한다.

■ **마스크의 효과에 대한 설정**

마스크의 효과를 100% 예방으로 가정하였기 때문에 실제와 차이가 있을 수 있다.
사람마다 마스크를 착용하는 수준이 다르기 때문에 마스크의 효과가 다르게 적용될 수 있다.

따라서 마스크의 효과에 대한 연구가 선행되고 난 뒤 수식을 수정할 필요가 있다.

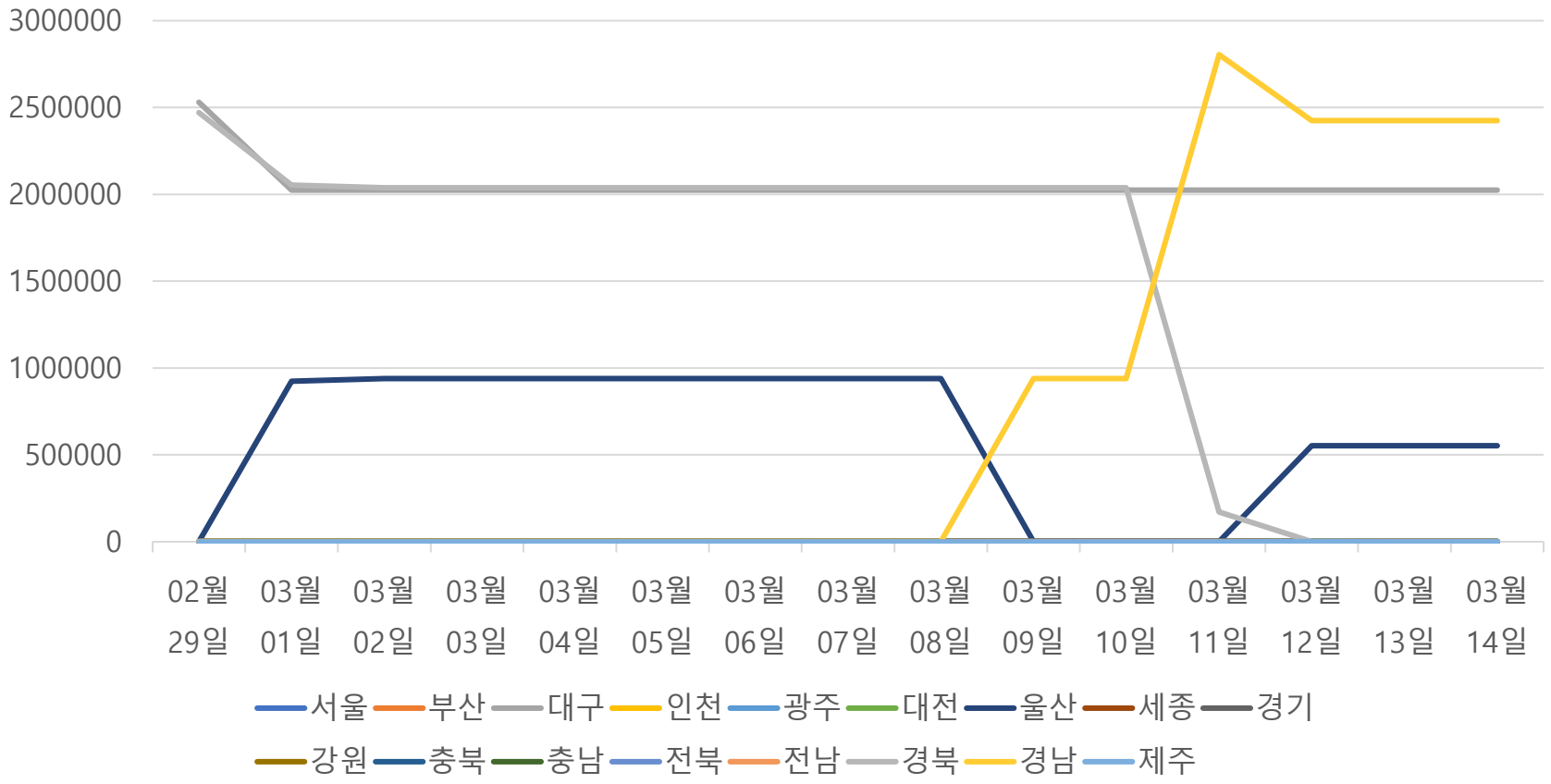
Thank you

KF94 팀

공적 방역 마스크 분배 방안에 관한 연구

최적 분배 방안 결과

지역별 마스크 분배량 (재사용률 : 20%)



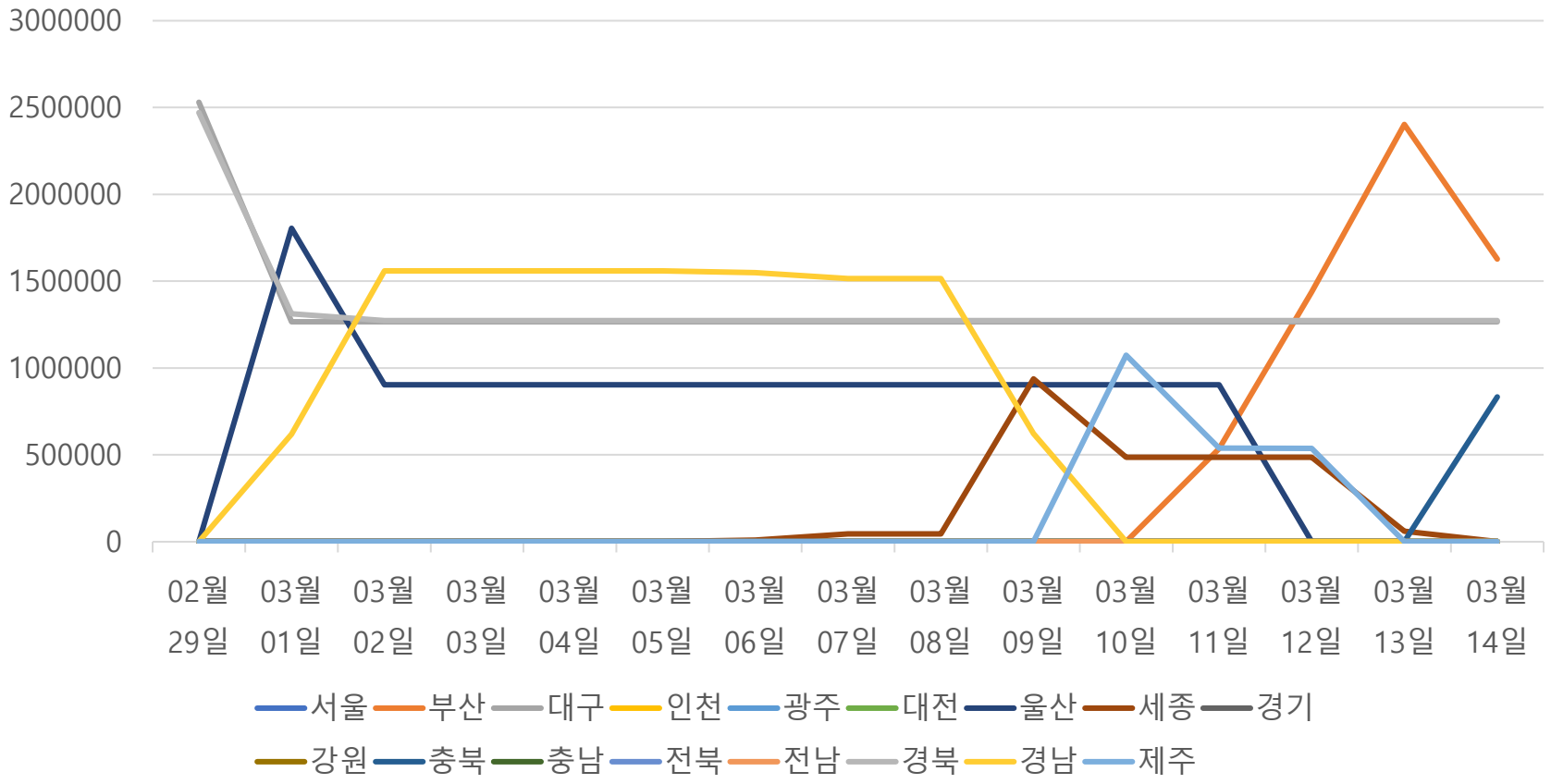
최적 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 20%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	85.3	131.9	217.1	강원	53.3	82.4	135.7
부산	85.1	131.6	216.7	충북	56.7	87.7	144.4
대구	6.0	364.4	370.4	충남	61.0	94.4	155.4
인천	38.0	58.8	96.7	전북	36.1	55.8	91.9
광주	34.6	53.5	88.1	전남	32.2	49.8	82.0
대전	39.5	61.1	100.7	경북	67.0	127.1	197.1
울산	55.5	112.0	167.4	경남	30.6	183.6	214.1
세종	31.4	48.5	79.9	제주	29.6	45.7	75.3
경기	79.1	122.3	201.4	합계	821.0	1,810.6	2,634.3

최적 분배 방안 결과

지역별 마스크 분배량 (재사용률 : 50%)



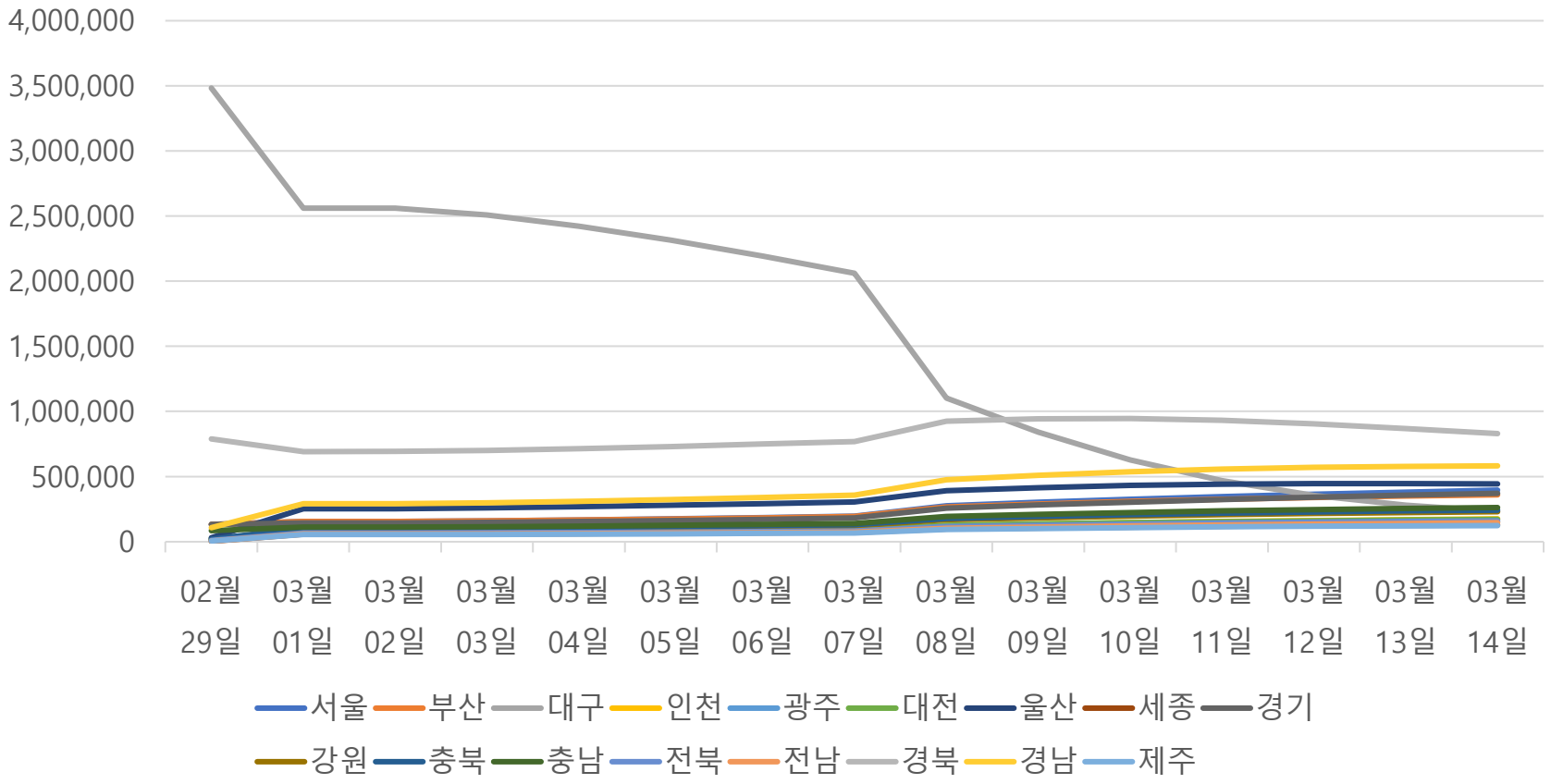
최적 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 50%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	85.3	131.9	217.1	강원	53.3	82.4	135.7
부산	33.1	118.9	152.0	충북	50.5	87.7	138.2
대구	6.0	364.4	370.4	충남	61.0	94.4	155.4
인천	38.0	58.7	96.7	전북	36.1	55.8	91.9
광주	34.6	53.5	88.1	전남	32.2	49.8	82.0
대전	39.5	61.1	100.7	경북	1.6	99.0	100.7
울산	18.6	46.3	64.9	경남	52.9	90.8	143.7
세종	10.6	31.0	41.6	제주	13.0	33.7	46.7
경기	79.1	122.3	201.4	합계	645.4	1,581.7	2,227.2

감염자 비례 분배 방안 결과

지역별 마스크 분배량 (재사용률 : 20%)



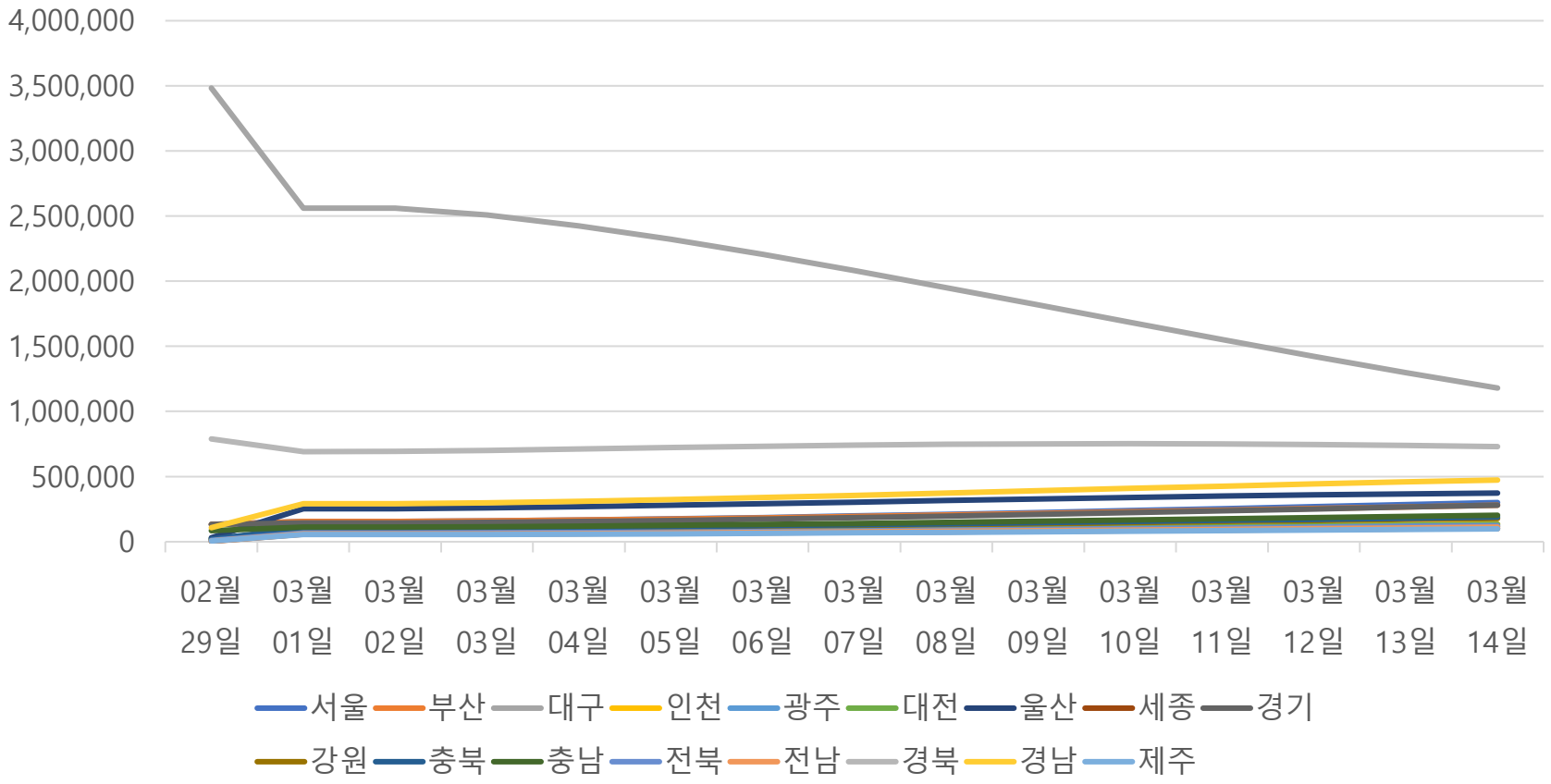
감염자 비례 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 20%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	80.1	127.2	207.3	강원	46.4	76.2	122.6
부산	72.4	120.0	192.4	충북	48.9	80.7	129.6
대구	109.0	422.0	531.1	충남	52.8	86.9	139.7
인천	35.7	56.7	92.4	전북	32.5	52.6	85.1
광주	30.7	50.0	80.7	전남	29.3	47.3	76.6
대전	34.4	56.6	91.0	경북	157.3	350.3	507.6
울산	87.5	165.5	253.0	경남	116.1	206.2	322.3
세종	75.1	118.8	193.9	제주	25.1	41.7	66.8
경기	75.1	118.8	193.9	합계	1,108.4	2,177.5	3,286

감염자 비례 분배 방안 결과

지역별 마스크 분배량 (재사용률 : 50%)



감염자 비례 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 50%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	77.4	125.0	202.3	강원	42.9	73.3	116.2
부산	66.1	114.6	180.7	충북	45.0	77.5	122.5
대구	6.0	364.4	370.4	충남	48.7	83.4	132.0
인천	34.4	55.7	90.2	전북	30.6	51.1	81.7
광주	28.7	48.4	77.1	전남	27.9	46.1	74.0
대전	31.9	54.4	86.3	경북	93.6	267.4	361.1
울산	66.9	145.3	212.2	경남	96.7	188.4	285.1
세종	73.0	117.1	190.1	제주	22.8	39.8	62.6
경기	73.0	117.1	190.1	합계	865.6	1,969	2,834.6

인구수 비례 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 20%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	66.9	112.8	179.6	강원	41.8	70.5	112.2
부산	66.7	112.5	179.3	충북	44.5	75.0	119.5
대구	1,098.3	1,855.2	2,953.5	충남	47.8	80.7	128.6
인천	29.8	50.2	80.0	전북	28.3	47.7	76.0
광주	27.1	45.8	72.9	전남	25.2	42.6	67.8
대전	31.0	52.3	83.3	경북	297.6	502.2	799.8
울산	108.3	182.7	291.0	경남	125.1	211.0	336.0
세종	62.0	104.6	166.6	제주	23.2	39.1	62.3
경기	62.0	104.6	166.6	합계	2,185.6	3,689.5	5,875

인구수 비례 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 50%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	58.1	103.8	161.9	강원	36.3	64.9	101.2
부산	57.9	103.6	161.5	충북	38.6	69.0	107.7
대구	953.7	1,708.0	2,661.7	충남	41.5	74.3	115.9
인천	25.9	46.3	72.1	전북	24.6	43.9	68.5
광주	23.6	42.1	65.7	전남	21.9	39.2	61.1
대전	26.9	48.1	75.1	경북	258.4	462.4	720.8
울산	94.1	168.2	262.3	경남	108.6	194.2	302.8
세종	53.9	96.3	150.2	제주	20.1	36.0	56.2
경기	53.9	96.3	150.2	합계	1,898	3,396.6	5,294.9

균등 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 20%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	78.3	124.8	203.1	강원	38.5	66.9	105.4
부산	67.8	113.7	181.5	충북	41.0	71.2	112.2
대구	1,042.3	1,794.8	2,837.1	충남	45.7	78.5	124.2
인천	31.1	51.6	82.6	전북	25.0	44.2	69.2
광주	22.3	40.5	62.9	전남	22.5	39.6	62.0
대전	25.4	46.2	71.6	경북	282.9	486.4	769.3
울산	90.4	163.2	253.6	경남	124.9	210.8	335.6
세종	73.4	116.5	189.9	제주	13.9	28.6	42.5
경기	73.4	116.5	189.9	합계	2,098.8	3,594	5,692.6

균등 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 50%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	74.7	121.3	196.0	강원	31.7	59.8	91.5
부산	59.5	105.3	164.7	충북	33.8	63.7	97.5
대구	875.1	1,622.2	2,497.4	충남	38.6	71.1	109.7
인천	27.7	48.2	75.9	전북	20.0	38.9	59.0
광주	17.0	34.8	51.8	전남	18.1	34.9	53.0
대전	19.3	39.6	58.9	경북	237.9	439.9	677.8
울산	69.5	140.8	210.3	경남	108.3	193.9	302.2
세종	70.4	113.7	184.1	제주	8.1	21.7	29.8
경기	70.4	113.7	184.1	합계	1,780.1	3,263.5	5,043.7

취약계층 비례 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 20%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	64.9	110.7	175.7	강원	44.5	73.4	117.9
부산	64.3	109.9	174.2	충북	47.6	78.3	125.8
대구	1,100.3	1,857.2	2,957.5	충남	49.5	82.5	132.0
인천	31.5	52.0	83.5	전북	28.5	47.9	76.4
광주	28.6	47.4	76.0	전남	25.1	42.4	67.5
대전	32.5	53.9	86.4	경북	282.6	486.0	768.6
울산	119.3	194.3	313.6	경남	120.2	205.8	326.1
세종	57.9	100.2	158.2	제주	25.6	41.7	67.3
경기	57.9	100.2	158.2	합계	2,180.8	3,683.8	5,864.9

취약계층 비례 분배 방안 결과

노출군, 감염군 예측 값 (재사용률 : 50%)

지역	E	I	E+I	지역	E	I	E+I
서울	55.4	100.9	156.3	강원	40.2	69.1	109.3
부산	54.5	99.9	154.3	충북	43.0	73.8	116.8
대구	956.4	1,711.0	2,667.4	충남	43.9	76.9	120.8
인천	28.3	48.9	77.2	전북	24.8	44.2	69.1
광주	25.7	44.4	70.2	전남	21.7	39.0	60.7
대전	29.1	50.5	79.6	경북	237.4	439.4	676.8
울산	109.8	185.0	294.8	경남	101.8	186.9	288.7
세종	48.1	90.1	138.2	제주	23.6	39.7	63.4
경기	48.1	90.1	138.2	합계	1,891.8	3,389.8	5,281.8

참고문헌

■ 국내문헌

권혁빈(2017), 미국의 웨스트 나일 바이러스 극복 사례가 우리나라 메르스 사태에 주는 교훈: 조직간 협업과 정보공유를 중심으로.

박상표, 조흥준(2010), 2009 신종플루의 위험성과 한국 정부의 대응에 대한 비판적 평가.

안드리(2016), 감염병 기록 연구-질병관리본부의 신종플루 대응 사례를 중심으로-.

이종근(2014), 신종 플루(H1N1)의 위험 인식에 영향을 주는 요소에 관한 연구 및 리스크 커뮤니케이션.

최미정, 윤재호(2017), 위험소통과 정부신뢰 빅데이터 감정분석을 통한 메르스 사례 분석
행정안전부(2019), 2020 재해구호계획 수립지침.

Hae Ja Park, Og Cheol Lee(2019), Ethical Awareness and Decision0making of Healthcare providers in Response to Pandemic Influenza.

참고문헌

■ 국외문헌

Chapra. S, Canale. R(2009), Numerical Methods for Engineers, sixth ed. McGraw-Hill, New York.

Venkataraman. P(2009), Applied Optimization With MATLAB Programming. Hohn Wiley & Sons, New York.

W. Guan, Z. Ni, Yu Hu, W. Liang, C. Ou, J. He, et al(2019), Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China.

WHO(2019), Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19).

참고문헌

■ 사이트

질병관리본부, https://nip.cdc.go.kr/irgd/introduce.do?MnLv1=2&MnLv2=8, 인플루엔자 우선접종 권장대상.

질병관리본부, https://www.cdc.go.kr/board/board.es?mid=a20501000000&bid=0015, 코로나 보도자료

코로나바이러스감염증-19, http://ncov.mohw.go.kr/maskBoardList.do?brdId=3&brdGubun=36, 공적 방역 마스크 일일 판매량

e-나라지표, http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1011, 출생 사망 추이

WIKIPEDIA, https://en.wikipedia.org/wiki/Compartmental_models_in_epidemiology, Compartmental models in epidemiology