(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년10월08일
(11) 등록번호 10-1906046
(24) 등록일자 2018년10월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 10/06 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 10/0631 (2013.01)
G06Q 10/0637 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0045143
(22) 출원일자 2017년04월07일
심사청구일자 2017년04월07일
(56) 선행기술조사문헌
JP2010009596 A*
JP2004171180 A*
JP2010257306 A*
JP2012252580 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
김지용
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동, 인천대학교) 8호관 506호
(74) 대리인
차준용

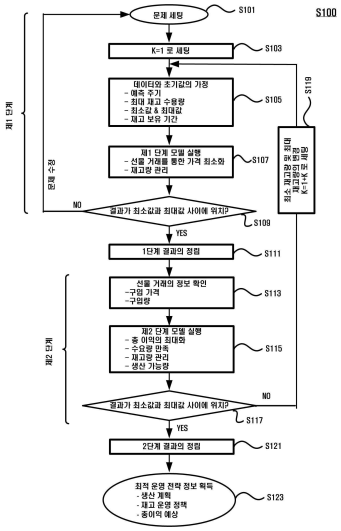
전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 두소영

(54) 발명의 명칭 **상품 구매 전략 및 공정 운영 전략을 수립하는 방법 및 이를 수행하는 의사 결정 컴퓨팅 시스템**

(57) 요 약

본 발명을 실시하기 위한 일 실시예에 따르면, 의사 결정 컴퓨팅 시스템에 의해 수행되는 의사 결정 방법으로서, 특정 상품에 대한 시기별 구매량을, 일정 기간 동안에 상기 특정 상품에 대한 총 구매 비용이 가장 낮도록 계산하여 도출하는 제1 단계; 및 상기 특정 상품을 사용하는 공정의 운영 전략을, 상기 공정 운영으로 획득할 수 있는 총 이익이 가장 크도록 계산하여 도출하는 제2 단계를 포함하며, 상기 제1 및 제2 단계에서 계산에 사용되는 변수들 중 적어도 하나 이상은 공통으로 사용되는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 방법이 제공된다.

대 표 도 - 도2



공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

의사 결정 컴퓨팅 시스템에 의해 수행되는 의사 결정 방법으로서,

특정 상품에 대한 시기별 구매량을, 일정 기간 동안에 상기 특정 상품에 대한 총 구매 비용이 가장 낮도록 계산하여 도출하는 제1 단계; 및

상기 특정 상품을 사용하는 공정의 운영 전략을, 상기 공정 운영으로 획득할 수 있는 총 이익이 가장 크도록 계산하여 도출하는 제2 단계를 포함하며,

상기 제1 및 제2 단계에서 계산에 사용되는 변수들 중 적어도 하나 이상은 공통으로 사용되는 것을 특징으로 하고,

상기 제1 단계를 통해 도출된 상기 총 구매 비용이 기 설정된 최소값 이상 최대값 이하의 범위에 있는 경우에는 제2 단계를 수행하고, 상기 총 구매 비용이 기 설정된 최소값 미만 최대값 초과의 범위에 있는 경우에는 상기 제1 단계를 반복하는 것을 특징으로 하며,

상기 제2 단계를 통해 도출된 상기 총 이익이 기 설정된 최소값 이상 최대값 이하의 범위에 있는 경우에는 전체 의사 결정 단계를 종료하며, 상기 총 이익이 기 설정된 최소값 미만 최대값 초과의 범위에 있는 경우에는 상기 특정 상품의 최소 재고량 및 최대 재고량의 설정을 변경한 뒤 상기 제1 단계를 수행하는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 단계는 번갈아가며 반복적으로 수행되는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 및 제2 단계의 반복은 기 정해진 일정 횟수 이상 수행되는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제1 및 제2 단계의 반복이 기 정해진 최대 횟수에 도달하면 반복을 중단하는 단계를 더 포함하는, 의사 결정 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1 단계에서 상기 총 구매 비용을 계산하는 방법에 있어,

$$\min\{(AP_{i,i+1} + AP_{i,i+2}) + AP_{i,i+3} \times PP_i + AP_{i+1,i+2} + AP_{i,i+3} \times PP_{i+1} + AP_{i+2,i+3}\}$$

와 같이 표현되는 수학식을 이용하는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 방법.

PP_i : i번째 달의 구매 가격

$AP_{(i,i+1)}$: i 번째 달에 i+1 번째 달에 대한 선물 거래량

청구항 8

제1항에 있어서,

$$AI_{i+1} = AI_i + AP_{i-2,i+1} + AP(i-1, i+1) + AP_{i,i+1} - AC$$

와 같이 표현되는 수학식을 이용하여 상기 특정 상품의 재고 관리를 수행하는 단계를 더 포함하는, 의사 결정 방법.

AI_i : I 번째 달의 재고량

AC: 공정 내의 분쇄 장치가 특정 시점에 사용할 수 있는 상기 특정 상품의 양

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제2 단계에서 상기 총 이익을 계산하는 방법에 있어,

$$\text{maximum profit} = \sum_{t \in T} Tp_t, \quad \forall\ t \in T$$ 및

$$Tp_t = ps_t + ht_t - oc_t - ic_t - r_t$$

와 같이 표현되는 수학식을 이용하는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 방법.

Tp_t : 일정 기간 동안의 총 이익

ps_t : 제품 판매를 통한 총 수입

ht_t : 상기 특정 상품에 대한 선물 거래를 통한 이익

oc_t : 공정 운영 비용

ic_t : 재고 관리 비용

r_t : 재정적 리스크 비용

청구항 10

제9항에 있어서,

$$ps_t = \sum_{m \in M_s} \sum_{t \in T} P_{(m,t)} PM_{m,t}$$

와 같이 표현되는 수학식을 이용하여 제품 판매를 통한 총 수입을 계산하는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 방법.

$P_{m,t}$: t라는 기간 동안 m이라는 제품의 가격

$PM_{(m,t)}$: t라는 기간 동안 m이라는 제품의 판매량

청구항 11

제9항에 있어서,

$$NU_{r,p,i} = NUR^{u}_{r,p,i} UT_{r,p,i}$$ 및

$$\sum_{r \in R} \sum_{p \in P} \sum_{i \in IM_r} NU_{r,p,i} = TS_p$$

와 같이 표현되는 수학식을 이용하여 공정의 운영 비용을 계산하는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 방법.

$NU_{r,p,i}$: 선박에서 내려져 p 라는 위치에서 i라는 위치로 옮겨진 r이라는 상품의 양

$NUR^{u}_{r,p,i}$: p라는 위치에서 i라는 위치로 r이라는 상품이 옮겨지는 속도

$UT_{r,p,i}$: p라는 위치에서 r이라는 상품이 옮겨지는데 소요된 총 시간

TS_p : 구매되어 i라는 위치로 옮겨진 모든 상품들의 총 합산량

청구항 12

제9항에 있어서,

$$ic_t = \sum_{r \in R} \sum_{t \in T} IM_{r,t} IP_{r,t} + \sum_{m \in M_i} \sum_{t \in T} IM_{(m,t)} IP_{(m,t)}$$

와 같이 표현되는 수학식을 이용하여 재고 관리 비용을 계산하는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 방법.

$IP_{r,t}$: 상품 r을 t라는 일정 기간 동안 보관하기 위한 재고 관리 비용

$IM_{r,t}$: t라는 일정 기간동안 보관된 r이라는 상품의 양

$IP_{m,t}$: 최종 제품인 m을 t라는 기간 동안 보관하기 위한 재고 관리 비용

$IM_{m,t}$: t라는 기간 동안 보관된 m이라는 최종 제품의 양

청구항 13

제9항에 있어서,

$$r_t = PN_t Risk_t(s, \Omega_t) = PN_t \sum_s \rho_s \lambda_s(\Omega_t)$$

와 같이 표현되는 수학식을 이용하여 재정적 리스크 비용을 계산하는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 방법.

PN_t : t라는 일정 기간 내의 재정적 불이익의 크기

$Risk_t(s, \Omega_t)$: 목표 이익인 Ω_t 보다 낮은 이익을 얻을 확률을 의미

ρ_s : s라는 사건이 t라는 기간 내에 발생할 확률

$\lambda_s(\Omega_t)$: s라는 사건 발생시에 획득할 수 있는 이익이 t라는 기간동안의 목표 이익보다 낮으면 1이고 그 외의 경우에는 0인 이진 변수

청구항 14

특정 상품에 대한 구매와 공정 운영에 대한 계산을 수행하는 의사 결정 컴퓨팅 시스템으로서,

상기 특정 상품에 대한 시기별 구매량을, 일정 기간 동안에 상기 특정 상품에 대한 총 구매 비용이 가장 낮도록 계산하여 도출하는 제1 단계 수행부; 및

상기 특정 상품을 사용하는 공정의 운영 전략을, 상기 공정 운영으로 획득할 수 있는 총 이익이 가장 크도록 계산하여 도출하는 제2 단계 수행부를 포함하며,

상기 제1 및 제2 단계 수행부가 계산에 사용하는 변수들 중 적어도 하나 이상은 공통으로 사용되는 것을 특징으로 하고,

상기 제1 단계 수행부를 통해 도출된 상기 총 구매 비용이 기 설정된 최소값 이상 최대값 이하의 범위에 있는 경우에는 제2 단계 수행부가 작동하고, 상기 총 구매 비용이 기 설정된 최소값 미만 최대값 초과의 범위에 있는 경우에는 상기 제1 단계 수행부가 반복하여 작동하는 것을 특징으로 하며,

상기 제2 단계 수행부를 통해 도출된 상기 총 이익이 기 설정된 최소값 이상 최대값 이하의 범위에 있는 경우에는 전체 의사 결정 단계를 종료하며, 상기 총 이익이 기 설정된 최소값 미만 최대값 초과의 범위에 있는 경우에는 상기 특정 상품의 최소 재고량 및 최대 재고량의 설정을 변경한 뒤 상기 제1 단계 수행부가 작동하는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 컴퓨팅 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 상품 구매 전략 및 공정 운영 전략을 수립하는 방법 및 이를 수행하는 의사 결정 컴퓨팅 시스템에 관한 것으로, 재귀적인 2단계 프로그래밍을 통해 의사 결정을 수행하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 석유화학 분야의 산업에 있어서, 변동성이 심하고 확실하지 않은 시장 상황 안에서 사업 계획을 수립하고 의사 결정을 수행하는 것은 어려운 문제이다. 특히, 최근에는 이 분야에서의 경쟁이 두드러지게 심해지고 있기 때문에 보다 저렴한 원료를 안정적으로 획득하는 것은 수익성의 문제로 직결된다.

[0003] 이에 따라, 석유화학 분야에서의 재정적 위험에 대처하고 사업 관리를 지원하기 위해, 관련 연구들은 새로운 접근법과 관리 모델들을 발전시켜 왔다. 그 중 하나인 2단계로 구성된 확률적 프로그래밍(SP: stochastic programming) 모델이 많이 이용되어 왔는데 이는 이 모델이 실제적인 문제를 다룸에 있어 이론적인 유연성이 있었기 때문이다. 이 모델은 첫번째 단계에서 원료 공급, 수요 예측, 생산 속도 등과 관련된 높은 수준의 결정을 내릴 수 있게 하며, 두번째 단계에서는 작업 스케쥴 최적화를 수행한다.

[0004] 이후, 경제 위기와 의사 결정자의 위험 경향 등을 고려하는 SP 모델을 실제 응용 프로그램으로 구현하려는 시도도 있었으며, 이 모델은 재고 및 물류 관리에서의 재무 위험성을 줄이기 위한 헤지(hedge) 거래를 포함하기도 했다. 또한 정유 공정 계획에서의 재정적 위험을 안정시키기 위해 선택적 계약 개념을 도입한 모델, 다양한 불확실성 하에서의 확률적 가격 추정 모델, 제품 언로딩·혼합·재고 관리 등의 운영 문제를 해결하기 위한 MILP(mixed integer linear programming) 모델, 정유 계획과 원유 운영 스케쥴링을 통합하는 대규모 문제를 해결하기 위한 MINLP(mixted integer nonlinear programming) 모델 등이 연구되었으며, 각 모델들은 원가 최소화, 원재료의 요구 사항 최소화, 유해한 환경 영향의 최소화, 연간 수익 극대화 등의 다양한 목표를 만족시키기 위한 목적함수를 포함하고 있다.

[0005] 이와 같이, 많은 연구들이 석유화학 산업의 수익성 개선을 위한 방안을 제시하였으나, 수요와 공급이 요동치는 시장에서 전략적인 의사 결정 및 사업 계획 수립을 위한 효율적인 해결책을 제시하지는 못하였다. 석

유화학 산업은 광범위한 종류의 석유화학 제품의 거래 가치에 대한 정보에 입각한 솔루션을 제공하는 동적 모델을 필요로 하였으며, 급변하는 시장에서 헤지 거래를 통해 경쟁력을 갖추는 것이 동시에 요구되었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 공개특허공보 제 10-2016-0055235호, 2016.05.17

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 전술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것을 그 목적으로 한다.

[0009] 본 발명의 목적은 특정 상품의 구매 비용과 수익성 있는 선물 거래의 수행 타이밍을 결정하는 것이다.

[0010] 본 발명의 목적은 효율적인 생산 계획을 위한 공정 운영 전략을 개발하는 것이다.

[0011] 본 발명의 목적은 선물 거래 전략과 공정 운영 전략을 통합적으로 합쳐 보다 효율적인 의사 결정이 가능하도록 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따르면, 의사 결정 컴퓨팅 시스템에 의해 수행되는 의사 결정 방법으로서, 특정 상품에 대한 시기별 구매량을, 일정 기간 동안에 상기 특정 상품에 대한 총 구매 비용이 가장 낮도록 계산하여 도출하는 제1 단계; 및 상기 특정 상품을 사용하는 공정의 운영 전략을, 상기 공정 운영으로 획득할 수 있는 총 이익이 가장 크도록 계산하여 도출하는 제2 단계를 포함하며, 상기 제1 및 제2 단계에서 계산에 사용되는 변수들 중 적어도 하나 이상은 공통으로 사용되는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 방법이 제공된다.

[0013] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 특정 상품에 대한 구매와 공정 운영에 대한 계산을 수행하는 의사 결정 컴퓨팅 시스템으로서, 상기 특정 상품에 대한 시기별 구매량을, 일정 기간 동안에 상기 특정 상품에 대한 총 구매 비용이 가장 낮도록 계산하여 도출하는 제1 단계 수행부; 및 상기 특정 상품을 사용하는 공정의 운영 전략을, 상기 공정 운영으로 획득할 수 있는 총 이익이 가장 크도록 계산하여 도출하는 제2 단계 수행부를 포함하며, 상기 제1 및 제2 단계 수행부가 계산에 사용하는 변수들 중 적어도 하나 이상은 공통으로 사용되는 것을 특징으로 하는, 의사 결정 컴퓨팅 시스템이 제공된다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 선물 거래 전략과 공정 운영 전략을 통합적으로 운영함으로써 종래의 의사 결정 방법들보다 효율적으로 두가지 전략을 동시에 수립할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따르면 선물 거래 전략과 공정 운영 전략이 서로 반복되어 수행되면서 보다 정확한 미래 예측이 가능해질 수 있다.

[0016] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급된 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 동작하는 방식을 설명하기 위한 것으로, 나프타의 이동 경로를 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델의 재귀적 최적화 방식을 설명하기 위한 순서가 도시된 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 컴퓨팅 시스템의 구성을 대략적으로 나타낸 블록도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 나프타 구매 전략을 수립한 경우의 결과를 일반적인 두가지 경우의 결과와 비교한 표이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 나프타 구매 전략을 수립한 경우의 결과를 일반적인 두가지 경우의 결과와 비교한 그래프이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 석유화학 공정 운영 전략을 수립하였을 때의 월별 나프타 구매량을 4가지 케이스로 나누어 월별로 나타낸 표이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 석유화학 공정 운영 전략을 수립하였을 때의 월별 수익을 4가지 케이스로 나누어 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 석유화학 공정 운영 전략을 수립하였을 때의 총 이익 및 나프타 구매량을 4가지 케이스로 나누어 나타낸 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 석유화학 공정 운영 전략을 수립하였을 때의 결과를 도출하기 위해 설정된 초기 조건들을 나타낸 표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 명세서 전체에 걸쳐 동일한 도면 부호는 동일한 구성 요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 구성요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 비록 "제1", "제2" 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

[0019] 본 명세서 상에서는 원유에서 추출되는 많은 원료 중의 하나인 나프타(naphtha)를 예시로 들어, 나프타의 가격과 거래 시점 등과 관련하여 연구된 최적화 모델을 제시한다. 다만, 본 명세서 상에서 제시되는 알고리즘 및 의사 결정 모델은 나프타와 같은 특정 원료 및 석유화학 산업과 같은 특정 산업에 제한되지 않음은 물론이다.

[0020] 헤지(hedge) 거래라 함은 사업 전략 중의 하나로 보호하고 싶은 자산의 반대 위치에 있는 자산을 구매함으로써 부정적인 사건이 발생할 확률에 대항하여 투자 또는 포트폴리오를 보호하는데에 사용되는 거래 방식이다. 본 명세서 상에서 헤지 거래는 선물 거래(futures trading)를 포함할 수 있는데, 선물 거래라 함은 상품이나 금융 자산을 미리 결정된 가격으로 미래의 일정 시점에 인도 혹은 인수할 것을 약속하는 거래로 본 명세서 상에서는 나프타를 미래의 일정 시점에 구매 또는 판매할 것을 약속하는 거래로 예시될 수 있다. 이하, 본 명세서 상에서는 헤지 거래를 선물 거래로 표현하지만 헤지 거래의 유형이 선물 거래로 제한되는 것은 아니다.

[0021] 본 명세서 상에서는 제시되는 의사 결정 모델을 설명하기 위하여 하기와 같은 통제 조건을 임의로 가정할 수 있으나 본 발명의 범위는 이에 제한되지 않음은 물론이다. 본 명세서 상에서는 나프타를 통해 생산되는 제품의 시기와 양에 대한 수요가 만족되고, 제품 판매는 시장 가격에 의해 진행되며, 의사 결정자는 가격 예측을 통해 나프타를 구매하게 되고, 나프타 생산량의 제한은 제조 공장에서의 화학 반응의 한계에 의해서만 발생하는 것으로 예시하여 발명을 설명하기로 한다.

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 동작하는 방식을 설명하기 위한 것으로, 나프타의 이동 경로를 나타낸 도면이다.

[0023] 도 1을 살펴보면, 나프타는 생산에서 운송을 걸쳐 보관소에 저장되었다가 석유화학 시설에 제공되어 화학 제품 또는 화학약품의 원료 등으로 가공될 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예는 도 1 에서 나타난 나프타의 이동 경로에서 운송부터 사용까지와 관련한 의사 결정 모델을 제시한다. 의사 결정 모델은 나프타 구매의 타이밍, 양, 가격 등을 결정할 수 있으며 일정 기간내의 석유화학 시설의 생산 스케쥴 또한 결정할 수 있다. 의사 결정 모델은 선물 거래의 이익을 최대화하는 방향으로 사용될 수 있으며, 나프타 운송과 석유화학 시설의 운영을 포함한 시스템에서 전체 이익을 최대화하는 방향으로 사용될 수도 있다.

[0025] 본 발명에서 제시하는 의사 결정 모델의 일 실시예는 몇가지 중요한 가정들 하에서 설명될 수 있다. 예를 들어, 나프타의 구매와 생산 제품의 판매는 한달에 한번씩 수행되고, 이와 유사하게 운송 또한 한달에 한번 수행되며, 일정 기간 내의 생산 수율은 고정되어 있는 것으로 가정될 수 있다. 또한, 해상 대기 비용, 나프타 펌핑 비용 및 전환 비용 등은 의사 결정 과정에서 무시될 수 있으며, 나프타 거래는 한달 또는 두달 전에 선물 거래로 진행될 수 있다. 이하, 본 명세서 상에서는 상기와 같은 제한 조건들을 기저 조건으로 가정하고 설명하기로 한다.

[0026] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델의 재귀적 최적화 방식을 설명하기 위한 순서가 도시된 도면이다.

[0027] 의사 결정 모델은 전체적으로 살펴보았을 때에 두 개의 단계로 구성될 수 있다. 그 중 제1 단계는 특정 시점에 나프타의 구매량과 구매 가격을 결정하는 모델이며, 제2 단계는 나프타가 사용되는 석유화학 시설의 운영 방법을 결정하는 모델이다.

[0028] 상기 제1 단계부터 살펴보면, 의사 결정을 수행할 데이터와 전제되는 가정들이 결정된 후에, 선물 거래의 최적화를 위한 모델이 사용된다. 이 모델은 나프타의 평균 구매 가격을 최소화하기 위한 목적 함수를 포함하는데, 이를 위해 진행된 선물 거래와 현재 시점까지 구매 완료된 나프타의 양 등이 고려된다. 나프타의 평균 구매 가격은 현재 시점까지 획득된 나프타의 양과 선물 거래 정보를 통해서 계산될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 상기의 평균 구매 가격의 계산에는 미래의 2개월 또는 3개월 동안 재고 관리를 위해 소요되는 비용과 나프타의 예측 가격까지 포함될 수 있다. 이하에서, 선물 거래는 특정 개월 후에 나프타를 구매할 권리를 구매하는 것으로 이해되며 선물 거래는 현재 시점의 가격으로 특정 개월 후의 나프타를 구매하는 것으로 가정될 수 있다. 즉, 현재 시점의 나프타 가격이 급격히 상승하면, 나프타 선물 거래의 가격도 동시에 상승하게 된다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제1 단계에서 나프타 구매 가격을 최소화 하기 위한 방식은 하기 수학식 1을 통해 제시된다.

수학식 1

[0030] $$\min\{(AP_{i,i+1}+AP_{i,i+2})+AP_{i,i+3}\times PP_i+AP_{i+1,i+2}+AP_{i,i+3}\times PP_{i+1}+AP_{i+2,i+3}\}$$

[0031] 상기 수학식 1에서 PP_i 는 i번째 달의 구매 가격을 의미하며, $AP_{(i,i+1)}$ 는 i 번째 달에 i+1 번째 달에 대한 선물 거래를 수행한 양을 의미한다. 본 발명에서 제시하는 의사 결정 모델은 수학식 1의 값이 최소화되도록 나프타의 구매 가격과 양, 시기를 결정할 수 있다.

[0032] 의사 결정 모델은 이외에도 재고 관리와 관련된 요소들을 고려할 수 있다. 예를 들어, 의사 결정 모델은 현재의 나프타 재고와 석유화학 공장의 가동 능력을 토대로 재고의 양을 관리할 수 있으며 이는 하기의 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

[0033] $$AI_{i+1}=AI_i+AP_{i-2,i+1}+AP(i-1,i+1)+AP_{i,i+1}-AC$$

[0034] 상기 수학식 2에서 AI_i 는 i 번째 달의 나프타 재고를 의미하며, AC는 석유화학 공장 내의 분쇄 장치(cracking unit)가 특정 시점에 최대로 사용할 수 있는 나프타의 양을 의미한다.

[0035] 일 실시예에 따르면, 의사 결정 모델은 나프타 재고의 양을 관리함에 있어 i 번째 달에 보유하는 재고가 해당하는 달의 최소 재고량과 최고 재고량 사이에 위치하도록 하며, 일정 시점 후의 선물 거래의 양이 음수가 되지 않도록 해야할 수 있다. 선물 거래의 양이 음수가 되지 않게 한다는 의미는 의사 결정 모델이 선물 거래를 통해 일정 시점 후에는 나프타를 판매하지 않고 구매할 수 있도록 재고 관리를 수행해야 한다는 것이다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 의사 결정 모델은 도 2의 제2 단계에서 나프타가 사용되는 석유화학 공정의 운영 방법을 결정할 수 있다. 의사 결정 모델은 수익을 극대화하기 위하여 원료 물질들을 얼마나 선물 거래를 통해 구매하고 사용할지를 계획할 수 있으며, 이 과정에서 시장의 수요 또한 변수의 하나로 고려할 수 있다. 의사 결정 모델이 계산에 사용하는 주요 변수들은 나프타의 예상 가격, 나프타를 통해 제작된 최종 제품의 실제

가격, 나프타의 수급량, 특정 기간 동안의 보관소 용량 등을 포함할 수 있다.

[0037] 제2 단계에서의 의사 결정 모델은, 특정 계획 기간 동안에 공정 운영에 따른 총 이익을 극대화 하는 것을 목적으로 하고 있으며, 이 단계에서의 최적화 모델이 활용하는 목적함수는 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

[0038] $$\text{maximum profit} = \sum_{t \in T} Tp_t, \quad \forall\ t \in T$$

수학식 4

[0039] $$Tp_t = ps_t + ht_t - oc_t - ic_t - r_t$$

[0040] 상기 수학식 3 및 4 에서 Tp_t , ps_t , ht_t , oc_t , ic_t 와 r_t 는 각각 t라는 특정한 계획 일정 안에서의 최대 이익, 제품 판매를 통한 총 수입, 나프타의 선물 거래를 통한 이익, 운영 비용, 재고 관리 비용 그리고 재정적 리스크 비용을 의미한다.

수학식 5

[0041] $$ps_t = \sum_{m \in M_s} \sum_{t \in T} P_{(m,t)} PM_{m,t}$$

[0042] 상기 수학식 5에서 $P_{m,t}$ 는 t라는 기간 동안 m이라는 제품의 가격을 의미하며, $PM_{(m,t)}$ 는 t라는 기간 동안 m이라는 제품의 판매량을 의미한다. 즉, 총 이익은 제품 가격에 각 제품의 금액을 곱한 값들의 총 합으로 나타나게 된다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 석유화학 공정의 운영 비용은 원료 물질을 선박에서 재고 탱크로 옮기는 비용으로 간주할 수도 있다.

수학식 6

[0044] $$NU_{r,p,i} = NUR^{u}_{r,p,i} UT_{r,p,i}$$

수학식 7

[0045] $$\sum_{r \in R} \sum_{p \in P} \sum_{i \in IM_r} NU_{r,p,i} = TS_p$$

[0046] 상기 수학식 6 및 7에서 $NU_{r,p,i}$ 는 선박에서 내려져 p 라는 위치에서 i라는 위치로 옮겨진 r이라는 원재료의 양을 의미하며, $NUR^{u}_{r,p,i}$ 는 p라는 위치에서 i라는 위치로 r이라는 원재료가 옮겨지는 속도를 의미한다. $UT_{r,p,i}$ 는 p라는 위치에서 r이라는 원재료가 옮겨지는데 소요된 총 시간을 의미한다. TS_p 는 구매되어 i라는 위치로 옮겨진 모든 원재료들의 총 합산량을 의미한다.

수학식 8

[0047] $$ic_t = \sum_{r \in R} \sum_{t \in T} IM_{r,t} IP_{r,t} + \sum_{m \in M_i} \sum_{t \in T} IM_{(m,t)} IP_{(m,t)}$$

[0048] 상기 수학식 8은 재고 관리 비용을 계산하기 위한 식으로, 재고 관리 비용은 원재료 물질과 최종 제품을 보관하기 위한 보관 탱크를 관리하는 비용을 포함한다.

[0049] 상기 수학식 8에서 $IP_{r,t}$ 는 원재료 r을 t라는 일정 기간 동안 보관하기 위한 재고 관리 비용을 의미하며, $IM_{r,t}$ 는 t라는 일정 기간동안 보관된 r이라는 원재료의 양을 의미한다. $IP_{m,t}$ 는 최종 제품인 m을 t라는 기간 동안 보관하기 위한 재고 관리 비용을 의미하며, $IM_{m,t}$ 는 t라는 기간 동안 보관된 m이라는 최종 제품의 양을 의미한다.

수학식 9

[0050] $$r_t = PN_t Risk_t(s, \Omega_t) = PN_t \sum_s \rho_s \lambda_s(\Omega_t)$$

[0051] 상기 수학식 9는 재정적 위험이 발생하였을 때의 불이익에 대한 리스크 비용을 계산하는 방식을 나타낸다. PN_t 은 t라는 일정 기간 내의 재정적 불이익을 의미하며, $Risk_t(s, \Omega_t)$ 는 목표 이익인 Ω_t 보다 낮은 이익을 얻을 확률을 의미한다. 상기 식에서 ρ_s 는 s라는 사건이 t라는 기간 내에 발생할 확률을 의미하며, $\lambda_s(\Omega_t)$ 는 s라는 사건 발생시에 획득할 수 있는 이익이 t라는 기간동안의 목표 이익보다 낮으면 1이고 그 외의 경우에는 0인 이진 변수이다.

[0052] 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 수학식 3 내지 9를 이용하는 과정에서 한 개 이상의 제한 조건이 설정될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 최종 제품의 판매량이 해당 제품의 최소 수요량과 최대 수요량 사이가 되어야 하도록 조건이 설정될 수 있으며, 제품을 판매하지 못해 손실된 수요량과 해당 제품의 판매량의 합이 그 제품의 수요량보다 커야 하도록 조건이 설정될 수도 있다. 다른 실시예에 따르면, 특정 기간 동안 원재료의 구매량 또한 최소 구매량과 최대 구매량 사이가 되도록 조건이 설정될 수 있다.

[0053] 일 실시예에 따르면, 의사 결정 모델은 원재료의 재고량 또한 구매한 원재료량과 최종 제품의 생산량에 기초하여 조절할 수 있다.

수학식 10

[0054] $$IM_{r,i,t} = IM_{r,i,(t-1)} + \sum_{p \in P} NU_{r,p,i} - AC$$

수학식 11

[0055] $$IV_{r,i,t} = \sum_{r \in R} \sum_{t \in T} IM_{r,t}$$

수학식 12

[0056] $$IV_{m,i,t} = \sum_{m \in M_s} \sum_{t \in T} IM_{m,t}$$

[0057] 상기 수학식 10 내지 12에서 $IM_{r,i,t}$ 는 t라는 일정 기간의 끝에 i 보관 탱크에 남아있는 원재료 r의 양을 의미하며, AC는 석유화학 공장 내의 분쇄 장치 내에 있는 원재료의 양을 의미한다. $IV_{r,i,t}$ 는 특정 기간 t 동안 i 보관 탱크 안에 있는 원재료 r의 총 재고량을 나타내며, $IV_{m,i,t}$ 는 특정 기간 t 동안 i 보관 탱크 안에 있는 최종 제품 m의 총 재고량을 나타낸다. 의사 결정 모델은 원재료와 최종 제품 각각의 재고량이 보관 탱크 안에서 보관될 수 있는 최저량과 최고량의 사이가 되도록 조건을 설정할 수 있다.

[0058] 도 2를 살펴보면, 본 발명의 실시예에 따른 의사 결정 모델은 제1 단계와 제2 단계를 단순히 순차적으로 수행하는 것이 아니라, 두 단계를 재귀적으로 통합시켜 수행할 수 있다. 의사 결정자는 의사 결정 모델이 구현하는 재귀적인 2단계 프로그래밍을 통해 시장에서의 불확실성을 보다 명시적으로 분석할 수 있다. 이와 같은 재귀적 2단계 프로그래밍은 결정이 되어 있는 조건들 보다는 확실하지 않거나 혹은 랜덤한 변수들로 구성되어 있는 의사 결정 문제를 다루기에 적합할 수 있다.

[0059] 일 실시예에 따르면, 제1 단계에서는 선물 거래를 통해 나프타의 구매량과 가격이 결정되며, 그 결과에 따라 제2 단계에서는 생산 계획이 최적화될 수 있다. 제1 단계에서는 이전에 수행된 선물 거래 또는 현재 수행할 수 있는 선물 거래의 정보에 따라 현재 구매할 나프타의 가격과 양이 결정될 수 있는데, 이는 재고를 관리하고 운영함에 따라 얻을 수 있는 정보들, 즉, 제2 단계에서 획득되는 정보에 영향을 받을 수 있다. 제1 단계에서 도출된 결과, 즉 나프타의 현재 구매량, 가격 및 선물 거래에 대한 정보 등을 통해, 제2 단계에서는 최적화된 생산 계획이 수립될 수 있다. 즉, 제1 및 제2 단계에서 최적화 계산에 사용되는 변수들 중 적어도 하나 이상은 계산과정에서 공통적으로 사용될 수 있으며 그에 따라 각 단계가 반복해서 실행되는 경우 서로에게 영향을 미칠 수 있다.

[0060] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 의사 결정 모델이 도2 와 같은 재귀적 2단계 프로그래밍을 통해 동작하느데에 있어 한 개 이상의 가정이 전제될 수 있다. 의사 결정 모델은 *PP* 와 *AP* 같은 변수의 초기값을 설정할 수 있다. 이와 같은 초기값은 특정 시점에 재고 관리와 관련된 제약 조건들만을 사용한 제1 단계의 최적화 모델을 통해 결정될 수 있다. 즉, 의사 결정 모델이 제1 단계의 최적화 모델을 처음으로 사용할 때에는 제2 단계에서 도출되는 정보가 없으므로, 주어진 정보만으로 제1 단계의 최적화 모델을 통해 초기값들을 산출하여야 하는 것이다.

[0061] 그 후, 산출된 초기값들은 제2 단계의 최적화 모델을 실행하는데 사용될 수 있으며, 그 결과로 원재료와 최종 제품들의 필요량, 재고 레벨, 공정의 가동 능력 등을 산출할 수 있다.

[0062] 도 2를 살펴보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델은 구동 전 문제 세팅을 수행할 수 있다(S101). 문제 세팅에서 준비되는 정보들은 구매할 상품, 즉 원재료 등에 대한 정보, 운영할 공정에 대한 정보, 현재 보유하고 있는 원재료의 재고량, 해당 원재료를 바탕으로 제작할 수 있는 최종 제품들의 가격 정보 등을 포함할 수 있다.

[0063] 이후, 의사 결정 모델은 재귀적인 방법을 통해 문제를 해결하기 위해 반복 변수를 설정할 수 있다(S103). 이 반복 변수는 추후 기술될 S119 단계를 통해 증가할 수 있으며, 의사 결정 모델은 반복 변수가 최대값에 도달할 경우 제1 및 제2 단계의 반복을 중단시키고 그 시점의 결과를 최종 결과로 확정할 수 있다.

[0064] 반복 변수가 설정된 후에 의사 결정 모델은 제시된 문제를 해결하기 위해 필요한 데이터들을 세팅하는데(S105), 이 과정에서는 확실하게 정보가 알려지지 않은 정보들은 특정 값으로 가정되어 설정될 수 있다. S105단계에서 설정되는 데이터에는 예측 주기, 최대 재고 수용량, 재고 및 생산과 관련된 최소값과 최대값, 재고의 보유 기간 등이 포함될 수 있다.

[0065] 의사 결정 모델이 제1 단계 모델을 수행하는 경우에, 전술된 상기 수학식 1을 활용하여 선물 거래를 포함한 거래 비용이 최소화되도록 하는 거래 전략을 수립할 수 있으며, 상기 수학식 2를 통해 재고량 관리도 동시에 수행할 수 있다(S107).

[0066] 제1 단계 모델이 실행된 후에, 의사 결정 모델은 그 실행 결과가 미리 설정된 최소값과 최대값 사이인지를 판단

할 수 있다(S109). 실행 결과가 최소값 이상 최대값 이하의 범위에 있는 경우에 의사 결정 모델은 1단계 결과를 정립하여(S111) 제2 단계 모델 실행의 준비 단계로 넘어갈 수 있으며, 실행 결과가 최소값 미만 최대값 초과의 범위에 있는 경우 처음에 세팅된 문제를 수정하여 문제 세팅 단계(S101)로 되돌아갈 수 있다.

[0067] 의사 결정 모델은 제1 단계가 종료된 후에 그 결과를 정립(S111)하고 제2 단계 모델을 실행하기 전에 제1 단계를 통해 도출된 선물 거래에 대한 정보를 확인할 수 있다(S113). S113 단계에서 의사 결정 모델이 확인하는 정보에는 원재료의 구입 가격 및 구입량 등이 포함될 수 있다.

[0068] 이후, 의사 결정 모델은 제2 단계 모델을 실행할 수 있는데, 전술한 상기 수학식 3에서의 목적함수가 최대값을 가지도록 공정 운영 전략을 수립할 수 있다(S115). 이 과정에서 의사 결정 모델은 상기 수학식 4 내지 9를 통해 공정 운영에 따른 총 이익, 재고 관리 비용, 공정 운영 비용, 재정적 리스크 비용 등을 계산할 수 있다. 또한, 의사 결정 모델은 제2 단계 모델의 실행을 통해 총 이익의 최대화뿐 아니라 최종 제품에 대한 수용량을 만족하고, 재고량을 관리하며, 생산 가능량을 판단하는 등 종합적 공정 운영 관리에 대한 전략을 도출할 수 있다.

[0069] 제2 단계 모델의 실행이 종료되면, 의사 결정 모델은 그 결과가 미리 정해놓은 최소값 이상 최대값 이하의 범위에 있는지를 판단할 수 있다(S117). 제2 단계 모델을 통해 도출된 결과가 최소값과 최대값 사이에 위치하는 경우, 2단계 결과의 정립이 수행되고(S121), 의사 결정 모델은 종료 단계로 나아갈 수 있다. 제2 단계 모델을 통해 도출된 결과가 최소값보다 작거나 최대값보다 큰 경우에는 의사 결정 모델이 제1 단계를 다시 실행하게 된다. 이러한 경우에 있어, 의사 결정 모델은 반복 변수의 카운트를 1과 같은 정해진 정도만큼 높일 수 있으며, 최소 재고량과 최대 재고량 같은 설정을 변경하여 추후의 결과가 달라지도록 할 수 있다(S119).

[0070] 제2 단계가 종료되면 의사 결정 모델은 결과의 정립 단계를 통해 최적의 운영 전략 정보를 획득하고 전체의 의사 결정 과정을 종료할 수 있다(S123). 의사 결정자는 전체 의사 결정 모델이 실행되는 과정을 통해 생산 계획, 재고 운영 정책, 총이익의 예상 등을 포함한 전체적인 공정 운영 전략 및 선물 거래 전략을 획득할 수 있다.

[0071] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 의사 결정 모델은 적어도 한 번 이상의 연속된 반복에서 제1 및 제2 단계를 통해 도출된 결과가 각각 초기의 최소값과 최대값 사이에 위치하는 경우 또는 정해진 수의 반복이 모두 종료될 때까지 제1 및 제2 단계의 반복을 계속할 수 있다. 즉, 의사 결정 모델은 제1 및 제2 단계에서 도출된 결과가 최소값과 최대값 사이에 위치하더라도 바로 전체 과정을 종료시키지 않고 정해진 수의 반복을 수행함으로써 최적화를 더욱 정교하게 수행할 수 있다.

[0072] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 컴퓨팅 시스템(200)의 구성을 대략적으로 나타낸 블록도이다.

[0073] 의사 결정 컴퓨팅 시스템은(200)은 제1 단계 수행부(210), 제2 단계 수행부(220), 통신부(230), 저장부(240) 및 제어부(250)를 포함할 수 있다.

[0074] 제1 단계 수행부(210)는 나프타의 구매와 관련하여 현재의 가격에 따른 구매량 조절과 추후 거래하게 될 선물 거래의 양을 조절할 수 있다. 즉, 제1 단계 수행부(210)는 수학식 1에서 나타난 목적 함수를 통해 선물 거래의 최적화 계획을 수립할 수 있다.

[0075] 제1 단계 수행부(210)는 선물 거래 목적 함수 관리부(211), 재고량 관리부(212) 및 제한 조건 관리부(213)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0076] 선물 거래 목적 함수 관리부(211)는 수학식 1로 표현된 목적함수가 최소값을 가질 수 있도록 계산을 수행할 수 있으며, 조건 상황이 변화할 때마다 계산을 반복하여 수행함으로써 어느 경우에 목적함수가 최소값을 가질 것인지를 도출할 수 있다. 선물 거래 목적 함수 관리부(211)는 이를 통해 선물 거래의 양과 타이밍 등을 결정할 수 있다.

[0077] 재고량 관리부(212)는 현재 재고로 저장되어 있는 나프타의 양과 석유화학 공정에서의 가동 능력을 토대로 재고의 양을 관리할 수 있다. 재고량 관리부(212)는 상기 기술된 수학식 2를 통해 재고량 계산을 수행할 수 있다.

[0078] 제한 조건 관리부(213)는 나프타 재고의 양을 관리함에 있어 현재의 재고량이 최소 재고량과 최고 재고량 사이에 위치하도록 관리할 수 있다. 또한, 제한 조건 관리부(213)는 일정 시점 후의 선물 거래의 양이 음수가 되지 않아서 그 시점에 나프타를 판매하지 않도록 관리를 수행할 수도 있다. 이외에도 제한 조건 관리부(213)는 의사 결정 컴퓨팅 시스템(200)을 관리하는 관리자 또는 의사 결정자의 선택에 따라 추가적인 제한 조건을 입력 받아 관리할 수도 있다.

[0079] 제2 단계 수행부(220)는 특정 계획 기간 동안에 석유화학 공정을 운영하는 입장에서의 총 이익을 극대화 하는

것을 목적으로 하고 있으며, 상기 수학식 3에서 기술된 목적함수를 만족하도록 운영 방향을 설정할 수 있다.

[0080] 제2 단계 수행부는 생산 계획 목적 함수 관리부(221), 수입 관리부(222), 선물 거래 관리부(223), 운영 비용 관리부(224), 재고 관리 비용 관리부(225) 및 재정 리스크 비용 관리부(226)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0081] 생산 계획 목적 함수 관리부(221)는 상기 수학식 3에 기술된 목적함수가 만족되도록, 즉 우변의 식이 최대값을 가질 수 있도록 각종 운영관련 변수를 설정할 수 있다. 생산 계획 목적 함수 관리부(221)는 조건 상황이 변화할 때마다 계산을 반복하여 수행함으로써 어느 경우에 목적함수가 최대값을 가질 것인지를 도출할 수 있다. 생산 계획 목적 함수 관리부(221)는 상기와 같은 계산을 수행하기 위해 수입 관리부(222), 선물 거래 관리부(223), 운영 비용 관리부(224), 재고 관리 비용 관리부(225) 및 재정 리스크 비용 관리부(226) 등으로부터 각각의 구성부가 도출한 정보를 수신할 수 있다.

[0082] 수입 관리부(222)는 나프타를 통해 제작된 최종 제품들의 가격과 각 제품들의 판매량을 통해 일정 기간 동안 획득한 수입을 계산할 수 있다. 수입 관리부(222)가 수입을 계산하는 방식은 전술된 수학식 5를 활용하는 것일 수 있다.

[0083] 선물 거래 관리부(223)는 제1 단계 관리부(210)가 결정한 선물 거래의 양 및 가격 정보를 획득하여 이를 생산 계획 목적 함수 관리부(221)에게 전달 할 수 있다.

[0084] 운영 비용 관리부(224)는 원재료가 선박에서 보관 창고 또는 탱크까지 옮겨지는 비용을 포함한, 석유화학 공정의 운영 비용에 대한 총체적인 관리를 수행할 수 있다. 운영 비용 관리부(224)는 전술한 상기 수학식 6 및 7에서와 같이 원재료가 옮겨지는 속도, 옮기는데 소요되는 시간, 옮겨지는 원재료의 양 등을 계산할 수 있다.

[0085] 재고 관리 비용 관리부(225)는 석유화학 공정을 관리하는데에 있어 필수적인 재고 관리 비용에 대한 계산을 수행할 수 있다. 석유화학 산업에서 사업을 수행하기 위해서는 복수의 보관 창고 및 보관 탱크들이 필요하며, 원재료를 산지로부터 이송해오는 비용과 원재료를 가공하여 최종 제품을 판매하기 위해 이송하는 비용 또한 고려하여야 하는데, 재고 관리 비용 관리부(225)는 이와 같은 비용들을 종합적으로 관리하는 역할을 수행할 수 있다. 재고 관리 비용 관리부(225)는 전술한 상기 수학식 8을 활용하여 재고 관리 비용을 계산할 수 있다. 즉, 재고 관리 비용 관리부(225)는 보관 탱크에 보관되는 원재료와 최종 제품의 양, 보관되는 기간의 길이, 보관에 소요되는 비용 등의 정보를 관리할 수 있다.

[0086] 재정 리스크 비용 관리부(226)는 재정적 위험이 발생하였을 때 발생할 수 있는 불이익에 대한 비용을 관리할 수 있다. 재정적 리스크 비용 관리부(226)는 전술한 상기 수학식 9을 활용하여 리스크 비용을 계산할 수 있다. 즉, 리스크 비용 계산은 특정 리스크가 발생할 확률과 해당 리스크가 발생하였을 때에 입을 재정적 피해를 토대로 수행될 수 있다.

[0087] 통신부(230)는 의사 결정 컴퓨팅 시스템(200)과 외부 장치들 간의 통신이 가능하도록 하는 역할을 수행할 수 있다. 예를 들어, 통신부(230)는 의사 결정 컴퓨팅 시스템(200)이 의사 결정자로부터 의사 결정 모델을 수행하는데 필요한 각종 제한 조건들을 입력받도록 할 수 있으며, 외부의 서버나 타 컴퓨팅 시스템과의 통신으로 의사 결정 모델을 실행하는데 필요한 정보를 수신할 수도 있다.

[0088] 저장부(240)는 제어부(250) 또는 의사 결정 컴퓨팅 시스템(200)의 다른 구성요소들로부터 수신되거나 생성된 데이터를 저장할 수 있다. 저장부(240)는 예를 들어, 메모리(memory), 캐시(cash), 버퍼(buffer) 등을 포함할 수 있으며, 소프트웨어, 펌웨어, 하드웨어 또는 이들 중 적어도 둘 이상의 조합으로 구성될 수 있다.

[0089] 제어부(250)는 의사 결정 컴퓨팅 시스템(200) 내의 제1 단계 수행부(210), 제2 단계 수행부(220), 통신부(230) 및 저장부(240) 간의 데이터 흐름을 제어하는 기능을 수행할 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 제어부(250)는 의사 결정 컴퓨팅 시스템(200) 내의 제1 단계 수행부(210), 제2 단계 수행부(220), 통신부(230) 및 저장부(240)에서 각각 고유한 기능을 수행할도록 제어할 수 있다.

[0090] 이상 설명된 본 발명에 따른 실시예들은 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령어의 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체는 프로그램 명령어, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 명령어는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은 프

로그램 명령어를 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령어의 예에는, 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함된다. 상기 하드웨어 장치는 본 발명에 따른 처리를 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0091] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 나프타 구매 전략을 수립한 경우의 결과를 일반적인 두가지 경우의 결과와 비교한 표이다.

[0092] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 나프타 구매 전략을 수립한 경우의 결과를 일반적인 두가지 경우의 결과와 비교한 그래프이다.

[0093] 도 4 및 도 5에 도시된 결과는 본 발명의 의사 결정 모델이 나프타 가격 예측을 사용하여 선물 거래를 포함한 모든 거래에서의 나프타의 구매량 및 시기를 결정한 결과이다. 이 실시예에서는 의사 결정 모델이 3개월 동안의 나프타 구매 및 활용을 예측하여 결정하는 것으로 가정될 수 있다. 또한, 나프타의 구매확정이 완료되면 선박에 선적되어 운송되는 기간이 1개월 소요되며, 공장에서 나프타를 최종 제품으로 가공하는데에도 1개월이 소요되고, 예측된 나프타의 가격이 증가하는 경우에 나프타를 판매할 수도 있으며 이 경우에도 1개월이 소요된다고 가정될 수 있다.

[0094] 일 실시예에 따른 의사 결정 모델은 시스템 역학(SD: system dynamics) 예측 모델을 사용하여 나프타의 구매 시기 및 양을 결정할 수 있다. 또한, 시스템 역학 예측 모델에는 심리적 휴리스틱(psychological heuristics) 기술이 적용될 수 있다.

[0095] 도 4 및 도 5 에서 도시된 실제 거래(actual trade)는 매달 같은 양의 나프타가 계속해서 구매된 거래를 의미하며, 전통적 거래(conventional trade)는 구매자의 휴리스틱 기술만에 의해 수행된 거래를 의미한다. 최적화된 거래(optimized trade)는 본 발명의 의사 결정 모델이 나프타의 구매와 관련된 최적화 단계와 석유화학 공정의 운영과 관련된 최적화 단계를 통합하여 의사 결정을 수행하였을 때의 거래를 의미한다.

[0096] 도 4 및 도 5 에서는 석유화학 공정의 운영 부분이 아닌, 나프타의 구매와 관련된 최적화 결과만이 도시되었으나, 사용된 의사 결정 모델은 두개의 단계가 통합되어 서로 영향을 주는 것이다.

[0097] 도 4를 살펴보면, 전체 나프타 구매량은 실제 거래에서보다 전통적 거래와 최적화된 거래에서 조금씩 증가하였다. 나프타의 평균 구매 가격은 실제 거래, 전통적 거래, 최적화된 거래 순서로 각각 938.24 USD/ton, 909.93 USD/ton, 883.09 USD/ton으로 본 발명에서 예시된 의사 결정 모델이 활용되었을 경우의 평균 구매 가격이 가장 낮음을 확인할 수 있다. 또한, 도 4에서는 각 거래에서 사용된 총 구매 비용을 확인할 수 있는데, 최적화된 거래를 통해 거래를 수행시 실제 거래보다는 4688만 달러를, 전통적인 거래보다는 2116만 달러를 절약할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0098] 도 5를 살펴보면, 특정한 한 해 동안 실제 거래, 전통적 거래, 최적화된 거래로 나프타 구매를 수행하였을 때 나프타 1톤을 구매하는데 소요된 구매 비용을 비교할 수 있다. 각 달 별로 편차는 있을 수 있지만, 대부분의 달에서 최적화된 거래를 활용하였을 경우에 1톤 당 구매 가격이 제일 낮은 것을 확인할 수 있다.

[0099] 도 4 및 도 5를 통해 비교한 바와 같이, 본 발명에서 제시되는 의사 결정 모델을 사용할 경우에 나프타와 같은 원재료를에 대한 구매 비용이 줄어 총 이익이 증가될 수 있다.

[0100] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 석유화학 공정 운영 전략을 수립하였을 때의 월별 나프타 구매량을 4가지 케이스로 나누어 월별로 나타낸 표이다.

[0101] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 석유화학 공정 운영 전략을 수립하였을 때의 월별 수익을 4가지 케이스로 나누어 나타낸 그래프이다.

[0102] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 석유화학 공정 운영 전략을 수립하였을 때의 총 이익 및 나프타 구매량을 4가지 케이스로 나누어 나타낸 그래프이다.

[0103] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 의사 결정 모델이 석유화학 공정 운영 전략을 수립하였을 때의 결과를 도출하기 위해 설정된 초기 조건들을 나타낸 표이다.

[0104] 도 6 및 도 7의 결과를 도출하기 위해 본 발명에서 예시되는 의사 결정 모델은 4가지 케이스(제1~제4 케이스)를 가정하였다. 제1 케이스는 석유화학 공정 운영의 변수들을 조절하지 않은 경우로 다른 경우들과의 비교를 위한 것이다. 제2 케이스에서는 분쇄 장치가 한번에 수용할 수 있는 나프타의 양을 제1 케이스와 비교하였을 때에

50,000톤을 증가시켰으며, 제3 케이스에서는 제1 케이스와 비교하였을 때에 최대 재고 수용량을 20% 증가시켰고, 제4 케이스에서는 제1 케이스와 비교하였을 때에 선물 거래의 거래 가능폭을 ±50000톤의 범위만큼 확장시켰다.

[0105] 도 9를 살펴보면, 총 구매량과 최대 재고 수요량, 각 원재료의 구매량 및 공장에서의 분쇄 수율이 표시되어 있다. 도 6 내지 도 8에서 도시되는 결과는 도 9의 기초 설정하에 본 발명의 의사 결정 모델이 계산을 수행한 결과이다.

[0106] 도 6에 도시된 바를 살펴보면, 선물 거래를 통해 거래된 나프타의 양은 실제의 나프타 가격을 통해 결정될 수 있다. 원재료의 실제 가격이 다음 달에 감소하게 되면, 원재료 생산자는 이번 달에 보다 많은 양의 원재료를 판매하려고 할 것이기 때문에, 이 경우 이번 달에 품절이 되는 원재료도 나타날 수 있다.

[0107] 제1 케이스는 나프타와 다른 원재료의 재고량 및 구매한 나프타의 양에 맞추어 총 이익을 극대화하는 생산 계획을 세운 경우이다. 도 7의 (a)에는 제1 케이스에서 생산 계획의 기본 전략이 사용되었을 때의 월별 이익이 나타나 있다.

[0108] 제2 케이스에서는 기본 케이스인 제1 케이스와 비교하였을 때에 분쇄 장치가 한 달에 처리할 수 있는 나프타의 양이 50,000톤 증가되었으며, 이번 실시예에서는 그에 따라 한달에 분쇄 장치가 한 달에 처리할 수 있는 나프타의 양이 350,000톤으로 증가하였다. 이와 같은 분쇄 장치의 처리 능력 증가는 나프타의 구입 및 최종 제품 판매가 더 증가할 수 있는 가능성을 열어주며, 그에 따라 제2 케이스에서는 다른 케이스들 보다 대략 500,000톤의 나프타가 추가적으로 구매되었고 600,000톤의 최종 제품이 추가적으로 생산되었다. 결과적으로, 상기와 같은 영향으로 제2 케이스에서의 총 이익은 다른 케이스들과 비교하였을 때 가장 높은 수치를 기록하였다.

[0109] 제3 케이스는 제1 케이스와 비교하였을 때에 최대 재고 수용량이 20% 증가하였으며, 그에 따른 결과는 도 7의 (c) 그래프에서 확인할 수 있다. 제3 케이스에서는 최대 재고 수용량의 증가 영향으로 제1 케이스보다 대략 100,000톤의 나프타가 추가적으로 구매되었으며, 그에 따라 추가적인 이익이 발생하였다.

[0110] 제4 케이스에서는 제1 케이스와 비교하였을 때에 선물 거래의 거래 가능폭이 ±50,000톤의 범위만큼 확장되어 나프타의 선물 거래가 증가하였다. 이번 실시예에서는 제1 케이스에서 나프타 선물 거래의 범위가 ±200,000톤이었으며 추가적인 선물 거래 가능 범위가 제4 케이스에서 확장되었다.

[0111] 도 6 및 도 7의 (d)를 분석하면, 4월에는 다른 달보다 나프타의 구입량이 적었는데, 이는 나프타 가격 예측의 영향과 최종 제품의 실제 가격이 감소한 영향이 반영된 것이다. 6월에 나프타 구매량이 크게 증가하는 것은 의사 결정 모델이 공정 운영 현황에 따라 4월에 나프타 구매량을 크게 줄였기 때문이다. 제4 케이스에서 제2 및 제3 케이스의 경우 보다 나프타 구매량이 더욱 큰 폭으로 줄어든 것은 선물 거래의 범위가 확장된 영향이다.

[0112] 이와 같이, 본 발명의 의사 결정 모델에 따르면, 두가지 단계의 최적화 모델을 재귀적인 2단계 프로그래밍으로 통합시킴으로써, 나프타와 같은 원재료의 최적 구매 전략과 석유화학 공정의 운영 전략을 동시에 결정할 수 있다. 상기와 같은 의사 결정 모델을 이용함으로써 의사 결정자는 예상치 못한 불규칙한 시장 상황에 대비할 수 있다. 본 명세서 상에서 제시된 의사 결정 모델은 나프타 뿐 아니라 가격이 변동하는 화학물질의 구입 전략, 새로운 투자 전략, 최적화된 재고 관리 전략 및 리스크 관리 전략 등에 응용될 수 있다. 즉, 본 발명은 명세서 상에서 기재된 특정 물질 및 사업 분야에 한정되지 않고 응용될 수 있다.

[0113] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0114] 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0116] 200: 의사 결정 컴퓨팅 시스템

210: 제1 단계 수행부

220: 제2 단계 수행부

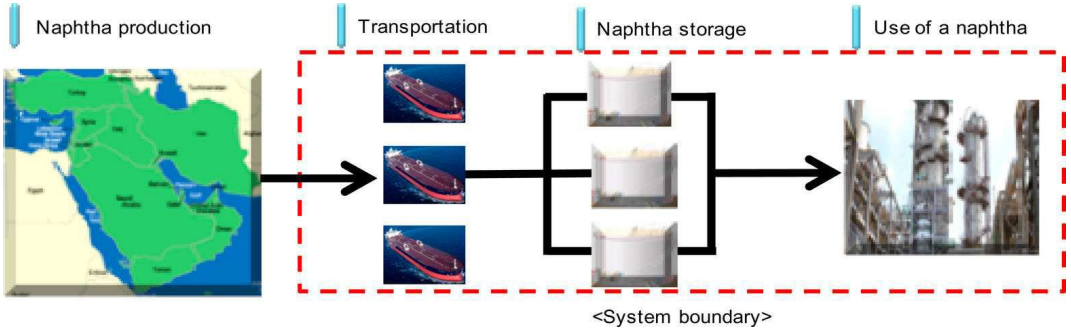
230: 통신부

240: 저장부

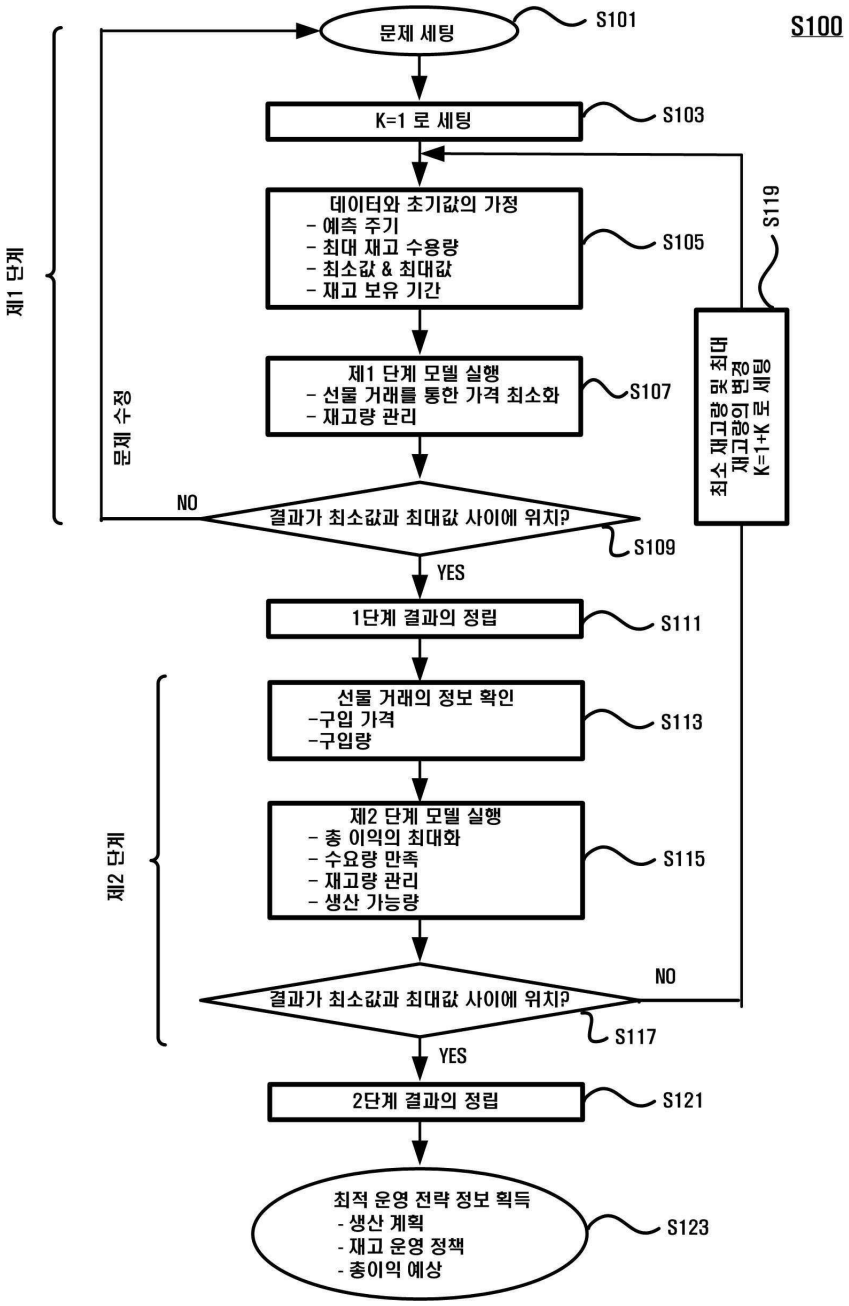
250: 제어부

도면

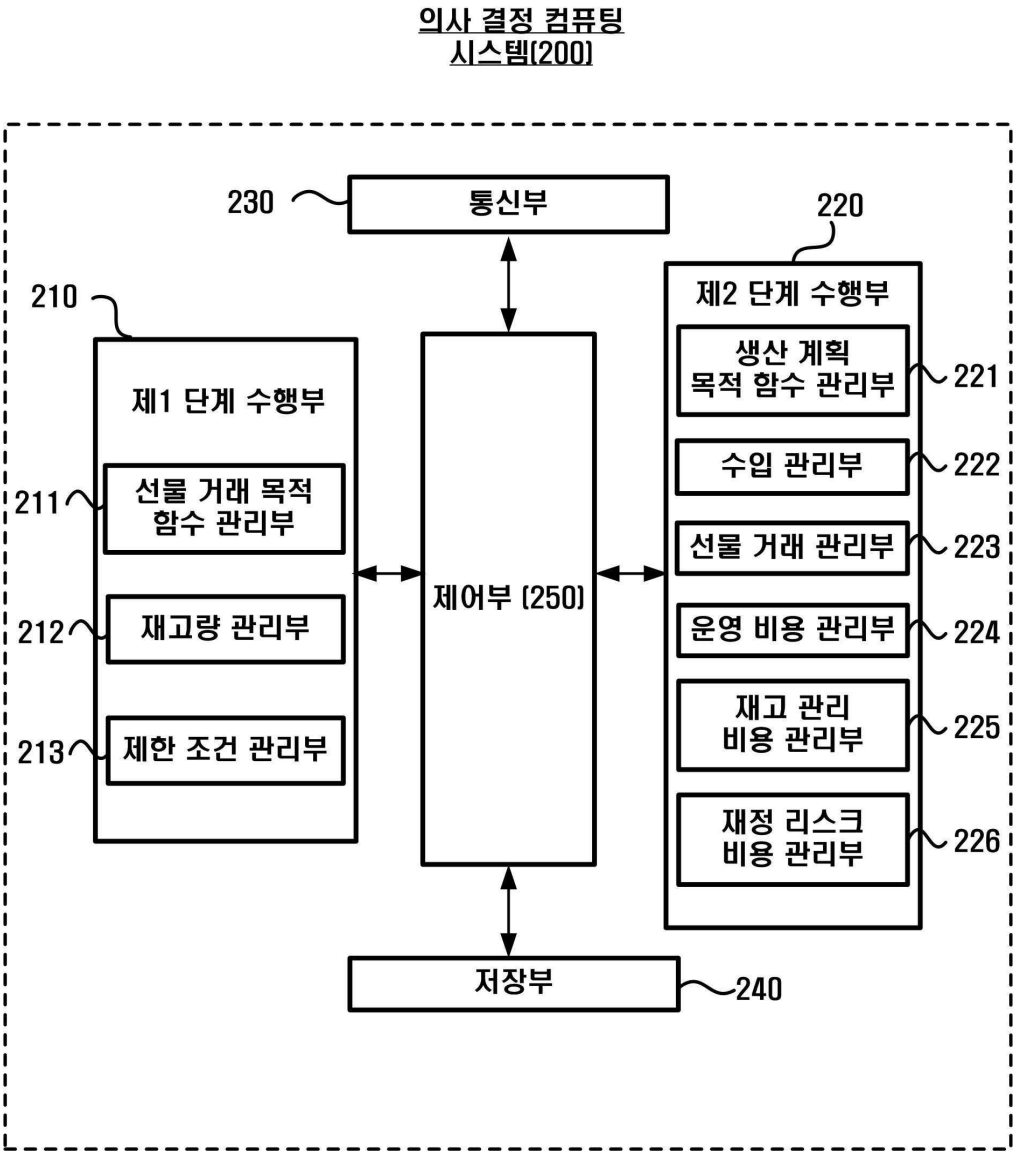
도면1



도면2


S100
문제 세팅
S101
K=1 로 세팅
S103
데이터와 초기값의 가정
- 예측 주기
- 최대 재고 수용량
- 최소값 & 최대값
- 재고 보유 기간
S105
제1 단계 모델 실행
- 선물 거래를 통한 가격 최소화
- 재고량 관리
S107
결과가 최소값과 최대값 사이에 위치?
S109
NO
YES
문제 수정
제1 단계
최소 재고량 및 최대 재고량의 변경 K=1+K 로 세팅
S119
1단계 결과의 정립
S111
선물 거래의 정보 확인
-구입 가격
-구입량
S113
제2 단계 모델 실행
- 총 이익의 최대화
- 수요량 만족
- 재고량 관리
- 생산 가능량
S115
결과가 최소값과 최대값 사이에 위치?
S117
NO
YES
제2 단계
2단계 결과의 정립
S121
최적 운영 전략 정보 획득
- 생산 계획
- 재고 운영 정책
- 총이익 예상
S123

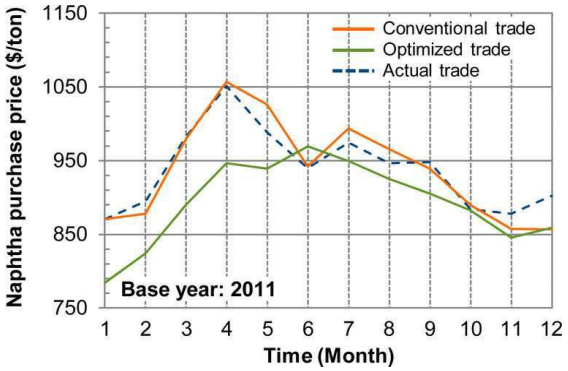
도면3



도면4

	actual trade	conventional trade	optimized trade
total purchase quantity (million ton)	2.76	2.82	2.8
average purchase price (USD/ton)	938.24	909.93	883.09
total cost (million USD)	2,589.53	2,563.81	2,542.65
profit savings (million USD)		25.72	46.88

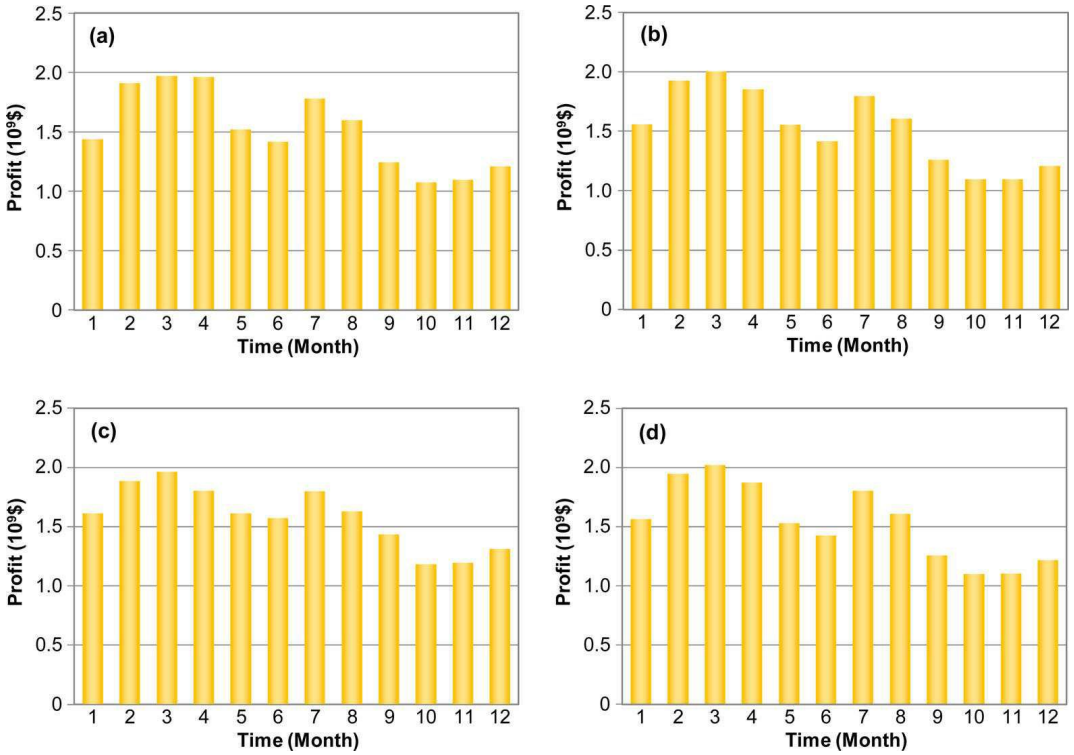
도면5



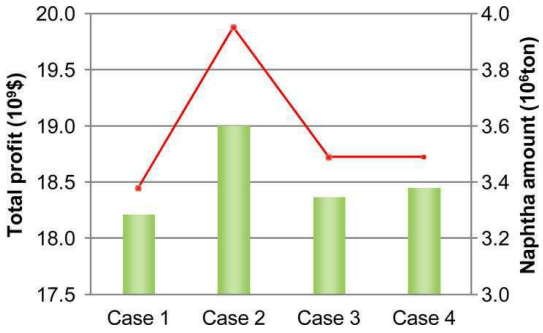
도면6

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Jan	190	320	190	345
Feb	320	310	372	323
Mar	310	305	361	311
Apr	305	155	240	111
May	155	300	344	300
Jun	300	375	413	400
Jul	375	273	300	263
Aug	273	252	315	237
Sep	252	300	348	300
Oct	300	300	377	300
Nov	300	300	341	300
Dec	300	300	349	300

도면7


(a)
(b)
(c)
(d)
Profit (10^9)
Time (Month)
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

도면8


Total profit (10^9)
Naphtha amount (10^6ton)
20.0
19.5
19.0
18.5
18.0
17.5
4.0
3.8
3.6
3.4
3.2
3.0
Case 1
Case 2
Case 3
Case 4

도면9

list of initial condition	information
purchase amount (ton)	300,000
inventory capacity (ton)	190,000
naphtha	190,000
ethylene	20,000
propylene	15,000
butadiene	5,000
BTX	7,500
others	15,000
thermal cracking yield	
ethylene	0.33
propylene	0.16
butadiene	0.10
BTX	0.21
others	0.20