

Step-by-Step FULD Algorithm

Trần Khắc Bình

15-20/07/2024

1 Dữ liệu

TID	AA	BB	CC	DD	EE	tu
T_1	0	0	7	1	1	41
T_2	1	0	2	0	2	31
T_3	0	6	4	3	7	149
T_4	0	5	3	9	0	121
T_5	3	0	10	3	0	85
T_6	0	0	5	0	9	83
T_7	6	0	9	2	5	137
T_8	1	6	2	5	3	134

Table 1: A Transaction Database

Item	External Utility
AA	9
BB	11
CC	4
DD	6
EE	7

Table 2: An External Utility Table

Kiểm tra độ chính xác của cột **tu** trong Table 1:

$$tu(T_n) = \sum_{i_v T_n} u(i_v, T_n)$$

- $tu(T_1) = u(E, T_1) + u(C, T_1) + u(D, T_1) = 1 \times 7 + 7 \times 4 + 1 \times 6 = 41$
- $tu(T_2) = u(A, T_2) + u(C, T_2) + u(E, T_2) = 1 \times 9 + 2 \times 4 + 2 \times 7 = 31$
- $tu(T_3) = u(B, T_3) + u(C, T_3) + u(D, T_3) + u(E, T_3) = 6 \times 11 + 4 \times 4 + 3 \times 6 + 7 \times 7 = 149$
- $tu(T_4) = u(B, T_4) + u(C, T_4) + u(D, T_4) = 5 \times 11 + 3 \times 4 + 9 \times 6 = 121$
- $tu(T_5) = u(A, T_5) + u(C, T_5) + u(D, T_5) = 3 \times 9 + 10 \times 4 + 3 \times 6 = 85$
- $tu(T_6) = u(C, T_6) + u(E, T_6) = 5 \times 4 + 9 \times 7 = 83$
- $tu(T_7) = u(A, T_7) + u(C, T_7) + u(D, T_7) + u(E, T_7) = 6 \times 9 + 9 \times 4 + 2 \times 6 + 5 \times 7 = 137$
- $tu(T_8) = u(A, T_8) + u(B, T_8) + u(C, T_8) + u(D, T_8) + u(E, T_8) = 1 \times 9 + 6 \times 11 + 2 \times 4 + 5 \times 6 + 3 \times 7 = 134$

————→ Cột **tu** trong Table 1 hoàn toàn chính xác.

Itemset	Utility	Itemset	Utility	Itemset	Utility	Itemset	Utility
ACDE	205	ACD	234	BE	202	BDE	250
BCDE	274	BCE	226	BD	289	BCD	325
BC	223	CDE	266	CE	305	CD	278

Table 3: HUIs Table

Kiểm tra độ chính xác của Table 3:

$$u(X) = \sum_{i_v \in X, X \subseteq T_n} u(X, T_n)$$

- $u(ACDE) = u(ACDE, T_7) + u(ACDE, T_8) = (6 \times 9 + 9 \times 4 + 2 \times 6 + 5 \times 7) + (1 \times 9 + 2 \times 4 + 5 \times 6 + 3 \times 7) = 205$
- $u(BCDE) = u(BCDE, T_3) + u(BCDE, T_8) = (6 \times 11 + 4 \times 4 + 3 \times 6 + 7 \times 7) + (6 \times 11 + 2 \times 4 + 5 \times 6 + 3 \times 7) = 274$
- $u(BC) = u(BC, T_3) + u(BC, T_4) + u(BC, T_8) = (6 \times 11 + 4 \times 4) + (5 \times 11 + 3 \times 4) + (6 \times 11 + 2 \times 4) = 223$
- $u(ACD) = u(ACD, T_5) + u(ACD, T_7) + u(ACD, T_8) =$
 $(3 \times 9 + 10 \times 4 + 3 \times 6) + (6 \times 9 + 9 \times 4 + 2 \times 6) + (1 \times 9 + 2 \times 4 + 5 \times 6) = 234$
- $u(BCE) = u(BCE, T_3) + u(BCE, T_8) = (6 \times 11 + 4 \times 4 + 7 \times 7) + (6 \times 11 + 2 \times 4 + 3 \times 7) = 226$
- $u(CDE) = u(CDE, T_1) + u(CDE, T_3) + u(CDE, T_7) + u(CDE, T_8) =$
 $(7 \times 4 + 1 \times 6 + 1 \times 7) + (4 \times 4 + 3 \times 6 + 7 \times 7) + (9 \times 4 + 2 \times 6 + 5 \times 7) + (2 \times 4 + 5 \times 6 + 3 \times 7) = 266$
- $u(BE) = u(BE, T_3) + u(BE, T_8) = (6 \times 11 + 7 \times 7) + (6 \times 11 + 3 \times 7) = 202$
- $u(BD) = u(BD, T_3) + u(BD, T_4) + u(BD, T_8) = (6 \times 11 + 3 \times 6) + (5 \times 11 + 9 \times 6) + (6 \times 11 + 5 \times 6) = 289$
- $u(CE) = u(CE, T_1) + u(CE, T_2) + u(CE, T_3) + u(CE, T_6) + u(CE, T_7) + u(CE, T_8) =$
 $(7 \times 4 + 1 \times 7) + (2 \times 4 + 2 \times 7) + (4 \times 4 + 7 \times 7) + (5 \times 4 + 9 \times 7) + (9 \times 4 + 5 \times 7) + (2 \times 4 + 3 \times 7) = 305$
- $u(BDE) = u(BDE, T_3) + u(BDE, T_8) = (6 \times 11 + 3 \times 6 + 7 \times 7) + (6 \times 11 + 5 \times 6 + 3 \times 7) = 250$
- $u(BCD) = u(BCD, T_3) + u(BCD, T_4) + u(BCD, T_8) =$
 $(6 \times 11 + 4 \times 4 + 3 \times 6) + (5 \times 11 + 3 \times 4 + 9 \times 6) + (6 \times 11 + 2 \times 4 + 5 \times 6) = 325$
- $u(CD) = u(CD, T_1) + u(CD, T_3) + u(CD, T_4) + u(CD, T_5) + u(CD, T_7) + u(CD, T_8) =$
 $(7 \times 4 + 1 \times 6) + (4 \times 4 + 3 \times 6) + (3 \times 4 + 9 \times 6) + (10 \times 4 + 3 \times 6) + (9 \times 4 + 2 \times 6) + (2 \times 4 + 5 \times 6) = 278$

————→ Table 3 hoàn toàn chính xác.

2 Thuật toán xây dựng UTLDic

Algorithm 1 Construct UTLDic Algorithm

Require: the database D , the sensitive high-utility itemsets S , the non-sensitive high-utility itemsets NS

Ensure: the utility-list dictionary $UTLDic$

```

1:  $SItem = \{\}$ 
2: for each  $S_i \in S$  do
3:    $SItem = SItem \cup S_i$ 
4: end for
5:  $SItem = set(SItem)$ 
6:  $UTLDic = \phi$ 
7: for each  $item \in SItem$  do
8:   create a new node  $UTList$ 
9:    $UTList.item\_name = item, UTList.sum\_utility = 0$ 
10:   $UTList.ULElems = \phi, UTList.SINS = 0$ 
11:  calculate  $SINS(item)$  according to Definition 14
12:   $UTLDic[item] = UTList$ 
13: end for
14: for each  $T_i \in DB$  do
15:  calculate  $tns(T_i)$  using Eq. c
16:  get sensitive items  $SI$  of  $T_i$ 
17:  for each  $item \in SI$  do
18:    create a new ULElem node  $ULE$ 
19:     $ULE.TID = \text{the TID of } T_i, ULE.utility = q(item, T_i) \times p(item)$ 
20:     $ULE.tns = tns(T_i)$ 
21:     $UTLDic[item].ULEelems.append(ULE)$ 
22:     $UTLDic[item].sum\_utility += ULE.utility$ 
23:  end for
24: end for
25: return  $UTLDic$ 

```

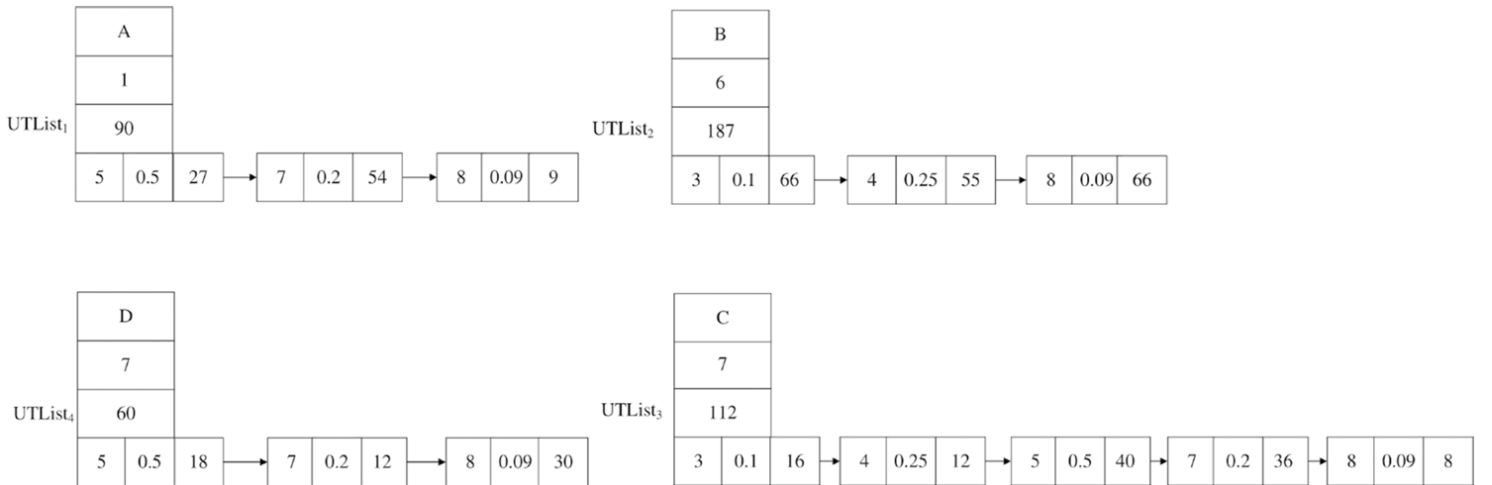


Figure 4: An example of the UTlists

Tiến hành Step-by-Step Algorithm 1 để kiểm tra độ chính xác của Figure 4

- $HUIs = \{ACDE, ACD, BE, BDE, BCDE, BCE, BD, BCD, BC, CDE, CE, CD\}$ (Theo Table 3)
- $S = \{ACD, BC\}$ (Theo trang 6 của paper)
- $NS = HUIs - S = \{ACDE, BE, BDE, BCDE, BCE, BD, BCD, CDE, CE, CD\}$
- $SItem = \{\}$ (Bắt đầu thuật toán)
- $S_i = ACD \in S$ (Bắt đầu for ở dòng 2)
- $SItem = SItem \cup S_i = \{\} \cup ACD = \{ACD\}$
- $S_i = BC \in S$ (Lặp lại for ở dòng 2)
- $SItem = SItem \cup S_i = \{ACD\} \cup BC = \{ABCD\}$ (Kết thúc for ở dòng 2)
- $SItem = set(\{ABCD\}) = \{A, B, C, D\}$
- $UTLDic = \phi$
- $item = A \in SItem$ (Bắt đầu for ở dòng 7)
- $UTList = \{item_name = A, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 0\}$
- $SINS(item) = SINS(A) = 1$ ($\{ACDE\} \in NS$)
- $UTLDic = \{A : \{item_name = A, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 1\}\}$
- $item = B \in SItem$ (Lặp lại for ở dòng 7)
- $UTList = \{item_name = B, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 0\}$
- $SINS(item) = SINS(B) = 6$ ($\{BE, BDE, BCDE, BCE, BD, BCD\} \in NS$)
- $UTLDic = \{$
 $A : \{item_name = A, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 1\},$
 $B : \{item_name = B, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 6\}$
 $\}$
- $item = C \in SItem$ (Lặp lại for ở dòng 7)
- $UTList = \{item_name = C, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 0\}$
- $SINS(item) = SINS(C) = 7$ ($\{ACDE, BCDE, BCE, BCD, CDE, CE, CD\} \in NS$)
- $UTLDic = \{$
 $A : \{item_name = A, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 1\},$
 $B : \{item_name = B, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 6\},$
 $C : \{item_name = C, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 7\}$
 $\}$
- $item = D \in SItem$ (Lặp lại for ở dòng 7)
- $UTList = \{item_name = D, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 0\}$
- $SINS(item) = SINS(D) = 7$ ($\{ACDE, BDE, BCDE, BD, BCD, CDE, CD\} \in NS$)
- $UTLDic = \{$
 $A : \{item_name = A, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 1\},$
 $B : \{item_name = B, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 6\},$
 $C : \{item_name = C, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 7\},$
 $D : \{item_name = D, sum_utility = 0, ULElems = \phi, SINS = 7\}$
 $\}$ (Kết thúc for ở dòng 7)
- $T_i = T_1 \in DB$ (Bắt đầu for ở dòng 14)

- $SI = set(\{S_i \in S, S_i \subseteq T_1\}) = set(\{\}) = \{\}$
- $T_i = T_2 \in DB$ (Lặp lại for ở dòng 14)
- $SI = set(\{S_i \in S, S_i \subseteq T_2\}) = set(\{\}) = \{\}$
- $T_i = T_3 \in DB$ (Lặp lại for ở dòng 14)
- $SI = set(\{S_i \in S, S_i \subseteq T_3\}) = set(\{BC\}) = \{B, C\}$
- $item = B \in SI$ (Bắt đầu for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_3, tns : tns(T_3) = 0.1, utility : q(B, T_3) \times p(B) = 6 \times 11 = 66\}$
- $UTL Dic[B] = \{item_name = B, sum_utility+ = 66 = 66, ULElems = [\{T_3, 0.1, 66\}], SINS = 6\}$
- $item = C \in SI$ (Lặp lại for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_3, tns : tns(T_3) = 0.1, utility : q(C, T_3) \times p(C) = 4 \times 4 = 16\}$
- $UTL Dic[C] = \{item_name = C, sum_utility+ = 16 = 16, ULElems = [\{T_3, 0.1, 16\}], SINS = 7\}$ (Kết thúc for ở dòng 17)
- $T_i = T_4 \in DB$ (Lặp lại for ở dòng 14)
- $SI = set(\{S_i \in S, S_i \subseteq T_4\}) = set(\{BC\}) = \{B, C\}$
- $item = B \in SI$ (Bắt đầu for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_4, tns : tns(T_4) = 0.25, utility : q(B, T_4) \times p(B) = 5 \times 11 = 55\}$
- $UTL Dic[B] = \{item_name = B, sum_utility+ = 55 = 121, ULElems = [\{T_3, 0.1, 66\}, \{T_4, 0.25, 55\}], SINS = 6\}$
- $item = C \in SI$ (Lặp lại for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_4, tns : tns(T_4) = 0.25, utility : q(C, T_4) \times p(C) = 3 \times 4 = 12\}$
- $UTL Dic[C] = \{item_name = C, sum_utility+ = 12 = 28, ULElems = [\{T_3, 0.1, 16\}, \{T_4, 0.25, 12\}], SINS = 7\}$ (Kết thúc for ở dòng 17)
- $T_i = T_5 \in DB$ (Lặp lại for ở dòng 14)
- $SI = set(\{S_i \in S, S_i \subseteq T_5\}) = set(\{ACD\}) = \{A, C, D\}$
- $item = A \in SI$ (Bắt đầu for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_5, tns : tns(T_5) = 0.5, utility : q(A, T_5) \times p(A) = 3 \times 9 = 27\}$
- $UTL Dic[A] = \{item_name = A, sum_utility+ = 27 = 27, ULElems = [\{T_5, 0.5, 27\}], SINS = 1\}$
- $item = C \in SI$ (Lặp lại for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_5, tns : tns(T_5) = 0.5, utility : q(C, T_5) \times p(C) = 10 \times 4 = 40\}$
- $UTL Dic[C] = \{item_name = C, sum_utility+ = 40 = 68, ULElems = [\{T_3, 0.1, 16\}, \{T_4, 0.25, 12\}, \{T_5, 0.5, 40\}], SINS = 7\}$
- $item = D \in SI$ (Lặp lại for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_5, tns : tns(T_5) = 0.5, utility : q(D, T_5) \times p(D) = 3 \times 6 = 18\}$
- $UTL Dic[D] = \{item_name = D, sum_utility+ = 18 = 18, ULElems = [\{T_5, 0.5, 18\}], SINS = 7\}$ (Kết thúc for ở dòng 17)
- $T_i = T_6 \in DB$ (Lặp lại for ở dòng 14)
- $SI = set(\{S_i \in S, S_i \subseteq T_6\}) = set(\{\}) = \{\}$
- $T_i = T_7 \in DB$ (Lặp lại for ở dòng 14)
- $SI = set(\{S_i \in S, S_i \subseteq T_7\}) = set(\{ACD\}) = \{A, C, D\}$

- $item = A \in SI$ (Bắt đầu for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_7, tns : tns(T_7) = 0.2, utility : q(A, T_7) \times p(A) = 6 \times 9 = 54\}$
- $UTLDic[A] = \{item_name = A, sum_utility+ = 54 = 81, ULElems = [\{T_5, 0.5, 27\}, \{T_7, 0.2, 54\}], SINS = 1\}$
- $item = C \in SI$ (Lặp lại for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_7, tns : tns(T_7) = 0.2, utility : q(C, T_7) \times p(C) = 9 \times 4 = 36\}$
- $UTLDic[C] = \{item_name = C, sum_utility+ = 36 = 104, ULElems = [\{T_3, 0.1, 16\}, \{T_4, 0.25, 12\}, \{T_5, 0.5, 40\}, \{T_7, 0.2, 36\}], SINS = 7\}$
- $item = D \in SI$ (Lặp lại for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_7, tns : tns(T_7) = 0.2, utility : q(D, T_7) \times p(D) = 2 \times 6 = 12\}$
- $UTLDic[D] = \{item_name = D, sum_utility+ = 12 = 30, ULElems = [\{T_5, 0.5, 18\}, \{T_7, 0.2, 12\}], SINS = 7\}$ (Kết thúc for ở dòng 17)
- $T_i = T_8 \in DB$ (Lặp lại for ở dòng 14)
- $SI = set(\{S_i \in S, S_i \subseteq T_8\}) = set(\{ACD, BC\}) = \{A, B, C, D\}$
- $item = A \in SI$ (Bắt đầu for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_8, tns : tns(T_8) = 0.09, utility : q(A, T_8) \times p(A) = 1 \times 9 = 9\}$
- $UTLDic[A] = \{item_name = A, sum_utility+ = 9 = 90, ULElems = [\{T_5, 0.5, 27\}, \{T_7, 0.2, 54\}, \{T_8, 0.09, 9\}], SINS = 1\}$
- $item = B \in SI$ (Lặp lại for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_8, tns : tns(T_8) = 0.09, utility : q(B, T_8) \times p(B) = 6 \times 11 = 66\}$
- $UTLDic[B] = \{item_name = B, sum_utility+ = 66 = 187, ULElems = [\{T_3, 0.1, 66\}, \{T_4, 0.25, 55\}, \{T_8, 0.09, 66\}], SINS = 6\}$
- $item = C \in SI$ (Lặp lại for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_8, tns : tns(T_8) = 0.09, utility : q(C, T_8) \times p(C) = 2 \times 4 = 8\}$
- $UTLDic[C] = \{item_name = C, sum_utility+ = 8 = 112, ULElems = [\{T_3, 0.1, 16\}, \{T_4, 0.25, 12\}, \{T_5, 0.5, 40\}, \{T_7, 0.2, 36\}, \{T_8, 0.09, 8\}], SINS = 7\}$
- $item = D \in SI$ (Lặp lại for ở dòng 17)
- $ULE = \{TID : T_8, tns : tns(T_8) = 0.09, utility : q(D, T_8) \times p(D) = 5 \times 6 = 30\}$
- $UTLDic[D] = \{item_name = D, sum_utility+ = 30 = 60, ULElems = [\{T_5, 0.5, 18\}, \{T_7, 0.2, 12\}, \{T_8, 0.09, 30\}], SINS = 7\}$ (Kết thúc for ở dòng 17) (Kết thúc for ở dòng 14) (Kết thúc thuật toán)

$UTLDic = \{$
 $A : \{item_name = A, sum_utility = 90, ULElems = [\{T_5, 0.5, 27\}, \{T_7, 0.2, 54\}, \{T_8, 0.09, 9\}], SINS = 1\},$
 $B : \{item_name = B, sum_utility = 187, ULElems = [\{T_3, 0.1, 66\}, \{T_4, 0.25, 55\}, \{T_8, 0.09, 66\}], SINS = 6\},$
 $C : \{item_name = C, sum_utility = 112,$
 $ULElems = [\{T_3, 0.1, 16\}, \{T_4, 0.25, 12\}, \{T_5, 0.5, 40\}, \{T_7, 0.2, 36\}, \{T_8, 0.09, 8\}], SINS = 7\},$
 $D : \{item_name = D, sum_utility = 60, ULElems = [\{T_5, 0.5, 18\}, \{T_7, 0.2, 12\}, \{T_8, 0.09, 30\}], SINS = 7\}$
 $\}$

————→ Figure 4 hoàn toàn chính xác.

3 Thuật toán ẩn itemset tiện ích cao nhạy cảm

Algorithm 2 Hide Sensitive High-utility Itemsets Algorithm

Require: $UTLDic$, min_util , the sensitive high-utility itemsets S , the database D

Ensure: the sanitized $UTLDic$

```

1: sort  $S$  in descending order of  $u(S_i)$  ( $S_i \in S$ )
2: for each  $S_i \in S$  do
3:   sort  $S_i$  in ascending order of  $SINS(item)$  ( $item \in S_i$ )
4:   calculate  $l = L(S_i)$  according to Definition 19
5:    $targetUtil = u(S_i) - min\_util + 1$ 
6:   while  $targetUtil > 0$  do
7:     for each  $item \in S_i$  do
8:        $UTlist = UTLDic[item].UTList$ 
9:       sort  $ULElems$  of  $UTlist$  order by  $tns$  desc,  $utility$  asc
10:      for each  $elem \in UTlist$  and  $elem \in l$  and  $targetUtil > 0$  do
11:        if  $elem.utility \leq targetUtil$  then
12:           $targetUtil - = elem.utility$ 
13:           $elem.utility = 0$ 
14:        else
15:           $count = q(item, elem.TID) - \lceil \frac{targetUtil}{p(item)} \rceil$ 
16:           $elem.utility = count \times p(item)$ 
17:           $targetUtil = 0$ 
18:        end if
19:        update  $UTLDic[item].sum\_utility$ 
20:      end for
21:    end for
22:  end while
23: end for
  
```

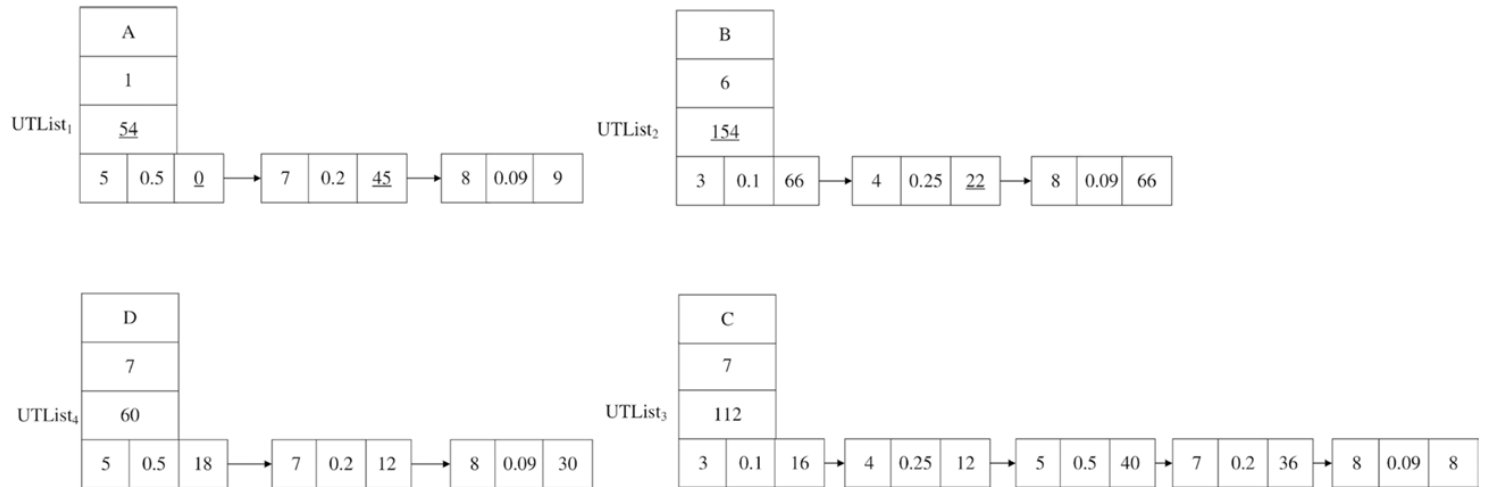


Figure 6: An example of the sanitized UTLDic

Tiến hành Step-by-Step Algorithm 2 để kiểm tra độ chính xác của Figure 6

- $min_util = \delta = 200$ (Theo trang 9 của paper)
- $S = \{ACD, BC\}$ (Sau khi sort giảm dần theo $u(S_i)$ ($S_i \in S$)) (Bắt đầu thuật toán)
- $S_i = ACD \in S$ (Bắt đầu for ở dòng 2)
- $S_i = ACD$ (Sau khi sort tăng dần theo $SINS(item)$ ($item \in S_i$))
- $l = L(S_i) = L(ACD) = UTList_1 \cap UTList_3 \cap UTList_4 = \{5, 7, 8\}$
- $targetUtil = u(S_i) - min_util + 1 = u(ACD) - \delta + 1 = 234 - 200 + 1 = 35$
- $targetUtil = 35 > 0$ (Bắt đầu while ở dòng 6)
- $item = A \in S_i$ (Bắt đầu for ở dòng 7)
- $UTLDic[A] = \{item_name = A, sum_utility = 90, ULElems = [\{T_5, 0.5, 27\}, \{T_7, 0.2, 54\}, \{T_8, 0.09, 9\}], SINS = 1\}$
(Sau khi sort $ULElems$ giảm dần theo tns , tăng dần theo $utility$)
- $elem = \{T_5, 0.5, 27\}$ (Bắt đầu for ở dòng 10)
- $elem.utility \leq targetUtil$ ($27 \leq 35$)
- $targetUtil - = elem.utility = 8, elem.utility = 0$
- $UTLDic[A] = \{item_name = A, sum_utility = 63, ULElems = [\{T_5, 0.5, 0\}, \{T_7, 0.2, 54\}, \{T_8, 0.09, 9\}], SINS = 1\}$
(cập nhật $UTLDic[A]$)
- $elem = \{T_7, 0.2, 54\}$ (Lặp lại for ở dòng 10)
- $elem.utility \leq targetUtil$ ($54 \leq 8$)
- $count = q(A, T_7) - \lceil \frac{targetUtil}{p(A)} \rceil = 6 - \lceil \frac{8}{9} \rceil = 5$
- $elem.utility = count \times p(A) = 5 \times 9 = 45, targetUtil = 0$
- $UTLDic[A] = \{item_name = A, sum_utility = 54, ULElems = [\{T_5, 0.5, 0\}, \{T_7, 0.2, 45\}, \{T_8, 0.09, 9\}], SINS = 1\}$
(cập nhật $UTLDic[A]$) (Kết thúc for ở dòng 10 do $targetUtil = 0$)
- $item = C \in S_i$ (Lặp lại for ở dòng 7)
- $UTLDic[C] = \{item_name = C, sum_utility = 112, ULElems = [\{T_5, 0.5, 40\}, \{T_4, 0.25, 12\}, \{T_7, 0.2, 36\}, \{T_3, 0.1, 16\}, \{T_8, 0.09, 8\}], SINS = 7\}$
(Sau khi sort $ULElems$ giảm dần theo tns , tăng dần theo $utility$)
- $item = D \in S_i$ (Lặp lại for ở dòng 7)
- $UTLDic[D] = \{item_name = D, sum_utility = 60, ULElems = [\{T_5, 0.5, 18\}, \{T_7, 0.2, 12\}, \{T_8, 0.09, 30\}], SINS = 7\}$
(Sau khi sort $ULElems$ giảm dần theo tns , tăng dần theo $utility$)
(Kết thúc for ở dòng 7) (Kết thúc while ở dòng 6)
- $S_i = BC \in S$ (Lặp lại for ở dòng 2)
- $S_i = BC$ (Sau khi sort tăng dần theo $SINS(item)$ ($item \in S_i$))
- $l = L(S_i) = L(BC) = UTList_2 \cap UTList_3 = \{3, 4, 8\}$
- $targetUtil = u(S_i) - min_util + 1 = u(BC) - \delta + 1 = 223 - 200 + 1 = 24$
- $targetUtil = 24 > 0$ (Bắt đầu while ở dòng 6)
- $item = B \in S_i$ (Bắt đầu for ở dòng 7)
- $UTLDic[B] = \{item_name = B, sum_utility = 187, ULElems = [\{T_4, 0.25, 55\}, \{T_3, 0.1, 66\}, \{T_8, 0.09, 66\}], SINS = 6\}$
(Sau khi sort $ULElems$ giảm dần theo tns , tăng dần theo $utility$)

- $elem = \{T_4, 0.25, 55\}$ (Bắt đầu for ở dòng 10)
- $elem.utility \leq targetUtil$ ($55 \leq 24$)
- $count = q(B, T_4) - \lceil \frac{targetUtil}{p(B)} \rceil = 5 - \lceil \frac{24}{11} \rceil = 2$
- $elem.utility = count \times p(B) = 2 \times 11 = 22$, $targetUtil = 0$
- $UTLDDic[B] = \{item_name = B, sum_utility = 154,$
 $ULElems = [\{T_4, 0.25, 22\}, \{T_3, 0.1, 66\}, \{T_8, 0.09, 66\}], SINS = 6\}$
 (cập nhật $UTLDDic[B]$) (Kết thúc for ở dòng 10 do $targetUtil = 0$)
- $item = C \in S_i$ (Lặp lại for ở dòng 7)
- $UTLDDic[C] = \{item_name = C, sum_utility = 112,$
 $ULElems = [\{T_5, 0.5, 40\}, \{T_4, 0.25, 12\}, \{T_7, 0.2, 36\}, \{T_3, 0.1, 16\}, \{T_8, 0.09, 8\}], SINS = 7\}$
 (Sau khi sort $ULElems$ giảm dần theo tns , tăng dần theo $utility$)
 (Kết thúc for ở dòng 7) (Kết thúc while ở dòng 6) (Kết thúc for ở dòng 2) (Kết thúc thuật toán)

$sanitized_UTLDDic = \{$
 $A : \{item_name = A, sum_utility = 54, ULElems = [\{T_5, 0.5, 0\}, \{T_7, 0.2, 45\}, \{T_8, 0.09, 9\}], SINS = 1\},$
 $B : \{item_name = B, sum_utility = 154, ULElems = [\{T_4, 0.25, 22\}, \{T_3, 0.1, 66\}, \{T_8, 0.09, 66\}], SINS = 6\},$
 $C : \{item_name = C, sum_utility = 112,$
 $ULElems = [\{T_5, 0.5, 40\}, \{T_4, 0.25, 12\}, \{T_7, 0.2, 36\}, \{T_3, 0.1, 16\}, \{T_8, 0.09, 8\}], SINS = 7\},$
 $D : \{item_name = D, sum_utility = 60, ULElems = [\{T_5, 0.5, 18\}, \{T_7, 0.2, 12\}, \{T_8, 0.09, 30\}], SINS = 7\}$
 $\}$

————→ Figure 6 hoàn toàn chính xác.