

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2023.23.4.157>  
JIIBC 2023-4-24

# 다국적기업 최대이익 세금트리 문제의 최대 세금경감 경로 알고리즘

## Path Algorithm for Maximum Tax-Relief in Maximum Profit Tax Problem of Multinational Corporation

이상운\*

Sang-Un Lee\*

**요약** 본 논문은 NP-완전 문제로 분류된 기업 세금 구조 최적화 문제를  $O(n^2)$ 의 다항시간으로 구하는 휴리스틱 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 목적지(T)인 본사 노드를 레벨 1으로, 세금코드 범주  $T_c = 1,4,3,2$ 의 노드들을 레벨 2,3,4,5 순서로 배치하였다. 원천(S)-목적지(T)의 최대세금감면 경로를 찾기 위해, 첫 번째로 노드  $u$ 에서  $v$  노드로 송금 시  $u$  관점에서 부과되는 유출 과세( $r_w(u,v)$ )를 최소화시키는 방법으로  $\min r_w(u,v)$ 의 호를 연결하였다. 이 결과 모든 S로부터 T까지의 신장트리를 구성하여 초기 실현 가능 해를 구하였다. 다음으로,  $v$  관점에서 자국에 유입되는 이익 금액에 대한 외국 소득세( $r_{fi}$ )를 최소화시키는  $\min r_{fi}(u,v)$ 의 대체 경로를 찾아 두 경로 중 최대 세금감면 경로를 선정하였다. 제안된 휴리스틱 알고리즘을 10개의 벤치마킹 데이터에 적용한 결과 선형계획법이나 메타휴리스틱의 일종인 Tabu 탐색 법에 비해 보다 최적의 결과를 얻었다.

**Abstract** This paper suggests  $O(n^2)$  polynomial time heuristic algorithm for corporate tax structure optimization problem that has been classified as NP-complete problem. The proposed algorithm constructs tax tree levels that the target holding company is located at root node of Level 1, and the tax code categories( $T_c$ ) 1,4,3,2 are located in each level 2,3,4,5 sequentially. To find the maximum tax-relief path from source(S) to target(T), firstly we connect the minimum withholding tax rate  $\min r_w(u,v)$  arc of node  $u$  point of view for transfer the profit from  $u$  to  $v$  node. As a result we construct the spanning tree from all of the source nodes to a target node, and find the initial feasible solution. Nextly, we find the alternate path with minimum foreign tax rate  $\min r_{fi}(u,v)$  of  $v$  point of view. Finally we choose the minimum tax-relief path from of this two paths. The proposed heuristic algorithm performs better optimal results than linear programming and Tabu search method that is a kind of metaheuristic method.

**Key Words** : Domestic income tax, Foreign income tax, Withholding tax, Profit, Tax tree

\*정회원, 강릉원주대학교 과학기술대학 멀티미디어공학과  
접수일자 2023년 2월 1일, 수정완료 2023년 7월 3일  
게재확정일자 2023년 8월 4일

Received: 1 February, 2023 / Revised: 3 July, 2023 /  
Accepted: 4 August, 2023

\*Corresponding Author: [sulee@gwnu.ac.kr](mailto:sulee@gwnu.ac.kr)

Dept. of Multimedia Eng., Gangneung-Wonju National  
University, Korea

## I. 서 론

다수의 나라에 자회사(operating subsidiaries)들을 두고 있는 다국적기업에서 본사(holding company)가 있는 국가로 이익금(profit)을 송금하는 경우, 본사에 최종적으로 도착하는 이익금을 최대로 하도록 세금트리(tax tree)를 구성하는 문제가 기업 구조 문제(corporate structure problem, CSP)이다.<sup>[1]</sup> 이 문제는 다국적기업의 이익 극대화를 위해 필수적으로 구축해야 하는 문제임에도 불구하고, NP-완전(non-deterministic polynomial time-complete)으로 다항시간으로 최적해를 찾는 알고리즘이 알려져 있지 않고 있다. 따라서 다항시간으로 근사 해를 얻어 활용하기 위해 선형계획법(linear programming, LP), 동적계획법(dynamic programming, DP)이나 메타휴리스틱 방법의 일종인 Tabu 탐색 법을 적용하고 있다.<sup>[1,2]</sup>

본 논문에서는 CSP에 대해 최적 해를  $O(n^2)$ 의 다항시간으로 찾을 수 있는 휴리스틱 알고리즘을 제안한다. 2장에서는 CSP의 세금 부과 체계를 고찰해 본다. 3장에서는 최적 해를 다항시간으로 찾을 수 있는 휴리스틱 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 OR-LIB<sup>[3]</sup>에서 인용된 10개의 Benchmark 데이터에 대해 제안된 알고리즘의 적합성을 검증해 본다.

## II. 관련 연구와 문제점

다국적기업의 이익을 얻는 자회사(제품 생산 또는 판매)는 타 국가를 경유하는 간접경로를 거치거나 모기업 국가로 직접 송금하는 직접경로를 거쳐 모기업 국가로 이익금을 송금하며, 이 과정에서 그림 1과 같이 다양한 세금들이 공제된다.

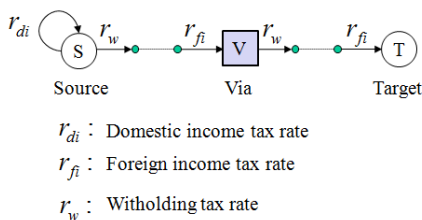


그림 1. 세금 부과 체계  
 Fig. 1. Tax imposition system

$C_a$  국가에 위치한 자회사는 제품을 생산 또는 판매하여 얻은 이익금( $p_0$ )에 대해 해당 국가에 소득세(domestic tax rate,  $r_{di}$ )를 납부한 차액인  $p_1 = p_0 - (p_0 \times r_{di})$ 의 순 이익금을 갖고 있다. 자회사는 타국에 위치한 모기업으로 이익금 전부를 송금하며, 모 기업이 다국적 자회사들을 관리한다고 가정하여 보자.

만약, 순 이익금  $p_1$ 을 다른 국가  $C_b$ 로 송금하는 경우 자회사에 속한 국가  $C_a$ 에는 원천과세(withholding tax rate,  $r_w$ )를 납부하고 남은 금액  $p_2 = (p_1 - p_1 \times r_w)$ 를 타 국가  $C_b$ 로 송금한다.  $C_b$  국가는 자국에 유입되는  $p_2$ 에 대해 외국소득세(foreign tax rate,  $r_{fi}$ )를 부과하고 남은 금액은  $p_3 = (p_2 - p_2 \times r_{fi})$ 가 된다. 이와 같이 하나의 국가를 경유할 때마다  $r_{fi} + r_w$ 의 세금이 부과된다. 이 경우, 다수의 국가를 경유하는 송금경로 보다는 모기업 국가로 직접 송금하는 경우가 최종 이익을 많이 남길 수 있다.

그러나 현실적으로는 이중과세를 방지하기 위해 국가 별로 외국소득세  $r_{fi}$ 는 다음과 같이 4가지 세금 코드(tax code,  $T_c$ )중 어느 하나로 부과한다.<sup>[1,2]</sup>

- $r_{fi}$  : 세금 부과비율 기준
  - $r_{fi}^*$  : 실제 세금 부과비율
  - $t_{fi}$  : 부과되는 세금
  - $p_0$  : 자회사가 해당 국가에 소득세  $r_{di}$ 를 납부하지 않은 상태의 원천 이익금
  - $\Sigma p_0$  : 자국에 유입되는 모든 국가의  $p_0$  총액
  - $p_{ac}$  : 자국에 유입되는 국가별 이익금
  - $\Sigma p_{ac}$  : 자국에 유입되는 모든 국가의  $p_{ac}$  총액
- (1)  $T_c = 1$ : exemption tax-relief rule(세금 면제)  
 $r_{fi} = 0.00, t_{fi} = 0.00$
  - (2)  $T_c = 2$ : deduction tax-relief rule(감면된 세금  $r_{fi}$  부과)  
 $r_{fi} > 0.00, t_{fi} = p_{fi} \times r_{fi}$
  - (3)  $T_c = 3$ : world-wide income pooling, credit tax-relief rule( $\Sigma p_0 - \Sigma p_{ac} < \Sigma p_0 \times r_{fi}$ 인 경우 차액 세금 부과),  
 $0 \leq r_{fi}^* \leq r_{fi}, t_{fi} = (\Sigma p_0 \times r_{fi}) - (\Sigma p_0 - \Sigma p_{ac})$
  - (4)  $T_c = 4$ : source by source income pooling, credit tax-relief rule( $p_0 - p_{ac} < p_{ac} \times r_{fi}$ 인 경우 차액 세금 부과),  
 $0 \leq r_{fi}^* = r_{fi}, t_{fi} = (p_{ac} \times r_{fi}) - (p_0 - p_{ac})$

이와 같은 세금코드 체계를 갖는 경우, 모기업 국가로 직접 송금하는 방식 대신 경유 국가를 통해 송금하는 체계가 보다 많은 이익을 남길 수 있다. 이러한 경로는 신장트리(spanning tree, ST)가 되며, 이를 찾는 문제를 세금트리 문제(CSP)라 한다.

CSP에 대해 많은 연구가 수행되었지만, 대표적인 연구로는 Christofides et al.<sup>[2]</sup>와 Anken와 Beasley<sup>[1]</sup>이 있다.

Christofides et al.<sup>[2]</sup>은 18개 국가 데이터에 대해서는 동적 계획법(DP)으로, 22개 국가에 대해서는 분기한정법(branch- and-bound, B&B)으로 해를 구하였다. 그러나 150개 국가 데이터에 대해서는 Bionomic 알고리즘(개체군 기반의 휴리스틱 방법)으로 최적 해에 3.05%의 오차를 가진 근사 해를 구하였다. Christofides et al.<sup>[2]</sup>은 Bionomic 알고리즘이 메타휴리스틱의 일종인 담금질 법(simulated annealing, SA)이나 유전자 알고리즘(genetic algorithm, GA)에 비해 보다 좋은 결과를 나타냄을 보였다. Anken와 Beasley<sup>[1]</sup>는 수학적 기법인 선형계획법(LP)과 Cplex와 메타휴리스틱의 일종인 Tabu 탐색 법을 적용한 결과 LP와 Tabu 탐색법이 지금까지 알려지지 않은 최적 해를 찾을 수 있는 가장 좋은 알고리즘임을 보였다. 이후에도 Randeberg와 Selvik<sup>[4]</sup>, Devereux와 Feria<sup>[5]</sup>, Keightley와 Sherlock<sup>[6]</sup>, Gordon과 Li<sup>[7]</sup>과 Lokken과 Kitamura<sup>[8]</sup> 등이 CSP와 관련된 연구결과가 있었지만 OR-LIB<sup>[3]</sup>의 벤치마킹 데이터를 다항시간으로 풀 수 있는 알고리즘은 연구되지 않고 있다.

메타휴리스틱 방법은 주어진 문제는 NP로 이를 다항 시간(P)로 풀 수 있는 어떠한 규칙성도 갖고 있지 않다는 가정 하에 랜덤한 초기치를 설정하고, 수많은 시행 과정에서 우연히 최적 해를 다항시간으로 얻을 수 있는 방법이다. 따라서 메타휴리스틱 기법이 근본적으로 갖고 있는 특징인 랜덤한 초기치 설정으로 인해 재현이 불가능하고, 최적 해를 어떻게 찾을 수 있는지를 설명하지 못하는 단점이 있다.

반면에, 휴리스틱 방법은 최적 해를 다항시간으로 찾아가는 규칙을 설정하고, 이 규칙대로 단 한 번에 최적 해 (또는 근사 해)를 찾아가는 방법으로, 항상 재현이 가능한 장점이 있다.

3장에서는 CSP에 대해 Anken와 Beasley<sup>[1]</sup>가 메타휴리스틱 방법으로 찾은 최적 해를 보다 향상시킬 수 있는 휴리스틱 알고리즘을 제안한다.

### III. 최대 세금경감 경로 알고리즘

본 장에서는 모든 자회사는 합법적인 경로를 통해 폐이퍼컴퍼니가 아닌 모기업(본사)을 최종 목적지로 하여 이익금 전체를 송금한다고 가정한다. CSP의 경우 모든 특정 국가들에 분산된 자회사들 각자가 타국에 있는 본사로 직접 이익금을 송금하는 체계에 비해 또 다른 국가를 경유하여 송금하는 경우가 세금을 보다 적게 납부하여 이익을 보다 극대화시킬 수도 있다. 이와 같이 모기업의 최종 이익금을 최대로 할 수 있는 최적의 송금경로(직접 또는 경유)를 찾기 위해 본 장에서는 그림 2에서 보는 바와 같이  $\min r_w(u, v)$  경로를 찾은 후,  $\min r_{fi}(u, v)$ 의 대체 경로를 찾는 2단계 최적화 방법을 제안한다.

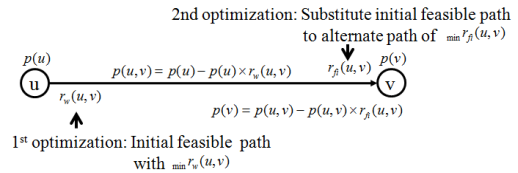


그림 2. 국가 간 이익금 이전에 따른 최대 세금 감면 최적화  
 Fig. 2. Maximum tax-relief optimization for profit shifting

본 장에서는 주어진 문제를  $T_c$ 의 4개 집합으로 분류하여 S-T의 최대 세금경감 경로를 형성하는 신장트리를 얻고,  $T_c = 3$ 과  $T_c = 4$ 인 노드가 연결되어 있으면 이들의 세금부과액  $r_{fi}$ 를 최소로 할 수 있도록 최대 세금경감 경로로 변경하는 방법을 제안한다.

T 노드를 최상단 레벨(레벨 1)에 위치시키고, 4개  $T_c$  집합 배치 레벨 순서는 1,4,3,2로 한다. 왜냐하면  $T_c = 2$ 의  $r_{fi} > 0.00$ 는 확정된(고정된, fixed) 값으로 주어진  $r_{fi} > 0.00$ 를 더 이상 감소시킬 수 있는 방법이 없으므로 가능한 송금 경유지로 선택하지 않도록 트리의 최 하단인 레벨 5에 배치한다.  $T_c = 1$ 은  $r_{fi} = 0.00$ 로 T 다음의 레벨(레벨 2)에,  $T_c = 4$ 는 노드별로  $0 \leq r_{fi}^* \leq r_{fi}, t_{fi} = ((p_{ae} + p_{ae} \times r_{fi}) - p_0)$ 로 부터  $r_{di} > r_{fi}$ 이면  $r_{fi}^* = 0.00$ 으로 감액시킬 수 있는 가능성이 있기 때문에 레벨 3에,  $T_c = 3$ 은 전체 부트리 노드들에 대해  $0 \leq r_{fi}^* \leq r_{fi}$ ,  $t_{fi} = (\Sigma p_0 \times r_{fi}) - (\Sigma p_0 - \Sigma p_{ae})$ 을  $(\Sigma p_0 \times r_{fi}) < (\Sigma p_0 - \Sigma p_{ae})$ 로 시키면  $r_{fi}^* = 0.00$ ,까지 감액시킬 수 있기 때문에 레벨 4에 배치한다.

제안된 알고리즘은 다국적 모기업의 이익금을 최대로 할 수 있는 CSP의 최대 세금경감 경로를 찾는 알고리즘으로 이를 최대 세금경감 경로 알고리즘(maximum tax-relief path algorithm, MTRPA)이라 하며, 다음과 같이 수행된다.

Step 1. 레벨 분류

- (1) 주어진 문제를 T,  $T_c=1,4,3,2$  순서로 5개 레벨로 분류하여 배치시킨다. 여기서,  $r_{fi}=0.00$ ,  $T_c=2,3,4$ 인 노드는  $T_c=1$  레벨로 배정한다.
- (2)  $p_0 > 0$ 인 노드('○')에 대해 소득세를 납부한 이후 송금 전 이득  $p_1 = p_0 - (p_0 \times r_{di})$  을 계산한다.

Step 2. 초기 트리 형성 /\*  $\min r_w(u,v)$  최적 경로 설정 \*/  
 T를 제외한 모든 노드 u에 대해 중복에 상관없이 최소 간선  $\min r_w\{u,v\}$ 을 찾아 (u,v)의 호를 연결한다.

- (1) 유출 차수  $d_G^+(u) \geq 2$ 인 노드 u에 대해 (u,v)의 v들 중  $\min r_w$ 가 아닌 호는 삭제한다.
- (2)  $p_0 = 0$ 인 노드('□')가  $d_G^+(u) = 0$ 인 유입이 없는 경우(단 노드 또는 독립 노드)이면 삭제한다.
- (3) 부트리의 근을 T로 연결한다.

Step 3. 트리 최적화 /\*  $\min r_{fi}(u,v)$  경로로 대체 \*/  
 T로 연결된 부 트리의 노드들 u를 대상으로, T로의 경로에 대한 세금 감면액과  $T_c=4$ 와  $T_c=3$ 에 존재하는 다른 부트리 노드로의 연결된 경로의 세금 감면액을 계산하여 보다 많은 세금 감면 경로로 변경한다. 여기서  $T_c=4$  우회 경로 상의 v 노드의  $r_{fi}^*$ 는  $r_{di}(u) + r_w(u) > r_{fi}(v)$ 이면  $r_{fi}^* = 0.00$ 이 된다.

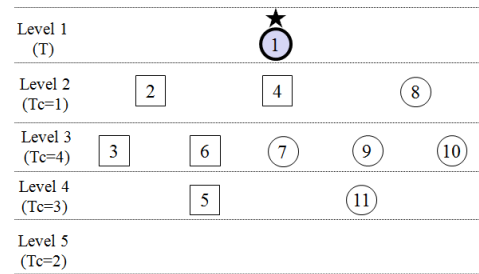
OR-LIB<sup>[3]</sup>에서 인용된 표 1의 Tax10 데이터에 대해 MTRPA를 적용하여 보자. Tax10은 11개 국가로 구성된 경우이며, 모기업이 국가 1에 위치하고, 자회사는 국가 1, 7-11의 6개이며, 국가 2-6의 5개 국가는 자회사 없이 운영 사무소만 두고 있는 경우이다.

표 1. Tax10 데이터

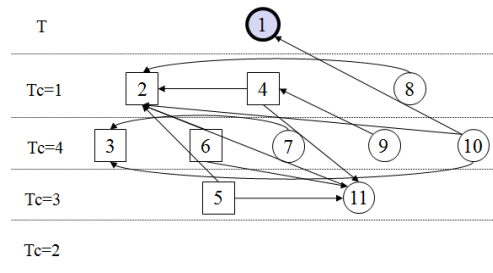
Table 1. Tax10 benchmark data

Country	Tax code ( $T_c$ )	Foreign income tax rate ( $r_{fi}$ )	Domestic income tax rate ( $r_{di}$ )	Profit ( $p_0$ )	# of countries: 11. Target country: 1										
					Withholding tax rate ( $r_w$ )										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3	0.35	0.35	200	-	0.15	0.15	0.15	0.10	0.15	0.15	0.15	0.15	0.10	0.10
2	1	0.00	0.25	0	0.10	-	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
3	4	0.30	0.30	0	0.15	0.15	-	0.15	0.15	0.10	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
4	1	0.00	0.20	0	0.05	0.00	0.05	-	0.05	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00
5	3	0.28	0.28	0	0.05	0.00	0.05	0.10	-	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00
6	4	0.25	0.30	0	0.05	0.00	0.05	0.10	0.05	-	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00
7	4	0.22	0.22	100	0.15	0.15	0.00	0.15	0.15	0.15	-	0.15	0.15	0.15	0.15
8	1	0.00	0.33	100	0.15	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	-	0.15	0.15	0.15
9	4	0.30	0.30	100	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	-	0.10	0.10
10	4	0.20	0.35	100	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	-	0.10
11	3	0.28	0.28	100	0.05	0.00	0.05	0.10	0.05	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	-

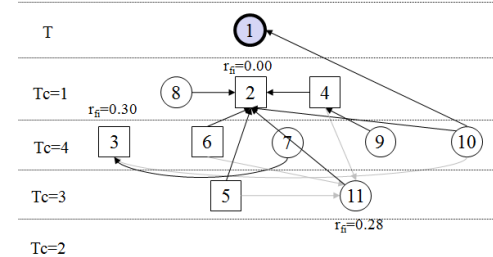
표 1의 Tax10 데이터에 MTRPA를 적용한 과정은 그림 3에 제시되어 있다. 여기서 '★' 노드는 본사(T)를 의미하며, '○' 노드는  $p_0 > 0$ 인 S, '□' 노드는  $p_0 = 0$ 를 의미한다.



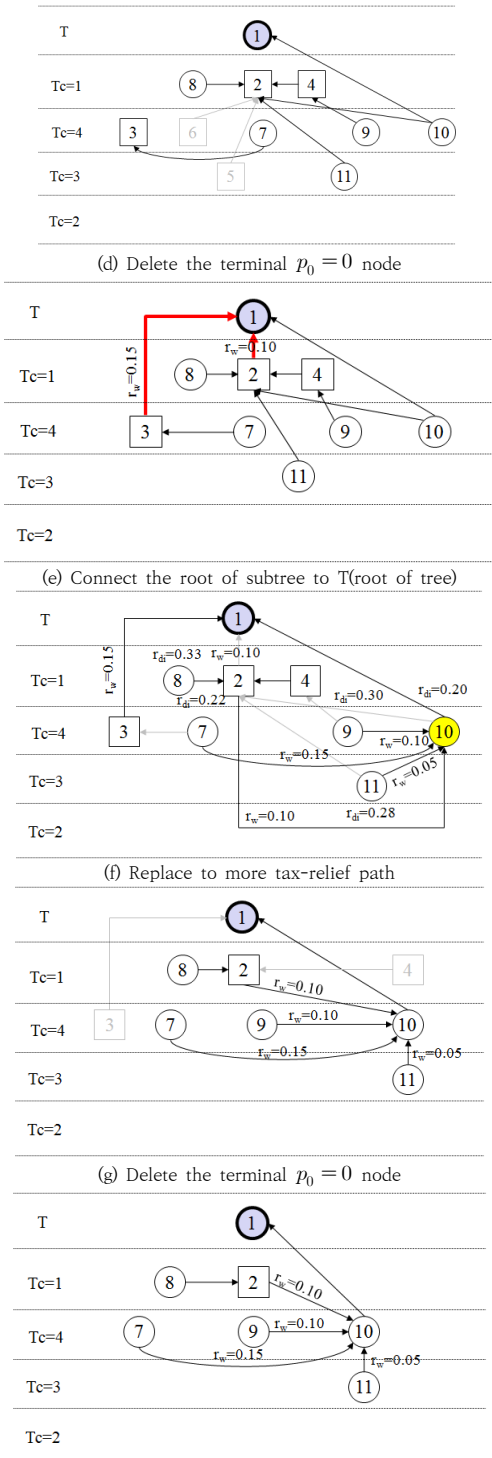
(a) Classify the level



(b) Connect the  $\min r_w$  arc



(c) Delete the max  $r_{fi}$  outgoing arc



경로	Source			Via (10)			
	노드	$p_0$	$r_{di}$	세금 부과 기준액	$p_{ef}$	$r_{fi}$	$r_{fi}^*$
8-2→10	8	100	0.33	60.30+60.30=120.60	72.36	60.30	0.20
11-10	11	100	0.28	68.40+68.40=136.80	82.08	68.40	0.20
7-10	7	100	0.22	66.30+66.30=132.60	79.56	66.30	0.20
9-4→10	9	100	0.30	66.50+66.50=133.00	79.83	66.50	0.20

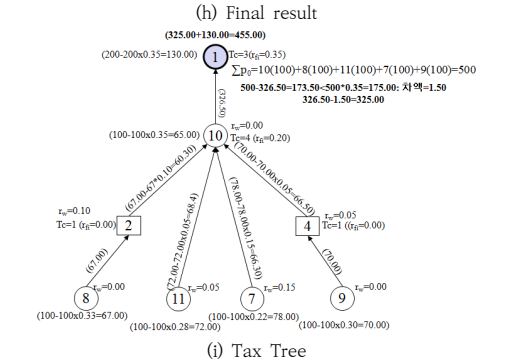


그림 3. Tax10 data에 대한 MTRPA의 최적 해  
 Fig. 3. Optimal solution of MTRPA for Tax10 data

(a)에서는 1,4,3,2의 세금코드 범주 배치 순위에서 T인 ① 노드가  $T \in T_c = 3$ 으로 최상단에 위치하고, 다음으로  $T_c = 1, 3, 4, 2$  순서로 배치되었다. 여기서,  $T_c = 2, 3, 4$ 의 노드들 중  $r_{fi} = 0.00$ 을 갖는 노드가 없어  $T_c = 1$  레벨에는 원래의 노드들인 ②, ④, ⑧만 배치되었다. (b)에서는 각 노드의  $\min r_w$ (가능한 0.00)의 호를 연결한 결과이다. (c)에서는 한 노드 u의 유출 호 (u,v)가 2개 이상인 경우 v노드들 중  $\min r_{fi}$  여기서, ⑩ 노드는 (10,2)와 (10,1)의 2개가 남아 있다. 이는 T인 ①노드의  $r_{fi} = 0.35$ 이지만 여기에 연결된 호가 (10,1)만 존재하여 남겨놓게 되었다. (d)는  $p_0 = 0$ 인 5와 6의 단 노드는 경우 노드가 될 수 없기 때문에 삭제되었다. (e)에서는 부트리의 근 노드인 2와 3노드가 T인 ①노드로 호가 연결되었다. (f)에서는 (e)에서 연결된 부트리에 존재하는 노드들 ( $u \in T_c = 1, 2, 3$ )을 대상으로  $r_{di}(u) > r_{fi}(v) = 0.20 \rightarrow 0.00$ 이 되어 보다 세금감면액이 많은 다른 부트리의 경로인 ( $v \in T_c = 4$ ) ⑩ 노드로 대체된 결과를 보여주고 있다. 여기서는 ⑧을 제외한 2, ⑦, ⑨, ⑪이 경로가 변경되었다. (g)에서는  $p_0 = 0$ 인 3과 4의 단 노드는 경우 노드가 될 수 없기 때문에 삭제되었다. (h)에서는 최종적으로 결정된 트리를 보여주고 있으며, (i)에서는 단계적으로 세금이 감면되면서 본사인 ① 노드에서의 최종적으로 남은 이익금이 455.00이 됨을 보여주고 있다.

### IV. 알고리즘 적용 및 결과 분석

본 장에서는 OR-LIB[3]에서 인용된 Tax1 ~ Tax9에 대해 제안된 MTRPA를 적용하여 본다. 제안된 MTRPA를 실험 데이터들에 적용한 결과는 그림 4와 같다.

Tax10과 Tax2는 근 노드 (목적지)의 모회사가 속한 국가의  $T_c = 3$ 으로 가능한 하나의 국가로부터 모든 이익금이 유입되도록 트리를 구성하는 것이 최적임을 알 수 있다.

본 논문에서 거론된 10개의 실험 데이터들에 대해 선형계획법 (LP), Tabu 탐색 법과 MTRPA의 성능을 비교한 결과는 표 2에 제시되어 있다. 제안된 MTRPA는 LP와 Tabu 탐색 법으로 구한 알려진 최적 해를 6개 데이터에서 개선하였으며, 나머지 4개 데이터에 대해서는 동일한 결과를 얻었다.

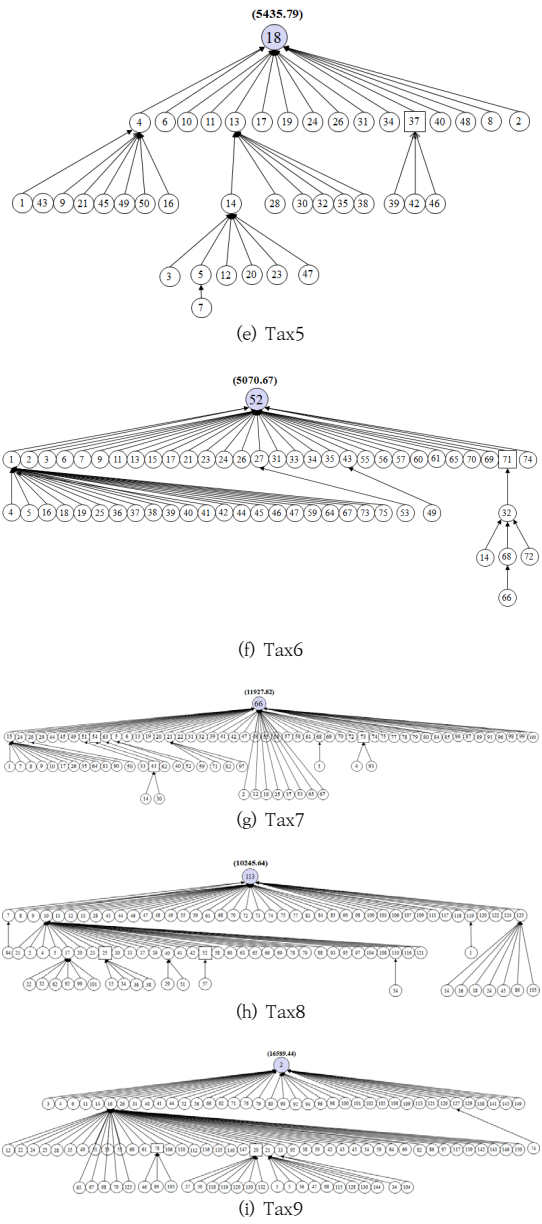
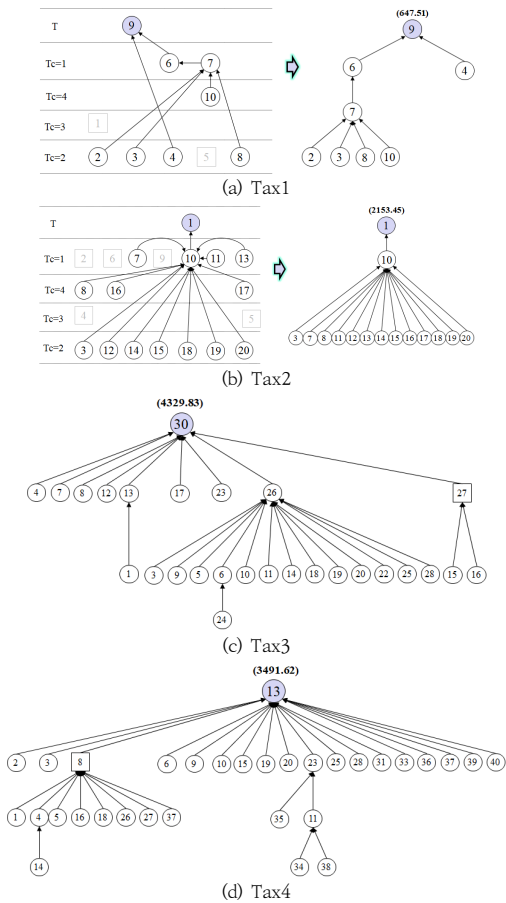


그림 4. OR-LIB<sup>[3]</sup> 벤치마킹 데이터에 대한 MTRPA의 최적 세금 트리  
 Fig. 4. Optimal tax tree of MTRPA for OR-LIB<sup>[3]</sup> benchmarking data

본 논문은 CSP는 다항시간 알고리즘이 존재하는 P-문제임을 보여, 더 이상 NP-문제에 속하지 않음을 알 수 있다.

표 2. 알고리즘 성능 비교

Table 2. Comparison of Algorithm's Performance

문제	국가 수	자회사 국가 수	페이퍼 컴퍼니 국가 수	본사 세금코드	$\Sigma p_0$	알려진 최적 해	알고리즘			
							LP	CPLEX	Tabu search	MTRPA
Tax1	10	8	2	4	1,022.00	647.51	647.51	647.51	647.51	647.51
Tax2	20	15	5	3	3,313.00	2,153.45	2,153.45	2,153.45	2,153.45	2,153.45
Tax3	30	26	4	1	6,433.00	4,329.83	4,329.83	4,329.83	4,329.83	4,329.83
Tax4	40	30	10	2	7,546.00	3,491.62	3,491.62	3,334.01	3,491.62	3,491.62
Tax5	50	40	10	4	8,679.00	5,435.79	5,435.79	4,905.71	5,435.79	5,435.79
Tax6	75	58	17	2	12,193.00	5,058.07	5,058.07	4,185.09	5,058.07	5,365.54
Tax7	100	82	18	4	18,165.00	11,872.37	11,872.37	None found	11,872.37	11,927.82
Tax8	125	97	28	2	20,672.00	10,206.65	10,206.65	None found	10,206.65	10,245.64
Tax9	150	114	36	4	25,389.00	16,584.32	16,584.32	Problem size exceeded available memory	16,584.32	16,589.44
Tax10	11	6	5	3	700.00	455.00	-	-	455.00	455.00

## V. 결론

본 논문은 NP-완전 문제로 분류된 CSP에 대해  $O(n^2)$ 의 다항시간으로 최적 해를 구하는 휴리스틱 알고리즘을 제안하였다.

제안된 알고리즘은  $n$ 개의 대상 국가들을 목적지(모회사)노드를 최상단의 레벨 1에, 다음으로 세금 코드 범주 순서 1,4,3,2들로 레벨 2,3,4,5에 배정하고, 각 노드  $u$ 의  $\min r_w$ 를 갖는  $v$ 로  $(u,v)$ 호를 연결한 부분 신장트리를 얻고, 부분신장트리의 근 노드를 목적지 노드로 연결한 신장트리를 얻었다. 다음으로,  $T_c = 3,4$ 노드의  $r_{fi}$ 를 최소로 하여 보다 세금감면액이 많은 경로가 있으면 이 경로로 대체하는 방법을 적용하였다.

제안된 MTRPA를 10개의 실험 데이터들에 적용한 결과, 휴리스틱 알고리즘임에도 불구하고 선형계획법이나 메타 휴리스틱의 일종인 Tabu 탐색 법에 비해 보다 최적 해를 개선하는 결과를 얻었다.

결국, MTRPA를 제안함으로써 CSP는 NP-완전이 아닌 P-문제가 될 수 있음을 보였다.

## References

[1] F. Anken and J. E. Beasley, "Corporate Structure Optimization for Multinational Companies," *Omega*, Vol. 40, No. 2, pp. 230-243, Apr. 2012, <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.06.003>

[2] S. Christofides, A. Christofides, and N. Christofides,

"The Design of Corporate Tax Structures," *Mathematical Programming*, Vol. 98, No. 1-3, pp. 493-510, Sep. 2003, <https://doi.org/10.1007/s10107-003-0416-4>

[3] J. E. Beasley, "OR-LIB, Corporate Structuring," <http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/orlib/corpinf.o.html>, Retrieved Dec. 2022.

[4] M. Randeberg and H. Selvik, "A Study of Tax Minimization Strategies in Multinational Companies," Norwegian School of Economics, Master Thesis, Financial Economics and International Business, Norwegian School of Economics, Egde Business School, Bergen, pp. 1-134, Oct. 2014.

[5] M. Devereux and R. Fera, "Designing and Implementing a Destination-based Corporate Tax," Working paper series 14/07, Oxford University Centre for Business Taxation, pp. 1-27, May 2014.

[6] M. P. Keightley and M. F. Sherlock, "The Corporate Income Tax System: Overview and Options for Reform," Congressional Research Service Report, pp. 1-39, Dec. 2014.

[7] R. Gordon and W. Li, "Tax Structures in Developing Countries: Many Puzzles and a Possible Explanation," UCSD and University of Virginia, pp. 1-34, Mar. 2005.

[8] L. Lokken and Y. Kitamura, "Credit vs. Exemption: A Comparative Study of Double Tax Relief in the United States and Japan," *Northwestern Journal of International Law & Business*, Vol. 30, No. 3, pp. 621-646, Apr. 2010.

저 자 소 개

이 상 윤(정회원)



- 1987년 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (학사)
- 1997년 : 경상대학교 컴퓨터과학과 (석사)
- 2001년 : 경상대학교 컴퓨터과학과 (박사)
- 2003년 : 강원도립대학 컴퓨터응용과 전임강사
- 2004년 ~ 2007.2 : 국립 원주대학 여성교양과 교수
- 2007.3 ~ 2015.3 : 강릉원주대학교 멀티미디어공학과 부교수
- 2015.4 ~ 현재 : 강릉원주대학교 멀티미디어공학과 정교수
- 관심분야 : 소프트웨어 프로젝트 관리, 개발 방법론, 분석과 설계 방법론, 시험 및 품질보증, 소프트웨어 신뢰성, 인공지능과 빅데이터분석, 최적화 알고리즘
- e-mail : [sulee@gwnu.ac.kr](mailto:sulee@gwnu.ac.kr)