



CHAPTER 01 경영과학

추가 연습문제

- 01-01** State 대학의 잡화점은 기숙사 인근에 위치한 보조 서점으로서 학용품, 화장품류, 스웨트 셔츠, 티셔츠, 잡지, 포장식품, 캔음료, 과일음료 등을 판매한다. 가게 관리자는 캠퍼스 인근의 피자 배달 업체들이 피자를 빈번히 배달하고 있음을 발견하였다. 그래서 이 관리자는 매장에서 피자를 판매하는 것을 고려하고 있다. 그녀는 미리 만들어진 냉동 피자를 사서 오븐에서 가열할 수 있다. 오븐과 냉동고의 비용은 2만 7,000달러이다. 냉동 피자 하나를 도매업체로부터 구매하여 판매 준비(인건비 및 상자 비용 포함)하는 데 소요되는 비용은 3.75달러이다. 지역의 피자 배달 서비스와 경쟁하기 위해서는 피자 하나의 판매 가격을 8.95달러로 해야 한다고 관리자는 생각한다. 이 관리자는 대학의 지원서비스 책임자에게 제안서를 작성하여 제출해야 한다.
- 손익분기점에 도달하기 위해서는 몇 개의 피자를 팔아야 하는지 구하시오.
 - 만일 잡화점이 하루 20개의 피자를 판매한다면, 손익분기점에 도달하는 데 며칠이 걸리는가?
 - 지역 피자 배달 업체들의 매출이 줄기 시작하면 그들은 비용을 낮추는 방식으로 대응할 것이라고 잡화점 관리자는 예상하고 있다. 만일 관리자가 예상하기로 한 달(30일) 후에 하루 피자 20개의 수요를 유지하기 위해 피자 하나의 가격을 7.95달러로 낮추어야만 한다면, 새로운 손익분기점은 얼마가 되는가? 그리고 손익분기점에 도달하기 위해서는 얼마나 오래 걸릴 것인가?
- 01-02** Tech 대학의 경영대학에서는 온라인 MBA 프로그램을 운영하려고 계획하고 있다. 컴퓨터 설비와 시설, 강좌의 개발, 운영진의 모집과 개발을 위해서 초기 비용으로 35만 달러가 소요된다. 경영대학에서는 학생 1명당 연간 1만 8,000달러의 등록금을 부과할 생각이다. 그러나 경영대학에서는 매년 처음 100명의 학생에 대해서 학생당 1만 2,000달러를 입학 사정 비용과 등록금 할당의 이유로 대학 본부에 내야 한다.
- 첫해에 몇 명의 학생이 입학할 경우에 경영대학은 손익분기점을 달성하는가?
 - 첫해에 경영대학에 75명의 학생이 등록했다고 가정하자. 얼마의 수익이 창출되는가?
 - 경영대학에서는 등록금을 2만 4,000달러로 인상하려고 한다. 그러나 이는 학생 수를 35명으로 감소시킬 것이다. 경영대학은 이 방안을 채택해야 하는가?
- 01-03** 한 무리의 건설업자들은 신규 주택 개발지역 인근에 헬스클럽을 열려고 한다. 이 헬스클럽은 신규 주택 구입자들을 끌어들이기 위해 건설업자들이 지으려는 편의시설 중 하나로써, 운동 및 체력단련 기구, 농구장, 수영장, 실내 주행 트랙, 테니스장 등을 갖추게 된다. 그러나 그들은 첫해 또는 두 번째 해에는 최소한 손익분기점에 이르기를 원한다. 건물, 장비, 공과금, 직원 등의 연간 고정비용은 87만 5,000달러이고 물, 수건, 세탁, 비누, 샴푸, 그리고 기타 회원 서비스 등과 같은 것들로 인해 발생하는 회원 1인당 연간 변동비용은 200달러이다. 회비는 한 달에 225달러이다. 얼마나 많은 회원을 유치해야 손익분기점에 도달할 수 있는가? 만일 헬스클럽이 1년 후에 손익분기점 회원 수의 2배 이상을 유치했다면 이익은 얼마가 되는가?
- 01-04** Backstreets 이탈리아 식당의 주인은 식당이 위치한 조그만 대학 도시에서 피자 및 다른 이탈리아 음식의 배달 서비스 시작을 고려하고 있다. 배달용 중고 밴을 구매하여 식당 이름과 로고를 인쇄하는 데 2만 1,500달러의 비용이 소요된다. 저녁 오후 5시부터 오후 10시까지 일할 수 있는 파트타임 운전기사를 시간당 8달러에 고용할 수 있다. 운전기사는 대부분 대학생들로서 배달 일이 없을 때는 식당에서 공부를 한다. 낮 시간 동안은 배달 일이 아주 드물기 때문에 정규직 직원이 모두 처리할 수 있다. 식당 주인은 밴을 교체할 필요가 있을 때까지 5년(연 365일) 간 운행할 수 있고 각각의 배달 건에 소요되는 비용은 연료비와 기타 유지비용(타이어, 오일, 정기점검 등)으로 약 1.35달러가 소요될 것으로 추정한다. 또한 각각의 배달 주문에 평균적인

로 소요되는 비용은 음식을 준비하고 포장하는 데 드는 직접 인건비와 재료비를 포함하여 15달러이고, 판매가격은 34달러가 될 것으로 추정한다.

- 손익분기점에 이르기 위해서는 매달 몇 건의 배달 주문을 해야 하는가?
- 식당 주인은 주중에 대략 손익분기점에 해당하는 배달을 하게 된다면 금요일, 토요일, 일요일에는 적어도 그 숫자의 두 배는 배달을 하게 될 것이라고 믿는다. 만일 그것이 사실이라면, 매달(월 4주) 배달 서비스를 통해 최소 얼마의 이익을 거두게 되는가?

01-05 아메드는 5주간의 여름 휴가 동안 약간의 용돈을 벌고 싶어 한다. 그는 한 주에 3일간은 일을 하고 그 주의 나머지 날들에는 휴가를 즐길 계획이다. 그는 세차가 근방에서 좋은 사업이라는 것을 알아냈다. 그는 물, 세제, 브러시, 수건, 그리고 다른 물품들을 나르기 위한 용도로 트롤리를 500달러에 구입하고, 이 물품들을 사는 데 차 한 대당 약 2달러를 사용했다.

- 만일 아메드가 한 대당 세차비 10달러를 받는다면, 손익분기점에 이르기 위해 몇 대의 차를 세차하여야 하는가?
- 만일 아메드가 하루에 약 10대의 차를 세차한다면, 그는 얼마의 돈을 벌 수 있을 것으로 기대되는가?
- 아메드에게 또 다른 가능성은 개방 주차장(차가 아닌 주차장 부지)을 청소하는 것이다. 이를 위해서는 1,500달러를 들여 트럭을 구해야 하고, 시간 단위로 운전수를 고용해야 하는데 연료비를 포함하여 주차장 하나당 25달러의 비용이 든다. 추측컨대 그 트럭으로 하루에 네 곳의 주차장을 완료할 수 있을 것으로 판단된다. 만일 주차장 한 곳당 125달러를 받을 수 있다면, 이는 세차를 하는 것보다 더 나은 대안인가?

01-07 한 베이커리는 컵케이크와 초콜릿 쿠키를 전문으로 판매한다. 베이커리는 컵케이크가 전체 매출의 75%를 차지할 것이며, 초콜릿 쿠키는 전체 매출의 25%를 차지할 것으로 추산하고 있다. 이 제품을 만드는 데 드는 연간 고정비용은 2만 달러다. 컵케이크 하나와 초콜릿 쿠키 하나를 만드는 데 필요한 재료비와 인건비를 포함한 변동비용은 각각 1달러와 0.50달러이다. 이 베이커리는 컵케이크를 개당 3.50달러에, 초콜릿 쿠키를 개당 2.50달러에 판매한다.

- 손익분기점에 이르기 위해 베이커리는 컵케이크와 초콜릿 쿠키를 각각 얼마나 판매해야 하는가?
- 매출의 손익분기점은 달러로 얼마인가?

01-08 두 생산품 x 와 y 가 생산되는 모형을 생각해 보라. 100파운드의 재료와 80시간의 노동이 사용 가능하다. 한 단위의 x 를 만드는 데는 2파운드의 재료와 1시간의 노동이 필요하고, 한 단위의 y 를 만드는 데는 4파운드의 재료와 5시간의 노동이 필요하다. x 의 생산으로 인한 수익은 단위당 30달러이고, y 의 생산으로 인한 수익은 단위당 50달러이다. 어떤 x 와 y 의 생산량에 대해서 수익이 최대화되는지 알아보는 데 필요한 모형은 다음과 같다.

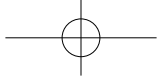
$$\text{maximize } Z = 30x + 50y$$

subject to

$$2x + 4y = 100$$

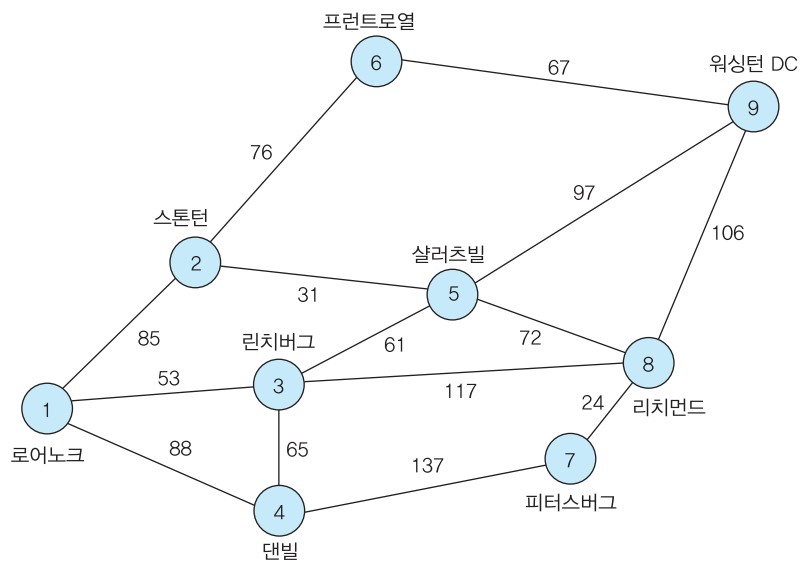
$$x + 5y = 80$$

모형에 대한 해를 구하고 설명하시오.



01-09 한 자동차 제조 회사는 인도의 첸나이와 뭄바이에 제조 공장을 가지고 있다. 이 회사는 수요를 충족시키기 위해 이들 제조 공장에서 방갈로르와 하이데라바드에 위치한 물류 센터로 자동차를 운송한다. 현재 뭄바이 공장은 500대의 자동차, 첸나이 공장은 500대의 자동차를 보유하고 있다. 하이데라바드 센터는 600대, 방갈로르 센터는 400대의 자동차를 필요로 한다. 이 지역들 간의 운송비는 통행료, 주간 세금, 연료비 등을 포함하지만 이에 국한되지 않는 몇 가지 요인에 의해서도 달라진다. 이 회사는 뭄바이에서 하이데라바드까지 자동차 한 대를 운송하는 데 드는 교통비가 40달러, 뭄바이에서 방갈로르까지는 80달러인 것으로 추산하고 있다. 첸나이에서 하이데라바드까지 자동차 한 대를 운송하는 데 드는 교통비는 50달러이고 뭄바이에서 방갈로르까지 운송하는 데 드는 교통비는 70달러이다. 회사는 운송비를 최소화하면서 수요를 충족시키기를 원한다. 이 문제에 대한 수학적 모형을 개발하고 논리를 사용하여 해를 구하시오.

01-10 버지니아주 로어노크에 있는 한 가구 제조업체는 트랙터 트레일러 한 차량 분의 가구를 워싱턴 DC에 있는 한 소매점에 배송해야 한다. 로어노크에서부터 워싱턴 DC까지 트럭이 택할 수 있는 여러 가지 다른 경로들이 있는데, 다음 그림은 그러한 도로 네트워크를 보여 주고 있으며 각 구간에 표기된 숫자는 마일 단위의 거리를 나타낸다.



로어노크에서부터 워싱턴 DC까지 트럭의 최단경로를 구하시오.

02-01 Kalo Fertilizer Company는 질소, 인산, 칼륨이 함유되어 있는 2가지 화학비료를 사용하여 비료를 만든다. 첫 번째 재료는 1파운드(pound)에 10온스(ounces)의 질소와 6온스의 인산이 함유되어 있으며, 두 번째 재료는 1파운드에 2온스의 질소와 6온스의 인산, 1온스의 칼륨이 함유되어 있다. 첫 번째 재료의 가격은 파운드당 3달러이며, 두 번째 재료는 파운드당 5달러이다. 이 회사는 최소한의 비용으로 비료 한 포대의 최소 요구사항인 질소 20온스, 인산 36온스, 칼륨 2온스를 충족시키기 위한 각 화학 재료의 양(파운드)을 알고 싶다.

- 이 문제를 선형계획법 모형으로 정형화하시오.
- 도식적 해법을 통해 모형의 해를 구하시오.

02-02 Elixer 제약 회사는 두 가지 원료로 하나의 약을 제조한다. 각 원료는 세 가지의 같은 항생 물질을 서로 다른 양만큼 가지고 있다. 원료 1은 1g당 항생 물질 1을 3단위, 원료 2는 1g당 항생 물질 1을 1단위를 제공하고, 약에는 6단위의 항생 물질 1이 필요하다. 항생 물질 2는 적어도 4단위가 필요하고, 각 원료들은 1g당 1단위를 가지고 있다. 항생 물질 3은 적어도 12단위가 필요하고, 원료 1의 1g당 항생 물질 3을 2단위 가지고 있으며, 원료 2는 6단위 가지고 있다. 원료 1의 1g당 가격은 80달러이고, 원료 2의 1g당 가격은 50달러이다. 이 회사는 최소한의 비용으로 필요한 항생 물질을 충족시키기 위하여 약에 각 성분이 몇 g 포함되어야 하는지 결정하기 위해 선형계획법 모형을 세우려고 한다.

- 이 문제를 해결하기 위한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 도식적 해법을 이용하여 이 모형의 해를 구하시오.

02-03 다음 선형계획법 모형을 도식적 방법으로 푸시오.

$$\begin{aligned} &\text{maximize } Z = 8x_1 + 6x_2 \\ &\text{subject to} \\ &\quad 4x_1 + 2x_2 \geq 20 \\ &\quad -6x_1 + 4x_2 \leq 12 \\ &\quad x_1 + x_2 \geq 8 \\ &\quad x_1, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

02-04 아래의 선형계획법 모형을 도식화하여 푸시오.

$$\begin{aligned} &\text{maximize } Z = 3x_1 + 2x_2 \\ &\text{subject to} \\ &\quad 2x_1 + 4x_2 \leq 22 \\ &\quad -x_1 + 4x_2 \leq 10 \\ &\quad 4x_1 - 2x_2 \leq 14 \\ &\quad x_1 - 3x_2 \leq 1 \\ &\quad x_1, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

02-05 Copperfield Mining Company는 상, 중, 하 3가지 등급의 광석을 생산하는 2개의 광산을 소유하고 있다. 이 회사는 광석을 제련하는 기업에 최소 12톤의 상급 광석과 8톤의 중급 광석, 24톤의 하급 광석을 공급하기 위한 계약을 체결하였다. 각각의 광산에서는 광산이 운영되는 단위 시간 동안(1시간) 유형별로 일정량의 광석을 생산한다. 광산 1에서는 시간당 6톤의 상급 광석과 2톤의 중급 광석, 4톤의 하급 광석을 생산한다. 광산 2에서는 시간당 2톤의 상급 광석과 2톤



의 중급 광석, 12톤의 하급 광석을 생산한다. Copperfield의 경우, 광산 1에서 광석 1톤을 채굴하기 위해 시간당 200달러의 비용이 소요되며, 광산 2에서 광석 1톤을 채굴하기 위해 시간당 160달러의 비용이 소요된다. 이 회사는 가장 낮은 비용으로 계약상 의무사항을 충족할 수 있는 각 광산별 필요 운영시간을 결정하기 원한다.

- 이 문제를 선형계획법 모형으로 정형화하시오.
- 도식적 해법을 통해 모형의 해를 구하시오.

02-06 공과대학 입학사정관은 내년 가을에 입학하는 신입생 학급에서 주내(in-state) 학생과 주외(out-of-state) 학생의 수를 결정하기 원한다. 주내 학생의 등록금은 연간 7,600달러인 반면, 주외 학생의 등록금은 연간 22,500달러이다. 1만 2,800명의 주내 신입생과 8,100명의 주외 신입생 모두 내년 가을에 입학을 신청하였고, 공과대학에서는 3,500명을 넘지 않는 선에서 학생들을 받고 싶어 한다. 그러나 정부기관인 공과대학은 정부지침에 따라 40% 이하의 주외 학생을 받을 수 있다. 대학입학사정관은 과거의 경험에 비추어 12%의 주내 학생과 24%의 주외 학생들이 첫 해에 중퇴할 것이라는 것을 알고 있다. 공과대학은 첫 해 중퇴하는 학생 수를 600명으로 제한했을 때의 등록금 총액을 최대화하기 원한다.

- 이 문제를 선형계획법 모형으로 정형화하시오.
- 도식적 해법을 통해 모형의 해를 구하시오.

02-07 아래의 선형계획법 모형을 도식화하여 푸시오.

$$\begin{aligned} \text{maximize } Z &= \$3,000x_1 + 1,000x_2 \\ \text{subject to} \\ 60x_1 + 20x_2 &\geq 1,200 \\ 10x_1 + 10x_2 &\geq 400 \\ 40x_1 + 160x_2 &\geq 2,400 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

02-08 아래의 선형계획법 모형을 도식화하여 푸시오.

$$\begin{aligned} \text{maximize } Z &= 110x_1 + 75x_2 \\ \text{subject to} \\ 2x_1 + x_2 &\geq 40 \\ -6x_1 + 8x_2 &\leq 120 \\ 70x_1 + 105x_2 &\geq 2,100 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

03-01 제1장의 문제 08을 선형계획법 모형으로 만들고 컴퓨터를 이용하여 해를 구하시오.

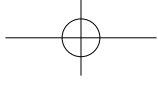
03-02 다음 선형계획법 모형은 2개의 제조 과정과 2종류의 필요한 물질을 가지고 있는 네 가지의 제품의 생산에 사용된다.

$$\begin{aligned} &\text{maximize } Z = 50x_1 + 58x_2 + 46x_3 + 62x_4 \\ &\text{subject to} \\ &4x_1 + 3.5x_2 + 4.6x_3 + 3.9x_4 \leq 600 \text{시간 (제조과정 1)} \\ &2.1x_1 + 2.6x_2 + 3.5x_3 + 1.9x_4 \leq 500 \text{시간 (제조과정 2)} \\ &15x_1 + 23x_2 + 18x_3 + 25x_4 \leq 3,600 \text{파운드 (물질 A)} \\ &8x_1 + 12.6x_2 + 9.7x_3 + 10.5x_4 \leq 1,700 \text{파운드 (물질 B)} \\ &\frac{x_1 + x_2}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4} \geq 0.60 \\ &x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0 \end{aligned}$$

- 이 문제를 컴퓨터를 이용하여 푸시오.
- 목적함수의 계수와 제약식의 우변 상수값의 민감도 범위를 구하시오.
- 이 회사에 가장 가치 있는 자원은 무엇인가?
- 최적해에서 네 가지 제품 중 하나는 생산되지 않는다. 이 제품이 생산되기 위해서 이 제품의 이익은 얼마가 되어야 하는가?

03-03 주어진 선형계획법 모형을 표준형으로 바꾸고, 컴퓨터를 이용하여 푸시오.

$$\begin{aligned} &\text{minimize } Z = 8.2x_1 + 7.0x_2 + 6.5x_3 + 9.0x_4 \\ &\text{subject to} \\ &6x_1 + 2x_2 + 5x_3 + 7x_4 \geq 820 \\ &\frac{x_1}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4} \geq 0.3 \\ &\frac{x_2 + x_3}{x_1 + x_4} \geq 0.2 \\ &x_3 \geq x_1 + x_4 \\ &x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0 \end{aligned}$$

CHAPTER 04 선형계획법 : 정형화 예제
추가 연습문제

04-01 이 장의 다이어트 예제에서 아침 식사의 최소 칼로리 조건이 500칼로리로 증가할 때 이것의 최적해에 대한 영향은 무엇인가? 600칼로리로 증가할 때는 어떠한가?

아침 식사 칼로리 조건을 700칼로리로 늘리고 현실적이고 맛도 좋은 음식 제공량의 상한선을 설정한 모형을 다시 세우시오. 다시 수립된 모형의 해를 결정하시오.

04-02 이 장의 마케팅 예제에서, 만약 예산이 2만 달러만큼 증가한다면 광고가 전달되는 총 사람 수는 얼마나 증가하는가?

만약 Biggs 백화점이 3종류의 광고를 통해 전달되는 사람 수가 동일하게 되기를 원했다면, 이 선형계획법 모형은 어떻게 재수립되어야 하는가? 재수립된 모형에서 새로운 해는 무엇인가?

04-03 이 장의 혼합 예제에서, “각 등급별로 휘발유가 3,000배럴 이상 생산되어야 한다”라는 제약 조건이 “각 등급별로 휘발유가 정확히 3,000배럴 생산되어야 한다”는 제약 조건으로 바뀌면 최적 해에는 어떤 영향을 미치는가?

04-04 어느 병원의 영양사는 병원 환자를 위해 매일 아침 식사를 준비한다. 영양사의 책임 중 하나는 하루에 필요한 최소한의 비타민 A와 B가 아침 식사에 포함되도록 하는 것이다. 이와 동시에 식사 비용을 가능한 한 낮게 유지해야 한다. 비타민 A와 B를 포함하는 아침 식사 재료로는 주로 달걀, 베이컨, 시리얼이 있다. 필요한 비타민 양과 각 식재료에 포함된 비타민 함유량은 다음과 같다.

비타민	비타민 함유량			일일 최소 필요량
	함유량(mg)/달걀	함유량(mg)/베이컨(조각)	함유량(mg)/시리얼(컵)	
A	2	4	1	16
B	3	2	1	12

달걀 1개의 비용은 0.04달러, 베이컨 1조각의 비용은 0.03달러, 시리얼 1컵의 비용은 0.02달러이다. 영양사는 비타민 일일 최소 필요량을 충족하면서 비용을 최소화하기 위해 각 식재료가 얼마씩 들어가야 하는지를 알고 싶다.

- 이 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.

04-05 Grafton Metalworks Company는 채광한 여섯 가지의 광석으로 금속 합금을 생산한다. 이 회사는 한 고객으로부터 다음 사항에 따라 네 가지 금속을 포함하는 합금을 생산해 달라는 주문을 받았다. 금속 A는 적어도 21%, 금속 B는 최대 12%, 금속 C는 최대 7%, 금속 D는 30%와 65% 사이가 되어야 한다. 6개의 광석 각각에 포함되어 있는 네 가지 금속의 비율과 불순물의 정도는 다음 표에 제시되어 있다.

광석	금속(%)				불순물(%)	비용(달러)/톤
	A	B	C	D		
1	19	15	12	14	40	27
2	43	10	25	7	15	25
3	17	0	0	53	30	32
4	20	12	0	18	50	22
5	0	24	10	21	35	20
6	12	18	16	25	29	24

금속이 처리되고 정제될 때, 불순물은 제거된다. 이 회사는 합금 1톤당 발생하는 비용을 최소화하기 위하여 합금 1톤당 사용해야 할 각 광석의 양을 예측하려고 한다.

- 이 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.

04-06 어느 온실 재배 농부는 다가오는 계절에 오이, 감자, 토마토 등 3가지 작물을 재배할 계획이다. 농장의 면적은 60헥타르이다. 각 작물은 질소, 인, 칼륨, 그리고 미량영양소를 필요로 한다. 작물이 필요로 하는 영양소의 양과 가용한 자원은 다음과 같다.

	매출 (파운드/kg)	수확량 (톤/ha)	질소 (kg/ha)	인 (kg/ha)	칼륨 (kg/ha)	미량영양소 (kg/ha)
오이	1.00	300	475	225	700	300
감자	1.25	110	209	99	300	110
토마토	1.15	240	500	250	600	152
가용한 총 영양소			2,000	9,100	24,000	7,500

비료는 질소, 인, 칼륨, 미량영양소를 일정 비율만큼 포함하고 있지만, 이들 영양소를 서로 분리할 수 없다고 생각할지도 모른다. 하지만 오늘날에는 이러한 영양소를 분리하여 판매한다. 가용한 자원과 토지 제약하에서, 농부는 매출을 최대화하기 위해 각 작물을 몇 헥타르씩 재배해야 하는지 알고 싶다.

- 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.

04-07 알렉산드라는 2,000에이커 크기의 농장을 세 개의 대지로 분할하고 세 명의 지역 농가와 위탁 운영 계약을 체결하였다. 알렉산드라는 위탁 운영 농가에게 옥수수, 완두, 콩 등 세 가지 종류의 작물을 재배하라고 지시해 왔다. 대지의 면적은 농가의 역량에 따라 결정되었다. 대지의 면적, 작물 제약, 그리고 이익은 다음 표와 같다.

대지	면적(에이커)
1	500
2	800
3	700

	최대 경작 면적(에이커)	이익(달러)/에이커
옥수수	900	600
완두	700	450
콩	1,000	300

세 가지 작물은 어느 대지에도 심을 수 있으나, 몇 가지 제약을 따라야 한다. 각 대지의 최소 60% 이상이 경작되어야 한다. 또, 각 농가가 자신들의 능력과 자원에 맞게 경작할 수 있도록 세 개의 대지가 동일한 비율만큼 경작되어야 한다. 알렉산드라는 이익을 최대화 하기 위해 각 대지에 세 가지 작물을 얼마나 경작해야 하는지 결정하고 싶다.

- 이 문제를 위한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.



04-08 애나 브로데릭은 주립 대학 축구부의 영양사이고, 축구부를 위해 영양가 있는 점심 메뉴를 결정하려고 한다. 그녀는 점심 식사에 대하여 다음과 같은 영양상의 규정을 설정해 두고 있다.

- 1,500~2,000칼로리
- 철 최소 5mg
- 지방 최소 20g, 최대 60g
- 단백질 최소 30g
- 탄수화물 최소 40g
- 콜레스테롤 30mg 이하

그녀는 다음과 같이 파운드당 영양소 함유량과 구입비용을 갖는 일곱 가지의 기본적인 음식 재료 중에서 메뉴를 선택한다.

구분	칼로리 (파운드당)	철 (mg/파운드)	단백질 (g/파운드)	탄수화물 (g/파운드)	지방 (g/파운드)	콜레스테롤 (mg/파운드)	달러 /파운드
닭고기	520	4.4	17	0	30	180	0.80
생선	500	3.3	85	0	5	90	3.70
간 쇠고기	860	0.3	82	0	75	350	2.30
건조 콩	600	3.4	10	30	3	0	0.90
상추	50	0.5	6	0	0	0	0.75
감자	460	2.2	10	70	0	0	0.40
우유(2%)	240	0.2	16	22	10	20	0.83

영양사는 한 끼 식사당 총 비용을 최소로 하면서 영양상의 지침을 만족시키는 메뉴를 선택하고 싶다.

- 이 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.
- 만약 각 음식이 0.5파운드 이하로 제한된다면, 이것이 해에 미치는 영향은 무엇인가?

04-09 두바이에 있는 어느 패스트푸드 식당은 패티와 버거를 만들기 위해 화이트미트와 다크미트를 필요로 한다. 화이트미트의 비용은 킬로그램당 10디르함이고 다크미트의 비용은 7디르함이다. 패티는 정확히 60%의 화이트미트와 40%의 다크미트로 이루어져야 한다. 이 식당은 주말 수요를 충족하기 위해 최소 50kg의 패티와 60kg의 버거가 필요하다. 패티와 버거를 만들기 위해 화이트미트를 가공하는 비용은 킬로그램당 각각 5디르함, 3디르함이다. 반면 패티와 버거를 만들기 위해 다크미트를 가공하는 비용은 킬로그램당 각각 6디르함, 2디르함이다. 이 식당은 가공 비용을 최소화하기 위해 각 미트를 얼마나 구매해야 하는지 결정하고 싶다.

- 이 문제를 선형계획법으로 정형화하시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.

04-10 Brooks City에는 세 개의 고등학교가 있으며 각 고등학교는 1,200명의 학생을 수용할 수 있다. 교육청은 이 도시를 5개 구역(북부, 남부, 동부, 서부, 중부)으로 나누고 있으며 각 구역마다 고등학생 수가 다르다. 세 개의 고등학교는 중부, 서부, 남부에 위치하고 있다. 따라서 일부 학생들은 자기 구역 밖으로 통학해야 하며, 교육청에서는 이러한 학생들의 총 이동거리를 최소화하고 싶다. 각 구역에서 학교까지의 평균 이동거리와 각 구역의 고등학생 수는 다음과 같다.

구역	거리(마일)			고등학생 수
	중부 고등학교	서부 고등학교	남부 고등학교	
북부	8	11	14	700
남부	12	9	—	300
동부	9	16	10	900
서부	8	—	9	600
중부	—	8	12	500

교육청은 통학버스의 총 이동거리를 최소화하기 위해 각 구역에서 각 고등학교까지 몇 명의 학생을 수송해야 하는지를 결정하고 싶다.

- 이 문제를 위한 선형계획법 모형을 세우고, 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.
- 북부와 동부 구역의 학생들은 모두 통학을 해야 하기 때문에 남부, 서부, 중부 구역에 사는 학생도 최소 50% 이상이 다른 구역으로 통학해야 한다고 교육청은 결정하였다. 새로운 제약식들을 반영하여 선형계획법 모형을 다시 수립하고 컴퓨터를 이용하여 푸시오.
- 더 나아가서 교육청은 세 학교의 등록생 숫자가 같아야 한다고 결정하였다. 추가되는 제약식을 반영하여 선형계획법 모형을 수립하고 컴퓨터를 이용하여 푸시오.

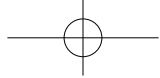
04-11 Southfork Feed Company는 귀리, 옥수수, 콩, 비타민 보충제 네 가지 성분의 혼합 사료를 만든다. 이 회사는 혼합 사료에 사용할 수 있는 귀리를 300파운드, 옥수수 400파운드, 콩 200파운드, 비타민 보충제를 10파운드 가지고 있다. 회사는 혼합에 있어서 다음과 같은 요구 조건을 충족시켜야 한다.

- 혼합 사료의 적어도 30%는 콩이어야 한다.
- 혼합 사료의 적어도 20%는 비타민 보충제여야 한다.
- 옥수수 대 귀리의 비율은 2:1을 초과할 수 없다.
- 귀리의 양은 콩의 양을 초과할 수 없다.
- 혼합 사료는 적어도 500파운드여야 한다.

귀리 1파운드는 0.50달러, 옥수수 1파운드는 1.20달러, 콩 1파운드는 0.60달러, 비타민 보충제 1파운드는 2.00달러이다. 사료 회사는 비용을 최소화하기 위하여 각 성분이 혼합 사료에 얼마나 포함되어야 하는지 알고 싶다.

- 이 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.

04-12 알렉시스는 대학 1학년에 재학 중이다. 그녀의 아버지는 교육비로 쓰라고 그녀에게 2만 5,000파운드를 주셨다. 그녀는 받은 돈으로 처음 3개년의 등록금을 납부해야 하고 4학년 등록금은 면제받을 수 있을 것으로 예상하고 있다. 그녀는 4학년을 마친 후 석사과정에 진학하기를 희망하고 있어 아버지께 받은 돈을 펀드에 투자하여 4년 후 수익을 최대화하고 싶다. 그녀는 4개년 동안 네 가지 투자대안에 투자하는 것을 고려하고 있다. 대안 A는 1년짜리 투자 상품이며 이자율은 6%이다. 대안 B는 2년짜리 투자 상품이며 이자율은 14%이다. 대안 C는 3년짜리 투자 상품이며 이자율은 22%이다. 대안 D는 4년짜리 투자 상품이고 이자율은 25%이다. 예를 들어 오늘 대안 B에 100파운드를 투자하면 2학년 원금 100파운드와 이자 14파운드(원금의 14%에 해당하는 이자)를 합쳐 총 114파운드를 받을 수 있다. 이자율이 연 단위로 책정되지 않고 전체 투자 기간에 따라 정해지는 것에 유의해야 한다.



1학년 등록금은 3,000파운드, 2학년 등록금은 2,000파운드, 3학년 등록금은 3,000파운드이다. 2년차부터 대한 B에 투자되는 금액은 2년차 시작 시점에 투자되는 전체 투자금액의 20%를 초과할 수 없다. 알렉시스는 4년차 말에 원금과 이자의 합을 최대화하고 싶다.

- 이 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.

04-13 어느 가구회사는 테이블, 의자, 소파를 생산한다. 이 회사는 제품을 생산하기 위해 목재, 천, 유리를 사용한다. 작업자들은 절단, 연마, 조립 작업을 수행한다. 다음 표는 제품별 자원 소요량을 나타낸다.

자원/활동	테이블	의자	소파	가용량
목재(보드피트)	10	6	4	4,000보드피트
절단(시간)		15	30	250시간
연마(시간)	24	6	36	300시간
조립(시간)	42	60	36	650시간

테이블의 판매가격은 180파운드, 의자의 판매가격은 230파운드, 소파의 판매가격은 380파운드이다. 테이블, 의자, 소파의 월간 수요는 최대 400, 500, 380개이다. 회사는 작업자에게 월 5만 파운드를 지급한다. 연마 작업에 투입되는 시간은 전체 노동 시간의 25%를 초과해서는 안 된다. 테이블 하나는 항상 의자 2개와 함께 판매된다.

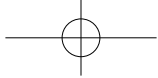
- 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형을 푸시오.

04-14 Mill Mountain 커피 전문점은 매장에서 직접 커피를 혼합한다. Special, Mountain Dark, Mill Regular 등 세 가지 종류의 블렌드를 1파운드씩 포장하여 판매한다. 블렌드를 만드는 데는 브라질산, 모카, 콜롬비아산, 마일드 등 네 종류의 커피를 사용한다. 각 블렌드를 만들기 위한 혼합 요건은 다음과 같다.

블렌드	혼합 요건	판매가격(달러)/파운드
Special	최소 40% 이상의 콜롬비아산, 최소 30%이상의 모카	6.50
Dark	최소 60% 이상의 브라질산, 최대 10% 이하의 마일드	5.25
Regular	최대 60% 이하의 마일드, 최소 30% 이상의 브라질산	3.75

브라질산 커피의 비용은 2달러/파운드, 모카의 비용은 2.75달러/파운드, 콜롬비아산 커피의 비용은 2.90달러/파운드, 마일드 커피의 비용은 1.70달러/파운드이다. 이 커피 전문점은 110파운드의 브라질산 커피, 70파운드의 모카, 80파운드의 콜롬비아산 커피, 150파운드의 마일드 커피가 매주 가용하다. 이 커피 전문점은 이익을 최대화하기 위해 각 블렌드를 얼마나 만들어야 하는지를 알고 싶다.

- 이 문제를 위한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.



04-15 Skimmer Boat Company는 Water Skimmer 배스 뉘트배를 제작한다. 이 회사는 보트에 설치할 엔진을 선박 엔진 전문인 Mar-gine Company에서 구매한다. Skimmer의 4~7월 생산 일정은 다음과 같다.

월	제작 수량
4	60
5	85
6	100
7	120

Mar-gine은 보통 엔진이 필요한 그 달에 엔진을 생산하여 Skimmer에 운송한다. 그러나 4~7월까지 Mar-gine은 다른 보트 회사의 대량 주문을 받았고, 4월에 엔진 40개, 5월에 60개, 6월에 90개, 7월에 50개를 생산해야 한다. Mar-gine은 Skimmer의 생산 일정을 맞출 수 있는 다른 대안을 가지고 있다. Mar-gine은 1월, 2월, 3월에 최대 30개까지 엔진을 생산할 수 있고, Skimmer에 엔진을 운송할 때까지 매달 엔진당 50달러의 비용을 들여 재고를 보유할 수 있다. 예를 들어, Mar-gine은 엔진을 1월에 생산하여 Skimmer에 4월에 운송할 수 있고, 이때 재고비용은 150달러가 발생한다. 또한 Mar-gine은 엔진을 공급하기로 한 달에 초과근무를 통해서 엔진을 최대 20개까지 생산할 수 있고, 이때 엔진당 400달러의 추가비용이 발생한다. Mar-gine은 Skimmer의 일정에 맞추면서 비용을 최소화할 수 있는 생산 일정을 계획하려고 한다.

- 이 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.
- 만약 Mar-gine이 1월, 2월, 3월에 생산량을 엔진 30개에서 40개로 늘릴 수 있다면, 이것이 최적해에 미치는 영향은 무엇인가?

04-16 제퍼슨 카운티 지역 병원의 책임 관리자인 모린 베커 박사는 근무 중인 간호사 수가 매일 충분하도록 간호사들의 일정을 계획해야 한다. 하루 동안 필요한 간호사는 시간대별로 다르다. 모린은 하루를 2시간씩 12개 시간대로 나누었다. 하루 중 간호사가 가장 적게 필요한 시간은 밤 12시에서 오전 6시까지의 3개 시간대이며, 이것은 자정에 시작하여 각각 30명, 20명, 40명의 간호사가 필요하다. 그 다음 4개 시간대의 낮 시간에 필요한 간호사 수는 꾸준히 증가한다. 오전 6시에서 8시 시간대부터 4개의 시간대에 각각 최소 50명, 60명, 80명, 80명의 간호사가 필요하다. 오후 2시부터 오후와 저녁 시간대에 필요한 간호사 수는 줄어든다. 오후 2시부터 자정까지 5개 시간대에는 각각 70명, 70명, 60명, 50명, 50명의 간호사가 필요하다. 각 간호사들은 2시간 간격의 시간대 중 어느 한 시간대부터 시작하여 8시간을 연속으로 일한다(이것은 간호사 계약에 명시되어 있다). 베커 박사는 간호사를 가능한 한 적게 고용하면서 하루 동안 병원에 필요한 최소의 간호사 수를 만족시키는 간호사 일정계획을 수립하려고 한다.

- 이 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.



04-17 주립 대학의 입학처는 내년에 입학할 신입생을 위한 계획 모형을 개발하려고 한다. 이 대학은 신입생을 4,500명까지 받을 수 있다. 수업료는 주내(州內) 학생 1명당 8,600달러, 주외(州外) 학생 1명당 1만 9,200달러이다. 이 대학은 수업료로 받는 금액을 최대화하기를 원하지만, 주의 지시에 따라 주외 학생을 47% 이상 받을 수는 없다. 또한, 이 대학 내의 각 단과대학은 신입생 반에 적어도 30%의 주내 학생을 포함시켜야 한다. 몇몇 전국적인 잡지의 순위 내에 들기 위해서, 이 대학은 신입생 반이 평균 1,150의 SAT 점수를 내기를 원한다. 다음은 대학의 각 단과대학의 주내 및 주외 학생들의 작년 신입생 반 평균 SAT 점수와 각 단과대학의 신입생 반 최대 규모를 나타내고 있다.

단과대학	평균 SAT 점수		입학 정원
	주내 학생	주외 학생	
1. 건축	1,350	1,460	470
2. 인문 및 과학	1,010	1,050	1,300
3. 농업	1,020	1,110	240
4. 경영	1,090	1,180	820
5. 공학	1,360	1,420	1,060
6. 인사	1,000	1,400	610

- 각 단과대학에 입학시켜야 할 주내 및 주외 학생들의 수를 결정하기 위한 선형계획법 모형을 세우고 푸시오.
- (a)의 해가 신입생의 최대 규모를 만족시키지 않는다면, 최대 규모에 도달하도록 이 모형을 어떻게 수정할 수 있는가를 논해보시오.

04-18 어느 정유 공장은 네 가지 종류의 석유 성분을 혼합하여 보통, 고급, 디젤 등 세 가지 등급의 휘발유를 생산한다. 각 석유 성분의 가용한 양과 비용은 다음과 같다.

성분	일일 가용한 최대량(배럴)	비용(달러)/배럴
1	5,000	9
2	2,400	7
3	4,000	12
4	1,500	6

각 등급의 휘발유가 특정한 성질을 보유하도록 성분들의 배합 비율을 정해 놓고 있는데, 각 등급별 배합 비율과 판매가는 다음과 같다.

등급	성분 요건	판매가(달러)/배럴
보통	성분 1이 40% 이상	12
	성분 2가 20% 이하	
	성분 3이 30% 이상	
고급	성분 3이 40% 이상	18
디젤	성분 2가 50% 이하	10
	성분 1이 10% 이상	

이 정유 공장은 각 등급의 휘발유를 하루에 최소 3,000배럴 이상 생산하기를 원한다. 경영진은 이익을 최대화하기 위해 네 가지 성분을 어떻게 혼합해야 하는지를 결정하고 싶다.

- 이 문제를 위한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.

04-19 부동산 회사의 유지관리 부서는 회사 소유의 주거용, 상업용 부동산에 가전제품을 무료로 설치해 준다. 부동산을 임대하는 사람은 입주하는 시점에 한 번 무료 설치 서비스를 받을 수 있다. 설치 후 임대 기간 동안 문제가 발생하면 임차인이 수리비와 교체비를 지불해야 한다. 이 회사의 수입은 수리비와 교체비로부터 발생하며 반면 비용은 설치 시 발생한다. 기술자들은 많은 거리를 이동하며 회사는 교통비를 부담한다. 회사에서는 교통비로 매월 7,000유로를 책정하였다. 회사의 예측에 따르면 에어컨과 세탁기 서비스는 최소 2명, 최대 10명의 기술자를 필요로 한다. 냉장고 서비스는 최소 3명, 최대 6명의 기술자를 필요로 한다. 오븐 서비스에는 1명의 기술자로 충분하다. 반면 난방기 서비스에는 최소 2명, 최대 5명의 기술자가 필요하다.

작업	작업자당 월 매출	작업자당 월 교통비
에어컨 서비스	2,600	230
냉장고 서비스	2,500	350
세탁기 서비스	2,550	100
오븐 서비스	2,500	400
난방기 서비스	2,700	230

- 이익을 최대화하는 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형을 푸시오.
- 이 회사가 교통비를 제한하는 대신 매출이 아니라 교통비를 최소화하고 싶다고 가정하자. 그러면 최적해에 어떤 영향을 미치는가?
- 최적해에서 어떤 패턴을 발견하였는가? 그러한 패턴은 왜 발생하는가?

04-20 어느 투자 회사는 주식, 채권, 예금증서, 부동산에 100만 달러를 투자하려고 한다. 이 회사는 앞으로 6년 후 연말에 현금 가치를 최대화하는 투자 포트폴리오를 결정하려고 한다.

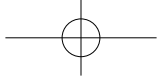
주식과 채권은 앞으로 6년 동안 매년 초에 투자할 수 있다. 주식에 투자되는 1달러는 2년 뒤에 1.20달러(0.20달러 수익)가 된다. 이 수익은 즉시 다른 대안에 재투자될 수 있다. 채권에 투자되는 1달러는 3년 뒤에 1.40달러가 되고, 이 수익은 즉시 재투자될 수 있다.

예금증서는 두 번째 해 연초에 단 한 번 투자할 수 있다. 예금 증서에 투자하는 1달러는 4년 뒤에 1.80달러로 돌아온다. 부동산은 5년과 6년 초에 투자할 수 있고, 여기에 투자되는 1달러는 1년 뒤에 1.10달러로 돌아온다.

리스크를 최소화하기 위하여 이 회사는 분산 투자를하기로 결정했다. 주식에 투자되는 총 금액은 전체 투자의 30%를 초과할 수 없고, 예금증서에는 전체 투자의 적어도 25%가 투자되어야 한다.

이 회사의 경영진은 다양한 대안 중에서 6년 후 연말에 현금을 최대화하는 최적 투자 포트폴리오를 결정하려고 한다.

- 이 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.



04-21 Videotechnics Company의 생산 관리자는 다가오는 5개월의 비디오 기록기 생산 일정을 결정하려고 한다. 과거 생산 기록으로 매달 2,000개의 기록기를 생산할 수 있다. 초과 근무시간을 통해서 매달 600개의 기록기를 추가적으로 더 생산할 수 있다. 정규 작업시간 동안에 생산되는 기록기의 한 단위당 비용은 10달러이고, 초과 근무시간에 생산되는 것은 단위당 15달러이다. 매달 계약된 판매량은 다음과 같다.

개월	계약된 판매량(단위당)
1	1,200
2	2,100
3	2,400
4	3,000
5	4,000

재고비용은 매달 기록기당 2달러이다. 경영자는 5개월이 지난 뒤 어떤 재고도 이월되지 않기를 바란다. 경영진은 총 생산 및 재고비용을 최소화하는 월별 생산량을 알고 싶다.

- 이 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.

04-22 Tidewater City Bank는 다음과 같은 입력과 출력을 갖는 네 개의 지점을 가지고 있다.

입력 1 = 창구직원 시간(100시간)

입력 2 = 공간(100평방피트)

입력 3 = 비용(1,000달러)

출력 1 = 예금, 출금, 수표 처리 건수(1,000건)

출력 2 = 대출 신청 건수

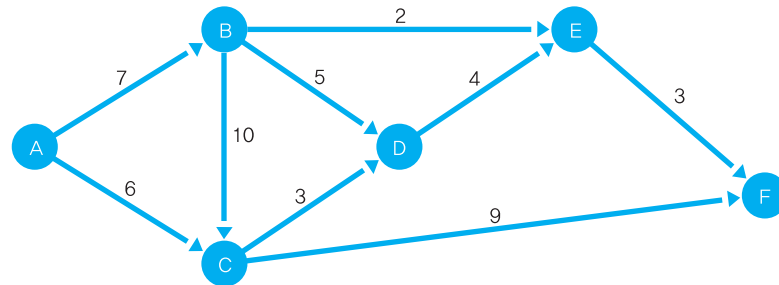
출력 3 = 신규 계좌 개설 건수(100건)

각 지점의 월별 출력과 입력 값은 다음과 같다.

지점	출력			입력		
	1	2	3	1	2	3
A	76	125	12	16	22	12
B	82	105	8	12	19	10
C	69	98	9	17	26	16
D	72	117	14	14	18	14

DEA를 이용하여 어떤 지점이 비효율적인지 결정하십시오.

04-23 Transcontinent Shipping and Supply Company의 경영자는 도시 A에서 도시 F까지 운송할 수 있는 제품의 최대량을 알고 싶다. 이 회사는 이 도시들을 연결하는 경로별로 철도차량을 계약할 수 있으며, 두 지점 간 가용한 철도차량 개수는 다음 그림과 같다. 이때 모든 철도차량은 동일한 용량을 갖는다.



두 지점 간 운송할 수 있는 최대량은 두 지점 간 가용한 철도차량의 대수에 따라 결정된다. 경영진은 도시 A로부터 도시 F까지 운송할 수 있는 최대량을 결정하고 싶다.

- 이 문제를 위한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.

월	소요 기간	월	소요 시간
1	650	7	750
2	450	8	900
3	600	9	800
4	500	10	650
5	700	11	700
6	650	12	500

04-24 어떤 배는 배의 이물(앞쪽)과 고물(뒤쪽)에 2개의 화물칸을 가지고 있다. 이물 화물칸은 7만 파운드의 무게와 3만 입방피트의 부피까지 실을 수 있다. 고물 화물칸은 9만 파운드의 무게와 4만 입방피트의 부피까지 실을 수 있다. 배 주인은 포장된 쇠고기와 곡류 덩어리를 운송하기로 계약을 체결하였다. 운송 가능한 쇠고기의 총 무게는 8만 5,000파운드, 곡류는 10만 파운드이다. 쇠고기 한 덩어리당 부피는 파운드당 0.2입방피트, 곡류 한 덩어리는 0.4입방피트이다. 쇠고기를 운송하는 데는 파운드당 0.35달러의 이익이 발생하고, 곡류를 운송하는 데는 파운드당 0.12달러의 이익이 발생한다. 배 주인은 이용 가능한 화물칸을 모두 사용하거나 혹은 부분만 사용해도 된다. 그는 이익을 최대로 하기 위해 운송해야 할 쇠고기와 곡류의 양을 알고 싶다.

- 이 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.



04-25 아메드는 낙타를 소유하고 있고 낙타 우유를 캔에 담아 판매한다. 캔 하나에는 우유 3리터가 들어간다. 마케팅을 위해 그의 우유를 High-Vitamin과 Low-Fat이라는 이름으로 브랜드화하였다. 낙타 우유는 액체 비타민, 지방과 함께 처리되며, 그의 농장에서 포장된다. 경험에 의하면 High-Vitamin 우유는 최소 80%의 우유, 10%의 비타민, 5%의 지방을 혼합하고, Low-Fat 우유는 최소 85%의 우유, 5%의 비타민, 최대 5% 지방을 혼합한다. High-Vitamin 우유 한 캔당 15디르함, Low-Fat 우유 한 캔당 10디르함의 이익이 발생한다. 아메드는 1,000리터의 우유, 200리터의 비타민 용액, 100리터의 지방 용액을 보유하고 있다. Low-Fat 우유 수요 대 High-Vitamin 우유 수요 비율은 최소 0.40이다. 그는 최대 500캔의 우유를 팔 수 있을 것으로 기대하고 있다. 아메드는 이익을 최대화하기 위해 각 우유를 몇 캔 생산해야 하는지 알고 싶다.

- 이 문제에 대한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형을 푸시오.

04-26 Mazy's Department Store는 24시간 내내 영업하기로 결정하였다. 매장 관리자는 하루 24시간을 4시간 단위의 6개 시간대로 나누고 각 시간대별로 필요한 최소 인력을 다음과 같이 결정하였다.

시간	필요 직원 수	시간	필요 직원 수
자정~오전 4시	90	정오~오후 4시	65
오전 4시~오전 8시	215	오후 4시~오후 8시	300
오전 8시~정오	250	오후 8시~자정	125

직원은 어느 시간대의 시작 시점에 출근해야 하고 8시간을 연속해서 근무한다. 매장 관리자는 전체 직원 수를 최소화하기 위해 각 시간대별로 배정해야 하는 최소 직원 수를 알고 싶다.

- 이 문제를 위한 선형계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.

04-27 Blue Ridge Power and Light Company는 버지니아, 노스캐롤라이나, 매릴랜드, 델라웨어의 해안을 따라 4개의 석탄 발전소로 전력을 생산하고 있다. 이 회사는 버지니아, 웨스트버지니아, 켄터키에 있는 6개 탄광업체로부터 석탄을 구매한다. 이 회사는 다음과 같이 3개의 탄광업체와 석탄 공급에 관한 고정 계약을 체결하였다. 3개의 탄광업체에서 공급되는 석탄의 품질이 다르므로 석탄의 전력 생산능력(여기서는 BTU로 측정되었음)도 서로 다르다.

탄광업체	공급량(톤)	비용(달러)/톤	백만 BTU/톤
ANCO	190,000	23	26.2
Boone Creek	305,000	28	27.1
Century	310,000	24	25.6

예를 들어, ANCO에 의해 공급되는 석탄은 톤당 26.2백만 BTU를 가지며, Boone Creek에 의해 생산되는 석탄은 톤당 27.1백만 BTU를 가진다. 이 회사는 3개의 예비 공급업체로부터 필요시(즉, 이들 업체와는 고정계약을 체결하지 않았다) 석탄을 구매한다. 일반적으로 이들 예비 공급업체로부터 공급되는 석탄은 더 비싸고 품질도 더 낮다.

탄광업체	가용량(톤)	비용(달러)/톤	백만 BTU/톤
DACO	125,000	31	21.4
Eaton	95,000	29	19.2
Franklin	190,000	34	23.6

이 회사의 4개 발전소별 전력 수요는 다음과 같다. (1 MWh의 전력 발전을 위해서는 약 10백만 BTU가 필요하다.)

발전소	전력 요구량(백만 BTU)
1. Afton	4,600,000
2. Surrey	6,100,000
3. Piedmont	5,700,000
4. Chesapeake	7,300,000

예를 들어, Afton 발전소는 내년에 최소 4조 6,000억 BTU를 생산해야 하고, 이는 46만 MWh에 해당한다.

석탄은 철도를 통해 탄광업체에서 발전소로 운송되며 각 발전소에서 석탄을 처리하는 데 드는 비용이 다르다. 각 탄광업체에서 각 발전소로 운송되는 석탄별로 운송비용과 처리비용을 합친 금액은 다음과 같다.

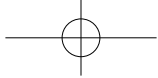
탄광업체	발전소(달러)			
	1. Afton	2. Surrey	3. Piedmont	4. Chesapeake
ANCO	12.20	14.25	11.15	15.00
Boone Creek	10.75	13.70	11.75	14.45
Century	15.10	16.65	12.90	12.00
DACO	14.30	11.90	16.35	11.65
Eaton	12.65	9.35	10.20	9.55
Franklin	16.45	14.75	13.80	14.90

전체 비용을 최소화하기 위해 각 탄광업체로부터 각 발전소로 구매·운송되는 석탄의 양을 결정하는 선형계획법 모형을 수립하고 푸시오.

04-28 살렘시에는 4개의 경찰서가 있으며 이들의 입력과 출력은 다음과 같다.

- 입력 1 = 경찰관 수
- 입력 2 = 순찰차량 수
- 입력 3 = 공간(100평방피트)
- 출력 1 = 응답한 호출 건수(100건)
- 출력 2 = 교통법규 위반 적발 건수(100건)
- 출력 3 = 형사범죄 처리 건수

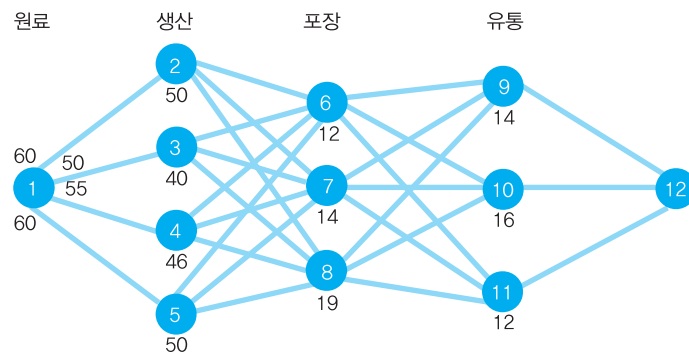
월별 각 경찰서의 출력과 입력은 다음과 같다.



경찰서	출력			입력		
	1	2	3	1	2	3
A	12.7	3.6	35	34	18	54
B	14.2	4.9	42	29	22	62
C	13.8	5.2	56	38	16	50
D	15.1	4.2	39	35	24	57

어떤 경찰서가 상대적으로 비효율적인지를 결정하시오.

04-29 National Cereal Company는 4가지 종류의 시리얼(Crunchies, Toasties, Snakmix, Granolies) 봉지를 혼합하여 Light-Snak 시리얼 패키지를 생산한다. 각 시리얼은 서로 다른 생산시설에서 생산된 다음 3곳의 포장시설로 운송되고, 여기서 4종류의 시리얼 봉지가 혼합되어 하나의 상자에 담긴다. 포장된 상자들은 3곳의 유통센터로 운송되며 3곳의 유통센터가 협력하여 고객 주문을 충족하고 배송을 수행한다. 다음 그림은 매주 생산시설, 포장시설, 유통센터(공급사슬이라고 부름)를 흘러가는 제품의 양을 보여 준다.



호 1-2, 1-3, 1-4, 1-5 위에 적힌 숫자는 주당 원료의 가용량(단위 : 1,000봉지)을 나타낸다. 예를 들어, 호 1-2의 경우 생산시설 2에 6만 봉지를 생산할 수 있는 원료가 가용함을 의미한다. 각 생산시설의 주당 생산용량(단위 : 1,000봉지)은 점 2, 3, 4, 5 아래에 나타나 있다. 점 6, 7, 8의 포장시설과 점 9, 10, 11의 유통센터의 생산용량(단위 : 1,000상자)은 각 점의 아래에 표시되어 있다. 생산시설, 포장시설, 유통센터의 단위당 비용은 다음 표와 같다.

시설	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
단위비용 (달러)	0.17	0.20	0.18	0.16	0.26	0.29	0.27	0.12	0.11	0.14

Light-Snak 패키지의 주당 수요는 3만 7,000상자이다.

주당 수요를 최소의 비용으로 충족시키기 위해 각 시설에서 제품을 얼마나 생산해야 하는지를 결정하는 선형계획법 모형을 세우고 푸시오.

04-30 어느 대학에 기상, 사고, 테러 등과 같은 비상사태가 발생할 경우 희생자들은 구급차량을 통해 Montgomery Regional, Radford Memorial, Lewis Galt 등 세 곳의 병원으로 운송된다. Montgomery Regional은 이 대학으로부터 10분 떨어져 있으며, Radford Memorial과 Lewis Galt는 각각 20분, 35분 떨어져 있다. 이 대학은 부상 유형이 다른 15명의 희생자가 발생하는 가상의 비상사태를 분석하고자 한다. Montgomery Regional의 응급시설은 최대 8명을 수용할 수 있으며, Radford Memorial과 Lewis Galt는 각각 10명, 7명을 수용할 수 있다. 부상 유형을 가장 잘 치료할 수 있는 병원 순으로 각 환자마다 병원에 대한 우선순위가 다음 표와 같이 주어져 있다. (1은 가장 잘 치료할 수 있는 병원임을 의미한다.)

병원	환자														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Montgomery Regional	1	1	2	2	2	1	3	3	3	1	3	3	2	1	3
Radford Memorial	2	2	3	3	1	3	3	1	1	1	3	3	2	2	3
Lewis Galt	3	3	1	1	3	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1

예를 들어, 희생자 1의 부상 유형에 가장 적합한 병원은 Montgomery Regional이며, 다음으로 적합한 병원은 Radford Memorial, 세 번째로 적합한 병원은 Lewis Galt이다.

- a. 평균 운송 시간을 22분 이내로 유지하면서 희생자를 그들의 부상유형에 가장 적합한 병원으로 보내는 선형계획법 모델을 세우고 이를 푸시오.
- b. 이송되는 병원의 우선순위가 평균 1.50이거나 더 좋게 하면서 희생자들의 평균 이동 시간을 최소화하는 선형계획법 모델을 세우고 이를 푸시오.



CHAPTER 05 정수계획법 추가 연습문제

05-01 한 가족은 정원에 장미 식물을 키우고 있다. 가족은 정원에 비료를 사용하기 원한다. 비료를 준비하려면 두 화학물질(1과 2)을 혼합해야 한다. 화학물질들은 장미에 필요한 영양분을 제공한다. 중요한 영양소는 질소, 인산염, 칼륨이다. 1파운드의 화학물질 1은 7온스의 질소, 6온스의 인산염, 2온스의 칼륨을 제공한다. 1파운드의 화학물질 2는 5온스의 질소, 8온스의 인산염, 7온스의 칼륨을 제공한다. 장미를 키우기 위해서는 최소 20온스의 질소, 30온스의 인산염, 10온스의 칼륨이 필요하다. 화학물질 판매상점에서는 화학물질을 파운드 단위로 판매하는데, 소수점 단위로는 판매하지 않는다. 화학물질 1은 파운드당 5유로이고 화학물질 2는 파운드당 6유로이다. 이 가족은 비용을 최소화할 수 있는 각 화학물질의 구매량을 결정하고자 한다.

- 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

05-02 한 산업기계 제조회사에서 셰이퍼와 드릴 프레스를 생산한다. 회사는 다음 달 셰이퍼 수요가 최소 5대, 다음 달 드릴 프레스 수요는 최대 7대가 될 것으로 예측하고 있다. 한 대의 셰이퍼로 인한 이익은 4만 유로이고, 한 대의 드릴 프레스로 인한 이익은 5만 유로이다. 셰이퍼와 드릴 프레스 모두 벨트, 전기 모터, 유압 구동 장치, 센서 등과 같은 공통 부품을 일정량 필요로 한다. 한 대의 셰이퍼는 15개의 공통 부품, 한 대의 드릴 프레스는 18개의 공통 부품을 필요로 한다. 공장 내에 200개의 공통 부품 재고가 있다. 그 이외 다른 부품들에 대한 비용은 공용 예산에서 충당된다. 셰이퍼의 경우 공용 예산으로부터 1만 2,000유로를 필요로 하고 드릴 프레스는 1만 6,000유로를 필요로 한다. 회사의 예산은 15만 유로이다. 회사는 이익을 최대화할 수 있는 셰이퍼 및 드릴 프레스의 생산량을 결정하고자 한다.

- 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

05-03 어느 보석상과 견습생이 은제 핀과 목걸이를 수작업으로 제작하여 판매한다고 가정하자. 매주 그들은 80시간의 노동력과 36온스의 은을 사용할 수 있다. 핀 1개를 만드는 데 8시간의 노동력과 2온스의 은이 필요하고 목걸이 1개를 제작하는 데 10시간의 노동력과 6온스의 은이 필요하다. 각 핀에는 작은 보석이 박혀 있고 핀의 수효는 주당 6개를 초과하지 않는다. 보석상은 핀을 판매하여 400달러의 이익을 얻을 수 있고, 목걸이를 판매하면 100달러의 이익을 얻는다. 보석상은 이익을 극대화하기 위해서 핀과 목걸이를 각각 몇 개씩 제작해야 할지 결정하려고 한다.

- 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
- 컴퓨터를 사용하여 정수해를 구하시오. 이 정수해를 정수 조건 없이 구한 해와 비교하고, 정수 조건 없이 구한 해를 반내림할 때 최적해가 되는지 확인하시오.

05-04 삼성은 휴대폰, TV, 컴퓨터 장치, 메모리 저장장치 등 네 가지 주력 제품을 한 도시에 있는 독점 전시 매장을 통해 판매한다. 판매 지원을 위해 20명의 직원을 고용하고 모든 제품을 서비스할 수 있도록 훈련시켰다. 업무 성격에 따라 간접경비는 달라지는데, 전시 매장의 휴대폰 코너의 경우는 하루에 70파운드, TV 코너는 65파운드, 컴퓨터 장치 코너는 60파운드, 메모리 저장장치 코너는 25파운드이다. 매장은 하루 예산으로 1,000파운드를 할당하였다. 휴대폰 서비스 직원 한 명은 하루에 480파운드의 매출을 올리고, TV 서비스 직원은 480파운드, 컴퓨터 장치 서비스 직원은 450파운드, 메모리 저장장치 서비스 직원은 300파운드의 매출을 올린다. 각 코너에는 최소 2명의 서비스 직원이 필요하다. 매장은 수익을 최대화할 수 있도록 각 코너에 배치될 서비스 직원의 수를 결정하고자 한다.

- a. 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
b. 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

05-05 로렌 무어는 그녀의 사업체를 50만 달러에 처분하였고, 아파트(임대를 하려고 함)와 대지(농부에게 리스를 해주려고 함)에 투자하기를 원한다. 아파트 한 채로부터는 8,000달러의 연간 수익을 거둘 수 있고, 대지 1에이커로부터는 6,000달러의 연간 수익을 거둘 수 있을 것으로 추정하고 있다. 아파트 한 채를 사는 데는 7만 달러의 비용이 소요되고, 대지 1에이커를 사는데는 3만 달러의 비용이 소요된다. 유지관리에 소요되는 비용은 아파트 한 채당 1,000달러, 대지 1에이커당 2,000달러인데, 이 연간 비용을 위해 1만 4,000달러의 예산을 책정하였다. 로렌은 그녀의 연간 수익을 최대화하기 위해 아파트와 대지에 얼마를 투자해야 할지 알고 싶어 한다.

- a. 문제를 풀기 위한 혼합정수계획법 모형을 수립하시오.
b. 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

05-06 한 보석상은 금과 백금으로 목걸이와 팔찌를 만든다. 상점에는 20온스의 금과 20온스의 백금이 있다. 각각의 목걸이는 5온스의 금과 2온스의 백금이 필요한 반면, 각각의 팔찌는 2온스의 금과 4온스의 백금이 필요하다. 팔찌의 수요는 4개를 넘지 않는다. 목걸이 하나를 팔면 1,800달러의 이익이, 팔찌는 1,500달러의 이익이 발생한다. 상점은 이익을 최대화하는 목걸이와 팔찌의 생산량을 결정하고자 한다.

- a. 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
b. 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

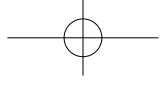
05-07 대학 근처 식당에서 파트타임으로 일하는 세바스찬은 3개월간의 여름방학 동안 2,000유로를 벌 것으로 예상하고 있다. 그는 열심히 번 돈을 투자 상품에 투자할 계획이다. 각 투자 상품에는 최소 투자금액 요건이 있다.

	투자 수익률	최소 투자금액 (유로)
정부 채권	1.05	600
정기 예금	1.07	800
뮤추얼 펀드	1.12	800
주식	1.15	400

표에 제시되어 있는 투자수익률 1.05는 투자한 자본에 대한 연 5%의 이자를 의미한다. 세바스찬은 3가지 이하의 상품에 투자하여 일 년 후 투자금의 미래 가치를 최대화하고자 한다.

- a. 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
b. 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

05-08 Beaconville 육상 후원자 클럽은 관내에 속한 모든 고등학교 학생들의 유니폼을 구입하고 시설을 개선하기 위한 이틀간의 후원금 모금 행사를 계획하였다. 후원금 모금 활동은 전화와 대인 접촉을 통하여 밤낮 구별 없이 진행될 것이다. 이 후원자 클럽은 이 지역 대학생들에게 자원 봉사로서 모금 활동에 참여하도록 하였다. 시간별 모금 활동과 후원자 접촉 매체별로 걷힌 평균 모금액은 아래와 같다.



	평균 후원금		평균 인터뷰 시간(분)	
	전화	대인 접촉	전화	대인 접촉
밤	16	33	6	13
낮	17	37	7	19

후원자 클럽은 모금 활동 기간 동안 참여 대학생들이 하루 최대 575명의 고객과 만날 수 있도록 차량과 연료를 기부할 몇몇 기업인과 자동차 딜러들을 확보하였다. 모금 활동에 참여하는 대학생들은 모금 활동으로 낮에 총 22시간, 밤에 43시간을 제공할 것이다.

후원자 클럽의 회장은 모금액을 극대화하기 위해서 몇 번의 전화와 대인 접촉을 시도할지 알고 싶어 한다. 이 문제를 위한 정수계획법 모형을 세우고 푸시오. 또한 이 문제에서 정수해와 비정수해를 반내림한 해로 구한 최대 모금액의 차이는 얼마인가?

- 05-09** 미국과 유럽을 자주 방문하는 쿠바의 육상 선수인 후안 헤르난데즈는 본국인 쿠바에서는 희소한 소비자용품 약간을 지참한 채로 귀국해도 좋다는 허락을 받았다. 후안이 배낭에 넣어서 운반할 수 있는 반입 물량은 5파운드를 초과할 수 없다. 일단 쿠바에 도착하면 후안은 이 물건들을 매우 높은 가격으로 판매할 수 있다. 쿠바에서 가장 인기 있는 세 가지 물품은 청바지와 CD 플레이어, 그리고 미국 록 그룹 음반이다. 이들 세 가지 물품의 무게와 이윤은 아래와 같다.

물품	무게(파운드)	이윤
청바지	2	90
CD 플레이어	3	150
미국 록 그룹 음반	1	30

이익을 극대화하기 위해서 후안은 자신의 배낭에 넣어서 들어올 물품의 조합을 결정하려고 한다. 이는 ‘배낭’ 문제라고 알려진 정수계획법 형태의 예제이다. 식을 세우고 문제를 푸시오.

- 05-10** 테라코 자동차 회사는 군용 코드네임 “J99 Terra”의 경량 전지형 차량을 생산했다. 회사는 이제 대중에게 테라를 판매할 계획이다. 차량을 제조하는 공장 5곳과 지역 물류센터 4곳이 있다. 회사는 테라에 대한 대중의 수요를 확신하지 못하기 때문에 운송비 증가가 발생하더라도 하나 이상의 공장을 폐쇄해 고정 운영비를 줄이는 방안을 검토하고 있다. 문제에 대한 관련 비용은 다음 표에 제시되어 있다. 운송 비용은 운송 차량 1,000대당인데, 예를 들어 공장 1에서 창고 C까지 1,000대를 운송하는 비용은 3만 2,000달러이다.

출발지 공장	도착지 창고까지의 운송 비용(단위 : 1,000달러)				연간 생산능력	연간 고정 운영비
	A	B	C	D		
1	56	21	32	65	12,000	2,100,000
2	18	46	7	35	18,000	850,000
3	12	71	41	52	14,000	1,800,000
4	30	24	61	28	10,000	1,100,000
8	45	50	26	31	16,000	900,000
연간 수요	6,000	14,000	8,000	10,000		

회사가 총 비용을 최소화하기 위해 어떤 공장을 유지하고 어떤 공장을 폐쇄해야 하는지, 그리고 각 출발지 공장에서 각 도착지 창고로 운송해야 할 차량의 수를 결정하는 데 도움을 주기 위해, 문제에 대한 정수계획법 모형을 수립하고 그 해를 구하시오.

05-11 State 대학교의 경영학 전공 학부생인 브렌다 라스트는 가을 학기에 수강할 수업 시간표를 결정하려고 한다. 그녀는 다음의 표에 소개된 3학점짜리 7개 과목을 검토하고 있다. 이 표에는 또한 (다른 학생들에게서 얻은 정보를 기반으로 작성된 것으로서) 수강 시 그녀가 각 과목에 투자해야 하는 주당 평균 시간과 (해당 과목의 강사가 이전에 부여한 학점 기록을 분석하여 얻은 것으로서) 그녀가 각 과목에서 얻으리라고 기대할 수 있는 최소의 학점이 포함되어 있다.

과목	주당 평균 시간	최소 학점
경영관리 I	5	B
회계원리	10	C
기업재무	8	C
계량방법론	12	D
마케팅관리	7	C
자바 프로그래밍	10	D
영문학	8	B

각 과목에서 A는 시간당 4점, B는 3점, C는 2점, D는 1점, 그리고 F는 0점을 취득하는 것을 의미한다. 브렌다는 적어도 학점 평균 2.0의 성적을 얻을 수 있는 수업 시간표를 짜기 원한다. 브렌다가 장학금을 계속 받기 위해서는 전일제 학생이어야 하는데 이를 위해서는 주당 12시간 학점의 수업을 수강해야 한다. 회계원리, 기업재무, 계량방법론, 자바 프로그래밍은 모두 많은 양의 컴퓨터 작업과 수학을 요구하는데 브렌다는 이런 골치 아픈 과목을 최대 2개까지만 수강할 용의가 있다. 한편, 선수 과목 조건을 만족시키기 위해서 브렌다는 경영관리 I, 회계원리, 자바 프로그래밍, 그리고 영문학 중 적어도 세 과목을 수강할 필요가 있다. 브렌다는 그녀가 매주 공부해야 할 시간을 최소화할 수 있는 수업 시간표를 짜기 원한다.

- 이 문제를 위한 0-1 정수계획법 모형을 세우시오.
- 컴퓨터를 사용해서 이 문제를 푸시오. 브렌다는 선정된 과목들을 소화하기 위해서 주당 총 몇 시간의 공부 시간을 가져야 하는지, 그리고 그녀의 최소 학점 평균은 얼마일지 구하시오.

05-12 섀트랙은 전 세계에 매장을 가지고 있는 세계적인 의류 소매업체이다. 중국에서 많은 의류를 생산하여 철도와 트럭으로 해안의 홍콩, 선전, 양산, 청도 등 4개 항구로 운송한 후 매달 해외 배송을 위해 컨테이너에 선적하여 미국 유통업자들에게 배송한다. 업체는 총 25개의 컨테이너가 필요하며, 각 항구에서 가용한 컨테이너, 컨테이너당 월 임대 비용, 각 항구에서 미국까지의 배송 시간, 각 항구에서 발생한 평균 손상 비율 등은 다음 표와 같다.

항구	가용 컨테이너	컨테이너 비용(달러)	배송 시간(일)	손상 비율(%)
홍콩	9	270	25	2
선전	14	210	23	1.5
양산	10	230	32	3
청도	6	190	22	2



업체는 컨테이너당 평균 배송 시간을 24일 이하로 하고 컨테이너당 평균 손상 비율을 2.5% 이하로 하기를 원한다. 배송 비용을 최소화하기 위해 각 항구에서 임대해야 하는 컨테이너 수를 결정하는 정수계획법 모형을 수립하고 그 해를 구하시오.

05-13 Skimmer 보트 회사는 세 종류의 레저용 보트, 즉 낚시 보트, 스키 보트, 스피드 보트를 제작 판매한다. 낚시 보트의 이윤은 2만 500달러이고 스키 보트의 이윤은 1만 2,000달러, 그리고 스피드 보트의 이윤은 2만 2,300달러이다. 이 회사는 2배수에는 못 미치지만 다른 두 종류의 보트 수를 합한 것보다는 많은 낚시 보트를 판매할 것으로 믿고 있다. 스키 보트는 이 회사의 표준 생산 모델이고 낚시 보트와 스피드 보트는 개량 모델이다. 이 회사는 210대의 표준(스키) 보트를 생산할 능력이 있으나 낚시 보트는 표준 생산 능력의 1.3배만큼, 스피드 보트는 표준 생산 능력의 1.5배만큼을 요구한다. 게다가 낚시 보트에 부착될 수 있는 고성능 엔진은 오직 160개뿐이고 스피드 보트에 부착될 수 있는 고성능 엔진은 2개뿐이다. 이 회사는 이윤을 극대화하기 위해 세 종류의 보트를 각기 몇 대씩 생산해야 하는지 예측하려고 한다. 이 문제를 위한 정수계획법 모형을 세우고 이를 푸시오.

05-14 고객들은 좌석을 예약하기 위해 항공사 콜센터에 전화한다. 항공사 콜센터에는 일등석 예약, 비즈니스석 예약, 이코노미석 예약 등 3개 부서가 있다. 각 콜센터 직원은 예약 및 취소 통화를 모두 처리한다. 전체적으로 일등석 부서의 직원은 하루 80통, 비즈니스석 부서의 직원은 하루 100통, 이코노미석 부서의 직원은 하루 120통의 통화를 처리할 수 있다. 예약된 일등석 중 약 10%, 비즈니스석 중 15%, 이코노미석 중 20%는 이후에 취소된다. 취소를 요청하는 전화는 해당 고객이 원래 좌석을 예약했던 부서로 전달된다. 취소된 좌석은 이익이 나지 않는다. 콜센터에서는 하루에 적어도 일등석 700통, 비즈니스석 1,000통, 이코노미석 2,250통의 통화를 목표로 한다. 일등석 예약 한 건으로부터 예상되는 이익은 110달러, 비즈니스석은 95달러, 이코노미석은 55달러이다. 콜센터에서는 일간 이익을 최대화하는 데 필요한 직원의 수를 구하고자 한다.

- 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.
- 앞에서 구한 해와 정수 제약조건을 완화하여 얻은 해를 비교하고, 실수해를 반내림하여 구한 해가 최적인지 알아보시오.

05-15 한 목수는 나무와 강철로 탁자와 의자를 만든다. 그의 상점에는 200단위의 나무와 200단위의 강철이 있다. 각 탁자에는 목재 5단위, 강철 2단위가 필요한 반면, 각 의자에는 목재 2단위, 강철 4단위가 필요하다. 탁자에 대한 수요는 많아야 30개, 의자에 대한 수요는 많아야 35개이다. 탁자 하나에 1,800달러의 이익이 발생하고, 의자 하나에는 1,500달러의 이익이 발생한다. 만약 목수가 탁자를 생산한다면 2만 4,000달러의 고정비용을 부담해야 한다. 마찬가지로, 만약 목수가 의자를 생산한다면 2만 달러의 고정비용을 부담해야 한다. 상점은 이익을 최대화할 수 있는 탁자와 의자의 생산량을 결정하고자 한다.

- 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

05-16 두바이의 한 정유회사가 향후 몇 년 동안 유가 급등에 대비해 정유소와 저장소를 확장하고자 한다. 회사는 전략계획에 공장 확장, 저장소 개선, 최신 기술 채택, 연구개발 등 네 가지의 구별되는 활동들을 포함시키고 있다. 각각의 다른 활동에는 일정 비용이 소요되고 일정 NPV가 예상된다. 다음 표에는 각 선택 사항의 실행을 위해 요구되는 활동별 비용 및 NPV, 연차별 가용 자본 등이 백만 디르함 단위로 제시되어 있다.

	공장 확장 (100만 디르함)	저장소 개선 (100만 디르함)	최신 기술 채택 (100만 디르함)	연구개발 (100만 디르함)	가용 자본 (100만 디르함)
1년차	22	20	15	20	60
2년차	18	19	25	30	62
3년차	20	20	26	36	67
4년차	20	17		40	40
NPV(백만 디르함)	80	50	20	30	

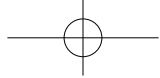
회사는 주어진 예산 제약하에서 NPV를 최대화하고자 한다.

- 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

05-17 Rowntown 택시 회사는 8시간 단위 3교대로 배치할 70명의 택시 기사를 확보하고 있다. 그러나 도심 지역의 택시 서비스 수요는 하루 중의 시간대에 따라 변동량이 매우 크다. 가장 한가한 시간대는 자정으로부터 새벽 4시 사이이다. 택시 배차부는 이 시간대에 가장 적은 수의 주문 전화를 받으며 운임 또한 하루 중 가장 낮다. 극소수의 사람들이 밤 시간에 공향으로 가거나 장거리 여행을 떠난다. 택시 기사는 이 시간대에 평균 80달러를 번다. 가장 높은 운임은 아침 시간대에 공향으로 가는 차편에서 올릴 수 있다. 따라서 오전 4~8시의 시간대에 근무를 시작하는 택시 기사는 총 운임으로 평균 500달러를 벌 수 있고 오전 8시에 시작하는 기사는 평균 420달러를 번다. 정오에 시작하는 기사는 평균 300달러를 버는 반면 오후 4시에 시작하는 기사는 270달러를 번다. 오후 8시부터 자정 사이의 시간대에 시작하는 기사는 평균적으로 자신의 8시간 근무 시간 중에 운임으로 210달러를 번다.

새로운 고객을 지속적으로 유치하기 위해 Rowntown 택시 회사는 높은 수준의 서비스 질을 유지하고자 한다. 이를 위해 이 회사는 4시간 단위 시간대마다 근무를 위해 필요한 최소의 택시 기사 수를 결정하였다. 즉, 자정부터 오전 4시 사이에 10명, 오전 4시부터 8시 사이에 12명, 오전 8시부터 정오 사이에 20명, 정오부터 오후 4시 사이에 25명, 오후 4시부터 8시 사이에 32명, 오후 8시부터 자정 사이에 18명의 기사가 필요하다.

- Rowntown 택시 회사의 기사 스케줄을 돕기 위해서 정수계획법 모형을 세우고 문제를 푸시오.
- 만약 Rowntown 택시 회사가 자정부터 오전 8시까지 일할 택시 기사를 기껏해야 15명밖에 확보하고 있지 못하다고 할 때 이 조건을 고려한 모형을 다시 세우고 이 문제를 푸시오.
- 모든 기사들이 오전 8시부터 오후 4시 사이의 시간대에 일하기를 원하므로 회사는 이 시간대의 8시간 동안 일할 기사 수를 20명으로 제한하기로 하였다. (b)에 더하여 이 제약식을 반영한 모형을 다시 세우고 이를 푸시오.



05-18 “대체선수 대비 승리기여도”를 뜻하는 WAR은 메이저리그 야구 선수의 성적을 나타내는 복잡한 통계지표로서 해당 선수의 팀에 대한 전체적인 기여도를 다양한 공격 및 수비 통계를 이용해 합산하여 산출한다. 이 지표는 한 선수에 대해 최소의 비용으로 확보 가능한 대체선수가 대신 경기에 참여하였다고 했을 때 얻었을 것으로 기대되는 승수와 비교하여 해당 선수 자신이 경기에 참여함으로써 팀이 추가적으로 거둔 승수를 나타낸다. 지난 시즌 최고점의 WAR은 어느 한 선수가 기록한 10.0이었다. Sox 팀의 구단주는 다음 시즌 계약을 위해 10명의 자유계약선수를 평가하려고 한다. 다음 표는 이 선수들의 지난 시즌 WAR, 요구 계약금, 그리고 연령을 나타내고 있다.

선수	WAR	요구 계약금액(100만 달러)	계약기간	연령
Mike Bass	4.6	2.1	1	25
Josh Donald, <i>p</i>	3.7	10.0	1	28
Miguel Gomez	5.9	17.4	2	31
Carlos Cabrera	9.1	24.0	5	32
Matt Carper, <i>p</i>	7.2	18.0	3	34
Evan Longier	4.3	4.3	1	27
Paul Goldsmith	2.7	3.1	1	26
Joey Veto	5.2	16.5	3	29
Robinson Canoe	8.1	24.0	6	28
Matt Fists, <i>p</i>	7.5	9.3	2	31

다년 계약을 위해 교섭하는 선수들의 경우 요구 계약금액은 계약기간에 걸쳐 균등하게 분할된다. 구단주는 새로운 선수와 계약하는 데 몇 가지 특정 지침을 가지고 있다. Donald, Carper, 그리고 Fists는 투수이고 구단주는 적어도 한 명의 투수와 계약하기를 원한다. 그는 다음 시즌 계약금액을 3,400만 달러로 제한하고자 하고, 리그의 연봉 상한을 넘지 않기 위해(그리고 상한을 넘는 금액에 대한 세금을 물지 않기 위해) 총 계약금액은 5,500만 달러를 초과하지 않도록하고자 한다. 그는 평균 계약기간이 2.5년을 초과하지 않기를 원하고, 계약하게 될 선수들의 평균 연령이 31세 이하이기를 원한다.

선수들의 전체 WAR을 최대화하기 위해 구단주는 어떤 선수들과 계약해야 하는지 결정할 수 있는 정수계획법 모형을 수립하고 푸시오.

05-19 한 정유회사에서는 수천 배럴의 원유를 뽑아내고 이를 정제하여 연료를 생산한다. 정유회사는 예상되는 수요를 충족시키기 위해 향후 4개월 동안의 생산계획을 수립해야 한다. 정유회사의 월 생산능력은 12배럴이다. 첫 달 초에는 원유 재고가 전혀 없다. 정제회사에는 최대 5배럴의 저장 탱크가 있다. 향후 4개월간 석유 수요 전망치는 각각 7, 4, 9, 6배럴이다. 정유회사는 정비를 위해 한 달에 한 번 정지해야 한다. 완전 정지로부터 재가동할 때마다, 400유로의 준비비용과 배럴당 월 2유로의 재고유지비용이 발생한다. 두 번째 달에 생산이 일어난다면, 네 번째 달에도 생산이 이루어져야 한다. 정유회사는 준비비용 및 재고유지비용을 최소화할 수 있는 월간 생산량을 결정하고자 한다(계산 용이성을 위해 정유회사 생산량과 비용은 실제보다 작은 단위로 제시되어 있다).

- 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

05-20 한 투자 회사는 고객으로부터 12만 달러의 투자를 유치했다. 회사는 6가지 옵션을 확인하였으며 기대 수익은 다음 표와 같다. 비용 열에 주어진 대로 각 옵션에는 해당 투자에 대한 최소 진입 금액이 필요하다.

옵션	비용 (1,000달러)	연간 수익 (1,000달러)
1	26	2.3
2	24	3
3	35	4
4	32	4.2
5	26	2.4
6	32	3

투자 관리자들은 또한 투자에 대한 특정 조건을 파악했다. 옵션 4와 옵션 6을 선택한 경우에만 옵션 2를 선택할 수 있다. 옵션 3은 옵션 1 또는 옵션 5 또는 두 옵션을 모두 선택한 경우에만 선택할 수 있다. 투자 회사는 수익을 최대화하기 위한 최적의 포트폴리오를 결정하려 한다.

- 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

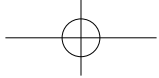
05-21 한 자동차 제조업체에서 빨간색, 녹색, 파란색, 흰색, 노란색의 다섯 가지 색으로 자동차를 생산한다. 현재 자동차에 페인트칠을 할 수 있는 도색기계가 하나밖에 없다. 기계가 다른 색상을 사용해야 하는 경우에는 기계를 중지해야 한다. 이 변화 사이의 시간을 전환시간이라고 부르며 색상 쌍에 따라 달라진다. 다음 표에는 전환시간이 분 단위로 제시되어 있다.

색상	빨간색	녹색	파란색	흰색	노란색
빨간색		125	145	170	110
녹색	105		75	110	125
파란색	155	105		130	130
흰색	85	105	85		80
노란색	115	145	120	95	

회사는 총 전환시간을 최소화하기 위한 도색기계의 색상 사용 순서를 결정하고자 한다.

- 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

05-22 The Valley Times and World News는 일주일에 7일간 조간신문을 출판하여 배달한다. 대량 묶음으로 포장된 신문들은 트럭에 의해 여러 주거지역의 중심으로 배송되고, 그곳에서 배달 업체들에 의해 수거된 후 사전 설정된 다양한 경로를 따라 개별 고객들에게 배달된다. 신문은 오전 6시경에 주거지역 중심지에 도착하고 오전 8시까지 개별 고객들에게 배달되어야 한다. 배달 경로에는 가정, 가게, 식당, 신문자판기 등이 포함된다. Hannah Creek이라는 한 지역에는 10개의 배달 경로가 있으며 배달 계약 체결을 요청한 6개의 신문 배달 업체들이 있다. 다음 표에 신문을 각 경로를 따라 배달하는 데 소요되는 시간(분)과 각 경로를 따라 배달되어야 하는 신문 부수, 그리고 각 배달 업체가 보유한 차량의 용량(신문 부수)이 나타나 있다.



배달 업체	A	B	C	D	E	F
차량 용량	600	720	450	510	660	550

배달 경로	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
소요 시간(분)	29	35	15	35	20	23	35	40	45	50
배달할 신문 부수	200	240	110	90	65	135	80	170	150	270

필요한 배달 업체의 수를 최소화하면서 각각의 경로에 어떤 배달 업체를 배정하고 각각의 선택된 배달 업체가 총 몇 부의 신문을 배달하는지 결정할 수 있는 선형정수계획법 모형을 수립하고 푸시오.

05-23 주 정부는 공공을 위한 새로운 경찰서를 설립할 계획이다. 주에는 7개 구역(A부터 G까지)이 있다. 각 경찰서는 반경 30마일을 대상으로 서비스를 제공할 수 있다. 한 구역이 하나 이상의 경찰서로부터 서비스를 받을 수 있다. 다음 표는 구역 간의 거리를 보여 준다.

출발지	도착지						
	A	B	C	D	E	F	G
A	0	16	21	31	32	46	40
B	31	0	35	24	31	31	31
C	21	35	0	22	27	32	33
D	32	33	22	0	28	31	35
E	30	36	27		0	25	35
F	46	28	32	26	25	0	18
G	40	27	33	20	24	32	0

주는 모든 구역을 대상으로 서비스를 제공할 수 있도록 하는 경찰서 설치 개수를 정하고자 한다.

- 문제를 풀기 위한 정수계획법 모형을 수립하시오.
- 컴퓨터를 이용하여 모형의 해를 구하시오.

CHAPTER 06 수송, 할당, 할당 문제 추가 연습문제

06-01 다음의 선형계획법 문제를 푸시오.

$$\text{minimize } Z = 3x_{11} + 12x_{12} + 8x_{13} + 10x_{21} + 5x_{22} + 6x_{23} + 6x_{31} + 7x_{32} + 10x_{33}$$

subject to

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 90$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = 30$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} = 100$$

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} \leq 70$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} \leq 110$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} \leq 80$$

$$x_{ij} \geq 0$$

06-02 세 도시의 제철 공장은 다음과 같은 양의 철을 생산한다고 하자.

위치	주당 생산량(톤)
A. 베들레헴	150
B. 버밍엄	210
C. 게리	320
	680

이 공장들은 다음과 같은 수요를 가진 제조 공장이 위치한 네 곳의 도시에 철을 공급한다.

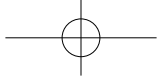
위치	주당 수요량(톤)
1. 디트로이트	130
2. 세인트루이스	70
3. 시카고	180
4. 노퍽	240
	620

철 1톤당 수송비용은 다음과 같다.

	도착지(비용)			
출발지	1	2	3	4
A	14	9	16	18
B	11	8	7	16
C	16	12	10	22

트럭 운송업자의 파업으로 인해 베들레헴에서 시카고로의 수송이 불가능하게 되었다.

- 문제를 선형계획법 모형으로 정형화하고 컴퓨터를 이용하여 푸시오.
- 제철 공장 게리의 주당 생산능력이 320톤에서 290톤으로 감소할 경우 최적해에는 어떤 영향이 있는가?



06-03 양파는 대부분의 인도 요리에서 없어서는 안 될 재료로 여겨진다. 최대 양파 생산지는 마하라슈트라(490만 톤) 주이며, 카르나타카(259만 톤), 구자라트(265만 톤), 비하르(108만 톤)가 뒤를 잇는다. 양파는 이들 주로부터 타밀나두(325만 톤), 케랄라(200만 톤), 라자스탄(250만 톤)으로 운반된다. 케랄라 주는 구자라트로부터 적어도 75만 톤의 양파를 받기를 원한다. 100만 톤의 양파를 1km 운송하는 데 드는 운송비는 2,000달러이다. 다음 표는 각 주 사이의 거리를 킬로미터 단위로 보여준다.

출발지	도착지(거리, km)			공급
	타밀나두	케랄라	라자스탄	
마하라슈트라	1,337	1,675	1,538	4.90
카르나타카	346	685	2,116	2.59
구자라트	1,847	2,186	656	2.65
비하르	2,031	2,800	1,100	1.08
수요	3.25	2.00	2.50	

이 문제를 선형계획법 모형으로 정형화하고 컴퓨터를 이용하여 해를 구하시오.

06-04 Interstate Truck Rental 회사의 트럭 대여 점포 세 곳에 다음 표와 같이 여유분의 트럭이 모였다.

트럭 대여 점포	트럭 여유분
1. 애틀랜타	70
2. 세인트루이스	115
3. 그린즈버로	60
합계	245

또한 네 곳의 점포에는 트럭이 다음과 같이 부족하다.

트럭 대여 점포	트럭 부족분
1. 뉴올리언스	80
2. 신시내티	50
3. 루이빌	90
4. 피츠버그	25
합계	245

회사는 여유분이 있는 점포의 트럭을 부족분이 있는 점포로 최소의 비용으로 옮기고자 한다. 트럭의 도시 간 수송비는 다음과 같이 결정되었다.

출발지	도착지 (비용)			
	A	B	C	D
1	70	80	45	90
2	120	40	30	75
3	110	60	70	80

이 문제를 컴퓨터를 이용해 푸시오.

06-05 에식스 에너지 회사는 중국에 석탄 400톤을 납품하는 계약을 체결했다. 이 회사는 애팔래치아(WV, KY 및 VA) 지역, 미시시피(IL 및 IN) 지역, 중서부(MO, IA, NE) 지역에 광산을 보유하고 있고, 선박과 철도를 통해 볼티모어, 노퍽, 모빌 및 뉴올리언스의 항구로 석탄을 운송하며, 이후 이들 항구에서부터 중국으로 운송한다. 이 회사는 애팔래치아 광산에서부터 볼티모어와 노퍽으로는 철도만을 이용하여 석탄을 운송하고, 미시시피와 중서부 지역에서부터 모빌과 뉴올리언스까지는 배지선을 이용하여 운송한다. 다른 모든 노선은 철도와 선박을 조합하여 이용한다. 각 지역에서 각 항구로의 톤당 운송비용과 각 지역에서 가용한 공급량(단위 : 톤)은 다음 표와 같다.

출발지	도착지				공급량
	볼티모어	노퍽	모빌	뉴올리언스	
WV, KY, VA	21	16	32	28	220
IL, IN	26	30	8	10	130
MO, IA, NE	31	24	7	6	90

최소의 운송비용으로 회사의 총 석탄 공급계약을 만족시킬 수 있도록 각 항구로부터의 석탄 운송량을 구하시오.

06-06 혹독한 겨울 빙설의 폭풍이 노스캐롤라이나 주와 버지니아 주를 휩쓸고 지나간 후 1피트가 넘는 눈과 몹시 추운 한 자리 수 온도의 날씨가 이어졌다. 이러한 기상 상태로 인해 수많은 송전선이 내려앉고 정전사태가 발생했으며, 이는 많은 주민들에게 위험한 상태를 초래하였다. 지역의 전기 회사들은 크게 당황하였고 남동부 지역에서 영향을 받지 않은 전기 회사들의 도움을 요청하였다. 다음 표는 조지아 주, 사우스캐롤라이나 주, 플로리다 주에 있는 5개의 서로 다른 전기 회사에서 가용한 정비 요원들의 수와 함께 피해 지역의 전기 회사들이 달을 수 없는 7개의 서로 다른 지역에서 필요로 하는 정비 요원의 수, 그리고 정비 요원 한 명이 특정 지역으로 가는 데 따른 주당 비용(요원이 속한 회사의 정상 비용, 이동 거리, 지역 물가 등에 기초하여 산출된 비용)을 나타내고 있다.

정비 요원	지역(비용, 1,000달러)							가용한 정비 요원의 수
	NC-E	NC-SW	NC-P	NC-W	VA-SW	VA-C	VA-T	
CA-1	15.2	14.3	13.9	13.5	14.7	16.5	18.7	12
CA-2	12.8	11.3	10.6	12.0	12.7	13.2	15.6	10
CS-1	12.4	10.8	9.4	11.3	13.1	12.8	14.5	14
FL-1	18.2	19.4	18.2	17.9	20.5	20.7	22.7	15
FL-2	19.3	20.2	19.5	20.2	21.2	21.3	23.5	12
필요한 정비 요원의 수	9	7	6	8	10	9	7	

총 비용을 최소화하기 위해 각 전기 회사로부터 각 피해 지역으로 보내야 하는 정비 요원의 수를 구하시오.



06-07 한 국내 곡물 거래업자는 여러 농부들로부터 50kg의 표준 포대에 담긴 밀을 공급받아 여러 소매점으로 보낸다. 각 농부들로부터 조달 가능한 공급량은 다음 표와 같다.

농부	공급량(포대 수)
FT 1	100
FT 2	150
FT 3	200
FT 4	125
FT 5	145

각 소매점에서의 수요량은 다음과 같다.

소매점	수요량(포대 수)
RT 1	90
RT 2	135
RT 3	170
RT 4	190
RT 5	135

밀 포대는 도킹 시설로 모여 인바운드 트럭에서 아웃바운드 트럭으로 교차 도킹되며, 도킹 시설에는 보관되지 않는다. 밀 포대의 하역 및 적재 작업시간은 인바운드 및 아웃바운드 트럭의 크기에 따라 달라지며, 어떤 트럭은 다른 트럭보다 더 많은 시간이 필요하다. 다음 표는 인바운드 트럭에서 밀 포대를 내리고 아웃바운드 트럭에 이를 적재하는 데 소요되는 작업 시간을 나타낸다.

소매점으로의 아웃바운드 트럭(시간, 분)					
농부로부터의 인바운드 트럭	RT 1	RT 2	RT 3	RT 4	RT 5
FT 1	3	4	4	4	4
FT 2	4	3	4	4	4
FT 3	4	4	3	4	3
FT 4	3	4	4	3	4
FT 5	4	5	4	4	3

컴퓨터를 이용하여 소요되는 총 작업시간을 최소화하는 최적 하역 및 적재 패턴을 구하시오.

06-08 아랍에미레이트의 한 사설 택시회사는 최근 두바이, 아부다비, 샤르자 등 3개 도시의 수요 증가에 대응하기 위해 300대의 택시를 구입했다. 이들 택시 중 100대는 4인승이고, 100대는 7인승이며, 100대는 14인승 미니밴이다.

회사는 각 도시에 필요한 최대 택시 수를 다음과 같이 파악했다.

도시	택시 필요 대수
샤르자	120
아부다비	150
두바이	170

다음 표는 각 도시별로 택시 유형별 일간 이익을 디르함 단위로 나타내고 있다.

택시 유형	샤르자	아부다비	두바이	택시 가용 대수
4인승	1,600	1,800	1,900	100
7인승	2,000	1,400	1,800	100
14인승	3,200	2,800	3,600	100
택시 요구 대수	120	150	170	

이와 더불어, 각 도시는 적어도 20대의 4인승 택시가 필요하다. 이익을 최대화하기 위해 각 도시별로 운행되어야 하는 각 유형별 택시 대수를 구하시오.

06-09 PM Computer Services는 오픈 마켓에서 구입한 부품들을 사용하여 개인용 컴퓨터를 생산한다. 회사는 매월 최대 300대의 개인용 컴퓨터를 생산할 수 있다. PM은 새해 첫 6개월간의 생산 일정을 수립하고자 한다. 1월에 개인용 컴퓨터 한 대를 생산하는 데 드는 비용은 1,200달러가 될 것이다. 그러나 PM은 부품 비용이 매달 하락하여 PC 한 대를 생산하는 전체 비용이 매달 5%씩 감소할 것이라는 것을 알고 있다. 컴퓨터 한 대를 재고로 보유하는 데 소요되는 비용은 한 달에 15달러이다. 다음은 매월 이 회사가 제조하는 컴퓨터에 대한 수요를 나타내고 있다.

월	수요	월	수요
1월	180	4월	210
2월	260	5월	400
3월	340	6월	320

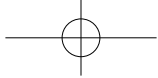
- a. 총 비용을 최소화하는 PM의 생산 일정을 결정하시오.
b. 개인용 컴퓨터에 대한 수요가 매월 다음과 같이 증가했다고 하자.

월	수요	월	수요
1월	410	4월	620
2월	320	5월	430
3월	500	6월	380

PM Computer Services는 매월 300대의 정규 생산 능력 외에 초과 근무를 이용하여 매월 200대의 컴퓨터를 추가로 생산할 수도 있다. 초과 근무를 이용한 생산은 개인용 컴퓨터 한 대의 생산비용을 20% 증가시킨다.

총 비용을 최소화하는 PM의 생산 일정을 결정하시오.

06-10 Orient Express는 의뢰인의 상품을 홍콩, 싱가포르, 대만에 있는 고객에게 운송하는 글로벌 배송 회사이다. Orient Express가 운송하는 모든 상품은 로스앤젤레스, 서버너, 캘버스턴에 각각 하나씩 있는 세 곳의 배송 센터에 보관된다. 다음 달 회사는 로스앤젤레스에 컨테이너 450대 분의 컴퓨터 부품을 보관하고 있고, 서버너에는 컨테이너 600대 분, 캘버스턴에는 컨테이너 350대 분의 컴퓨터 부품을 보관하고 있다. 회사는 홍콩으로부터 컨테이너 600대 분의 주문을 받았고, 싱가포르로부터는 컨테이너 500대 분, 대만으로부터는 컨테이너 500대 분의 주문받아 놓았다. 각각의 미국 항구로부터 각 해외 항구로의 컨테이너당 배송 비용은 다음 표와 같다.



미국 배송 센터	해외 항구(비용/컨테이너)		
	홍콩	싱가포르	대만
로스앤젤레스	300	210	340
서베너	490	520	610
갤버스턴	360	320	500

미국 고객을 위한 해외 중개인으로서 Orient Express는 충족되지 않은 주문에 대해 책임을 지고 있으며, 만약 주문을 충족시키지 못하면 그것은 해외 고객으로부터 엄청난 벌금을 초래한다. 홍콩 고객은 충족되지 않은 수요에 대해 컨테이너당 800달러의 벌금을 부과하고, 싱가포르 고객은 컨테이너당 920달러의 벌금을, 대만 고객은 컨테이너당 1,100달러의 벌금을 부과한다. 배송 비용을 최소화하기 위해 각각의 미국 배송 센터로부터 각 해외 항구로 어떻게 배송해야 하는지 결정하기 위한 수송 모형을 정형화하고 해를 구하시오. 총 비용 중 벌금이 차지하는 비중은 얼마인지 나타내시오.

- 06-11** National Western Railroad의 철도망은 미국 서부 및 중서부 대부분의 지역에 걸쳐 있다. 일간 단위로 회사는 철도망 여러 위치에 있는 빈 화차들을 고객들에게 보내어 그들이 사용할 수 있도록 한다. 때때로 고객의 수요를 충족시키기에 충분한 수의 화차가 없을 때도 있다. 빈 화차를 이동시키는 데 소요되는 수송비용은 다음 표와 같으며, 이는 이동거리와 화차 이동을 처리해야 하는 철도 센터의 수에 직접적으로 연관되어 있다.
- 최소의 총 비용으로 수요를 충족시킬 수 있도록 각각의 철도망 위치로부터 고객에게로 이송되어야 하는 빈 화차의 수를 결정하시오.

화차 위치	고객 위치									공급
	A. 밀워키	B. 오마하	C. 토피카	D. 투손	E. 덴버	F. 위치타	G. 미니애폴리스	H. 멤피스	I. 캔자스시티	
1. 포틀랜드	27	23	23	26	32	29	40	45	23	1,100
2. 프레즈노	31	26	25	22	30	34	47	43	26	720
3. 롱비치	38	31	32	18	35	27	51	48	34	1,450
4. 솔트레이크 시티	28	18	17	24	9	20	32	35	19	980
5. 엘패소	41	27	24	11	18	22	46	30	25	650
6. 휴스턴	38	24	22	16	27	25	41	28	23	1,025
7. 세인트루이스	15	14	10	27	23	12	19	10	9	1,330
8. 시카고	12	13	15	31	26	17	14	15	14	1,275
수요	974	1,225	1,690	710	1,261	663	301	479	1,227	

06-12 World Foods, Inc.는 함부르크, 마르세유, 리버풀의 항구에 있는 창고에서 미국으로 고기, 치즈, 패스트리와 같은 식품을 수입한다. 식품들은 선박을 통해 이들 항구로부터 노퍽, 뉴욕, 서배너로 수송되고, 이곳에 있는 회사의 창고에서 댈러스, 세인트루이스, 시카고에 있는 유통센터로 수송되기 전까지 보관된다. 이후 이 식품들은 전문 식품매장으로 배송된 후 카탈로그 통신 판매로 팔린다. 다음 표에는 유럽 항구에서 미국 도시로의 수송비용(단위 : 달러/1,000파운드)과 유럽 항구들에서 가능한 공급량(단위 : 1,000파운드)이 제시되어 있다.

유럽 항구	미국 도시			공급량
	4. 노퍽	5. 뉴욕	6. 서배너	
1. 함부르크	\$420	\$390	\$610	\$55
2. 마르세유	510	590	470	78
3. 리버풀	450	360	480	37

각 미국 도시의 창고로부터 세 곳의 유통센터로의 수송비용(단위 : 달러/1,000파운드)과 유통센터에서의 수요량(단위 : 1,000파운드)은 다음과 같다.

창고	유통센터		
	7. 댈러스	8. 세인트루이스	9. 시카고
4. 노퍽	\$75	\$63	\$81
5. 뉴욕	125	110	95
6. 서배너	68	82	95
수요량	60	45	50

총 수송비용을 최소화하기 위한 유럽 항구, 창고, 그리고 유통센터 간 최적 수송계획을 구하시오.

06-13 한 컴퓨터 제조업체는 세네갈, 가나, 에티오피아 등 아프리카 3개국의 새로운 시장에 진출할 계획이다. 이 회사는 새로운 시장에 공급할 수 있는 2개의 제조 시설을 중국과 베트남에 보유하고 있다. 물류 문제와 이동 경로 때문에 이집트와 UAE의 두 물류센터로 컴퓨터가 배송된 후 3개국으로 배송될 예정이다. 제조 시설에서 물류 센터로, 그리고 물류 센터에서 수요 국가로의 컴퓨터 운송비용(단위 : 달러)과 함께, 제조 시설의 공급량 및 3개국의 시장 수요량이 다음 표에 요약되어 있다.

제조 시설	물류 센터(비용, 달러)		공급량(1,000대)
	3. 이집트	4. UAE	
1. 중국	24	31	100
2. 베트남	30	25	50

물류 센터	수요 국가(비용, 달러)		
	5. 세네갈	6. 가나	7. 에티오피아
3. 이집트	12	9	12
4. UAE	10	12	10
수요량(1,000대)	50	30	70

제조 시설에서 물류 센터로, 그리고 물류 센터에서 세 나라로의 운송비용을 최소화할 최적의 운송계획을 결정하시오.



06-14 Horizon Computers는 독일, 벨기에, 이탈리아에서 노트북 컴퓨터를 제조한다. 국제 무역 그룹 간의 높은 관세로 인해 반제품을 푸에르토리코, 멕시코, 파나마에 있는 공장으로 수송한 후 그곳에서 완제품을 만들어 텍사스, 버지니아, 오하이오에 있는 미국 유통업체에 최종 배송하는 것이 때때로 더 적은 비용이 소요된다. 노트북 컴퓨터 완제품 제조비용과 관세를 비롯해 유럽 공장에서 미국으로 직접 수송하는 데 소요되는 수송비용을 합한 비용과 수요 및 공급은 다음과 같다.

유럽 공장	미국 유통업체			공급량(1,000대)
	7. 텍사스	8. 버지니아	9. 오하이오	
1. 독일	\$2,600	\$1,900	\$2,300	5.2
2. 벨기에	2,200	2,100	2,600	6.3
3. 이탈리아	1,800	2,200	2,500	4.5
수요량(1,000대)	2.1	3.7	7.8	

다른 대안으로서, 노트북 컴퓨터 반제품을 완제품 제조를 위해 공장으로 수송하고 이를 다시 미국으로 보내는 데 소요되는 비용은 다음과 같다.

유럽 공장	공장		
	4. 푸에르토리코	5. 멕시코	6. 파나마
1. 독일	\$1,400	\$1,200	\$1,100
2. 벨기에	1,600	1,100	900
3. 이탈리아	1,500	1,400	1,200

공장	미국 유통업체		
	7. 텍사스	8. 버지니아	8. 오하이오
4. 푸에르토리코	\$800	\$700	\$900
5. 멕시코	600	800	1,100
6. 파나마	900	700	1,200

최소의 총 비용으로 미국 유통업체의 수요를 충족시킬 수 있는 노트북 컴퓨터 최적 수송계획을 구하시오.

06-15 Blue Mountain Coffee Company는 다양한 자유무역 유기농 특산물 커피 블렌드를 생산하고 이를 도매 고객들에게 판매한다. 회사는 매년 2,500만 파운드의 커피콩을 브라질, 인도네시아, 케냐, 코트디부아르, 과테말라 등에 있는 커피 농장으로부터 수입한다. 커피콩은 이들 국가들로부터 캘버스턴, 뉴올리언스, 서배너, 잭슨빌 등에 위치한 미국 항구로 배송되며, 그곳에서 컨테이너 트럭에 적재되어 버몬트에 있는 회사 공장으로 배송된다. 상기 국가들로부터 미국 항구까지의 배송비용(단위 : 달러/100만 파운드), 각 국가별 재배업자들과 계약한 커피콩 물량(단위 : 100만 파운드), 그리고 각 항구의 처리용량은 다음 표와 같다.

재배업자 국가	미국 항구				공급량
	캘버스턴	뉴올리언스	서배너	잭슨빌	
1. 브라질	\$30,000	\$36,000	\$29,000	\$41,000	6.6
2. 콜롬비아	19,000	23,000	28,000	35,000	3.2
3. 인도네시아	53,000	47,000	45,000	39,000	4.1
4. 케냐	45,000	54,000	48,000	41,000	5.8
5. 코트디부아르	35,000	33,000	27,000	29,000	1.7
6. 과테말라	14,000	17,000	24,000	28,000	3.6
처리능력	7.8	9	8.1	6.7	

각 항구로부터 버몬트에 있는 공장까지의 배송비용(단위 : 달러)은 다음 표와 같다.

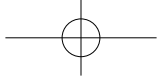
미국 항구	버몬트
7. 캘버스턴	\$61,000
8. 뉴올리언스	55,000
9. 서배너	38,000
10. 잭슨빌	43,000

배송비용을 최소화하도록 재배업자 국가들로부터 버몬트 공장까지의 최적 배송계획을 구하시오.

06-16 한 공장에는 4대의 기계에 4명의 작업자를 배정한다. 각각의 작업자가 각각의 기계에서 한 개의 제품을 생산하는 데 소요되는 시간은 다음 표와 같다.

작업자	기계(분)			
	A	B	C	D
1	10	12	9	11
2	5	10	7	8
3	12	14	13	11
4	8	15	11	9

최적 배정방법을 구하고 최소 총 시간을 계산하시오.



- 06-17** Omega 제약 회사에는 다섯 군데의 판매 지역에 할당하기를 원하는 5명의 외판원이 있다. 외판원들은 이전에 각자 다른 다양한 거래처를 가지고 있었으므로, 그들이 각 지역을 담당하는 데 소요되는 시간은 서로 다르다. 각 외판원이 각 도시를 담당하는 데 요구되는 시간은 다음 표에 나타나 있는 것과 같다.

외판원	지역(일)				
	A	B	C	D	E
1	17	10	15	16	20
2	12	9	16	9	14
3	11	16	14	15	12
4	14	10	10	18	17
5	13	12	9	15	11

총 시간을 최소화하기 위해서는 각 지역에 어떤 외판원이 할당되어야 하는가? 최적의 할당방법을 구하고 최소 총 시간을 계산하시오.

- 06-18** 할당 문제에 관해 다음의 비용 표가 주어졌을 때, 최적의 할당방법을 구하고 최소 총 비용을 계산하시오.

작업자	기계			
	A	B	C	D
1	\$10	\$2	\$8	\$6
2	9	5	11	9
3	12	7	14	14
4	3	1	4	2

- 06-19** Citywide 택시 회사의 배차담당자는 서로 다른 위치에 있는 6대의 택시를 택시 호출을 한 5명의 고객에게 배정해야 한다. 각 택시의 현재 위치에서 각 고객까지의 주행 거리는 다음 표에 나타나 있는 것과 같다.

택시	고객				
	1	2	3	4	5
A	7	2	4	10	7
B	5	1	5	6	6
C	8	7	6	5	5
D	2	5	2	4	5
E	3	3	5	8	4
F	6	2	4	3	4

총 주행 거리를 최소화하는 최적의 할당방법을 구하시오.

06-20 어느 한 대학 학과장은 5명의 강사를 4개의 서로 다른 교과목에 배정하여야 한다. 강사들은 모두 과거에 그 교과목들을 강의한 적이 있고 학생들로부터 평가를 받았다. 각 강의에 대한 각 강사의 평점은 다음 표와 같다(최고 점수는 100).

강사	교과목			
	A	B	C	D
1	80	75	90	85
2	95	90	90	97
3	85	95	88	91
4	93	91	80	84
5	91	92	93	88

학과장은 전체적인 평균 평점을 최대화하기 위해서는 강사들을 어떻게 교과목에 배정하는 것이 최적일지를 알고자 한다. 교과목을 배정받지 못한 강사는 시험 채점에 배정될 것이다.

06-21 Biggio 백화점에서는 홈퍼니싱, 도자기, 가정용 기기, 보석류 등 매장 내 4개 부서에 6명의 종업원을 배치하려고 한다. 6명의 종업원 대부분은 과거 몇몇 상황에서 4개 부서 각각에서 근무한 바가 있었고, 어떤 부서에서 근무하는 경우 다른 부서의 경우보다 더 업무를 잘할 수 있음을 보였다. 6명 종업원 각각이 4개 부서 각각에 근무할 때의 평균 일간 매출은 다음 표와 같다.

종업원	부서 매출			
	홈퍼니싱	도자기	가정용 기기	보석류
1	\$340	\$160	\$610	\$290
2	560	370	520	450
3	270	—	350	420
4	360	220	630	150
5	450	190	570	310
6	280	320	490	360

종업원 3은 이전에 도자기 부서에서는 근무한 바가 없기 때문에 관리자는 이 종업원을 도자기 부서에는 배정하지 않기를 원한다.

각 부서에 어떤 종업원을 배치해야 하는지 결정하고, 기대되는 총 일간 매출액을 계산하시오.



06-22 한 모바일 제조업체는 5가지 유형의 마이크로프로세서를 생산해야 한다. 현재 5개의 작업장이 생산에 이용 가능하다. 각 작업장은 각 유형의 마이크로프로세서를 생산할 수 있지만, 작업장에서 마이크로프로세서 하나를 생산하는 데 소요되는 시간은 사용되는 기술과 기계 작업자의 기량 수준에 따라 달라진다. 각 마이크로프로세서는 하나의 작업장에서만 생산되어야 한다. 서로 다른 작업장에서 각 유형별 마이크로프로세서 하나를 생산하는 데 소요되는 시간(분)은 다음 표와 같다.

마이크로프로세서	작업장 1	작업장 2	작업장 3	작업장 4	작업장 5
유형 1	8	5	7	11	6
유형 2	5	6	6	13	8
유형 3	10	10	12	8	11
유형 4	12	7	9	6	10
유형 5	6	9	7	11	8

마이크로프로세서를 생산하는 데 소요되는 총 시간을 최소화하기 위한 최적 배정 방법을 구하시오.

06-23 캐슬린 테일러는 Roanoke 대학의 신입생이고, 봄 학기에 대한 일정을 수립하고자 한다. 수업 시간은 월요일과 수요일 또는 화요일과 목요일에 1시간 15분 길이로 진행되고, 수업 시간들 사이에는 15분의 간격이 있다. 예를 들어, 8M이라고 표시된 강의는 월요일과 수요일 오전 8시에서 오전 9시 15분에 있고, 월요일과 수요일에 있는 그 다음 수업(9M)은 9시 30분에서 10시 45분까지이다. 그 다음 수업(11M)은 오전 11시부터 오후 12시 15분까지이다. 캐슬린은 다음과 같은 6개의 1학년 수업을 수강하기를 원하는데, 다음 표에는 강의를 담당한 교수와 시간에 기초한 그녀의 선호도 순으로 개설된 수업 분반들이 나열되어 있다.

수업	개설된 수업 분반
수학	11T, 12T, 9T, 11M, 12M, 9M, 8T, 8M
역사	11T, 11M, 14T, 14M, 8T, 8M
영어	9T, 11T, 14T, 11M, 12T, 14M, 12M, 9M
생물학	14T, 11M, 12M, 14M, 9M, 8T, 8M
스페인어	9T, 11M, 12M, 8T
심리학	14T, 11T, 12T, 9T, 14M, 8M

예를 들어, 수학 수업은 8개 분반으로 개설되는데, 캐슬린이 가장 선호하는 것은 11T 분반이고, 그녀의 두 번째 선택은 12T 분반이다.

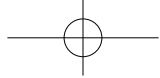
- 캐슬린의 선호도를 가장 근접하게 충족시키는 수강 일정을 구하시오.
- 캐슬린이 매일 오전 11시부터 정오까지를 점심시간으로 비우기 원한다고 했을 때 수강 일정을 구하시오.
- 캐슬린은 모든 수업들이 월요일과 수요일 또는 화요일과 목요일 이틀간 진행되기를 원한다고 가정하자. 각각의 경우에 대한 수강 일정을 결정하고 그녀의 선호도에 어느 것이 가장 근접한지 제시하시오.

06-24 The Hilton Island Tennis Club은 연례 프로 테니스 토너먼트를 개최할 계획이다. 토너먼트 위원회의 일정계획 활동들 중 하나는 주심들을 여러 경기에 배정하는 것이다. 테니스 협회는 주심들을 경험, 일관성, 선수 및 코치 평가에 기초하여 1점(최고)~4점(최저)으로 평가한다. 어느 오후, 12개의 경기가 오후 1시에 시작한다. 15명의 주심이 경기를 관장하는 데 배정될 수 있다. 경기들은 출전하는 선수들의 순위와 강약배치, 단식 또는 복식 여부에 근거하여 정해지는 중요도에 따라 1~12로 순서가 매겨진다. 위원회는 가장 중요도가 높은 경기에 가장 우수한 주심을 배정하고자 한다. 다음 표는 경기의 우선순위와 주심 평가 결과를 나타낸다.

주심	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
평가	3	4	3	1	2	2	3	2	4	4	2	1	4	3	3

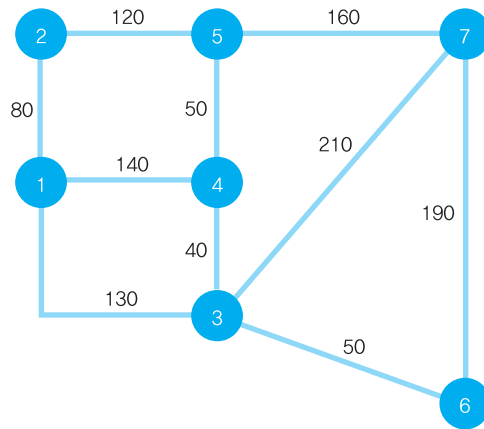
경기	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
우선순위	2	11	6	4	9	10	12	3	1	5	7	8

주심을 경기에 배정하는 최적의 방법을 구하시오.

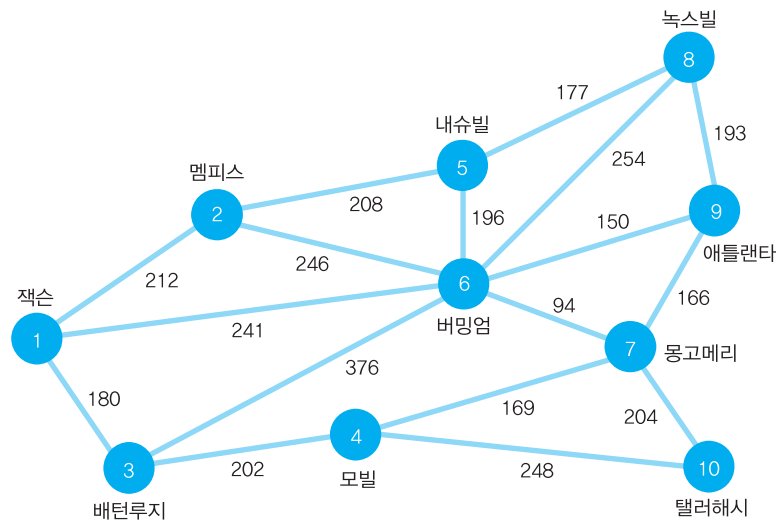


CHAPTER 07 네트워크 흐름 모형
추가 연습문제

07-01 비트코 제조 공장의 엔지니어는 유통/재고 센터를 공장 내의 모든 구역에 연결하는 오버 헤드 컨베이어 시스템을 설계하고 있다. 다음 네트워크는 공장 내에 가능한 컨베이어 경로와 각 분지의 길이(단위 : 피트)를 보여 준다. 마디 1의 유통/재고 센터에서 각각의 공장 내 6개 구역까지의 최단 컨베이어 경로를 구하시오.

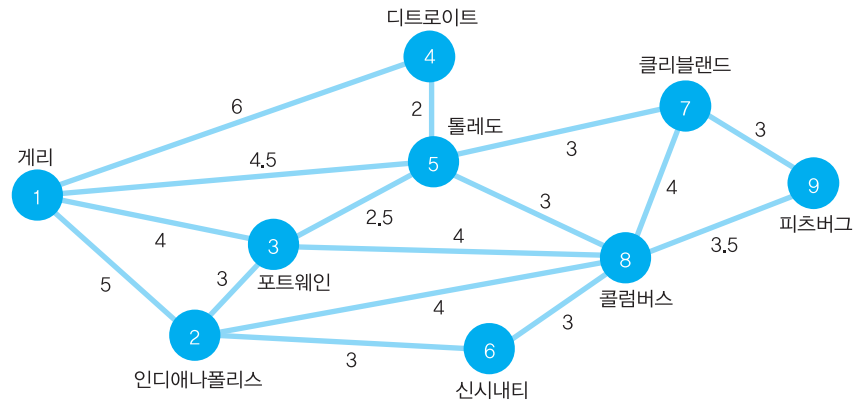


07-02 미시시피 주 잭슨에 위치한 Petroco 가솔린 유통 업체는 남동부 9개 도시의 주유소에 다음 네트워크와 같이 가솔린을 공급한다.



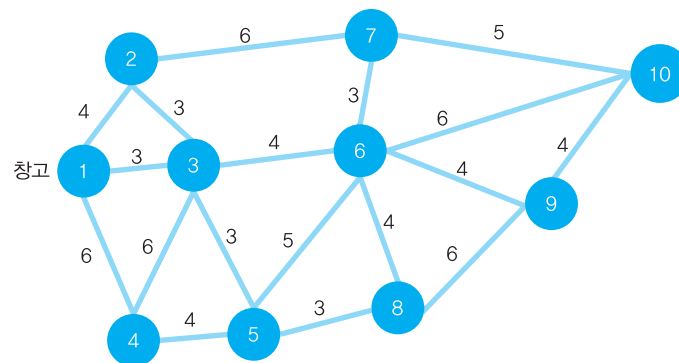
각 분지에는 거리(단위 : 마일)가 표시되어 있다. 잭슨에서 네트워크상의 다른 9개 도시까지의 최단경로를 구하시오.

07-03 인디애나 주 게리에 위치한 제철소는 트럭을 이용하여 8개 중서부 도시의 제조업체들에게 철을 다음 네트워크와 같이 공급한다.



도시 간 이동시간(단위 : 시간)이 각 분지 위에 표시되어 있다. 게리로부터 네트워크의 다른 8개 도시 각각으로 가는 최단경로를 구하시오.

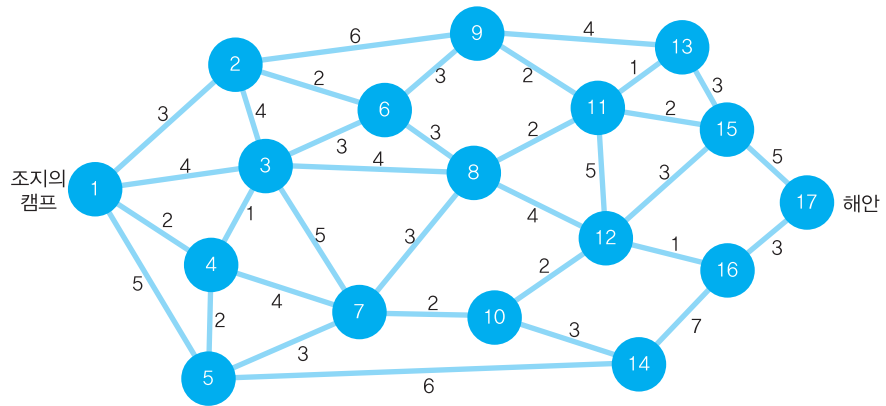
07-04 한 가구 제조업체가 제벨 알리에 있는 창고에서 두바이의 9개 매장에 가구를 공급한다. 다음 다이어그램은 창고와 매장 간의 거리(단위 : 킬로미터)를 보여 준다.



창고에서 9개 매장까지의 최단경로를 구하시오.

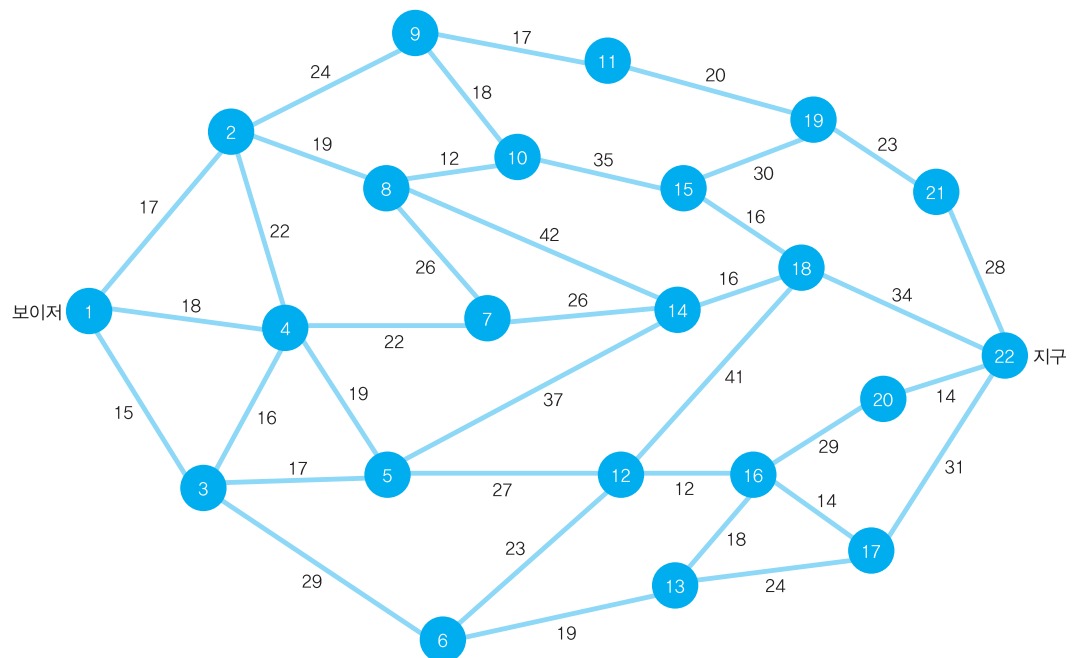


07-05 조지는 깊은 정글에서 캠핑을 마치고 해안과 시가지로 돌아가려고 한다. 정글에서 선택할 수 있는 각 경로에는 적대적인 원주민이나 야생동물, 우거진 숲, 습지, 강, 개울, 뱀, 곤충, 언덕과 같은 장애물이 있어서 시간이 지연된다. 아래의 네트워크는 조지가 선택할 수 있는 경로와 각 분지의 이동시간(단위 : 일)을 보여 준다.



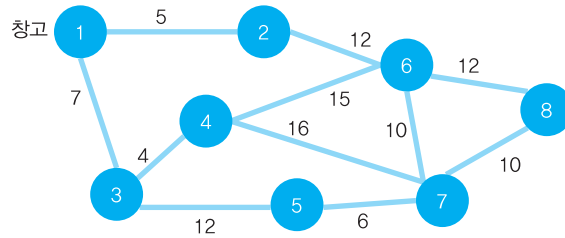
조지가 해변에 이르는 최단경로와 총 시간을 구하시오.

07-06 보이저 우주선은 외계인에 의해 지구로부터 수 광년 떨어진 우주의 델타 사분면으로 추방되었다. 제인 웨이 선장과 승무원들은 지구로 돌아가는 최단경로를 찾고자 한다. 아래 네트워크는 델타 사분면을 통하는 여러 경로를 보여 준다. 다른 세계, 행성계, 우주 이상(space anomaly)은 마디로 표현되어 있고, 마디 사이의 거리(단위 : 년)는 분지 위에 표시되어 있다. 보이저 우주선의 현재 위치(마디 1)에서 지구까지의 최단경로를 구하시오.

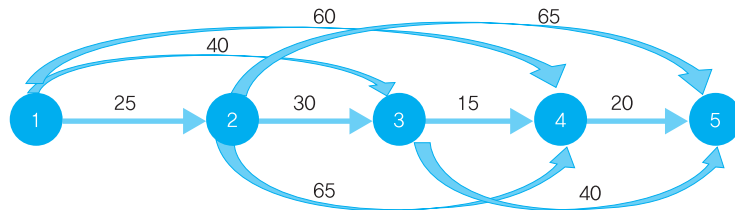


07-07 재해 대응 기관은 중앙 창고(마디 1)에서 7개 지역에 서비스를 제공한다. 최근 폭풍우로 인하여 지역으로 가는 많은 도로가 폐쇄되었다. 아래의 다이어그램에는 운송이 가능한 도로만 그려져 있다. 분지에는 지점 간 이동 시간 정보가 있다. 도로 막힘 및 손상으로 구호 차량을 이용한 배송은 실 거리보다 더 많은 시간이 걸릴 수 있다.

- 각 지역으로 구호물자를 배달하기 위한 최단 시간을 구하시오.
- 7대의 트럭이 각각 다른 지역으로 이동한다면, 차량에 의한 총 이동 시간을 구하시오.

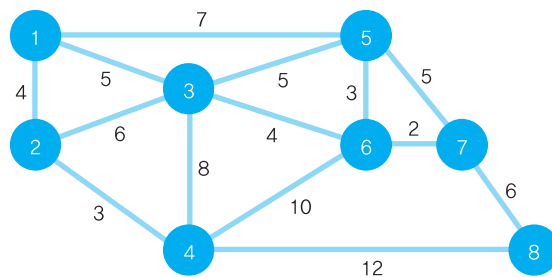


07-08 한 항공사가 여러 대의 비행기를 운영한다. 비행기를 사면, 3년까지 운행이 가능하다. 안전상의 이유로 비행기는 3년이 지나면 교체해야 한다. 항공사는 매년 비행기의 상태를 평가하고, 테스트에 실패한 비행기는 그 해에 교체된다. 교체 비용(단위 : 백만 유로)은 아래 네트워크 다이어그램에 있다. 마디는 한 해의 시작을 나타낸다.

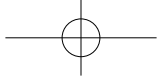


항공사는 4년차 말에 모든 결정을 검토한다. 항공사에 항공기 교체 시기를 제안하시오.

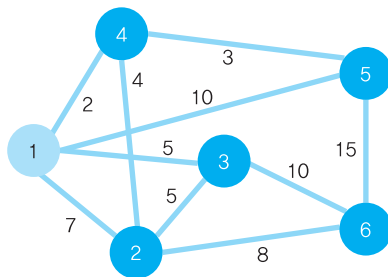
07-09 모의 전투에 참여하는 어느 군대는 그 지휘하에 있는 8개의 캠프를 연결하는 통신 시스템을 구축하고 싶다. 아래의 네트워크는 캠프 간 거리(단위 : 100야드)와 통신 회선 구축이 가능한 경로들을 나타내고 있다.



최소신장나무 해법을 써서 최소의 거리로 8개의 캠프를 모두 연결하는 통신 시스템을 구하시오.

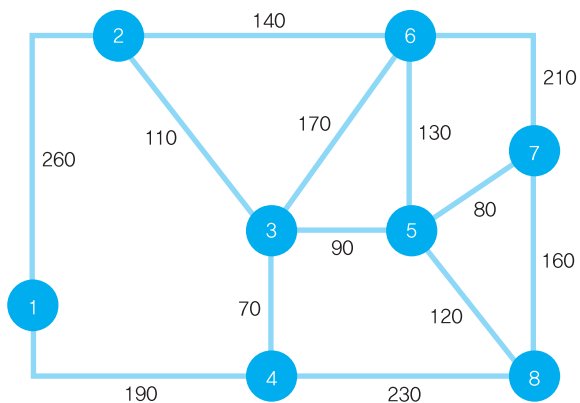


07-10 Etisalat는 고속 지하 케이블을 통해 두바이 거주자에게 e-lift라는 홈 엔터테인먼트 서비스를 제공한다. 다음 네트워크에는 이웃 간의 거리(단위 : 킬로미터)가 표시되어 있다.



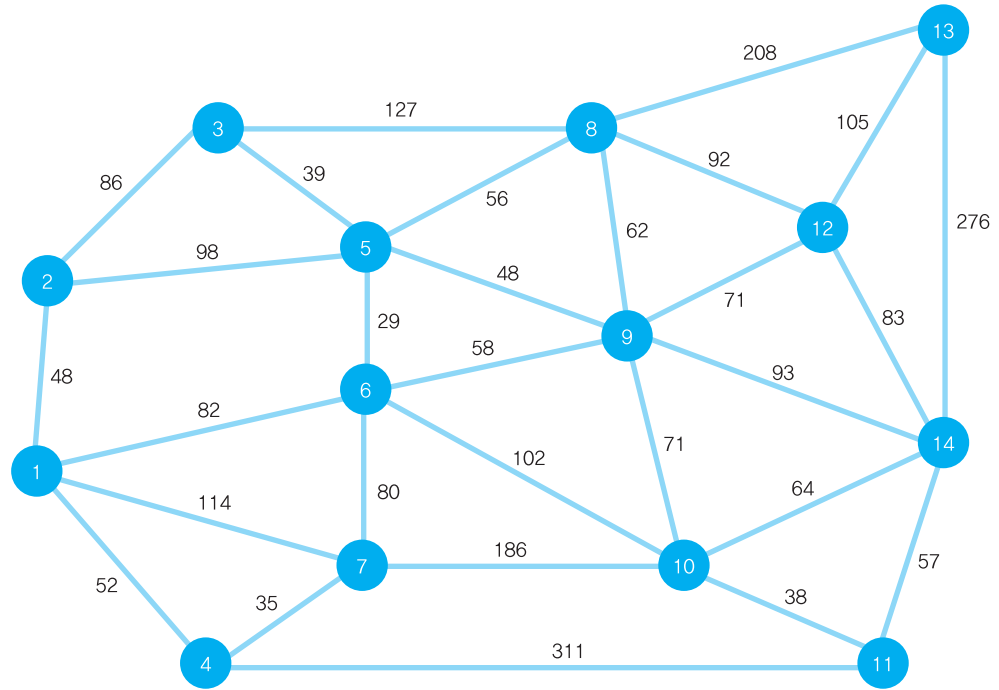
첫 번째 이웃에서 시작하여 5개의 이웃을 모두 연결하는 데 필요한 최적의 케이블 길이를 구하시오. 현재 Etisalat는 첫 번째 이웃에서 근무하고 있다.

07-11 Barrett 방직 공장은 공장을 리모델링하고 새로운 환기 시스템을 설치하고자 한다. 공장 내의 여러 방과 건물을 잇는 가능한 모든 환기 통로와 그 길이(단위 : 피트)가 아래 네트워크에 표시되어 있다.



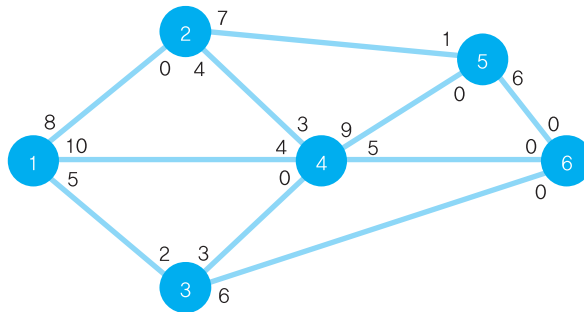
최소 길이의 환기 통로를 이용해서 모든 방과 건물을 잇는 환기 시스템을 개발하고, 환기 시스템의 총 길이를 구하시오.

07-12 어느 대학은 인터넷 서비스를 향상하기 위해 컴퓨터/위성 센터에 있는 서버와 주요 캠퍼스 빌딩을 연결한 통신 네트워크를 구축하려 한다. 몇몇 케이블이 지하에 매설되기는 하지만, 케이블은 주로 기존 전자 터널 내에 둔다. 다음의 네트워크는 마디 1의 컴퓨터 센터와 여러 건물 사이에 가능한 모든 케이블 연결을 표현하고 있고, 각 지점 간의 거리는 피트 단위로 표시되어 있다.



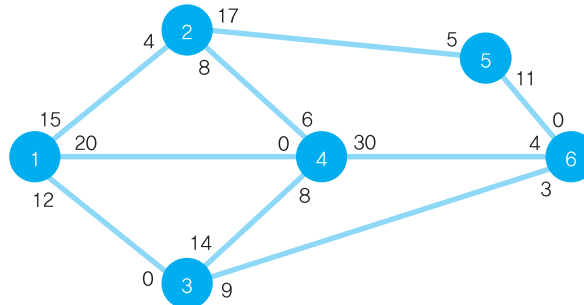
모든 건물을 연결하는 최소신장나무 네트워크를 구하고, 필요한 케이블의 총 길이를 구하시오.

07-13 아래와 같이 각 분지의 용량이 알려진 네트워크가 있을 때, 출발지(마디 1)에서 목적지(마디 6)로 흘려보낼 수 있는 최대유량과 각 분지의 유량을 구하시오.

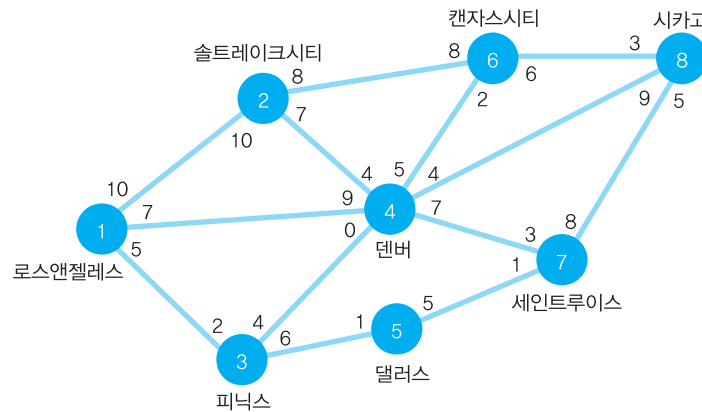




07-14 분지의 용량이 표시된 아래의 네트워크에서, 출발지(마디 1)에서 목적지(마디 6)로 흘러보낼 수 있는 최대유량을 구하고 이때 각 분지의 유량을 구하시오.

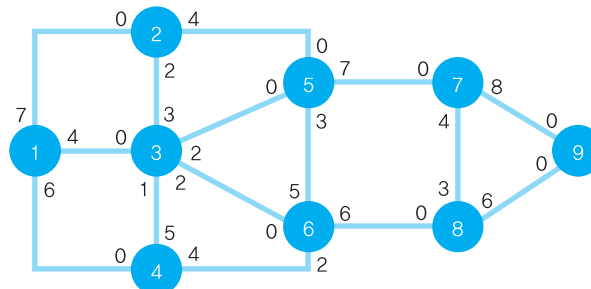


07-15 FAA는 새로운 항공사 옴니에어에 영업권을 부여하고, 로스앤젤레스에서 시카고를 잇는 여러 개의 항공로를 승인하였다. 각 경로 간에 1일 비행 횟수가 아래 네트워크에 표현되어 있다.



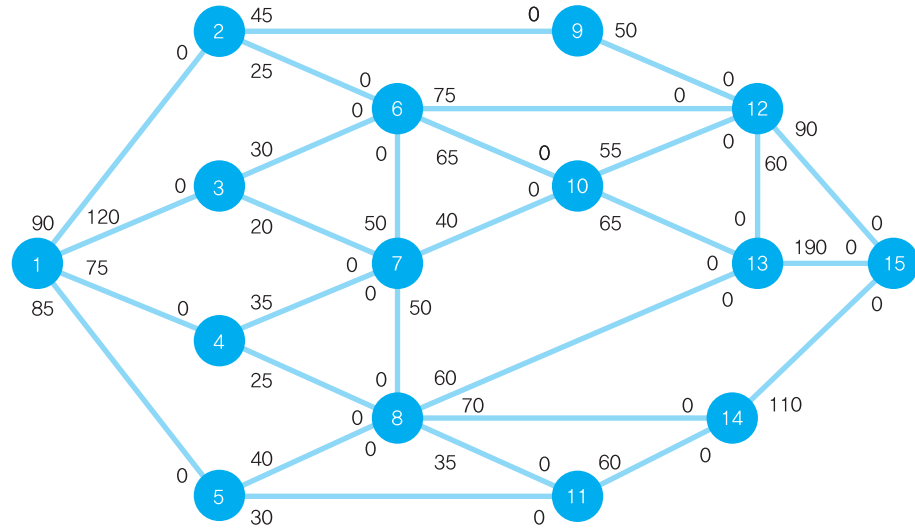
이 항공사가 시카고에서 로스앤젤레스를 잇는 구간에 배치할 수 있는 하루 최대 항공편 수를 구하고, 각 항공로의 항공편 수를 구하시오.

07-16 리치먼드의 교통 관리국에서는 저녁 퇴근 시간 동안 건설 중인 사무실 복합단지로부터 고속도로의 인터체인지에 이르는 도로의 잠재적인 교통 흐름을 분석하려고 한다. 차들은 사무실 복합단지 세 곳의 출구 중 하나를 이용해서 나간 후 도시의 여러 도로를 이용하여 인터체인지에 도착한다. 다음의 네트워크는 사무실 복합단지(마디 1)에서 고속도로 인터체인지(마디 9)로 이어지는 다양한 도로 경로를 나타낸다.



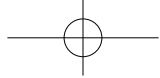
모든 중간 마디는 도로의 교차 지점을 나타낸다. 그리고 각 분지에 표시된 값들은 각 도로의 교통 용량을 나타내고 시간당 1,000대로 표현되어 있다. 저녁 퇴근 시간 동안 교통 흐름의 최댓값을 구하시오.

07-17 제조 회사에서는 매일 공장의 다른 작업장에서 다양한 제품을 생산한다. 아래의 네트워크는 공장의 다양한 작업장을 보여 주고 있으며, 각 작업장의 일간 작업 용량과 재공품의 흐름을 보여 주고 있다.



마디 1은 원자재가 투입되는 지점이고, 마디 15는 포장 및 물류 센터이다. 매일 생산되는 완제품의 최대 개수를 구하고 각 작업장에서 처리되는 제품 개수를 구하시오.

07-18 제6장의 문제 22에서 KanTech Corporation은 전자 부품을 유럽의 항구에서 미국의 항구로 운송한다. 미국의 항구에서는 트럭이나 철로를 통해서 컨테이너를 내륙 항구로 수송하고, 내륙 항구에서는 다시 다른 교통수단을 통해 운송하며, 최종적으로 KanTech의 미국 유통업체로 운송한다. 각 항구의 최대 선적 용량을 이용하여, 각 유통센터의 수요를 충족시키기 위해 항구를 통해 보낼 수 있는 컨테이너의 최대 개수를 결정하는 최대유통 네트워크를 구성해 보시오.

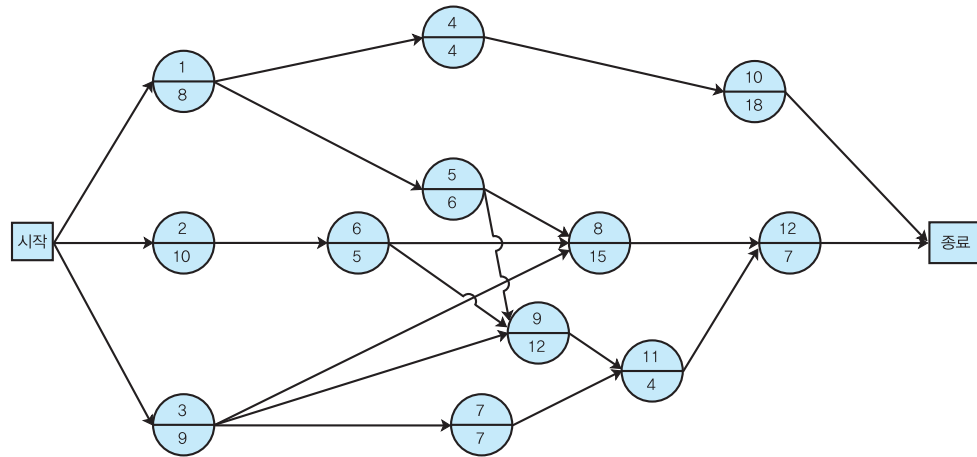


CHAPTER 08 프로젝트 관리 추가 연습문제

08-01 다음 작업들에 대해 간트 차트를 생성하고, 프로젝트 완료 시간과 각 작업의 여유(slack)를 나타내시오.

작업	선행작업	시간(주)
1	—	3
2	—	7
3	1	2
4	2	5
5	2	6
6	4	1
7	5	4

08-02 작업 시간이 월 단위인 다음의 네트워크에서 가장 이른 시간 및 가장 늦은 시간, 그리고 각 작업에 대한 여유를 결정하시오. 프로젝트 지속 기간과 임계경로를 나타내시오.



08-03 농장 소유주는 발전기와 물탱크가 연결된 자동차 정비소를 만들려고 한다. 작업과 작업 설명 및 예상 시간은 다음 표와 같다.

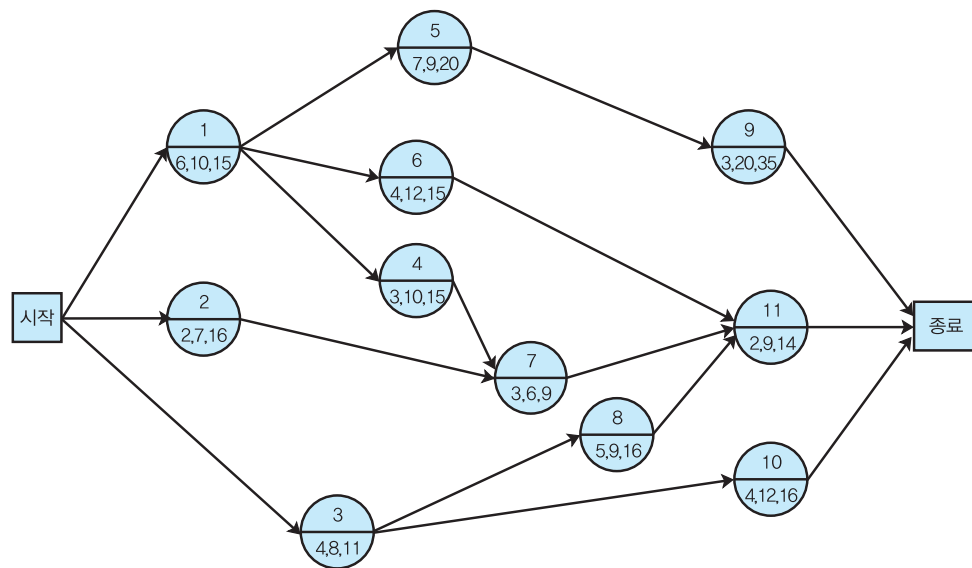
작업	작업 설명	선행 작업	작업시간(주)
a	발굴	—	2
b	건축물 축조	a	6
c	발전기 설치	a	4
d	탱크 설치	a	2
e	장벽용 기기 설치	b	4
f	건축물에 발전기 및 탱크 연결	b, c, d	5
g	페인트 마무리	b	3
h	시설 진단	e, f	2

(작업은 작업 마디 번호가 아닌 작업 설명으로 정의된다. 작업과 선후 작업의 표현을 위한 대안으로는 주로 CPM/PERT가 사용된다.) 이러한 프로젝트에 대한 네트워크를 생성하여 임계경로를 확인하고, 프로젝트 기간을 결정하시오.

08-04 린지 브링턴은 공과대학에서 가을 학기가 시작될 때 캠퍼스 근처의 임대 주택으로 세 친구들과 함께 이사를 한다. 네 명은 각자의 침실을 갖게 되고 그들이 원하는 대로 다시 장식할 수 있다. 린지는 그녀의 방에 벽지를 바르고 새 카펫을 깔고 싶어 하며, 학기가 시작되기 전에 끝내야 하는 작업 및 해당 작업에 소요되는 시간은 다음과 같다. 프로젝트에 대한 네트워크를 생성하여 임계경로를 확인하고, 프로젝트 기간을 결정하시오.

작업	작업 설명	선행 작업	시간 추정치(시간)
a	벽 청소	—	6
b	목조부 닦고 청소	a	4
c	페인트 선택 및 구입	—	6
d	목조부 칠하기(초벌칠)	b, c	5
e	구멍 메우기	a	3
f	벽지 선택 및 구입	b, c	4
g	벽지 바르기	d, e, f	10
h	목조부 칠하기(덧칠)	d	4
i	새 카펫 깔기	g, h	8

08-05 다음의 네트워크와 작업 시간 추정치를 고려하여, 예상 시간 및 각 작업의 편차를 결정하고 임계경로를 나타내시오.





08-06 문제 02의 네트워크에서, 다음과 같이 각 작업에 대한 새로운 시간 추정치를 고려하여 다음의 사항들을 결정하십시오.

작업	시간 추정치(월)		
	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>
1	4	8	12
2	6	10	15
3	2	10	14
4	1	4	13
5	3	6	9
6	3	6	18
7	2	8	12
8	9	15	22
9	5	12	21
10	7	20	25
11	5	6	12
12	3	8	20

- a. 예상 작업 시간
- b. 가장 이른 작업 시간(earliest activity times)
- c. 가장 늦은 작업 시간(latest activity times)
- d. 작업 여유(slack)
- e. 임계경로
- f. 예상 프로젝트 기간 및 편차

08-07 테네시(Tennessee) 주의 내슈빌(Nashville) 부근의 마츠사키 사(Matsusaki Company)는 인근의 넵툰(Neptune) 자동차 제조 공장에 직접 납품하는 자동차 부품 공급업체이다. 경쟁 우위를 확보하고 고객 품질 요구사항을 충족시키기 위해, 마츠사키 사는 ISO 인증을 취득하기 위한 프로젝트를 착수하고자 한다. 국제 ISO 단체와 인증 프로세스의 목적은 불량 예방과 프로세스 변동 및 낭비 감소를 포함하는 지속적인 개선이 가능한 품질 관리 시스템의 개발이다. 프로젝트 관리 팀이 다음의 ISO 인증을 취득하기 위해 필요한 요구 활동 리스트를 개발하였을 때, 이 프로젝트에 대한 네트워크를 생성하고 프로젝트 일정을 결정하십시오. 임계경로를 확인하고 평균 프로젝트 기간과 분산을 결정하십시오. 1년 이내에 인증 프로젝트를 완료할 가능성은 얼마인가? 18개월 이내인 경우의 확률은 얼마인가?

작업	작업 설명	선행 작업	시간 추정치(주)		
			<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>
a	회사 대책 위원회 임명	—	1	2	3
b	타당성 계획의 개발	a	2	3	4
c	제3자 담당자 및 회계감사관 선정	b	1	2	3
d	품질 매뉴얼, 절차, 설명서 개발	b	10	14	20

(계속)

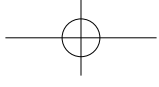
작업	작업 설명	선행 작업	시간 추정치(주)		
			a	m	b
e	전체 직원 대상 품질 시스템 교육훈련	b	4	7	10
f	회사 품질 관리자 및 내부 공장 회계감사관 외부교육	b	4	7	10
g	불량 프로세스 식별을 위한 SPC 차트 사용을 포함하여 ISO 9001 표준을 취득하기 위한 공장 준비 및 구성	e	18	24	32
h	외부 회계감사관과 ISO 출원서류 준비; 담당자 제출 일정 설정	c	4	6	10
i	공장 내부 회계감사	d, f, h, g	10	12	16
j	프로세스 향상에 필요한 교정 작업	i	8	12	20
k	외부 감사인 방문 및 회계 감사	j	1	2	3
l	회계 감사 보고서 기반의 교정 작업 계획 개선 및 실행	k	2	4	5
m	후속 조치 방문 및 재감사	l	1	2	4
n	담당부서에 ISO 인증에 대한 감사인 권고	m	1	2	2

08-08 문제 06의 CPM/PERT 네트워크에서, 네트워크 기간이 50개월을 초과할 확률을 결정하십시오.

08-09 제인과 짐 스미스는 금요일 저녁 7시에 저녁 만찬을 하려고 한다. 그들의 아이들인 제리와 주디는 그들의 준비를 돕고자 한다. 스미스 가족은 직장과 학교에서, 오후 4시에 모두 집으로 갈 것이며, 제인과 짐은 저녁 준비 일정을 계획하기 위한 프로젝트 네트워크를 만들었다. 프로젝트에 포함된 활동, 선후관계, 활동시간 리스트는 다음과 같다.

작업	작업 설명	선행 작업	시간 추정치(분)		
			a	m	b
a	샐러드 준비	—	18	25	31
b	에피타이저 준비	—	15	23	30
c	먼지 털기/청소	—	25	40	56
d	진공청소기로 청소	c	20	30	45
e	디저트 준비	a, b	12	21	30
f	테이블 준비	d	10	17	25
g	가게에서 얼음 가져오기	f	5	12	18
h	고기 준비/시작	e	10	20	25
i	야채 손질 및 준비	e	9	15	22
j	짐 샤워 및 옷 입기	g	8	10	15
k	제인 샤워 및 옷 입기	h, i, j	20	27	40
l	와인/물병 마개 따기	h, i, j	6	10	15
m	빵 준비	k, l	4	7	10
n	접시 준비 및 놓기	k, l	10	14	20

(계속)



작업	작업 설명	선행 작업	시간 추정치(분)		
			<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>
o	고기 자르기	k, l	7	15	20
p	야채 접시 데우기	k, l	3	4	6
q	에피타이저 놓기	m	4	6	7
r	샴페인 따르기	o	5	8	10

프로젝트 네트워크를 만들고, 가장 이른 및 늦은 시작 시간과 종료 시간, 활동 여유, 임계경로를 결정하시오. 저녁 7시까지 준비할 확률을 계산하시오.

08-10 1927년 5월 21일, 찰스 린드버그는 그의 유명한 대서양 횡단 단독 비행을 완료하고 파리의 르 부르제 비행장(Le Bourget Field)에 착륙했다. 그의 비행 준비 기간은 매우 정신없이 바빴으며, 그 당시 다른 여러 유명한 비행기 조종사들 또한 대서양 횡단 비행을 계획하고 있었기 때문에 시간이 매우 중요하였다. 라이언 항공(Ryan Aircraft)이 스피릿 오브 세인트루이스 호(Spirit of St. Louis)를 만들었을 때, 비행기를 만들고 뉴욕으로 이륙하는 데 단지 2.5개월 정도만이 걸렸다. 만약 찰스 린드버그가 CPM/PERT을 이용 가능했다면, 이러한 프로젝트를 계획하는데 틀림없이 도움이 되었을 것이다. 상상력을 발휘하여 비행을 위해 다음과 같은 추정 작업 시간을 가진 CPM/PERT 네트워크를 만들었다고 가정하자.

작업	시간 추정치(일)		
	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>
1	1	3	5
2	4	6	10
3	20	35	50
4	4	7	12
5	2	3	5
6	8	12	25
7	10	16	21
8	5	9	15
9	1	2	2
10	6	8	14
11	5	8	12
12	5	10	15
13	4	7	10
14	5	7	12
15	5	9	20
16	1	3	7

평균 프로젝트 기간 및 분산과 프로젝트를 67일 내에 완료할 확률을 결정하시오.

08-11 PM 컴퓨터는 컴퓨터 장비 및 소프트웨어의 국제적 제조회사이다. 이 회사는 내년에 다수의 신 제품을 출시하려고 하며, 제품 소개를 포함한 마케팅 프로그램을 만들려고 한다. 마케팅 프로그램에는 회사가 직접 배부할 인쇄물 준비와 회사의 마케팅 인력과 판매점 및 대리점의 활용을 포함하며, 정기 간행물의 출력이나 업계 저널 및 신문과 TV 광고 방송 등을 포함한다. 또한 프로그램에는 마케팅 인력과 판매점 및 대리점을 대상으로 한 새로운 제품과 관련된 광범위한 교육훈련을 포함한다. 마케팅 부서와 제조부문의 구성원으로 이루어진 프로젝트 관리 팀은 마케팅 프로그램을 만들기 위한 활동들을 다음 표와 같이 만들었다. 이 프로젝트에 대한 네트워크를 생성하고 활동 시간을 결정하시오. 임계경로를 식별하고 평균 프로젝트 기간 및 분산을 결정하시오. 프로그램이 4개월 이내에 완료될 확률은 얼마나 되는가?

작업	작업 설명	선행 작업	시간 추정치(주)		
			<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>
a	예산안 및 계획 승인	—	10	15	20
b	교육훈련을 위한 마케팅 인력 선정	—	5	9	12
c	종합적인 미디어 계획 개발	a	15	25	30
d	별도의 미디어 계획 준비	c	12	20	25
e	교육훈련 계획 개발	c	5	8	12
f	교육훈련 코스 설계	e	6	14	20
g	마케팅 인력 교육훈련	b, f	16	20	25
h	대행사를 이용한 TV 광고 계획	d	15	25	35
i	기업 내 인쇄물 초안	d	8	15	20
j	대행사를 이용한 광고 레이아웃 출력	d	16	23	30
k	광고 레이아웃 출력 검토	j	4	9	12
l	TV 광고 검토	h	3	7	12
m	기업 내부 인쇄물 검토 및 출력	i	3	5	7
n	인쇄 매체용 광고 공개	g, i, k	2	4	8
o	네트워크용 TV 광고 공개	l	4	7	10
p	최종 마케팅 인력 검토	g, i, k	4	5	9
q	미디어 광고 실행, 발송	m, n, o	15	20	30



08-12레이크랜드-버링 항공기 제작회사(Lakeland-Bering Aircraft Company)는 국방부에 제출하기 위한 X-300J 전투기라는 새로운 군용기의 계약 제안을 준비하고 있다. 제안서의 일부는 최초 전투기의 완성을 위한 개발 및 생산 일정으로 되어 있다. 프로젝트는 엔진 디자인과 개발, 기체(예를 들어, 전투기 동체)의 개발 및 생산, 전투기 항공전자기기(예를 들어, 전자기기, 장비, 전투기 작동 및 제어에 사용되는 다른 장치)의 설계 및 개발이라는 3개의 주요 카테고리 구성되어 있다. 프로젝트 작업 및 시간 추정치(단위 : 월)는 다음 표와 같다. 프로젝트 네트워크를 생성하고, 임계경로, 평균 프로젝트 기간 및 분산을 결정하시오. 8년 이내에 프로젝트가 완료될 확률은 얼마나 되는가?

작업	작업 설명	선행 작업	시간 추정치(월)		
			a	m	b
1	일반 설계	—	5	10	22
2	엔진 설계	—	20	33	57
3	기체 설계	1	6	17	33
4	항공전자기기 설계	1	2	8	20
5	테스트 엔진 개발	2	7	10	12
6	테스트 기체 개발	3	8	11	18
7	임시 항공전자기기 개발	4	7	15	28
8	엔진 개발	2	19	24	41
9	테스트 기체 조립	5, 6, 7	4	6	10
10	항공전자기기 테스트	4	5	10	16
11	엔진/기체 시험비행 실시	9	5	9	12
12	항공전자기기 시험비행 실시	10	5	9	24
13	엔진 생산	8	11	14	15
14	기체 생산	11	12	15	20
15	항공전자기기 생산	11, 12	14	16	25
16	최종 조립/완료	13, 14, 15	2	3	5

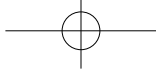
08-13 3월 셋째 주에 폭풍을 동반한 극심한 뇌우가 몰아치는 동안, 로어노크(Roanoke)의 푸어 마운틴(Poor Mountain) 위에 있는 공중파 라디오 방송국 WVPR의 전파탑이 무너졌다. 이는 그 지역 방송국의 신호 강도를 매우 떨어뜨렸다. 방송국의 경영진은 새로운 탑을 건설하기 위한 계획을 즉각적으로 시작하였다. 새로운 탑을 건설하기 위해 요구되는 작업들과 일 단위의 낙관 추정 시간(a), 통상 추정 시간(m), 비관 추정 시간(b)은 다음 표와 같으나, 작업의 순서는 지정되지 않았다. 신중하게 판단하여, 이러한 프로젝트에 대한 CPM/PERT 네트워크를 생성하고 평균 프로젝트 완료시간을 결정하라. 또한 방송국 신호가 3개월 이내에 붕괴 전의 원래 상태로 돌아갈 확률을 결정하시오.

작업	작업 설명	시간 추정치(일)		
		a	m	b
a	잔해 제거	5	8	12
b	새로운 탑 설치 부지 조사	3	6	8
c	구조용 강재 조달	15	21	30
d	전기/방송용 장비 조달	18	32	40
e	탑 설치 부지 평평하게 고르기	4	7	10
f	기반 콘크리트 타설 및 고정	10	18	22
g	철강 배송 및 하차	3	5	9
h	전기/방송용 장치 배송 및 하차	1	2	4
i	탑 건설	25	35	50
j	탑과 건물 간에 전기 케이블 연결	4	6	10
k	폭우 배수장치 및 타일 수공	10	15	21
l	탑 설치 부지 메우기 및 고르기	4	7	9
m	청소	3	6	10
n	검사 승인 취득	1	4	7

08-14 다음 표는 프로젝트 네트워크를 만드는 데 필요한 정보화 프로젝트 공정 압축 데이터를 제공하고 있다.

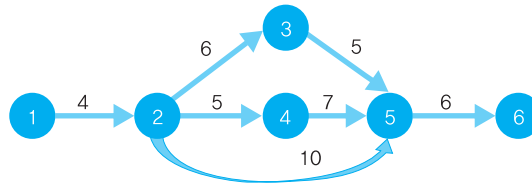
작업	(i, j)	선행 작업	작업 시간(주)		작업 비용(달러)	
			정상	공정 압축	정상	공정 압축
a	(1, 2)	—	20	8	1,000	1,480
b	(1, 4)	—	24	20	1,200	1,400
c	(1, 3)	—	14	7	700	1,190
d	(2, 4)	a	10	6	500	820
e	(3, 4)	c	11	5	550	730

- a. 프로젝트 네트워크를 생성하시오.
- b. 작업당 전체 허용 공정 압축 시간과 각 작업의 주당 공정 압축 비용을 계산하시오.
- c. 네트워크의 최대 가능 공정 압축 시간을 결정하고 수작업으로 최대한 네트워크를 공정 압축하시오.



- d. 정상 프로젝트 비용과 공정 압축된 프로젝트의 비용을 계산하시오.
- e. 이 네트워크에 대한 일반 선형계획법 모형을 세우고 풀이하시오.
- f. 최대한으로 네트워크를 공정 압축할 수 있는 선형계획법 공정 압축 모형을 수립하고 풀이하시오.

08-15 프로젝트의 6개의 활동은 아래 다이어그램의 분지(arc)이다. 분지 위의 값은 활동이 며칠 동안 지속되는지를 나타낸다.

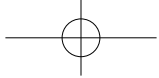


- a. 이 네트워크에 대한 일반 선형계획법 모형을 수립하시오.
- b. 컴퓨터를 사용하여 임계지속기간(critical duration)을 찾으시오.

08-16 이 장의 끝에 있는 AOA 네트워크에서의 예시 문제를 재구성해보자. 통상 추정 시간(m)은 정상 활동시간이며, 낙관 추정 시간(a)은 활동 공정 압축 시간이라 가정하라. 추가적으로 활동은 다음의 정상 및 공정 압축 비용을 따른다고 가정하라.

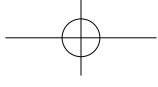
작업	(i, j)	비용(달러) (정상 비용, 공정 압축 비용)
1	(1, 2)	(100, 400)
2	(1, 3)	(250, 400)
3	(2, 3)	(400, 800)
4	(2, 4)	(200, 400)
5	(3, 4)	(150, 300)
6	(3, 5)	(100, 100)
7	(4, 5)	(300, 500)

- a. 통상 추정 시간(m)을 사용하여 이 프로젝트 네트워크에 대한 일반 선형계획법 모형을 세우시오.
- b. 최대한으로 네트워크를 공정 압축할 수 있는 선형계획법 공정 압축 모형을 세우시오.
- c. 컴퓨터를 사용하여 이러한 모형을 푸시오.



08-17 다음 표는 문제 02의 네트워크 프로젝트에 대한 공정 압축 데이터를 제공하고 있다. 컴퓨터를 사용하여, 네트워크를 32주로 공정 압축하시오. 첫 번째 임계경로 작업들과 네트워크 공정 압축 비용을 나타내시오.

작업	작업 시간(월)		작업 비용(천 달러)	
	정상	공정 압축	정상	공정 압축
1	8	5	700	1,200
2	10	9	1,600	2,000
3	9	7	900	1,500
4	4	2	500	700
5	6	3	500	900
6	5	4	500	800
7	7	5	700	1,000
8	15	12	1,400	2,000
9	12	10	1,800	2,300
10	18	14	1,400	3,200
11	4	3	500	800
12	7	6	800	1,400



CHAPTER 09 대기권 의사결정법 추가 연습문제

09-01 중서부의 어느 농장주는 1,000에이커의 토지를 소유하고 있으며 여기에 옥수수, 밀, 콩을 재배할 생각이다. 옥수수 1에이커를 재배하면 준비에 100달러가 소요되고, 7인-일(worker-days)의 노동시간이 필요하며, 30달러의 이익이 생긴다. 밀 1에이커 재배 시에는 120달러의 비용이 소요되고, 10인-일의 노동시간이 필요하며, 40달러의 이익이 발생한다. 콩 1에이커 재배 시에는 70달러의 비용이 소요되고, 8인-일의 노동시간이 필요하며, 20달러의 이익이 발생한다. 이 농장주는 농작물 재배 준비를 위해 8만 달러의 대출을 받았고 6,000인-일의 노동시간을 제공받기로 노조와 계약했다. 중서부 곡물 저장소는 200에이커의 옥수수, 400에이커의 밀, 그리고 300에이커의 콩을 구매하기로 합의했다. 농장주는 목표들을 설정하였고, 목표들을 중요도 순으로 나열하면 다음과 같다.

- (1) 노조와 좋은 관계를 유지하기 위해 노동 계약은 반드시 지켜져야 한다. 즉, 계약된 6,000인-일의 노동시간이 모두 사용되어야 한다.
 - (2) 추가 대출이 보장되지 않으므로 준비 비용이 현재의 대출 금액을 초과해서는 안 된다.
 - (3) 건전한 재무상태를 유지하기 위해 농장주는 최소 10만 5,000달러의 이익을 희망한다.
 - (4) 노동시간 추가를 위한 계약은 피해야 한다.
 - (5) 가능한 한 많은 에이커를 경작하고 싶다.
 - (6) 곡물 저장소와 합의된 구매량을 충족하고 싶다. 그러나 이 목표는 각 농작물의 이익에 따라 가중 평가되어야 한다.
- a. 목표들을 가장 잘 달성할 수 있도록 각 농작물의 경작 면적을 결정하는 문제를 목표계획법 모형으로 정형화하시오.
- b. 컴퓨터를 이용하여 이 모형을 푸시오.

09-02 Barrett 방직 공장은 직업안전건강협회(OSHA)의 조사원으로부터 조사를 받고 있다. 조사원들은 유해 물질, 화재 예방, 수공구, 기계 보호 등 4개의 범주에 해당하는 위반 사항을 발견해냈다. 공장은 각 범주별로 기준을 100% 완벽히 충족하지 못하고 있는 것으로 드러났다. 각 범주별로 준수 수준을 1% 제고하면, 사고의 빈도를 낮추고 근로자당 사고비용을 낮추며, OSHA의 기준에 대한 충족 수준을 높인다. 그러나 기준을 준수하는 것은 공장에 비용을 초래한다. 아래 표는 사고 빈도와 사고 1건당 비용의 감소와 같은 이득, 각 범주의 권고 사항 준수로 인해 초래되는 비용이 나타나 있다.

구분	사고 빈도 감소 (사고/10 ⁵ 노출 시간)	근로자당 사고비용 절감(달러)	비용/권고 준수를 (달러)
위험물질	0.18	1.21	135
화재예방	0.11	0.48	87
수공구	0.17	0.54	58
기계보호	0.21	1.04	160

네 가지 범주에 대해 기준을 100% 준수하기 위해, 공장은 위험 물질에 대한 준수율을 60% 포인트 더 올려야 하고(즉, 지금 40%의 준수율을 보이고 있다), 화재 예방은 28% 포인트, 수공구는 35% 포인트, 기계 보호는 17% 포인트를 더 올려야 한다. 그러나 경영진은 딜레마에 봉착해 있는데, 단지 5만 2,000달러만이 안전을 위해 사용 가능하다. 이보다 많은 예산의 소비는 공장을 재정적인 위험에 빠뜨릴 수 있다. 이에 따라 경영진은 주어진 예산 범위 내에서 사고 수준의 감소와 준수를 향상을 달성함으로써 OSHA 당국을 만족시켜 처벌을 임시적으로 늦추기를 희망하고 있다. 따라서 경영진은 4개의 목표를 설정하였고 중요도 순서로 배열하면 다음과 같다.

- (1) 예산 제약조건인 5만 2,000달러를 초과하지 않아야 한다.
- (2) 각 범주에 대하여 기준을 100% 준수하도록 필요한 만큼 준수율을 향상시켜야 한다.
- (3) 총 사고 빈도를 20사고/10⁵ 노출시간만큼 낮춘다. (이 목표는 비록 모든 범주에 대해서 100%의 준수가 이루어지지 않더라도 경영진이 사고 빈도를 낮추려고 하는 의도를 가지고 있음을 보여준다.)
- (4) 근로자당 사고비용을 115달러만큼 줄인다.
 - a. 목표를 만족시키기 위하여 각 범주별로 향상시켜야 할 준수율 개선 비율(percentage points)을 결정하는 문제를 목표계획법 모형으로 정형화하시오.
 - b. 컴퓨터를 이용해서 모형을 푸시오.

09-03 다음의 목표계획법 모형을 그래프와 컴퓨터를 이용해서 푸시오.

$$\text{minimize } P_1d_1^- + P_1d_1^+, P_2d_2^-, P_3d_3^-, 3P_4d_2^+ + 5P_4d_3^+$$

subject to

$$x_1 + x_2 + d_1^- - d_1^+ = 800$$

$$5x_1 + d_2^- - d_2^+ = 2,500$$

$$3x_2 + d_3^- - d_3^+ = 1,400$$

$$x_i, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

09-04 Wearever Carpet 회사는 털 카펫과 장식 카펫 두 종류의 카펫을 생산하며, 카펫 1단위는 100 야드이다. 1단위의 털 카펫과 장식 카펫을 생산하는 데 각각 8시간, 6시간이 소요된다. 이 회사는 다음과 같은 생산 목표를 가지고 있으며 우선순위가 높은 순서로 나열하면 다음과 같다.

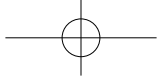
- (1) 생산 용량인 480시간 미만으로 공장을 가동하는 일은 없어야 한다.
- (2) 털 카펫 40단위, 장식 카펫 50단위인 제품 수요를 충족해야 한다. 털 카펫의 수요 충족이 장식 카펫의 수요 충족보다 5 대 2의 비율로 더 중요하다.
- (3) 초과 근무시간은 20시간 이내여야 한다.
 - a. 이 회사의 목표들을 가장 잘 충족하기 위해 털 카펫과 장식 카펫의 생산량을 결정하는 문제를 목표계획법 모형으로 정형화하시오.
 - b. 컴퓨터를 이용하여 모형을 푸시오.

09-05 어느 기업은 제품 A와 B를 생산하고 싶다. 자원으로는 기계 작업 시간, 원재료, 조립 시간 등 세 가지가 사용되며 다음과 같다.

	제품 A	제품 B	가용량
원재료(기준단위)	4	3	90
기계 작업 시간	2	4	60
조립 시간(시간)	2	3	70
판매가격(유로)	75	100	

이 기업은 다음 목표를 충족하고 싶다.

- (1) 최소한 1,900유로 이상의 매출을 달성하고 싶다.
- (2) 제품 A를 최소한 1,400유로 이상 판매하고 싶다.
- (3) 제품 B를 최소한 600유로 이상 판매하고 싶다.
 - a. 이 문제를 목표계획법 모형으로 정형화하시오.
 - b. 컴퓨터를 이용하여 모형을 푸시오.



09-06 Eaststate 제조 회사는 원석을 이용해서 4종류의 비행기 부품을 만들어 여러 항공기 제조사에 납품한다. 제조 공정은 인장, 조립, 마감, 포장의 4개의 작업을 포함한다. 한 단위당 작업 시간과 연간 가용 시간이 아래에 나타나 있다.

작업	단위당 작업 시간				연간 총 시간
	1	2	3	4	
인장	0.06	0.17	0.10	0.14	700
조립	0.18	0.20	—	0.14	700
마감	0.07	0.20	0.08	0.12	800
포장	0.09	0.12	0.07	0.15	600

각 부품당 필요한 원석의 양과 추정되는 연간 수요, 각 부품당 이익이 아래에 나타나 있다.

부품	원석의 양(제곱피트)	추정되는 연간 수요	수익(달러)
1	2.6	2,600	90
2	1.4	1,800	100
3	2.5	4,100	80
4	3.2	1,200	120

이 회사는 매월 1만 5,000평방피트의 원석을 배달받는다. 이 회사의 목표들을 중요도 순서대로 나열하면 다음과 같다.

- (1) 이익을 낮추는 요인이 되는 초과 근무를 피한다.
 - (2) 부품의 수요를 맞춘다.
 - (3) 매년 이익을 70만 달러 이상 달성한다.
 - (4) 자재의 추가 구매를 피한다.
- a. 회사의 목표를 달성하기 위해 각 자재를 얼마나 생산해야 하는지 결정하는 문제를 목표계획법 모형으로 정형화하시오.
 - b. 컴퓨터를 이용하여 모형을 푸시오.
 - c. (1)번과 (2)번 목표의 우선순위가 바뀐다면 최적해는 어떻게 달라지는가?

09-07 Infocomp 시스템 연구소는 의료 산업을 위한 컴퓨터 시스템을 개발하고 소프트웨어를 연구 개발하는 회사이다. 연구소는 현재 8개의 제안을 접수해 놓은 상태이다. 제안된 각 프로젝트는 한정된 자원을 필요로 하며, 모든 프로젝트를 수행하는 것은 불가능하다. 아래 표는 개발 예산과 연구 인력의 수, 그리고 성공적으로 개발되어 도입될 경우에 예상되는 연간 매출이 명시되어 있다.

프로젝트	개발 예산 (100만 달러)	연구원 수	예상 연간 수익 (100만 달러)
1	\$0.675	6	\$0.82
2	1.050	5	1.75
3	0.725	7	1.60
4	0.430	8	1.90
5	1.240	10	0.93

(계속)

프로젝트	개발 예산 (100만 달러)	연구원 수	예상 연간 수익 (100만 달러)
6	0.890	6	1.70
7	1.620	7	1.30
8	1.200	6	1.80

이 연구소는 어떤 프로젝트를 수행할지 선택하기 위해서 중요도 순으로 다음과 같은 목표를 수립하였다.

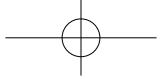
- (1) 연구소는 총 개발 예산을 500만 달러로 제한하려고 한다.
 - (2) 연구소의 가능한 연구 인력은 27명이고, 추가로 연구 인력을 고용하는 일은 피하려고 한다.
 - (3) 연구소는 프로젝트를 통해서 연간 매출 650만 달러 이상을 기대한다.
 - (4) 1, 3, 4, 6번 프로젝트는 신제품에 관련되어 있기 때문에 공격적이라고 여겨지고 2, 5, 7, 8번 프로젝트는 기존 제품의 향상을 목표로 하기 때문에 방어적이라고 여겨진다. 연구소에서는 각 종류별 프로젝트에 대해서 최소한 2개씩은 수행하려고 한다.
 - (5) 2, 3, 5, 6, 7번 프로젝트는 위험한 프로젝트로 분류되고 있으며, 회사는 이들 프로젝트 중에서 3개 이상의 프로젝트를 선택하고 싶지 않다.
 - (6) 연구소의 소유주는 경영진에 의해서 결정된 목표에 벗어나지 않는다면 가급적이면 5번과 6번 프로젝트가 수행되기를 원한다.
- a. Infocomp 시스템 연구소에서 목표 달성을 위해 어떤 프로젝트를 선택해야 하는지 결정하는 문제를 목표계획법 모형으로 정형화하시오.
- b. 컴퓨터를 이용하여 모형을 푸시오(모형에서 각 변수는 0-1 정수값을 가져야 한다는 것에 주의하라).

09-08 해외에 거주 중인 어느 인도인이 귀국한 후 거주할 아파트를 인디아에 구매하고 싶다. 의사결정을 위해 기후, 기반시설, 재판매 가치, 서비스 등 네 가지 요인을 고려하고 있다. 그의 친구는 뱅갈로, 뭄바이, 뉴델리 등 세 도시를 추천하였다. 뱅갈로는 IT 관련 기업이 많고 기후도 온화하다. 반면 뭄바이는 바다가 있고 국제선 접근성이 좋다. 뉴델리는 인디아의 수도이며 여름에는 덥고 겨울에는 춥다. 조사를 해 본 결과 다음과 같은 쌍대비교 행렬을 만들었다.

	기후(A)	기반시설(B)	재판매 가치(C)	서비스(D)
기후(A)	1	4	6	2
기반시설(B)	1/4	1	1/3	1/3
재판매 가치(C)	1/6	3	1	1/2
서비스(D)	1/2	3	2	1

- a. 고려하는 요인들 간 우선순위를 결정하시오.
- b. 쌍대비교 행렬의 일관성을 확인하시오.

09-09 알렉스 월은 새로 사륜 자동차를 구매하려고 하고, 현재 익스플로러, 트루퍼, 패스포트 등 세 개 모형을 염두에 두고 있다. 그녀는 <컨슈머 다이제스트>의 평가와 각 자동차의 외양과 가격을 기준으로 결정하려고 한다. 알렉스의 각 자동차에 대한 쌍대비교 행렬과 기준에 대한 선호도가 아래에 나타나 있다.



〈컨슈머 다이제스트〉 순위			
자동차	익스플로러	트루퍼	패스포트
익스플로러	1	4	3
트루퍼	1/4	1	1/2
패스포트	1/3	2	1

가격			
자동차	익스플로러	트루퍼	패스포트
익스플로러	1	1/4	1/6
트루퍼	4	1	2
패스포트	6	1/2	1

외양			
자동차	익스플로러	트루퍼	패스포트
익스플로러	1	4	3
트루퍼	1/4	1	1/2
패스포트	1/3	2	1

AHP를 이용해서 알렉스가 어떤 차를 구매해야 하는지 결정하시오.

09-10 캐롤 래타는 LA에 호텔들을 방문하여 그녀가 대표로 있는 경영대학 교수협의회 행사 개최 장소를 선정하려고 한다. 체라톤, 밀턴, 해리엇 등 세 개 호텔 중에 하나를 선정하려 한다. 캐롤이 선택 시 사용할 기준으로는 분위기, 위치(안전과 명소/식당까지의 거리), 그리고 비용이다. 선호도를 반영하여 캐롤이 만든 각 기준별 쌍대비교 행렬과 기준들에 대한 쌍대비교 행렬은 다음과 같다.

분위기			
호텔	체라톤	밀턴	해리엇
체라톤	1	1/2	1/5
밀턴	2	1	1/3
해리엇	5	3	1

위치			
호텔	체라톤	밀턴	해리엇
체라톤	1	5	3
밀턴	1/5	1	1/4
해리엇	1/3	4	1

비용			
호텔	체라톤	밀턴	해리엇
체라톤	1	2	5
밀턴	1/2	1	2
해리엇	1/5	1/2	1

기준	분위기	위치	비용
분위기	1	2	4
위치	1/2	1	3
비용	1/4	1/3	1

캐롤이 어디에서 행사를 개최할지 선택하는 것을 도와주기 위해 AHP를 이용하여 세 호텔의 순위를 정하시오.

09-11 휘트니 이글스턴은 Tech 대학의 학생들을 위한 데이팅 서비스를 운영한다. 휘트니는 고객들의 데이트 상대를 찾는 데 AHP를 이용한다. 휘트니는 크리스의 상대로 로빈, 테리 또는 켈리를 고려 중이다. 외모 호감도, 지적 능력, 성격 등 세 가지 기준에 따라 고객을 평가한다. 크리스로 하여금 기준들에 대한 쌍대비교를 수행하게 하였고 그 결과는 다음과 같다.

기준	호감도	지적 능력	성격
호감도	1	1	3
지적 능력	1	1	2
성격	1/3	1/2	1

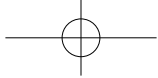
휘트니 자신은 자료와 개인 면담을 기초로 로빈, 테리, 그리고 켈리에 대한 쌍대비교를 수행하였다.

고객	호감도		
	로빈	테리	켈리
로빈	1	3	5
테리	1/3	1	2
켈리	1/5	1/2	1

고객	지적 능력		
	로빈	테리	켈리
로빈	1	2	1/2
테리	1/2	1	1/4
켈리	2	4	1

고객	성격		
	로빈	테리	켈리
로빈	1	2	1/3
테리	1/2	1	1/2
켈리	3	2	1

휘트니의 AHP 분석에 따르면 크리스의 가장 좋은 짝은 누구인가?



09-12 레이크 교수는 MBA 과정 2학년 학생들 중에서 새 조교를 뽑을 예정이다. 그는 학생들의 평균 성적인 GPA와 입학시험인 GMAT 점수, 그리고 전공 학위를 고려하여 결정을 내릴 것이다. 레이크 교수는 다음과 같은 쌍대비교 행렬을 만들었다.

기준	GPA	GMAT	전공 학위
GPA	1	5	1/3
GMAT	1/5	1	1/6
전공 학위	3	6	1

아드리안, 본, 코레이 이 세 학생에 대한 자료는 다음과 같다.

학생	GPA	GMAT	전공 학위
아드리안	3.6	260	경영
본	3.8	670	영어
코레이	3.0	610	공학

AHP를 사용하여 레이크 교수가 어떤 조교를 뽑을 것인지 결정하시오.

09-13 Tech 대학의 경영과학/정보기술 전공 학생들은 의사결정지원시스템(DSS), 운영관리(OM) 두 가지 세부전공 중 하나를 선택한다. 학생 상담 직원들은 학생들과 함께 어떤 세부전공을 선택해야 하는지를 결정하기 위해 AHP를 사용한다. 학생 상담 직원들이 사용하는 기준으로는 학생의 적성/흥미, 세부전공의 교수진, 취업 가능성이 있다. 상담 직원의 도움을 받아 어느 전공 학생은 다음과 같은 쌍대비교 행렬을 만들었다.

세부전공	적성	
	DSS	OM
DSS	1	3
OM	1/3	1

세부전공	교수진	
	DSS	OM
DSS	1	1/5
OM	5	1

세부전공	취업	
	DSS	OM
DSS	1	4
OM	1/4	1

기준	적성	교수진	취업
적성	1	1/2	1/4
교수진	2	1	1/3
취업	4	3	1

그 학생은 어느 세부전공을 선택해야 하는가?

09-14 블랙스버그 마을은 좀 더 크고 현대적인 중학교가 필요하다. 현재 중학교는 마을 중심부에 있고 이미 40년 된 낡은 중학교이다. 새 학교를 설립하기 위한 두 가지 제안이 있다. 하나는 현재 시설의 위치를 바꾸지 않고 개조하고 확장하는 것이고 다른 하나는 새로운 학교를 마을 바깥쪽에 짓는 것이다. 이 두 가지 제안에 대해 마을 사람들의 의견 차이가 매우 심하다. 한쪽 주민들은 공동체 의식을 만들어 주는 기존의 오래된 학교의 전통을 이어 가고 싶어 하지만, 다른 쪽 주민들은 이 학교를 낡아빠지고 비생산적이며 주변에 술집이 많아 학생들에게 부정적인 영향을 끼친다고 생각한다. 마을의 학교위원회는 재정적인 측면을 고려해 결정을 내려야만 한다. 학교위원회는 지역 대학의 몇몇 경영과학 교수들에게 자문을 구해 AHP를 통해 의사결정을 내리려 한다. 위원회는 4개의 집단을 정의하고 그 집단으로부터 중학교 교사들, 재학생 및 졸업생, 그리고 마을 의회에 대한 선호도를 고려하여 데이터를 추출하고자 한다. 경영과학 교수들은 각 그룹들에 대하여 다음과 같은 쌍대비교 행렬을 만들었다.

제안	사친회	
	개조	신축
개조	1	1/3
신축	3	1

제안	교사	
	개조	신축
개조	1	1/9
신축	9	1

제안	학생	
	개조	신축
개조	1	2
신축	1/2	1

제안	마을 의회	
	개조	신축
개조	1	5
신축	1/5	1

그룹들 간 쌍대비교 행렬은 다음과 같다.

집단	사친회	교사	학생	마을 의회
사친회	1	5	2	1/4
교사	1/5	1	1/4	1/7
학생	1/2	4	1	1/5
마을 의회	4	7	5	1

- a. 경영과학 교수들이 행한 AHP 분석을 바탕으로 하면, 학교위원회는 어떤 결정을 내려야 하는가?
- b. 학교위원회의 기준들 간 쌍대비교 행렬의 일관성을 확인해 보시오.

09-15 Federated Health Care 회사는 Tech 대학의 교수진과 직원들에게 의료보험 서비스를 제공하기로 계약하였다. 35마일 내 지역에 3개의 대형 병원(카운티, 메모리얼, 제너럴)이 위치하고 있고, 이 병원들은 충분한 응급실을 가지고 있다. Federated는 이 중 한 병원을 선택하여 Tech 대학의 응급 환자들을 위한 서비스 제공 기관으로 지정하고 싶다. 이 회사의 선택 기준은 환자들의 설문 응답으로 결정되는 의료 서비스의 질, 응급실까지의 거리, 응급실의 의료 서비스 속도, 그리고 비용이다. 다음은 네 가지 기준별 응급실 간 쌍대비교 행렬과 기준 자체에 대한 쌍대비교 행렬이다.

병원	의료 서비스		
	카운티	메모리얼	제너럴
카운티	1	1/6	1/3
메모리얼	6	1	3
제너럴	3	1/3	1

병원	거리		
	카운티	메모리얼	제너럴
카운티	1	7	4
메모리얼	1/7	1	2
제너럴	1/4	1/2	1

병원	대처 속도		
	카운티	메모리얼	제너럴
카운티	1	1/2	3
메모리얼	2	1	4
제너럴	1/3	1/4	1

병원	비용		
	카운티	메모리얼	제너럴
카운티	1	6	4
메모리얼	1/6	1	1/2
제너럴	1/4	2	1

AHP를 이용하여 Federated Health Care 회사가 선택해야 할 병원은 어떤 것인지 결정하시오.

기준	의료 서비스	거리	대처 속도	비용
의료 서비스	1	8	6	3
거리	1/8	1	1/2	1/6
대처 속도	1/6	2	1	1/4
비용	1/3	6	4	1

09-16 Tech 대학 경영과학과의 교수 위원회는 경영학 전공 학생들의 필수과목인 경영과학 입문 강좌에 사용할 세 종류의 교재를 평가하려 한다. 교재는 저자 이름으로 구별하는데 Adams/Jones, Barnes, 그리고 Cook/Smith 등 세 종류의 책이 있다. 위원회의 선정 기준에는 주제의 범위, 가독성, 비용, 그리고 가용한 보조자료 등이 있다. 네 가지 기준별로 교재를 쌍대비교한 결과, 그리고 기준들에 대한 쌍대비교 결과는 다음과 같다.

교재	범위		
	A	B	C
A	1	1/5	1/4
B	5	1	3
C	4	1/3	1

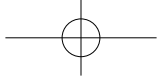
교재	가독성		
	A	B	C
A	1	2	3
B	1/2	1	3
C	1/3	1/3	1

교재	비용		
	A	B	C
A	1	1/2	1/5
B	2	1	1/3
C	5	3	1

교재	보조자료		
	A	B	C
A	1	4	7
B	1/4	1	3
C	1/7	1/3	1

기준	범위	가독성	비용	보조자료
범위	1	1/2	1/4	2
가독성	2	1	1/3	5
비용	4	3	1	3
보조자료	1/2	1/5	1/3	1

AHP를 이용하여 이 위원회에서 어떤 교재를 선정해야 하는지를 결정하시오. 기준들 간의 쌍대비교 행렬의 일관성을 확인하시오.



09-17 어느 주립대학은 경영과학과의 교수를 채용하기 위해 3명의 지원자(A, B, C)에 대한 면접을 실시하였다. 이 대학은 학력, 경력, 평판 등 세 가지 기준에 의해 가장 적합한 후보를 선발한다. 채용 위원회는 다음과 같은 쌍대비교 행렬을 만들었다.

기준	기준		
	학력	경력	평판
학력	1	2	1/3
경력	1/2	1	1/4
평판	3	4	1

지원자	학력		
	A	B	C
A	1	3	1/2
B	1/3	1	1/4
C	2	4	1

지원자	경력		
	A	B	C
A	1	2	2
B	1/2	1	1
C	1/2	1	1

지원자	평판		
	A	B	C
A	1	1	8
B	1	1	7
C	1/8	1/7	1

세 지원자의 순위를 결정하시오.

09-18 문제 17의 쌍대비교 행렬의 일관성을 확인하시오.

09-19 Arsenal 전자는 12억 달러의 반도체 공장을 건설하려고 중서부의 네 마을을 건설 후보지로 선정하였다. 이에 대한 의사결정 기준과 각 마을에 대한 선호도는 다음과 같다.

결정 기준	가중치	건설 후보지			
		Abbeton	Bayside	Cane Creek	Dunnville
노동 의식	0.18	80	90	70	75
생활 수준	0.16	75	85	95	90
노동법/노동조합	0.12	90	90	60	70
기반 시설	0.10	60	50	60	70

(계속)

결정 기준	가중치	건설 후보지			
		Abbeton	Bayside	Cane Creek	Dunnville
교육	0.08	80	90	85	95
노동 숙련도/교육	0.07	75	65	70	80
생활비	0.06	70	80	85	75
세금	0.05	65	70	55	60
인센티브	0.05	90	95	70	80
정부 규제	0.03	40	50	65	55
환경 규제	0.03	65	60	70	80
교통	0.03	90	80	95	80
부지 공간	0.02	90	95	90	90
도시 근접성	0.02	60	90	70	80

평점모형을 개발하고 어떤 마을에 건설해야 할지 결정하시오.

09-20 올스타 스쿨의 축구 선수인 켈리 윌리엄스는 다섯 군데의 대학으로부터 입학 장학금을 제의받았다. 그녀는 결정을 내리기 위해 고민하고 있으며, 평점모형을 이용하여 서로 다른 제의들을 분석하려고 한다. 아래는 그녀가 생각하는 중요한 기준에 대한 가중치와 기준에 대해 각 학교가 얼마나 만족스러운지 점수를 매긴 것이다.

의사결정 기준	가중치	대학교				
		테크	주립	A&M	센트럴	웨스턴
경기 출전 시간	0.29	61	52	93	83	77
코치	0.20	87	92	66	55	80
소속 지부	0.17	42	57	80	92	63
학교 명성	0.13	98	72	65	81	83
프로그램	0.08	78	82	59	62	75
학위과정/전공	0.08	72	80	75	93	89
장학금 액수	0.05	93	88	75	82	74

켈리의 의사결정을 도울 수 있도록 점수에 따라서 대학의 순위를 매기시오.

09-21 워싱턴에서 새로운 직장을 얻은 로빈 딜런은 콘도미니엄을 하나 구매하려고 한다. 현재 그녀는 친구들과 직장 동료들로부터 그녀가 선택할 만한 다섯 군데의 콘도미니엄 목록을 골라 놓은 상태이다. 다음 표는 로빈이 의사결정을 위해서 사용할 기준들과 그것들의 가중치, 그리고 각 기준들에 대해서 대안의 점수를 나타낸 것이다.

결정 기준	가중치	콘도미니엄 목록				
		Fairfax Forest	Dupont Gardens	Tysons Terrace	Alexandria Commons	Manassas Farms
구입 가격	.30	92	85	75	62	79
이웃 위치	.18	76	63	95	90	80

(계속)



결정 기준	가중치	콘도미니엄 목록				
		Fairfax Forest	Dupont Gardens	Tysons Terrace	Alexandria Commons	Manassas Farms
도시와의 거리	.12	78	75	76	85	60
쇼핑	.10	65	80	98	92	75
안전성	.10	75	78	90	95	83
오락성	.05	96	90	82	81	93
출퇴근 거리	.05	85	67	95	75	65
콘도의 평면도	.05	80	78	86	92	90
크기	.05	65	60	92	89	70

평점모형을 이용해서 로빈이 어떤 콘도미니엄을 구매해야 할지를 결정하시오.

09-22 공격적인 확장 계획의 일환으로 StraTrack Coffee는 세 개의 새로운 소매점을 개점할 계획이다. 미래의 수익성을 나타내는 중요한 지표라고 생각되는 위치 요인들과 각 요인들에 대한 후보지의 점수는 다음 표와 같다.

후보지	위치 요인				
	상업시설 밀집도	쇼핑 시설 밀집도	교통 혼잡도	보행자 통행량	토지 및 건설 비용
1	75	81	55	75	63
2	62	56	83	67	82
3	73	45	71	70	74
4	81	69	77	65	66
5	77	86	75	65	82
6	64	75	65	80	91
7	89	86	67	73	67
8	91	90	64	80	65
9	56	64	77	69	82
10	66	68	81	72	87
11	67	81	75	66	85
12	83	73	77	70	90

각자 위치 요인들의 가중치를 정하고 이에 따라 신규 소매점 위치로 가장 적합한 세 곳을 추천하시오.

09-23 지역에 있는 패스트푸드 식당(예로, 맥도날드, 버거킹, 웬디스, 도미노스, 또는 지역 식당) 네 곳을 선택하시오. 그리고 의사결정 기준, 가중치, 점수 등을 포함하는 평점모형을 적용하여 패스트푸드 식당의 순위를 결정하시오.

- 10-01** Burger Doodle 레스토랑 주인은 드라이브 스루 판매대를 개설하는 것과 아침 식사를 판매하는 것, 이렇게 두 가지 사업 확장 계획을 고려하고 있다. 이들 사업의 확장으로 발생하는 이윤 증가는 경쟁업소가 시내에 프렌차이즈 레스토랑을 개업할지의 여부에 달려 있다. 경쟁업소가 취할 행동으로 말미암은 미래의 경쟁적 혹은 비경쟁적 상황에서 Burger Doodle 레스토랑이 사업 확장으로 얻을 수 있는 이윤(단위 : 달러)이 다음 성과표에 요약되어 있다.

의사결정	경쟁업소	
	개업	개업하지 않음
드라이브 스루	-6,000	20,000
아침 식사 판매	4,000	8,000

다음의 의사결정 기준을 이용하여 최선의 결정을 선택하시오.

- a. maximax 의사결정 기준
b. maximin 의사결정 기준

- 10-02** 경영대 학생인 Brooke Bentley는 다음 학기에 I, II, III 중 어떤 경영과학 수업을 들을 것인지를 결정하려 한다. Steamboat Fulton, Death Ray, Sadistic Scott은 경영과학을 가르치는 세 명의 교수이다. Brooke는 누가 어떤 수업을 가르칠지는 잘 모른다. Brooke는 각 수업에서 누가 가르치는가에 따라 아래의 성과표와 같이 다른 학점들을 기대할 수 있다.

수업	교수		
	Fulton	Ray	Scott
I	B	D	D
II	C	B	F
III	F	A	C

다음의 의사결정 기준을 이용하여 최선의 결정을 선택하시오.

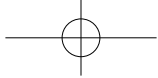
- a. maximax 의사결정 기준
b. maximin 의사결정 기준

- 10-03** 어느 회사는 원료의 계획을 적절히 세우고 주문하기 위해서 내년에 자사의 세 가지 제품 중 어느 것을 생산할지 결정해야 한다. 각 제품 한 단위를 생산하는 데 드는 단위 비용은 노동조합이 마련한 새 노동 계약이 통과될지 혹은 부결될지에 달려 있다. 노동 계약의 두 가지 결과가 결 혹은 부결에 따른 각 제품 생산의 단위 비용(단위 : 달러)은 다음의 성과표에 나타나 있다.

제품	노동 계약	
	가결	부결
1	7.50	6.00
2	4.00	7.00
3	6.50	3.00

다음의 의사결정 기준을 이용하여 어느 제품을 생산할지 결정하시오.

- a. minimin 기준
b. minimax 기준



- 10-04** 올랜도에 사는 어느 부동산 투자자가 모텔, 레스토랑, 그리고 극장 이렇게 세 가지 투자 대안을 검토하고 있다. 모텔이나 레스토랑으로부터의 이윤은 가솔린 이용 가능량-부족, 안정적 공급, 잉여-과 관광객 수에 영향을 받는다. 극장 이윤은 어느 상황에서든 비교적 안정적인 편이다. 다음의 성과표는 각 투자로부터 발생하는 이윤 혹은 손실(단위 : 달러)을 보여 준다.

의사결정	가솔린 이용 가능량		
	부족	안정	잉여
모텔	-8,000	15,000	20,000
레스토랑	2,000	8,000	6,000
극장	6,000	6,000	5,000

다음의 의사결정 기준을 이용하여 최선의 투자 대안을 결정하시오.

- a. maximax 기준
- b. maximin 기준
- c. minimax 기회손실 기준
- d. 후르비츠 기준($\alpha = .4$)
- e. 등확률 기준

- 10-05** 어느 투자자가 두 가지 투자 대안, 주식과 채권을 놓고 결정을 내려야 하는 상황에 놓여 있다. 미래의 두 가지 경제 상황하에서 각 투자 대안의 수익 금액(단위 : 달러)이 다음 성과표에 요약되어 있다.

투자 대안	경제 상황	
	좋음	나쁨
주식	10,000	-4,000
채권	7,000	2,000

투자자가 주식과 채권의 투자 선택에 있어서 무차별한 태도를 취하도록 만드는 각 경제 상황의 확률은 얼마인가?

- 10-06** Steak and Chop 정육점은 그 지역 육류 도매점에서 스테이크용 고기를 구입한다. 이 정육점은 매주 월요일 도매점에서 파운드당 2.00달러에 고기를 구입한 후 파운드당 3.00달러의 가격으로 판매한다. 남은 고기는 매 주말 그 지역 동물원에 파운드당 0.50달러의 가격으로 전량 판매한다. 스테이크용 고기의 가능한 수요량(단위 : 파운드)과 각각의 확률이 다음 표에 나타나 있다.

수요	확률
20	.10
21	.20
22	.30
23	.30
24	.10
	1.00

이 정육점은 1주일에 얼마의 고기를 주문할지 결정해야 한다. 이 의사결정 상황을 위한 성과표를 작성하고 기댓값을 사용해서 주문할 고기의 양을 결정하시오.

10-07 Blue Sox 야구팀은 새로운 선발투수와 계약하기 위해 겨울 동안 자유계약 시장에 뛰어들고 있다. 그들은 5명의 유망주를 고려하고 있다. 모두 20대 중반이고 약 5년간 메이저 리그에서 활동하였고 상대적으로 성공적이었다. 이 팀의 매니저는 이 투수들에 대하여 고등학교 이후 경기기록 및 스카우트 기록 등으로부터 많은 정보를 수집하였다. 결과적으로 부상이 상대적으로 없는 경우, 정상수준, 많은 경우의 세 가지 상황에 대하여 각 투수가 향후 10년 동안 얼마나 많이 이길 수 있을지에 대한 다음과 같은 표를 만들었다.

투수	신체 상황		
	부상 없음	정상수준	부상 많음
호세 디아즈	153	122	76
제리 데이몬	173	135	46
프랭크 톰슨	133	115	88
데릭 로드리게스	105	101	95
켄 그리핀	127	98	75

다음의 의사결정 기준들을 사용하여 계약할 최선의 투수를 결정하시오.

- maximax 기준
- maximin 기준
- 등확률 기준
- 후르비츠 기준($\alpha = .35$)

10-08 First American Bank의 경영진은 정전이나 화재와 같은 재난 발생 시 회사가 입게 될 잠재적 손실을 우려하였다. 이 은행은 그와 같은 재난 발생 시 고객 관계 및 서비스 중단 등으로 입을 손실은 1억 달러 정도가 될 것으로 추정하였다. 이러한 사태 방지를 위해 이 회사가 현재 검토 중인 프로젝트는 영업 본부에 비상 발전기를 설치하는 방안이다. 비상 발전기의 비용은 80만 달러이고 만약 이 발전기가 설치된다면 비상 사태 시 전혀 손실을 입지 않게 된다고 한다. 그러나 만약 발전기를 설치하지 않는다면 내년에 10%의 확률로 정전이 발생할 수 있다. 만일 정전이 발생한다면 .05의 확률로 대단히 큰 손실을 입을 수 있는데 대략 8,000만 달러의 손실이 예상된다. 반면에 .95의 확률로는 100만 달러 내외의 경미한 손실을 입을 것으로 추정된다. 의사결정나무 분석을 사용하여 이 은행이 새 발전기를 설치해야 하는지 결정하시오.

10-09 Tech는 주립대학과 시즌의 마지막 컨퍼런스 게임을 하고 있다. Tech는 주립대학을 21 대 14로 지고 있는데, 경기 종료 7초를 남기고 터치다운을 한다. 여전히 21 대 20으로 지고 있는 상황으로, 이때 Tech는 2점을 노려 승리할 수 있고, 1점을 노려 연장으로 갈 수 있다. 만약 Tech가 승리한다면, 720만 달러를 상금으로 받고 Sugar Bowl로 갈 수 있다. 그러나 진다면, 1백70만 달러를 상금으로 받고 Gator Bowl로 갈 수 있다. 만약 Tech가 2점을 노린다면, 성공하여 이길 확률이 33%가 된다(실패하여 질 확률은 67%이다). 만약 1점을 노린다면, 0.98의 승률이 있고 0.02의 동점확률이 있다. 만약 비긴다면, 연장전에 들어가게 되고, 피로로 인해 승률은 20%로 예상하고 있다.

- 의사결정나무를 사용하여 1점을 노릴 것인지 2점을 노릴 것인지를 결정하시오.
- 1점을 노리든지, 2점을 노리든지 차이가 나지 않게 되는 연장전 승률은 얼마인가?



10-10 Tech는 다음과 같은 세 종류의 의료 보험 상품을 마련하고 교수와 직원들이 선택하도록 하였다.

- 보험 1 : 월 비용 32달러, 공제금 500달러, 보험 가입자가 연간 첫 500달러의 의료 비용 부담, 보험 회사가 나머지 비용의 90% 부담
- 보험 2 : 월 비용 5달러, 공제금 1,200달러, 보험 가입자가 연간 첫 1만 2,000달러를 부담한 후 보험 회사가 나머지 비용의 90% 부담
- 보험 3 : 월 비용 24달러, 공제금 없음, 보험 가입자가 모든 비용의 30% 부담, 보험 회사가 나머지 비용 부담

경영학과 사무 보조인 트레이시 맥코이는 자신의 의료비용(단위 : 달러)이 다음의 확률분포를 따라 연간 발생한다고 추정한다.

연간 의료비용	확률
100	.15
500	.30
1,500	.35
3,000	.10
5,000	.05
10,000	.05

트레이시가 어느 의료 보험 상품을 선택할지 결정하십시오.

10-11 엘리 대니얼스는 20만 달러를 가지고 있고, 투자를 위해 글로벌 펀드, 지수 펀드, 인터넷 주식 펀드의 세 가지 뮤추얼 펀드를 고려하고 있다. 투자자의 첫 1년 동안, 엘리는 시장상황이 좋아질 확률이 .70, 나빠질 확률이 .30으로 예상하고 있다. 다음은 시장상황에 따른 20만 달러에 대한 1년 후의 수익(단위 : 달러)이다.

펀드	시장상황	
	좋음	나쁨
글로벌	25,000	-8,000
인덱스	35,000	5,000
인터넷	60,000	-35,000

1년 후에 엘리는 전액에 수익금을 합쳐 재투자할 것인지 펀드를 팔아 수익을 얻거나 손실을 입거나 할 것이다. 만약 그녀가 재투자한다면, 시장상황이 좋아질 확률이 .60, 나빠질 확률이 .40일 것으로 예측하고 있다. 만약 엘리가 시장이 좋아진 후에 글로벌 펀드에 재투자를 한다면, 초기투자비용 20만 달러와 1년 뒤 수익 2만 5,000달러를 합한 것에 대한 수익은 4만 5,000달러가 될 것이다. 만약 시장이 나빠진다면, 그녀의 손실은 1만 5,000달러가 될 것이다. 만약 엘리가 시장이 좋아진 후에 지수 펀드에 재투자를 한다면, 2년 뒤 수익은 시장이 계속 좋을 때 6만 5,000달러가 되나, 시장이 안 좋아지게 되면 단지 5,000달러가 된다. 만약 그녀가 재투자하고 시장이 반대로 움직이고 초기에 내려간 후 올라가게 된다면 수익은 5만 5,000달러가 되고, 시장이 계속 내려가게 되면 5,000달러가 된다. 만약 엘리가 인터넷 주식 펀드에 재투자하게 된다면, 시장이 좋아진다면 6만 달러를 벌 수 있고 시장이 안 좋아진다면 3만 5,000달러를 잃게 된다. 만약 시장이 계속 좋아질 때 재투자를 한다면, 그녀는 추가 10만 달러를 벌 것이나 시장이 반대로 움직여 나빠진다면 7만 달러를 잃게 될 것이다. 만약 시장이 초기에 좋지 않은 후에

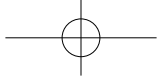


재투자를 한다면, 그녀는 6만 5,000달러를 얻게 되나, 만약 시장이 계속 나빠진다면, 7만 5,000달러를 잃게 될 것이다.

의사결정나무 분석을 통해, 엘리가 어떤 펀드에 투자하여야 하는지 결정하고 그 기댓값을 계산하시오.

10-12 애니 헤이즈는 과거 15년 훨씬 전에 구매하여 대학 시절 동안 살던 콘도를 팔았다. 그녀는 콘도를 팔아 15만 달러를 받았고 두 가지의 투자 대안을 고민하고 있다. 애니는 은행에 전액을 1년간 8%의 이자율로 투자하여 결과적으로 1년 뒤에 16만 2,000달러를 받게 되거나 50 대 50의 확률로 1년 뒤 투자금의 두 배를 벌거나 모든 것을 잃게 되는 투기적인 유전개발 사업에 투자할 수 있다.

- a. 기댓값 기준에 따르면 어떠한 대안에 투자를 해야 하는지 결정하고 여러분도 이러한 선택을 할 것인지에 대하여 의견을 제시하시오.
- b. 애니는 두 가지 대안들이 차이가 없게 되기 위해서는 유전개발 투자의 성공확률이 .80이 되어야 한다고 결정했다고 가정하라. 다시 말해, 만약 유전개발 투자 성공확률이 .80보다 작으면 애니는 은행에 투자를 할 것이고, 크다면 유전개발에 투자할 것이다. 이 경우 .80은 16만 2,000달러 안전 수익의 효용가치이다. 기대 효용가치에 따라 선호하는 대안을 결정하시오.



CHAPTER 11 대기행렬 분석 추가 연습문제

- 11-01** Fast Shop Market 예제에서 대안 2는 새로운 계산대를 추가하는 것이었다. 이 대안이 단일 서버 모형으로 분석되었다. 왜 복수 서버 모형을 사용하지 않았는가?
- 11-02** Tech 캠퍼스 내에 있는 입장권 판매소는 판매원 1명이 운영하며, Tech와 주립 대학교 간의 토요일 미식축구 경기의 연간 입장권을 판매하고 있다. 판매원은 시간당 평균 12명의 고객을 서비스할 수 있으며, 구매 고객은 시간당 평균 10명이 도착한다. 고객이 기다려야 하는 평균 대기 시간과 입장권 판매원이 바쁠 확률을 구하시오.
- 11-03** 고속도로의 주유소는 자동차의 타이어에 무료로 공기를 주입해주는 서비스를 제공한다. 작업자는 타이어 공기압을 점검하고 권장 수준으로 공기를 주입한다. 평균적으로 작업자는 1대의 차를 점검하는 데 2분이 걸린다. 차량은 시간당 17대의 도착률로 도착한다.
- 평균적으로 기다리고 있는 차량 수를 구하시오.
 - 서비스를 받고자하는 차량이 대기해야 하는 평균 시간을 구하시오.
 - 자동차가 주유소에서 소비하게 되는 시간을 구하시오.
 - 작업자가 바쁠 시간은 몇 %인가?
 - 주유소는 대기 시간을 50% 이상 줄일 수 있는 경우에만 다른 작업자를 추가할 것을 고려하고 있다. 어떠한 대안을 추천하겠는가?
- 11-04** Dynaco Manufacturing Company는 두 대의 드릴 프레스에 공급하는 조립 라인을 가지고 있다. 부분적으로 작업이 끝난 제품이 라인 밖으로 나올 때, 다른 드릴 프레스가 가용해질 때 작업을 위해 대기한다. 각 개별 단위들은 시간당 100개의 비율로 작업장(두 대의 프레스를 포함함)에 도착한다. 각 프레스 작업자는 평균적으로 시간당 60개를 처리할 수 있다. L , L_q , W , W_q 를 계산하시오.
- 11-05** McBurger 패스트푸드 레스토랑은 인터콤으로 주문을 받고 계산을 하는 1명의 서버가 있는 드라이브-스루 창구를 가지고 있다. 소비자들은 푸아송 분포를 따르며 4.5분마다 드라이브-스루 주문창구 앞에 도착하고 서비스 처리 시간은 지수함수를 따라 2.8분이 소요된다. 대기행렬의 평균 길이와 대기 시간을 계산하고 서비스의 품질에 대하여 논의하시오.
- 11-06** 분주한 공항의 ATM은 인출과 입금 기능을 가지고 있다. ATM이 고객의 요구에 맞추어 거래를 완료하는 데 2분이라는 일정한 시간이 걸린다. 고객이 푸아송 분포에 따라 시간당 20명의 비율로 도착한다고 가정하고 아래 문제에 답하시오.
- 기다리는 평균 고객 수를 구하시오.
 - 고객이 기다리게 되는 평균 대기 시간을 구하시오.
- 11-07** NesCaf는 공항에 커피 자판기를 설치하였다. 설치된 자판기는 시간당 25잔의 커피를 추출할 수 있다. 현재 평균 커피 수요는 시간당 22잔이다. NesCaf는 판매를 통해 커피 애호가 수가 해마다 증가하고 있음을 확인했다. 공항에는 주요 커피업체의 커피 자판기가 있다. NesCaf는 시간에 민감한 고객과 치열한 경쟁을 관리하기 위해 자판기 대기 시간이 2분을 초과할 경우에만 다른 기계를 설치할 계획이다. Nescaf 인턴으로서 다른 커피 자판기 설치 여부를 추천하시오.

- 11-08** Rowntown 택시 회사는 정상 근무 시간대에 4대의 택시를 운행한다. 택시 회사의 배차원은 지수분포에 따라 평균 8분마다 출차 요구를 받는다. 운행 시간은 지수분포에 따라 평균 20분이다. 평균 고객 수와 평균 대기 시간을 구하시오.
- 11-09** College Avenue Sub Shop은 작은 대학가 마을에 위치해 있다. 사실상 모든 전화 배달 주문은 오후 5시에서 새벽 1시 사이의 밤에 발생해서, 이 가게는 이 시간 동안 1명의 배달원을 고용하고 있다. 가게는 (푸아송 분포를 따르면서) 평균 시간당 3개의 주문을 받는다. 그러나 배달원이 배달하는 거리가 다르기 때문에, 서비스 시간은 평균적으로 15분 걸리고 표준편차는 6분 정도가 되나 불확정적이다. L , L_q , W 와 W_q 를 계산하시오.
- 11-10** 문제 04에서 Dynaco Manufacturing Company는 평균 세 개 이상의 제품들이 어떤 하나의 작업장에서 가공되기 위해서 기다리고 있어 너무 많은 비용이 재공품(WIP)으로 묶여 있음을 발견하였다. 이 회사는 평균적으로 재공품의 비용은 하루 50달러로 평가하였다. 대신, 세 번째의 프레스를 운영하는 것은 하루 150달러가 소요될 것이다. 세 번째의 프레스를 이 작업장에서 운영할 필요가 있는가?
- 11-11** Tech에서 경영대학의 부학장은 두 개의 복사기 중 어떤 것을 행정실에 대여할지를 결정하고 있다. 일반 복사기는 시간당 8달러에 대여할 수 있고, 복사하는 데 (지수분포로) 평균 6분이 소요된다. 고급 고속 복사기는 시간당 16달러이고 복사하는 데 평균 3분이 소요된다. 일하는 사람들은 (푸아송 분포를 따라) 시간당 7명 수준으로 복사기에 도착하고 일하는 사람들의 시간은 시간당 10달러의 가치가 있다. 어떤 복사기를 대여해야 하는지 결정하시오.
- 11-12** Regency 호텔은 입구에 6대의 택시가 줄을 서서, 고객이 승차하고, 대기할 수 있는 공간이 있다. 택시는 시간당 8분마다 호텔에 도착한다. 도착한 택시가 대기 공간이 꽉 차 있으면 대기하지 않고 떠난다. 호텔 고객은 평균적으로 5분마다 택시를 찾으며, 택시 운전사가 승객을 태우고, 짐을 싣고 호텔을 떠나는 시간은 평균 3.5분인 지수분포를 따른다.
- a. 택시가 승객을 기다리는 평균 대기 시간은 얼마인가?
 - b. 택시 대기 공간이 꽉 차서 도착하는 택시가 그냥 떠나야 하는 확률은 얼마인가?
- 11-13** 오후 3시에서 8시까지 지역 K-Star 슈퍼마켓은 꾸준한 손님들이 있다. 손님들은 쇼핑을 끝내고 계산대로 (푸아송 분포로) 시간당 70명이 도착한다. 손님들이 도착하였을 때, 각 계산대가 같은 수의 손님을 받을 수 있게 상대적으로 동등하게 나누어진다고 가정하자. 평균 계산 시간은 (지수분포를 따라) 7분이다. 가게 매니저의 서비스 목표는 손님들이 쇼핑을 끝내고 계산대에 도착하고 나서 12분 이내에 가게 밖으로 나갈 수 있게 하는 것이다. 이 목표를 달성하기 위해서는 얼마나 많은 계산대가 열려야 하는가?
- 11-14** Riverview 병원은 환자들을 매일 진찰하는 2명의 일반 개업의를 고용하고 있다. 환자는 시간당 평균 6명이 도착하며, 각 의사의 진찰 시간은 환자 1명당 평균 15분이다. 환자는 대기하고 있다가 시간이 되는 1명의 의사에게 진료를 받는다. 그러나 의사들은 위급한 환자가 평균 15분 이상 대기하는 것은 좋지 않다고 믿고 있다. 병원이 1명의 의사를 추가로 고용해야 하는가? 그렇다면 이것이 환자의 대기 시간 문제를 경감시키는가?



- 11-15** 고객이 Gilley's 아이스크림 상점에 도착하면, 고객은 번호표를 뽑고 1명의 판매원이 번호를 호출할 때까지 기다린다. 여름철에는 오후 3시부터 10시 사이에 시간당 40명의 고객이 도착하고, 판매원은 시간당 평균 15명을 서비스할 수 있다는 점을 상점의 관리자는 작년 여름의 경험을 통해 알고 있다. 상점은 고객이 10분 이상 기다리지 않기를 원한다. 상점은 여름 성수기에는 3명의 판매원을 유지하는 것을 심사숙고하고 있다. 상점의 고객 대기 시간 정책에 맞추려면 3명의 판매원이 적당한가?
- 11-16** Escargot은 6명의 남녀 웨이터와 웨이트리스가 있는 작은 규모의 프랑스 음식점이다. 테이블의 크기에 관계없이 테이블마다 서비스 시간은 평균 85분인 지수분포를 따른다. 음식점은 예약을 받지 않으며 고객은 18분마다 지수분포에 따라 도착한다. 음식점 주인은 장기적으로 긴 대기 시간이 사업을 어렵게 만들 수 있다고 생각한다. 현재의 평균 대기 시간과 대기 고객 수는 얼마인가? 현재의 대기 시간이 의미하고 있는 것은 무엇이고 음식점 주인이 취해야 할 행동은 무엇인지 논의해 보시오.
- 11-17** Amanda Fall은 새집 페인팅 사업, Fall Colors를 시작하였다. 그녀는 몇 달째 지역 신문에 광고를 하고 있다. 지역 주택 시장의 연구와 비공식적 조사를 통해, 그녀는 (푸아송 분포를 따라) 주당 4회의 일이 있을 것으로 예상하고 있다. Amanda는 일반적인 페인팅 작업에 4인 1조의 팀이 (지수분포로) 평균 0.7주 소요될 것으로 생각해 왔다.
- 손님이 페인팅이 칠해지기까지 2주 이상 기다리지 않게 하기 위해 몇 개의 팀을 고용해야 하는지 결정하시오.
 - 만약 페인팅에 대한 평균 가격이 1,700달러이고 Amanda가 주당 500달러를 지불해야 한다면, 그녀는 돈을 벌수 있는가?
- 11-18** 두바이 공항에는 도착하는 관광객의 여행 서류를 검사하고 비자가 승인되는 경우 입국을 허가하는 세 명의 이민국 직원이 있다. 각 직원은 시간당 20명의 여행자를 확인할 수 있다(지수분포). 평균적으로 여행자는 1.2분마다 도착한다(푸아송 분포). 공항은 여행자의 만족도를 대기 시간의 함수로, 대기 시간의 가치를 돈으로 측정하고 있다.
- 여행자가 대기하는 평균 시간을 구하시오.
 - 평균적으로 몇 명의 여행자가 대기 중인지 계산하시오.
 - 공항은 손님이 줄을 서서 기다려야 하는 시간에 대해 분당 200디르함(아랍에미레이트의 화폐)의 비용을 추정하고 있다. 각 직원은 시간당 500디르함을 받고 있다. 공항 당국은 서비스 비용(더 많은 직원을 배치하여)과 여행자를 기다리는 비용 사이에서 균형을 찾기를 원한다. 총 비용(서비스 비용 및 대기 비용)을 최소화할 수 있는 최적의 직원 수를 결정하시오.
- 11-19** Clip Joint는 University Mall에 있는 미용실이다. 네 명의 스타일리스트는 항상 선입선출의 방식으로 고객에게 서비스를 하기 위해 준비하고 있다. 손님들은 평균 시간당 5명으로 도착하고, 스타일리스트는 각 손님당 평균 35분의 시간이 소요된다.
- 미용실 내의 평균 손님 수, 손님이 기다릴 평균 시간, 서비스를 받기 위해 기다리는 평균 손님 수를 계산하시오.
 - 미용실 매니저는 5번째 스타일리스트를 추가 고용하는 것을 고민하고 있다. 기다리는 시간에 확연한 효과가 있는가?

11-20 알렉산드리아에 있는 Delacroix Inn은 객실 수가 20개인 작지만 고급스러운 호텔이다. 고객은 그들의 필요에 따라 오전 8시부터 자정까지 가사 도우미를 부를 수 있다. 고객의 요구에 응하기 위해 이 시간 동안 항상 1명의 가사 도우미가 근무한다. 각 객실은 푸아송 분포에 따라 하루에 평균 0.7번 가사 도우미를 호출하며, 고객의 호출은 가사 도우미에게 평균 30분인 지수분포를 따르는 작업 시간을 요구한다. 가사 도우미가 바쁠 확률과 고객의 평균 대기 시간을 구하시오. 현재의 가사 도우미 시스템이 적절한가?

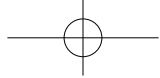
11-21 Judith Lewis는 주립대의 박사과정 학생이고 10명의 장학금을 받는 운동부 학생들을 위해 전 일제 학업 개인교사로서 일을 한다. 그녀는 자유시간에 그녀의 공부 시간을 할애할 수 있는 일 자리를 잡았다. 운동부 학생들은 평균 16시간마다 그녀를 방문하고, 그녀는 그 학생을 위해 (지수분포를 따라) 평균 1.5시간을 소비하였다. 그녀는 한 번에 단 1명의 학생들만 지도할 수 있고, 운동부 학생들은 그들이 기다리는 동안 공부를 하고 있다.

- 운동부 학생들은 그녀를 보기 위해 얼마나 기다려야 하는지와 Judith가 지도를 하고 있는 시간의 비율을 계산하시오.
- 만약 (a)에서의 결과가 지도 일정 계획이 효과적이지 못함을 나타내는 경우, 운동부 학생들과 Judith를 위해 개선할 수 있는 방안을 제시하시오.

11-22 문제 09에서, 학생들이 가을 학기에 재방문할 때 Sub Shop이 다시 안정되기 시작하기까지 약 한 달 동안 수요가 크게 증가하여 전화 주문이 시간당 평균 8개로 증가한다(푸아송 분포). 이제 상점에서 평균 20분으로 서비스 시간이 지수분포를 따른다고 가정하면 합리적인 서비스 수준을 제공하기 위해 몇 명의 배달원이 필요한가?

11-23 세탁소의 세탁기는 하루 8시간 동안 작동된다. 고객 도착 사이의 평균 시간은 25분이다. 각 기계는 한 묶음의 옷을 세탁하고 건조하는 데 지수분포에 따라 평균 60분이 걸린다. 관리자는 고객이 세탁실에서 보내는 시간이 90분 미만이기를 바라고 있다. 관리자의 바람을 효과적으로 충족할 수 있는 대기행렬 시스템을 제안하시오.

11-24 Old Colony 테마 파크는 Double Cyclone이라는 새로운 놀이기구를 갖게 되었다. 이 기구는 2개의 롤러코스터 차에 30명을 태울 수 있고, 운영을 끝내는 데 3.8분 정도가 소요된다. 이는 승객을 태우고 내리는 데 (실제로 변동 없이) 3분이 소요된다. 승객들은 피크 시간대에 (푸아송 분포를 따라) 분당 4명이 도착한다. 이 놀이기구의 대기행렬의 길이를 계산하시오.



CHAPTER 12 시뮬레이션 추가 연습문제

12-01 Petroco 정비소에 도착하는 차량의 도착 간격은 다음 확률분포와 같이 정의된다.

도착 간격 시간(분)	확률
1	.15
2	.30
3	.40
4	.15
	1.00

- 정비소에 20대의 차량이 도착할 때까지 도착하는 차량을 시뮬레이션하고 평균 도착 간격 시간을 구하시오.
- 1시간 동안 정비소에 도착하는 차량을 (a)에서 사용한 난수와 다른 흐름의 난수를 이용하여 시뮬레이션하고, 평균 도착 간격 시간을 구하시오.
- (a)와 (b)의 결과를 비교하시오.

12-02 First American 은행은 드라이브-스루 창구를 1개 또는 2개를 설치해야 하는가를 결정하려고 한다. 다음의 확률분포는 과거 자료로부터 구한 고객 도착 간격 시간과 서비스 시간에 대한 것이다.

도착 간격 시간(분)	확률
1	.20
2	.60
3	.10
4	.10
	1.00

서비스 시간(분)	확률
2	.10
3	.40
4	.20
5	.20
6	.10
	1.00

시스템에 2명의 서버가 있을 때 도착하는 차는 대기행렬이 짧은 서버(창구)에 합류한다고 가정하자. 만약 대기행렬의 길이가 같다면 50-50의 확률로 각 서버를 선택한다.

- 1명 또는 2명의 서버가 있는 시스템을 시뮬레이션하자. 평균 대기 고객 수와 대기 시간, 각 시스템의 이용률을 구하시오.
- (a)의 결과를 토론하고, 어느 시스템을 적용할 것인가를 의사결정하는 데 시뮬레이션 결과가 얼마나 활용될 수 있을지 제안해 보시오.

12-03 한 대형할인매장은 특정 브랜드의 휴대폰을 판매하고 휴대폰당 100디르함의 이익을 얻는다. 휴대폰이 판매되지 않을 경우 제품당 40디르함이 재고유지비용으로 발생한다. 재고유지 비용은 임대료, 보험, 기타 비용의 일부이다. 제품이 부족해서 팔지 못했을 경우에는 제품당 75디르함의 재고고갈 비용을 할당하고 있다. 이 할인점은 월 210대의 제품 재고정책을 가지고 있다. 제품의 수요는 평균이 200이고 표준편차가 30인 정규 분포를 따르고 있다. 12개월 동안의 재고운영을 시뮬레이션하고 평균 기대 순이익, 순이익의 표준 편차, 서비스 수준을 결정하시오.

12-04 주립 대학교 경영대학의 학생들은 매 학기 수강 신청에 지도 교수의 승낙을 받아야 한다. 학생들은 지도 교수의 연구실 앞 복도에 줄을 선다. 사무실에 도착하는 학생들의 도착 간격 시간은 다음의 확률분포를 따른다.

도착 간격 시간(분)	확률
4	.20
5	.30
6	.40
7	.10
	1.00

지도 교수가 수강 신청을 검토하고 승인하는 데 걸리는 시간은 다음의 확률분포를 따른다.

승인시간(분)	확률
6	.30
7	.50
8	.20
	1.00

90분 동안 수강 신청 승인 시스템을 시뮬레이션하시오. 평균 대기 학생 수와 평균 대기 시간을 구하시오. 이 결과를 가지고 토의해 보시오.

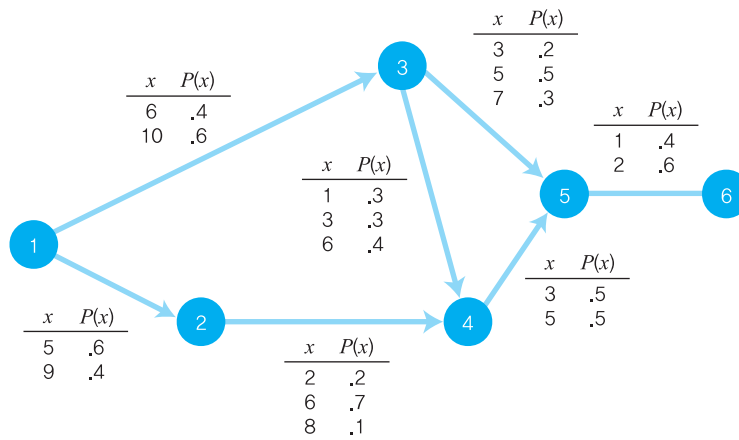
12-05 Loebuck Grocery는 주 단위로 낙농장으로부터 우유를 주문한다. 이 가게의 매니저는 (상자들의) 주당 수요에 대한 확률분포를 다음과 같이 나타냈다.

수요(상자)	확률
15	.20
16	.25
17	.40
18	.15
	1.00

우유의 비용은 상자당 10달러이고 16달러에 판매한다. 유지비용은 상자당 주 0.50달러이고 재고 부족비용은 상자당 주 1달러이다. 20주에 대한 Loebuck Grocery의 주문 시스템을 시뮬레이션하시오. 우유의 주간 16상자의 주문량을 사용하고 이 주문량에 대한 주간 평균 수익을 계산하시오. 이 문제에 대하여 주문량을 결정하기 위한 전체 시뮬레이션이 어떻게 개발될 수 있는지 설명하시오.



12-06 CPM/PERT 프로젝트 네트워크는 각 네트워크 그림의 선 위에 보이는 확률적 작업 시간 x 를 갖는다. 예를 들면, 작업 1-3을 완료하는 데 0.40의 확률로 6주가 소요되고, 0.60의 확률로 10주가 소요된다.



네트워크를 10번 반복 시뮬레이션하고, 매번 주공정(critical path)을 결정하시오. 평균 주공정 시간과 각 경로가 주공정이 되는 빈도를 구하시오. 주공정 방법에 대한 시뮬레이션 분석과 보통의 CPM/PERT 분석을 어떻게 비교할 수 있는가?

12-07 Compcomm 주식회사는 최근 보통 주식의 가격이 매우 높이 평가된 국제적인 통신 정보 기술 회사이다. 한 주식 분석가가 시뮬레이션을 이용하여 Compcomm의 장기적인 주식 가격을 예측하려고 한다. 과거 자료에 의해 분석가는 Compcomm 주식 가격의 일간 변동에 대해 다음과 같은 확률분포를 구하였다.

주식의 일간 변동	확률
상승	.45
동일	.30
하락	.25
	1.00

분석가는 또한 일간 주식 가격의 등락폭에 대해 다음과 같은 확률분포를 구하였다.

주식 가격 등락	확률	
	상승	하락
1/8	.40	.12
1/4	.17	.15
3/8	.12	.18
1/2	.10	.21
5/8	.08	.14
3/4	.07	.10
7/8	.04	.05
1	.02	.05
		1.00

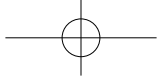
현재의 주식 가격은 62달러이다.
Compcomm의 주식 가격을 추적하기 위하여 몬테카를로 시뮬레이션 모형을 개발하고 30일 동안 시뮬레이션한 후, 30일 후의 주식 가격을 구하시오. 1년 동안의 주식 가격 변동에 대한 완전한 시뮬레이션을 수행하기 위해 모형은 어떻게 확장되어야 하는가?

12-08 야구 경기는 다음과 같이 설명할 수 있다.

플레이	설명
진루 불가(No advance)	어떤 주자도 진루할 수 없는 아웃, 스트라이크 아웃, 뜬 공 등이 해당함
내야땅볼아웃(Groundout)	각 주자는 1개의 베이스를 진루할 수 있음
가능한 더블플레이(Possible double play)	만약 주자가 1루에 있고 2아웃보다 적으면 더블플레이. 포스 상태의 선두 주자 아웃; 주자는 아웃 아니고 진루. 만약 1루에 주자가 없고 2아웃이면 이 플레이는 "진루 불가"로 간주
긴 플라이(Long fly)	3루의 주자는 점수를 낼 수 있음
아주 긴 플라이(Very long fly)	2루와 3루에 있는 주자들은 1개의 베이스를 진루할 수 있음
출루(walk)	공이 몸에 맞은 타자를 포함
내야 안타(Infield single)	모든 주자가 1개의 베이스를 진루
외야 안타(outfield single)	1루 주자는 1개의 베이스를 진루, 그러나 2루 또는 3루 주자는 점수를 낼 수 있음
긴 안타(Long single)	모든 주자는 최대 2개의 베이스를 진루할 수 있음
2루타(Double)	주자는 최대 2개의 베이스를 진루할 수 있음
긴 2루타(Long double)	모든 주자는 점수를 낼 수 있음
3루타(Triple)	모든 주자는 점수를 낼 수 있음
홈런(Home run)	모든 주자는 점수를 낼 수 있음

White Sox와 Yankees, 2개의 팀에 대한 이러한 플레이들에 대한 분포는 다음과 같다.

White Sox		Yankees	
플레이	확률	플레이	확률
진루 불가	.03	진루 불가	.04
내야땅볼아웃	.39	내야땅볼아웃	.38
가능한 더블플레이	.06	가능한 더블플레이	.04
긴 플라이	.09	긴 플라이	.10
아주 긴 플라이	.08	아주 긴 플라이	.06
출루	.06	출루	.07
내야 안타	.02	내야 안타	.04
외야 안타	.10	외야 안타	.10
긴 안타	.03	긴 안타	.04
2루타	.04	2루타	.05
긴 2루타	.05	긴 2루타	.03
3루타	.02	3루타	.01
홈런	.03	홈런	.04
	1.00		1.00



이 사전 정보를 활용하여 90이닝의 야구 경기를 시뮬레이션하시오.²

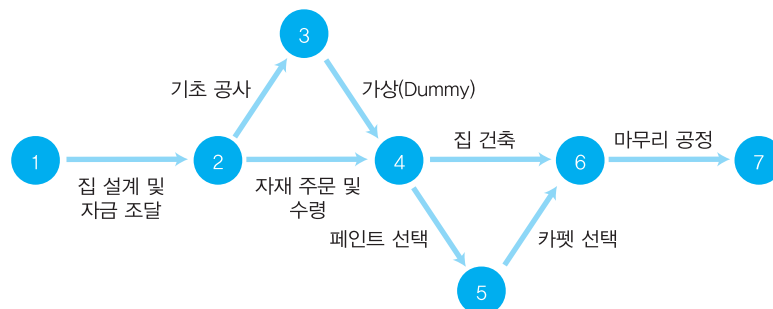
12-09 수요량 D , 주문비용 C_0 , 재고 유지비용 C_c 이 주어진 상황에서 하나의 제품에 대한 최적 주문량 Q 와 총 재고비용 TC 은 다음과 같다.

$$Q = \sqrt{\frac{2C_0 D}{C_c}}$$
$$TC = \frac{2C_0 D}{C_c} + C_c \frac{Q}{2}$$

주문비용과 재고 유지비용은 회사 내부 비용으로 일반적으로 회사가 결정할 수 있는 값이다. 반면에, 수요량 D 는 회사 외부 문제이기 때문에 일반적으로 알 수 없는 값이다. 그러나 앞의 주문량 공식에서 수요량은 확실히 존재하는 것으로 가정하였다. 수요의 불확실성을 고려한다면 시뮬레이션을 이용해야만 한다.

$C_0 = \$150$, $C_c = \$0.75$ 와 평균 10,000, 표준편차 4,000인 정규분포를 따르는 수요량 D 를 이용하여, 하나의 제품에 대해 (앞선 공식) Q 와 TC 평균값을 구하기 위해 크리스털 볼을 이용하여 시뮬레이션하시오.

12-10 다음 그림은 집 건축에 대한 단순화된 네트워크를 보여 준다.



이 네트워크에는 4개의 경로가 있다.

경로 A : 1-2-3-4-6-7

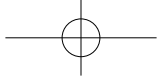
경로 B : 1-2-3-4-5-6-7

경로 C : 1-2-4-6-7

경로 D : 1-2-4-5-6-7

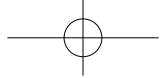
각 활동은 삼각분포를 따르며, 주 단위의 시간 모수들은 다음과 같다.

² 이 문제는 다음에 기초하였다. R. E. Trueman, "A Computer Simulation Model of Baseball: With Particular Application to Strategy Analysis," in R. E. Machol, S. P. Ladany, and D. G. Morrison, eds., *Management Science in Sports* (New York: North Holland Publishing Co., 1976), 1-14.



활동	시간 모수		
	최솟값	최빈값	최댓값
1-2	1	3	5
2-3	1	2	4
2-4	0.5	1	2
3-4	0	0	0
4-5	1	2	3
4-6	1	3	6
5-6	1	2	4
6-7	1	2	4

- a. 크리스탈 볼을 이용하여 네트워크의 각 경로를 시뮬레이션하고, 가장 긴 경로(즉, 주공정)를 증명하시오.
- b. 경로 A에 대해 시뮬레이션 도수 분포표를 관찰하여 이 경로가 주공정 시간을 초과할 확률을 구하시오. 이것은 (프로젝트) 네트워크의 시뮬레이션 결과와 수학적 분석 결과에 대해 어떤 의미를 지니는가?

CHAPTER 13 예측
추가 연습문제

- 13-01** 한 변화한 쇼핑몰에 위치한 맥도날드 매장은 단품요리인 Feast McChicken을 빠르게 판매하기 위하여 지난 10개월 동안의 판매(단위 : 1,000끼) 자료를 수집하였다. 닭고기 관련 음식이 일관된 맛을 내기 위해 맥도날드는 두 공급업체로부터 생닭을 구입한다. 공급업체의 공급량과 품질은 균일하지 않다. 날씨, 품종, 질병에 따라 공급량이 달라질 수 있으며, 육질의 모양, 부드러움, 풍미로 인해 공급 품질이 달라진다. 유통기한이 지난 육류는 보관할 수 없기 때문에 안전 재고를 많이 둘 수 없다. 이러한 모든 문제는 공급 변동으로 이어진다. 고객의 수요도 식습관과 외부 요인으로 인해 불확실하다. 예로 최근에 인도 남부 사람들은 육류에 치명적인 니파 바이러스가 있을지도 모른다는 이유로 몇 달 동안 닭고기를 먹지 않았다. 이러한 제어 불가능한 요소는 공급과 수요 관리를 복잡하게 만든다. 이 문제는 수요 예측으로 어느 정도 관리할 수 있다. 수요의 정확한 예측은 매장이 적시에 적절한 수량을 주문하는 데 도움이 된다. 판매 예측을 위하여 매장은 지난 10개월의 판매 데이터를 이용할 계획이다.

월	판매량	월	판매량
1	12	6	21
2	14	7	24
3	15	8	26
4	16	9	28
5	18	10	32

- 4월부터 10월까지의 수요에 대한 3개월 이동평균 예측치를 구하시오.
- 4월부터 10월까지의 수요에 대한 3개월 가중 이동평균 예측치를 구하시오. 가장 최근 달로부터 순서에 따라 0.50, 0.30과 0.20의 가중치를 이용하시오.
- MAD를 이용하여 (a)와 (b)에서 계산된 두 예측치를 비교시오. 어떤 예측치가 더 정확한가? 또한, 11번째 달에 대한 예측을 제안하시오.

- 13-02** 주립 대학교 경영대학의 학장은 다음 학기에 생산 운영 관리(POM) 과목을 몇 개로 분반하여 개설할지를 결정하기 위해 수강 학생 수를 예측하려고 한다. 과거 8학기 동안의 자료는 다음과 같다.

학기	POM을 수강한 학생 수	학기	POM을 수강한 학생 수
1	400	5	500
2	450	6	575
3	350	7	490
4	420	8	650

- 학기 4부터 학기 9까지의 수강생 수에 대한 3학기 이동평균 예측치를 구하시오.
- 지수평활 예측치($\alpha = .20$)를 구하시오.
- MAD를 이용하여 두 예측치를 비교하시오. 어떤 예측치가 더 정확한가?

13-03 성장주들로 구성된 Victory Plus 뮤추얼 펀드는 지난 10개월에 대해 다음과 같은 월별 가격을 보였다.

월	펀드 가격	월	펀드 가격
1	627	6	65.8
2	63.9	7	68.2
3	68.0	8	69.3
4	66.4	9	67.2
5	67.2	10	70.1

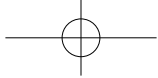
$\alpha = .40$ 을 이용한 지수평활 예측치, $\alpha = .40$ 과 $\beta = .30$ 을 이용한 조정 지수평활 예측치, 그리고 선형 추세선 예측치를 구하시오. 세 가지 예측치를 누적오차와 *MAD*를 사용하여 정확도를 비교하고 어떤 것이 가장 정확한 지 말하시오.

13-04 에밀리 앤드루는 과학 기술 뮤추얼 펀드에 투자해 왔다. 그녀는 현재의 펀드를 정리하고 다른 펀드에 투자할 것을 고려하고 있으며, 의사결정 전에 다음 달의 과학 기술 펀드 가격을 예측하려고 한다. 과거 20개월 동안의 펀드 평균 가격에 대한 자료는 다음과 같다.

월	펀드 가격(달러)	월	펀드 가격(달러)
1	63 1/4	11	68 1/8
2	60 1/8	12	63 1/4
3	61 3/4	13	64 3/8
4	64 1/4	14	68 5/8
5	59 3/8	15	70 1/8
6	57 7/8	16	72 3/4
7	62 1/4	17	74 1/8
8	65 1/8	18	71 3/4
9	68 1/4	19	75 1/2
10	65 1/2	20	76 3/4

- a. 21월의 펀드 가격에 대한 3개월 이동평균 예측치를 구하시오.
- b. 가장 최근 달에 0.60, 다음의 최근 달에 0.30, 그리고 세 번째 달에 0.10의 가중치를 부여하여, 21월의 펀드 가격에 대한 3개월 가중 이동평균 예측치를 구하시오.
- c. $\alpha = .40$ 을 이용하여 지수평활 예측치를 계산하고, 21월의 펀드 가격에 대한 예측치를 구하시오.
- d. *MAD*를 이용하여 (a), (b)와 (c)에서 구한 예측치를 비교하고, 가장 정확한 예측치를 밝히시오.

13-05 조지아의 Weems에 있는 Whistle Stop Cafe는 카페 뒤의 작은 시설에서 만들어지는 수제 아이스크림으로 매우 유명하다. 사람들은 애틀랜타와 메이컨으로부터 아이스크림을 사기 위해 운전을 해서 온다. 카페를 소유하고 있는 두 명의 여성은 아이스크림 생산 작업을 계획하고 카페에서 아이스크림을 팔 직원 수를 결정하기 위해서 예측 모형을 개발하고자 한다. 그들은 지난 12분기에 대해 아이스크림에 대한 판매기록을 다음과 같이 축적해 왔다.



연	분기	아이스크림 판매량(갤런)
1	1	350
	2	510
	3	750
	4	420
2	5	370
	6	480
	7	860
	8	500
3	9	450
	10	550
	11	820
	12	570

- a. 수요를 예측하기 위하여 $\alpha = .50$ 과 $\beta = .40$ 을 이용한 조정 지수평활 모형을 전개하시오. 그리고 누적오차(E)와 평균오차(\bar{E})를 이용하여 정확도를 평가하시오. 예측에 편차(bias)가 있는 것으로 보이는가?
- b. 4년에 대한 계절 조정 예측치를 구하시오(4년에 대한 예측치를 위하여 선형 추세선 모형을 사용하라). (a)의 지수평활 모형과 계절 조정 예측 중 어떤 예측 모형이 더 정확하다고 생각되는가?

13-06 Monaghan's 피자의 지난 한 달 동안의 주중 8일의 주문량을 임의로 선택하여 4개의 서로 다른 시간대로 구분한 주문량 기록은 다음과 같다.

시간대	일							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10 : 00 a.m.~3 : 00 p.m.	62	49	53	35	43	48	56	43
3 : 00 p.m.~7 : 00 p.m.	73	55	81	77	60	66	85	70
7 : 00 p.m.~11 : 00 p.m.	42	38	45	50	29	37	35	44
11 : 00 p.m.~12 : 00 a.m.	35	40	36	39	26	25	36	31

일일 피자 수요에 대한 계절 조정 예측 모형을 개발하고, 다음 날의 각 시간대별 수요를 예측하시오.

13-07 River는 Tech의 영문학과에서 출판하는 문학서적이다. 70년 역사를 지니고 있고 특히 애플래치안 작가가 되려는 사람들의 문학적 출구 역할을 수행하는 것으로 상당한 평판을 가지고 있다. 그러나 독립 서점이나 대학 도서관을 통한 판매량은 많지 않았다. 몇 년 전, 출판사의 자문 위원회는 웹사이트를 만드는 것과 두 달에 한 번은 무료로 공개하는 것을 결정하였다. 좋지 않은 경제 상황과 주정부의 예산 축소로 Tech는 최근 서적 지원을 취소하게 되었고 이러한 재정 손실을 메꾸기 위해 서적 직원들은 웹사이트에 (특히 지역 비즈니스) 광고를 판매하기로 결정하였다. 광고를 판매하기 위해, 직원들은 미래 몇 달의 웹사이트 방문 수 예측치를 잠재적 광고주에게 제공하고자 한다. 다음은 웹사이트가 있던 24개월 동안 매달 웹사이트 방문 수를 보여준다.

월	웹사이트 방문 수	월	웹사이트 방문 수
1	537	13	822
2	375	14	677
3	419	15	1,031
4	276	16	657
5	445	17	983
6	512	18	774
7	670	19	1,210
8	561	20	811
9	705	21	1,137
10	619	22	763
11	768	23	1,225
12	645	24	941

선형 추세선 예측치, 지수평활 예측치($\alpha = .60$), 그리고 3개월 가중이동평균(가장 최근 0.5, 그 다음 최근 0.3, 마지막 달은 0.2의 가중치)을 구하시오. 어떤 것이 가장 정확한 예측 모형인지를 나타내고 25번째 달에 대한 예측치를 구하시오.

13-08 Northwoods 아웃도어 기업은 야외 여가 활동 의류를 전문으로 취급하는 통신판매 업체이다. 품목에 대한 수요는 계절의 영향을 크게 받으며, 수요의 성수기는 크리스마스 시즌과 봄이다. 과거 5년간의 각 계절(분기) 동안의 주문량 자료는 다음과 같다.

분기	주문량(1,000단위)/연				
	1	2	3	4	5
1~3월	62	49	53	35	43
4~6월	73	55	81	77	60
7~9월	42	38	45	50	29
10~12월	35	40	36	39	26

- a. 주문량에 대한 계절 조정 예측 모형을 개발하시오. 선형 추세선 예측을 이용하여 6년의 주문에 대한 예측치를 구하고, 6년의 각 분기에 대한 수요 예측치를 구하시오.
- b. 각 계절(분기)에 대한 선형 추세선 예측을 개발하고, 6년의 각 분기에 대해 예측치를 구하시오.
- c. *MAD*를 이용하여 (a)와 (b)에서 구한 두 예측치 중 어느 것이 더 정확한지 밝히시오.



13-09 두바이 플라이 항공사는 두바이에서 밀라노까지 항공편을 운항한다. 항공사 좌석에 대한 수요는 매달 다르다. 크리스마스 직전과 직후, 여름 방학 후 학교가 재개하는 8월과 9월과 같은 성수기 수요는 거의 없다. 수요가 높을 것으로 예상되면 항공사는 좌석에 높은 가격을 매긴다. 모든 항공사에는 수익관리 부서가 있고 이 부서는 수요를 예측하고 그에 따라 가격을 조정한다. 매월 1일, 두바이 플라이는 운항하는 모든 구간에서 전월에 판매된 좌석 수(시계열 자료)를 통합한다. 지난 6년간의 자료를 기반으로 항공사는 다가오는 크리스마스 이후 수요를 고려하여 내년 1월(7번째 첫 달) 수요를 예측하고자 한다. 표로 작성된 자료는 판매된 좌석 수(수백 단위)이다.

월	연					
	1	2	3	4	5	6
1	58	66	68	62	75	68
2	33	43	39	46	55	49
3	17	24	26	32	22	29
4	36	37	40	33	31	36
5	47	54	57	51	60	53
6	65	73	59	67	78	73
7	37	32	43	44	36	48
8	26	30	34	32	38	36
9	29	21	26	25	28	30
10	33	49	38	47	43	49
11	27	37	43	45	42	48
12	16	22	20	19	26	30

- a. 월간 승객 수 자료에 대한 계절 조정 예측 모델을 개발하시오. 선형 추세선 예측을 이용하여 7년의 각 달에 대한 예측치를 구하시오. 자료에 계절 패턴이 보이는가? 다음 1월의 예측치는 얼마인가?
- b. 연간 항공사 수요에 대한 조정 지수평활 예측치($\alpha = 0.25$ 와 $\beta = 0.30$)를 구하시오. 이 예측의 정확도를 (a)에서 구한 선형 추세선 모형의 예측치와 비교하시오.

13-10 한 지역 병원의 응급실은 각 주의 주말(금요일부터 일요일까지)과 주중(월요일부터 목요일까지) 두 기간 동안의 환자 수를 관찰하기 위하여 과거 5개월 동안 격주로 환자 수를 조사하였다. 일반적으로 주중보다는 주말에 환자 수가 많았다.

주	환자 수		주	환자 수	
	주말	주중		주말	주중
1	116	83	6	139	88
2	126	92	7	145	96
3	125	97	8	137	106
4	132	91	9	151	95
5	128	103	10	148	102

11주의 주중과 주말의 환자 수에 대한 계절 조정 예측 모델을 개발하시오.

- 13-11** RAP Computers는 할인된 가격으로 구매한 일반 부품으로 개인용 컴퓨터를 조립하여 만들며 상거래 잡지 광고를 본 고객의 전화 주문을 통해 컴퓨터를 판매한다. 이 회사는 미래의 컴퓨터 수요를 예측하기 위해 지수평활 예측 모델을 개발하였다. 과거 8개월 동안의 실제 수요와 예측치는 다음과 같다.

월	수요	예측	월	수요	예측
3월	120	—	8월	165	141.8
4월	110	120.0	9월	140	151.1
5월	150	116.0	10월	155	146.7
6월	130	129.6	11월	—	150.0
7월	160	129.7			

- a. 원하는 예측 정확성 척도를 선택하여 예측치가 정확한지 밝히시오.
b. 3개월 이동평균이 더 정확한 예측치를 제공하는지 밝히시오.

- 13-12** Jersey 유제품 회사는 치즈를 생산하여 슈퍼마켓과 식품 가공 업체에 판매한다. 치즈에 포함된 콜레스테롤과 지방에 대한 관심 때문에 과거 10년 동안 수요가 감소했다고 이 회사는 생각한다. 기존 제품과 전혀 다른 저지방 유제품 출시를 고려하고 있으며, 내년에 얼마의 가용 생산 능력을 갖추어야 하는지 결정하려고 한다. 치즈 수요예측을 위해 $\alpha = .40$ 을 이용하는 지수평활 예측치를 개발하였다. 실제 수요와 예측치는 다음과 같다.

연	수요(1,000파운드)	예측	연	수요(1,000파운드)	예측
1	16.8	—	5	11.9	14.4
2	14.1	16.8	6	12.3	13.4
3	15.3	15.7	7	11.5	12.9
4	12.7	15.5	8	10.8	12.4

MAD와 누적오차를 이용하여 예측 모형의 정확성을 평가하시오. 지수평활 예측 모형이 정확하지 않다면, 선형 추세선 모형이 더 정확한 예측치를 제공하는지 알아보시오.

- 13-13** Carpet City는 카펫 판매를 예측하기 위한 방법을 개발하고자 한다. 이 가게 매니저는 가게의 판매량은 마을에 지어지는 새로운 주택 건설 수에 직접적으로 관련이 있다고 믿고 있다. 매니저는 월간 건축 허가에 대한 기록을 지역구로부터 수집하고 월간 판매량에 대한 기록을 가게로부터 수집해 왔다. 자료는 다음과 같다.

월별 카펫 판매량 (1,000야드)	월별 건축 허가 수	월별 카펫 판매량 (1,000야드)	월별 건축 허가 수
5	21	2	9
10	35	12	41
4	10	11	15
3	12	9	18
8	16	14	26



- a. 이 자료에 대한 선형 회귀 모형을 개발하고, 새로운 주택에 대한 30개의 건축 허가가 처리되었을 경우 카펫 판매를 예측하시오.
- b. 월간 판매량과 새 집 건축의 인과관계의 정도를 상관관계를 사용해서 결정하시오.

13-14 Bernice 피자 레스토랑은 작년에 열었고 레스토랑 내 식사는 물론이고 (손님이 직접 가져가는) 방문주문과 주인 차량을 이용한 배달주문을 받는다. 주인인 버니스 차베즈는 만약 전용 배달차량이 있어서 배달이 더 빠르면 방문주문의 30%는 배달주문이 되었을 것이라고 믿고 있다. 지난 12개월 동안의 방문주문과 배달주문 수는 다음과 같다.

월	방문주문 수	배달주문 수	월	방문주문 수	배달주문 수
1	116	33	7	187	50
2	112	35	8	206	55
3	135	46	9	165	46
4	165	45	10	198	58
5	157	37	11	168	61
6	170	46	12	185	58

버니스는 이번 해에 그녀의 비즈니스가 10% 성장할 것으로 믿고 있다. 매달 125개의 배달주문이 예측되는 경우, 그녀는 배달트럭을 구매하고 정식 배달원을 고용할 계획이다. 버니스는 선형 추세선 예측과 3개월의 가중 이동 평균을 (최근은 0.5, 다음은 0.3, 마지막은 0.2의 가중치) 활용해 배달주문에 대한 수요를 예측하려고 한다. 버니스는 안전하게 두 예측치가 125개가 되게 하고 싶다. 버니스는 무엇을 해야 하는가?

13-15 Tech 발전소는 모든 대학 건물에 대한 증기와 전기를 생산하기 위해 석탄과 천연가스를 사용한다. 상당히 활발한 대학건물 프로그램으로 인해 지난 8년 동안 매년 발전소의 석탄 소비량은 늘어났다. 다음 표는 지난 8년 동안의 연간 석탄 소비량과 건물 공간 증가량을 보여 준다.

연	석탄 소비량(톤)	공간 증가량(1,000제곱피트)
1	31,000	37
2	27,000	19
3	33,000	49
4	37,000	60
5	35,000	70
6	41,000	105
7	44,000	150
8	46,000	110

- a. 다음 해의 석탄 소비량을 예측하기 위해 선형 추세 모형을 개발하시오.
- b. 연간 건물 공간이 증가할 때 발전소의 석탄 소비량을 예측하기 위해 선형 회귀분석을 개발하고 내년 9만 4,000제곱피트의 추가 건물 공간이 계획되어 있을 때 석탄 소비를 예측하시오. Tech는 어떤 예측 모형을 쓰는 것이 좋을 것인가?

13-16 Bell Inc.는 동남아시아의 공급업체로부터 부품을 사들이는 컴퓨터 회사이다. 공급업체들은 텍사스 포트 워스 근처의 Bell의 조립 공장 주변에 위치한 소위 회전 창고라고 불리는 작은 창고로 부품을 배송한다. Bell은 단 몇 시간을 주기로 이 창고에서 재고를 꺼내가고 Bell의 공급업체 대부분은 3일 또는 4일 주기로 이 회전창고로 배송을 한다. 한 특정 공급업체가 스크린과 키보드를 포함한 Bell Intrepid 노트북 조립작업에 필요한 대부분의 부품을 공급하고, 하드 드라이브와 마더보드, 몇 가지 다른 부품들은 조립 공장에서 추가가 된다. Bell은 이 회전 창고 덕분에 재고를 공급업자들에게 넘길 수 있어서 자신의 재고수준을 낮출 수 있다. 그러나 공급업체 역시 재고를 최소화하기 위해 수요를 정확히 예측하자 한다. 다음은 이 공급업체가 Bell로부터 받은 지난 24개월의 수요 자료이다.

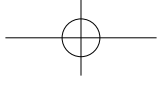
월	1년 수요	2년 수요	월	1년 수요	2년 수요
1월	2,477	2,561	7월	2,346	2,412
2월	1,826	1,733	8월	3,784	4,017
3월	1,755	1,693	월9	4,106	3,886
4월	1,456	1,484	10월	3,006	2,844
5월	1,529	1,501	11월	2,257	2,107
6월	1,633	1,655	12월	3,212	3,410

수요 자료를 자세히 살펴보고 정확할 것이라고 생각되는 3년을 위한 예측 모델을 개발하시오.

13-17 Fairface 화장품 회사의 일부 경영진은 제품 수요는 화장품이 팔리는 지역 백화점의 행사활동과 관련이 있다고 믿고 있다. 그러나 다른 경영진은 지역 인구 통계와 같은 다른 요소가 수요 움직임의 더 큰 요인이라고 믿고 있다. Fairface 제품에 대한 지역의 연간 행사비용과 Fairface 립글로스의 연간 판매 자료가 임의로 선택된 20개의 점포로부터 다음과 같이 수집되었다.

점포	연간 판매량 (1,000단위)	연간 행사비용 (1,000달러)	점포	연간 판매량 (1,000단위)	연간 행사비용 (1,000달러)
1	3.5	12.6	11	2.5	9.6
2	7.2	15.5	12	4.6	12.7
3	3.1	10.8	13	8.1	16.3
4	1.6	8.7	14	2.5	8.1
5	8.9	20.3	15	3.0	7.5
6	5.7	21.9	16	4.8	12.4
7	6.3	25.6	17	10.2	17.3
8	9.1	14.3	18	5.1	11.2
9	10.2	15.1	19	11.3	18.5
10	7.3	18.7	20	10.4	16.7

선형 회귀분석 예측 모델을 이용할 만큼 이 자료에 주어진 판매량과 행사비용이 강한 상관관계를 가지고 있는 것처럼 보이는가? 의견을 설명하시오.



- 13-18** Apperson and Fitz는 고등학생과 대학생에게 의류를 제공하는 의류 체인점이다. 분기별로 카탈로그를 발간하고, 호기심을 불러일으키도록 잘 차려입은 남성과 여성을 크게 다루는 웹사이트를 운영한다. 웹사이트 운영 비용은 매우 비싸며, 회사 경영진은 사이트 방문자 수와 판매와의 관계를 확신하지 못하고 있다. 아마도 사람들은 웹사이트의 그림을 보기만 하는 것으로 생각된다. 과거 20개월 동안의 월간 방문자 수와 주문량에 대한 자료는 다음과 같다.

월	방문자 수 (1,000단위)	주문량 (1,000단위)	월	방문자 수 (1,000단위)	주문량 (1,000단위)
1	34.2	7.6	11	46.7	10.8
2	28.5	6.3	12	43.5	8.7
3	36.7	8.9	13	52.6	9.3
4	42.3	5.7	14	61.8	6.5
5	25.8	5.9	15	37.3	4.8
6	52.3	6.3	16	28.9	3.1
7	35.2	7.2	17	26.4	6.2
8	27.9	4.1	18	39.4	5.9
9	31.4	3.7	19	44.7	7.2
10	29.4	5.9	20	46.3	5.5

이 자료에 대한 선형 회귀 모형을 개발하고, 웹사이트 방문자 수와 주문량 사이에 밀접한 상관관계가 있는지 밝히시오. 월간 5만 명의 방문자가 있을 경우 주문량 예측치를 구하시오.

- 13-19** 센트랄 유니온 신탁 은행의 고객 대출 부서는 내년도 잠재 대출 지원자 규모를 파악하기 위해 예측 모형을 개발하려고 한다. 변동 금리 저당 대출은 정부의 재무부 장기 채권 이자율에 근거를 두기 때문에, 대출 부서는 다음과 같이 과거 24년 동안 3년에서 5년짜리 재무부 채권의 이자율에 대한 자료를 수집하였다.

연	이자율	연	이자율	연	이자율
1	5.77	9	9.71	17	7.68
2	5.85	10	11.55	18	8.26
3	6.92	11	14.44	19	8.55
4	7.82	12	112.92	20	5.26
5	7.49	13	10.45	21	6.80
6	6.67	14	11.89	22	6.12
7	6.69	15	9.64	23	5.48
8	8.29	16	7.06	24	6.09

미래의 재무부 채권 이자율의 예측에 이용되는 적절한 예측 모형을 개발하고, 과거 자료와 비교하여 얼마나 정확한지 밝히시오.

13-20 Wellton 펀드는 주식과 채권으로 이루어진 뮤추얼 펀드이다. 다음은 20년에 대한 이 펀드의 연말 주가와 다우 존스 산업 평균(Dow Jones Industrial Average, DJIA)이다.

연	주가(달러)	DJIA	연	주가(달러)	DJIA
1	14.75	10,46	11	19.08	3,301
2	15.06	1,258	12	20.40	3,754
3	14.98	1,211	13	19.39	3,834
4	15.73	1,546	14	24.43	5,117
5	16.11	1,895	15	26.46	6,448
6	16.07	1,938	16	29.45	7,908
7	16.78	2,168	17	29.35	9,181
8	17.69	2,753	18	27.96	11,497
9	16.90	2,633	19	28.21	10,786
10	17.81	3,168	20	27.26	10,150

이러한 자료에 대한 선형 회귀분석 모형을 개발하고 DJIA가 1만 2,000이 되었을 때 이 펀드의 주가를 예측하시오. 펀드 주가와 DJIA는 강한 상관관계를 가지고 있는 것처럼 보이는가?

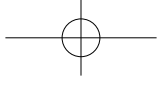
13-21 항구도시인 서배너는 항구의 컨테이너 터미널의 확장을 고려하고 있다. 과거 12년 동안 항구에는 아래와 같은 컨테이너 처리량이 있었다. 처리량은 TEUs(20피트 상당의 단위, 컨테이너의 크기에 대한 표준 단위)로 표시되어 있다.

연	TEUs(1,000단위)	연	TEUs(1,000단위)
1	526.1	7	761.1
2	549.4	8	845.4
3	606.0	9	1,021.1
4	627.0	10	1,137.1
5	695.7	11	1,173.6
6	734.9	12	1,233.4

a. 이 자료에 대한 선형 추세선 예측치를 구하고, 13년에 대한 TEUs의 수를 예측하시오.

b. 이 자료의 선형 관계의 정도는 어떠한가?

13-22 버지니아 주는 모든 고등학생이 졸업하고 학위를 받기 위해서 70점 이상으로 통과해야 하는 수학, 역사, 영어, 과학에 대한 교육기준시험(SOL)을 만들었다. 몽고메리 지역의 학교 관리자는 이 시험이 선생님들의 보수와 재임기간(학교 재임 연차)과 상당히 밀접한 관계가 있기 때문에 불공정하다고 믿고 있다. 관리자는 이 주의 다른 지역 학교 시스템에서 12개를 선정하여 평균 보수와 평균 재임기간에 대한 다음과 같은 정보를 축적하였다.



학교	평균 SOL 점수	평균 선생님 보수(달러)	평균 선생님 재임기간(년)
1	81	34,300	9.3
2	78	28,700	10.1
3	76	26,500	7.6
4	77	36,200	8.2
5	84	35,900	8.8
6	86	32,500	12.7
7	79	31,800	8.4
8	91	38,200	11.5
9	68	27,100	8.3
10	73	31,500	7.3
11	90	37,600	12.3
12	85	40,400	14.2

- a. 엑셀 또는 윈도우용 QM을 사용하여 이 자료들에 대한 다중 회귀분석 방정식을 구하시오.
- b. 이 회귀분석 방정식의 결정계수는 무엇인가? 관리자의 생각이 맞다고 생각하는가?
- c. 몽고메리 지역은 평균 74점의 SOL 점수와 평균 2만 7,500달러의 선생님 보수, 평균 7.8년의 재임기간을 보이고 있다. 관리자는 평균 재임기간을 9년으로 올리기 위해 복지뿐만 아니라 보수를 평균 3만 달러로 올리는 것을 학교 위원회에 제안했다. 그는 위원회가 제안을 통과시키면, 평균 SOL 점수가 80으로 올라갈 것이라고 했다. 이 예측 모형에 따르면 그의 주장은 맞는가?

13-23 Tech의 경영대학장은 기금모금 운동을 시작하였다. 그가 잠재적 기부자를 설득하기 위해 내 세울 점은 대학의 개인 기부금이 증가하면 매년 <The Global News and Business Report> 지에 발표되는 경영대학의 순위를 높일 수 있다는 것이다. 그는 기금과 순위 사이에 관련이 있음을 증명하고자 한다. Tech와 대등한 8개 학교에 대한 개인 기부금, 주정부와 사적인 출처의 연간 예산, 각 학교의 순위에 대한 자료는 다음과 같다.

개인 기부금 (백만 달러)	연간 예산 (백만 달러)	순위	개인 기부금 (백만 달러)	연간 예산 (백만 달러)	순위
2.5	8.1	87	27.1	16.1	76
52.0	26.0	20	23.3	17.0	103
12.7	7.5	122	46.4	14.9	40
63.0	33.0	32	48.9	21.8	98
46.0	12.0	54			

- a. 엑셀을 이용하여 개인 기부금 총액과 순위에 대한 선형 회귀 모형을 개발하고, 개인 기부금이 7,000만 달러일 때 순위를 예측하시오. 기부금과 순위 사이에 밀접한 상관관계가 있는가?
- b. 엑셀을 이용하여 개인 기부금과 연간 예산을 포함한 모든 자료에 대해 다중 회귀 방정식을 개발하고, 개인 기부금이 7,000만 달러이고 연간 예산이 4,000만 달러일 때 순위를 예측하시오. 이 예측치를 (a)에서 구한 예측치와 비교하시오.