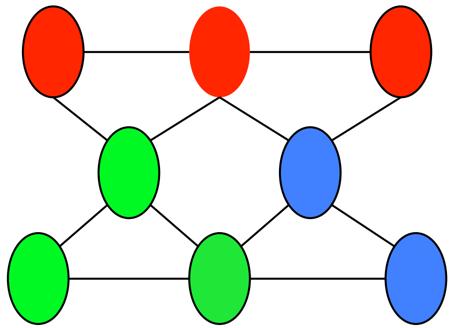
集約条件下での森林資源管理

吉本　敦

統計数理研究所

９０年代後半集約の時代



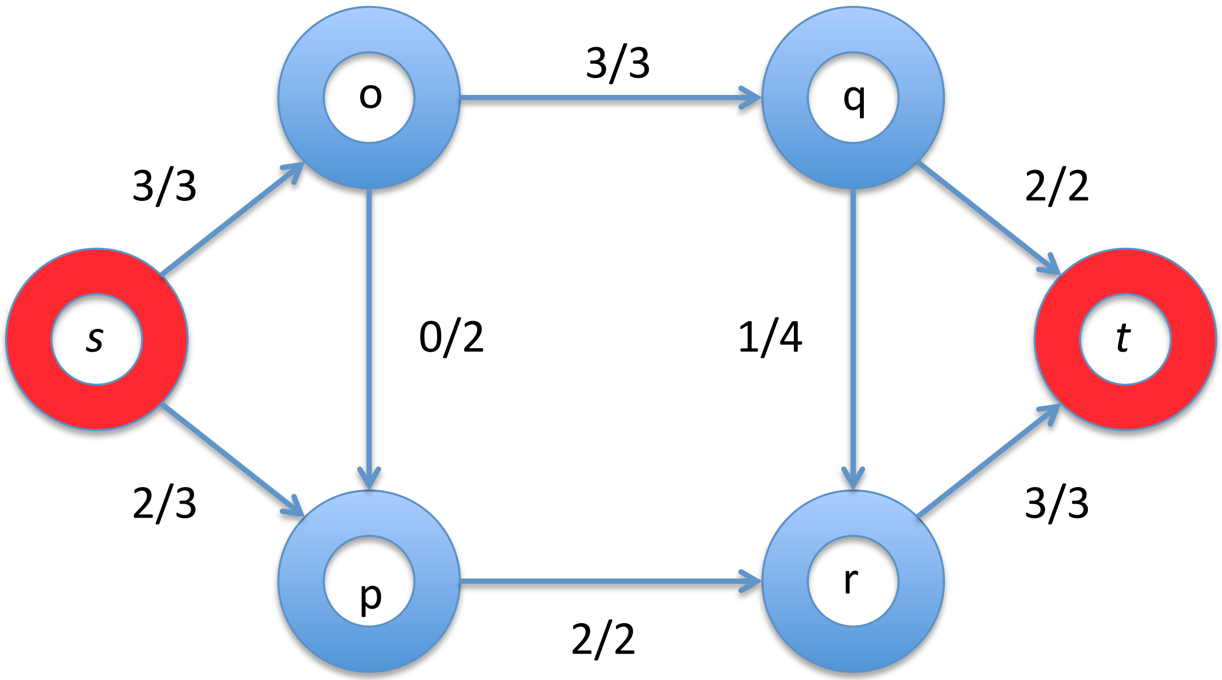
集約林分内での同時施業を許容

如何に集約を数式で表すのか？

最大フロー問題

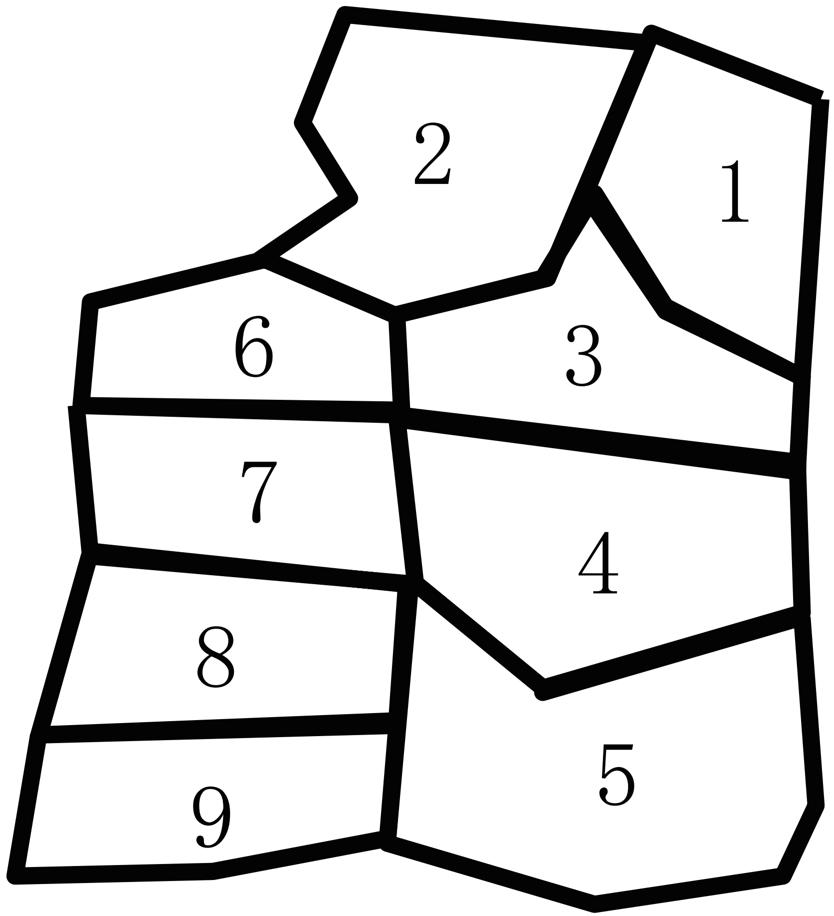
- 最大フロー問題または最大流問題（英: Maximum flow problem）とは、単一の始点から単一の終点へのフローネットワークで最大となるフローを求める問題。単にフローの最大値を求める問題と定義されることも。

(https://ja.wikipedia.org/wiki/最大フロー問題)

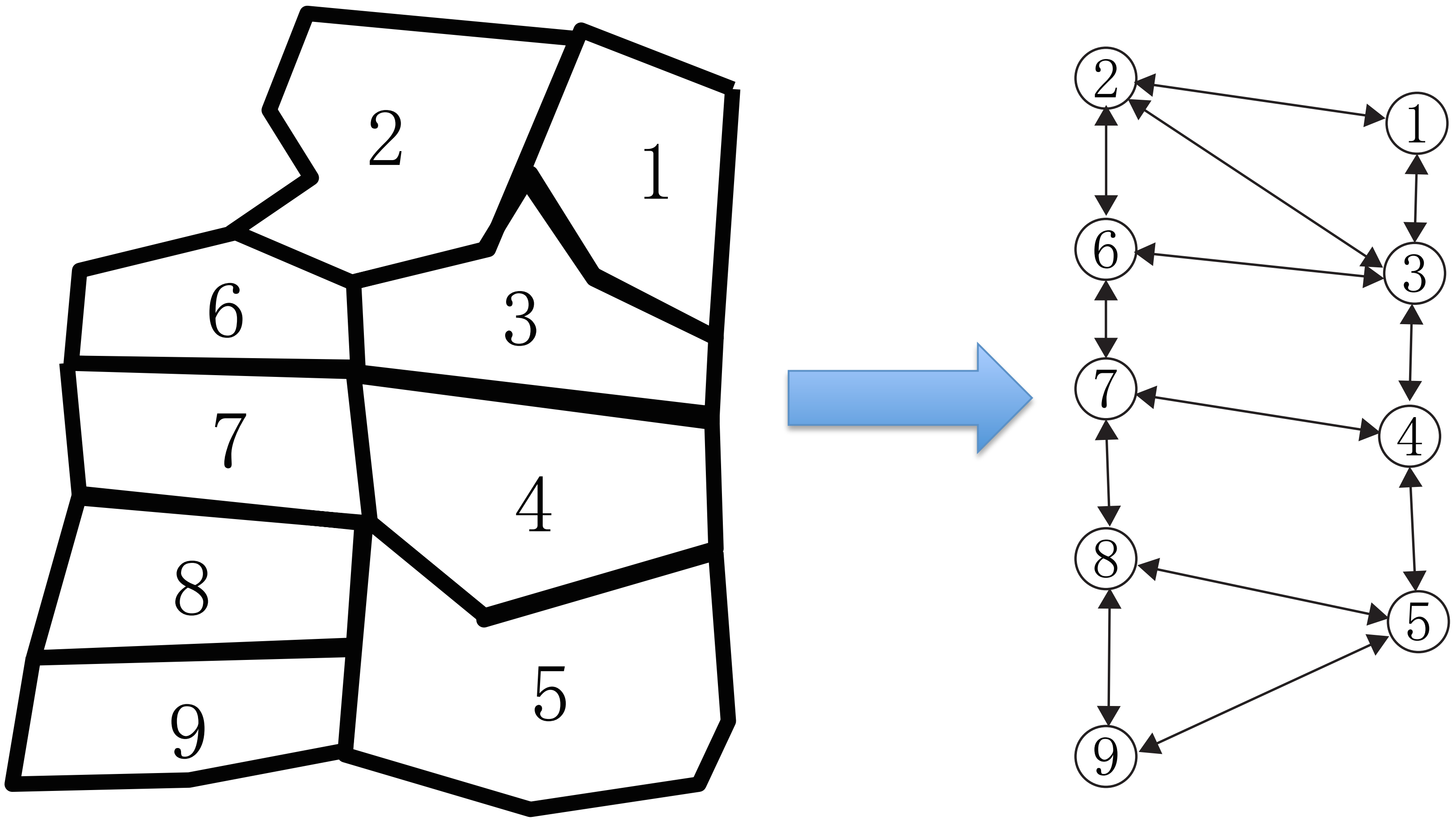


最大フロー問題のネットワーク
出発点“*s*” から終点 “*t*”への最適経路

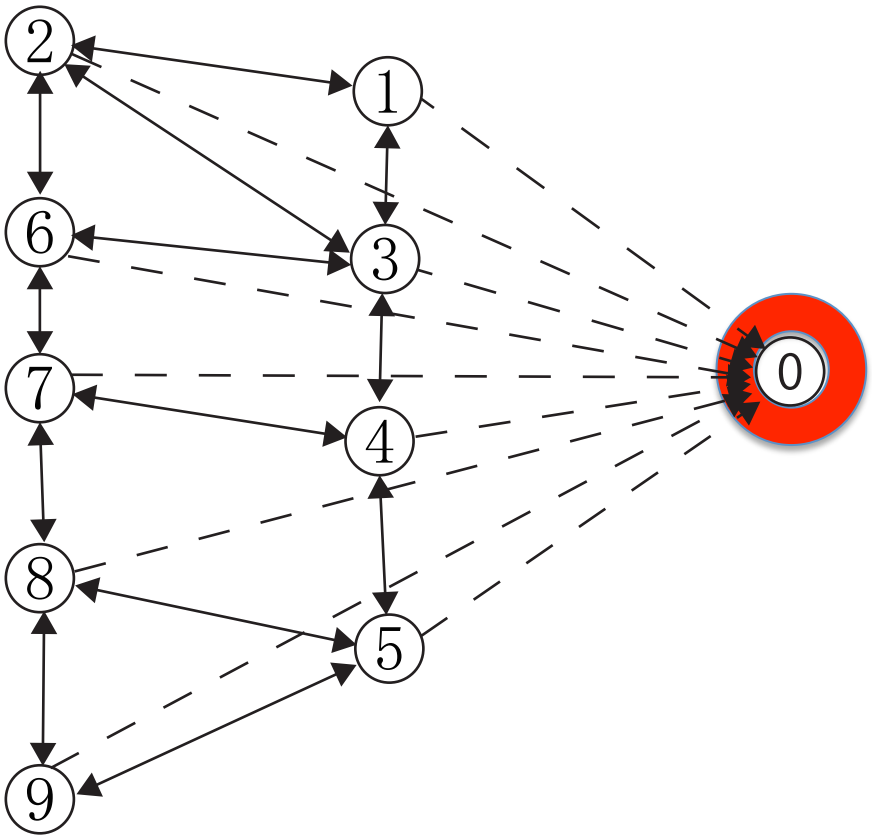
最大フロー <=> 集約
森林地図



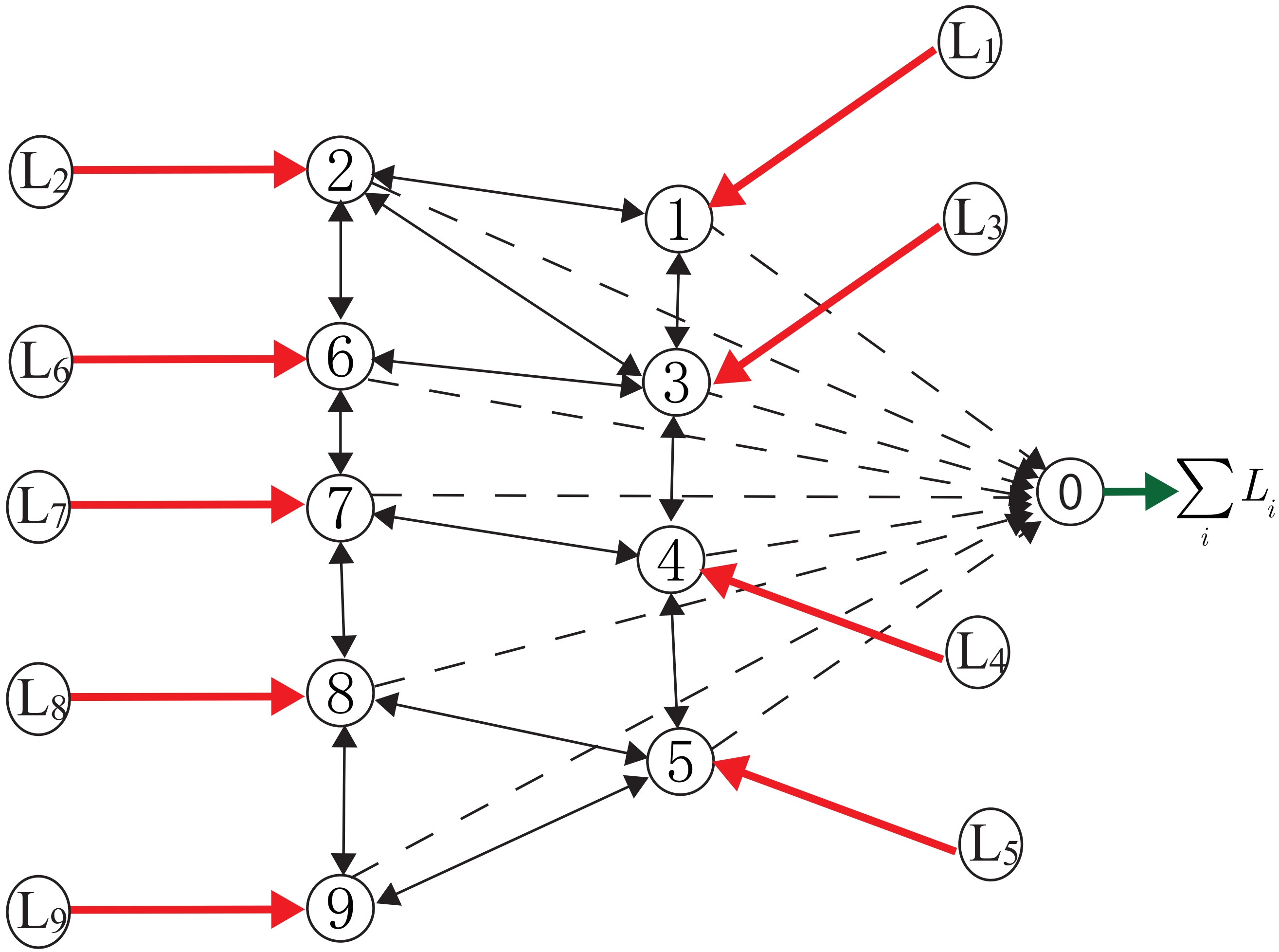
隣接 = 双方向フロー連結



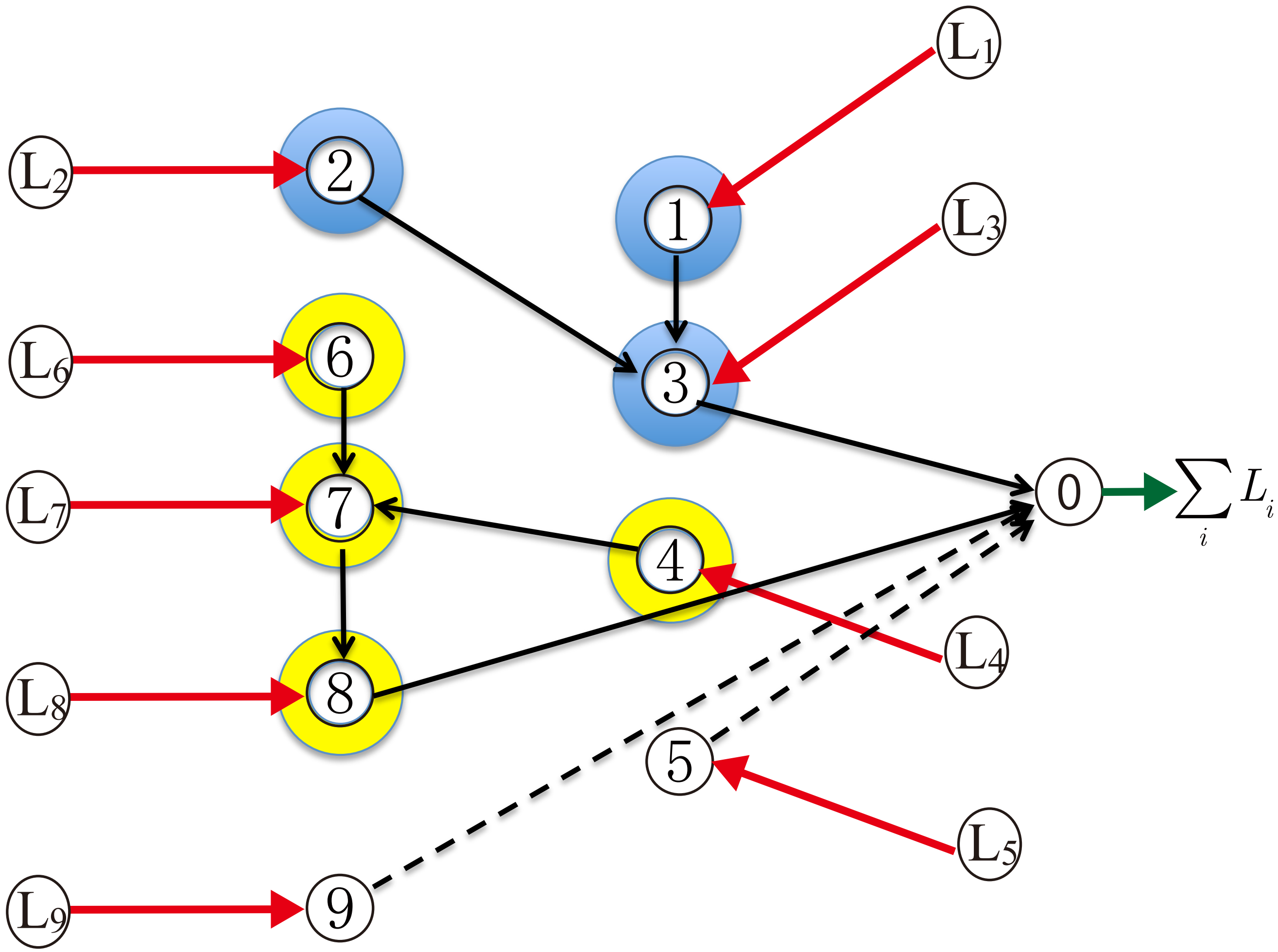
終点としてのスパーノード “0”



林分面積はノードへのフロー



解の例
“個別” vs “集約”



最大フロー制約

$$y_{ij} + y_{ji} \le 1, \quad \forall i, j \in NB_i$$

$$y_{i0} + \sum_{j \in NB_i} y_{ij} = 1, \quad \forall i$$

$$w_{ij} \le \bar{L} \cdot y_{ij}, \quad \forall i, j \in NB_i$$

$$w_{i0} + \sum_{j \in NB_i} w_{ij} = \sum_{j \in NB_i} w_{ji} + L_i, \ \forall i$$

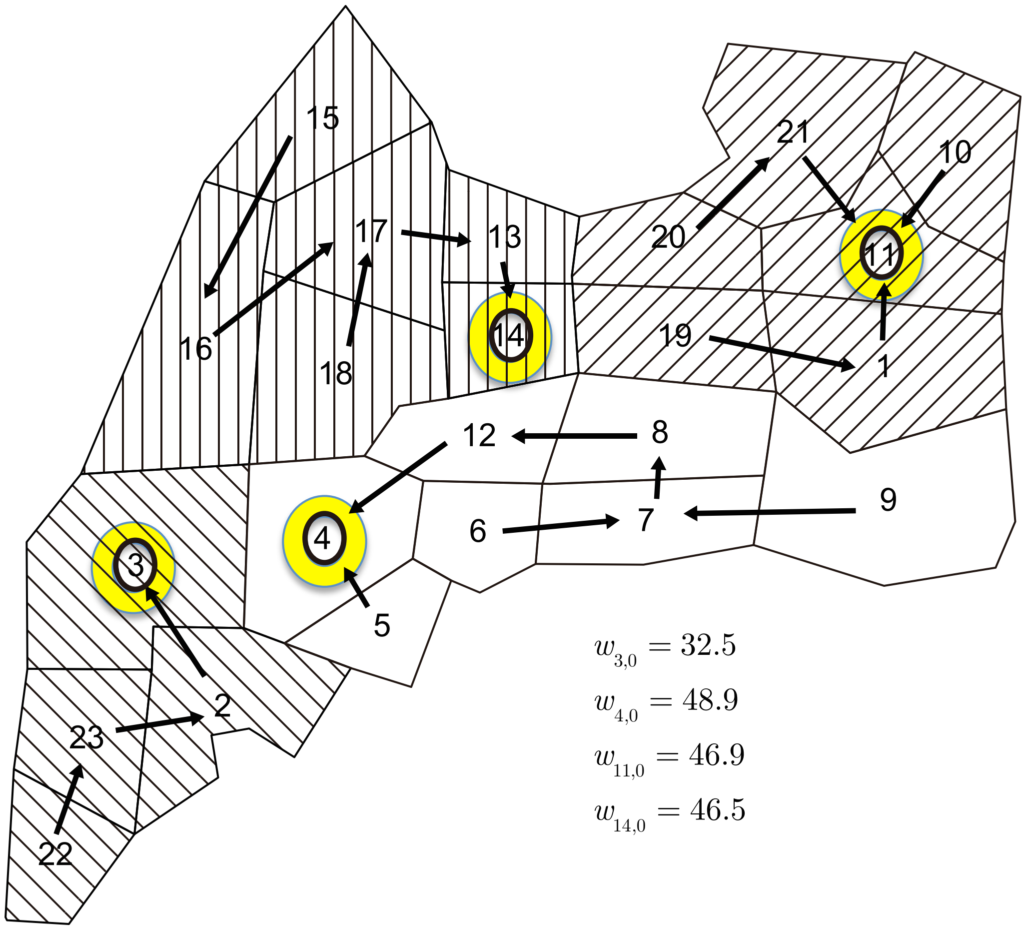
$$\sum_{i=1}^{m} w_{i0} = \bar{L}$$

$$\boxed{w_{i0} \le L_i^{up}, \quad \forall i}$$

$$\{y_{ij}\} \in \{0,1\}, \{w_{ij}\} \ge 0$$

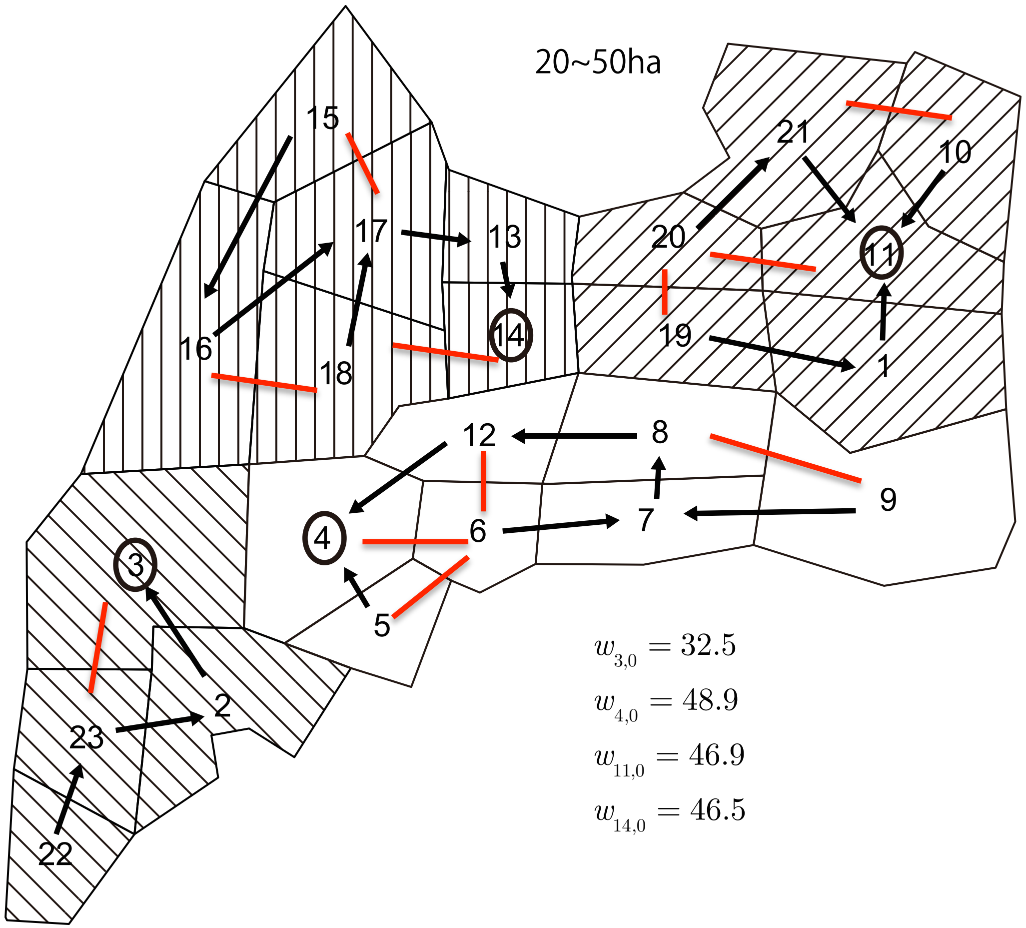
集約群内の不完全な連結

50ha 以下による集約



$$w_{3,0} = 32.5$$
$$w_{4,0} = 48.9$$
$$w_{11,0} = 46.9$$
$$w_{14,0} = 46.5$$

集約群内の完全な連結



$w_{3,0} = 32.5$

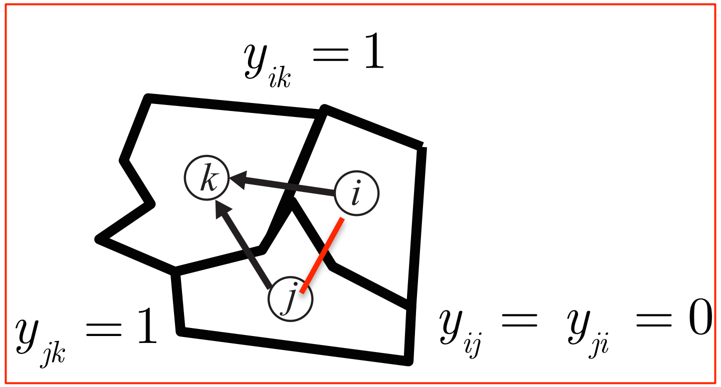
$w_{4,0} = 48.9$

$w_{11,0} = 46.9$

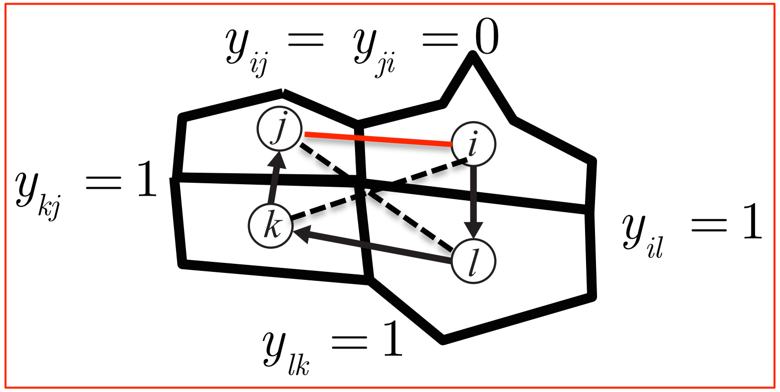
$w_{14,0} = 46.5$

逐次三角形構築による連結

3 つの場合



4 つの場合



Neumann Adjacency $\in$ Moore Adjacency

逐次三角連結に対する制約

$$1)\ y_{ij}^{B(1)} = y_{ij} + y_{ji}, \qquad \forall i, j \in NB_i, (i < j)$$

$$2)\ 2 \cdot u_{ijk}^{(n)} + 3 \cdot \sum_{l=1}^{n-1} u_{ijk}^{(l)} \leq \sum_{l=1}^{n} \{y_{ij}^{B(l)} + y_{ik}^{B(l)} + y_{jk}^{B(l)}\} \leq 2 \cdot u_{ijk}^{(n)} + 3 \cdot \sum_{l=1}^{n-1} u_{ijk}^{(l)} + 1,$$

$$\forall i, j \in MB_i, k \in (MB_i \cap MB_j), n = 1, \ldots, N$$

$$3)\ 3 \cdot u_{ijk}^{(n)} \leq \sum_{l=1}^{n+1} \{y_{ij}^{B(l)} + y_{ik}^{B(l)} + y_{jk}^{B(l)}\}, \quad \forall i, j \in MB_i, k \in (MB_i \cap MB_j), n = 1, \ldots N$$

$$4)\ y_{ij}^{B(n+1)} \leq \sum_{k \in (MB_i \cap MB_j)} u_{ijk}^{(n)}, \qquad \forall i, j \in MB_{i,}, n = 1, \ldots N$$

$$5)\ \sum_{l=1}^{N} y_{ij}^{B(l)} \leq 1, \forall i, j \in MB_i$$

伐採計画とのリンク
集約 => 空間的
伐採 => 時間的

リンク制約

$$2 \cdot z_{ij}^{h} \leq x_{ih} + x_{jh} \leq 2 \cdot z_{ij}^{h} + 1, \quad \forall i, j \in NB_{i}, h$$

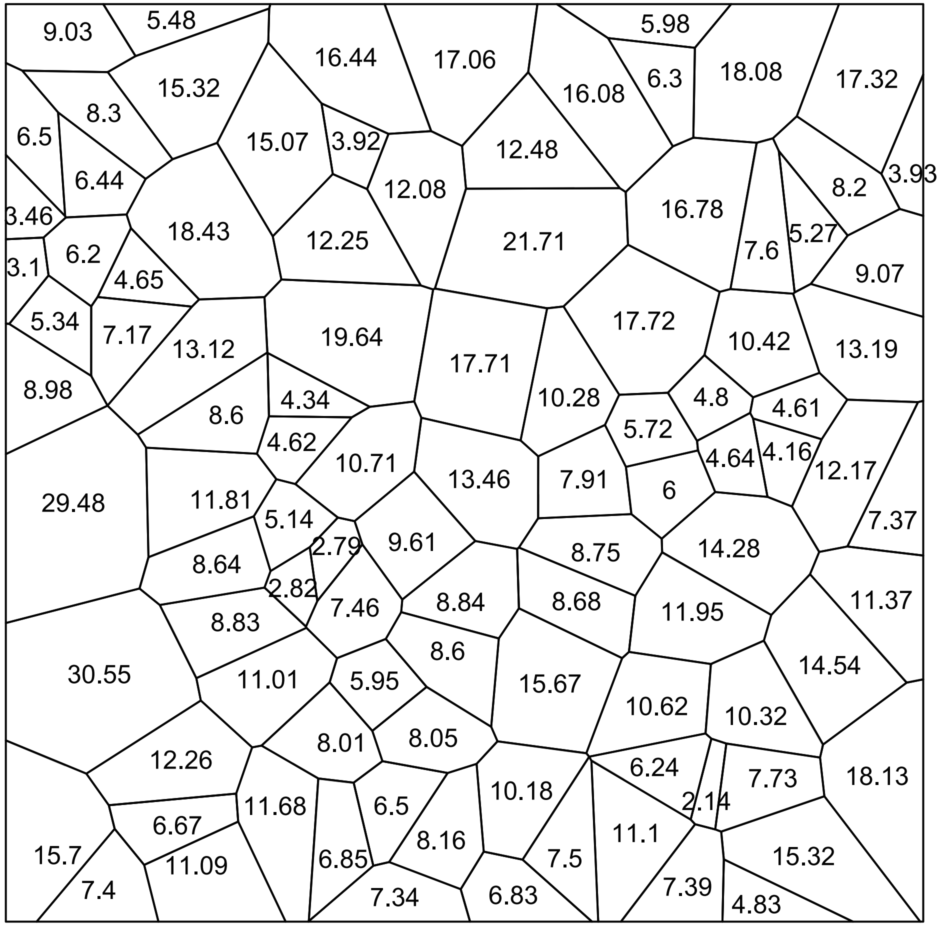
$$y_{ij} + y_{ji} = \sum_{h=0}^{H} z_{ij}^{h}, \qquad \forall i, j \in NB_{i}$$

MF-Model I

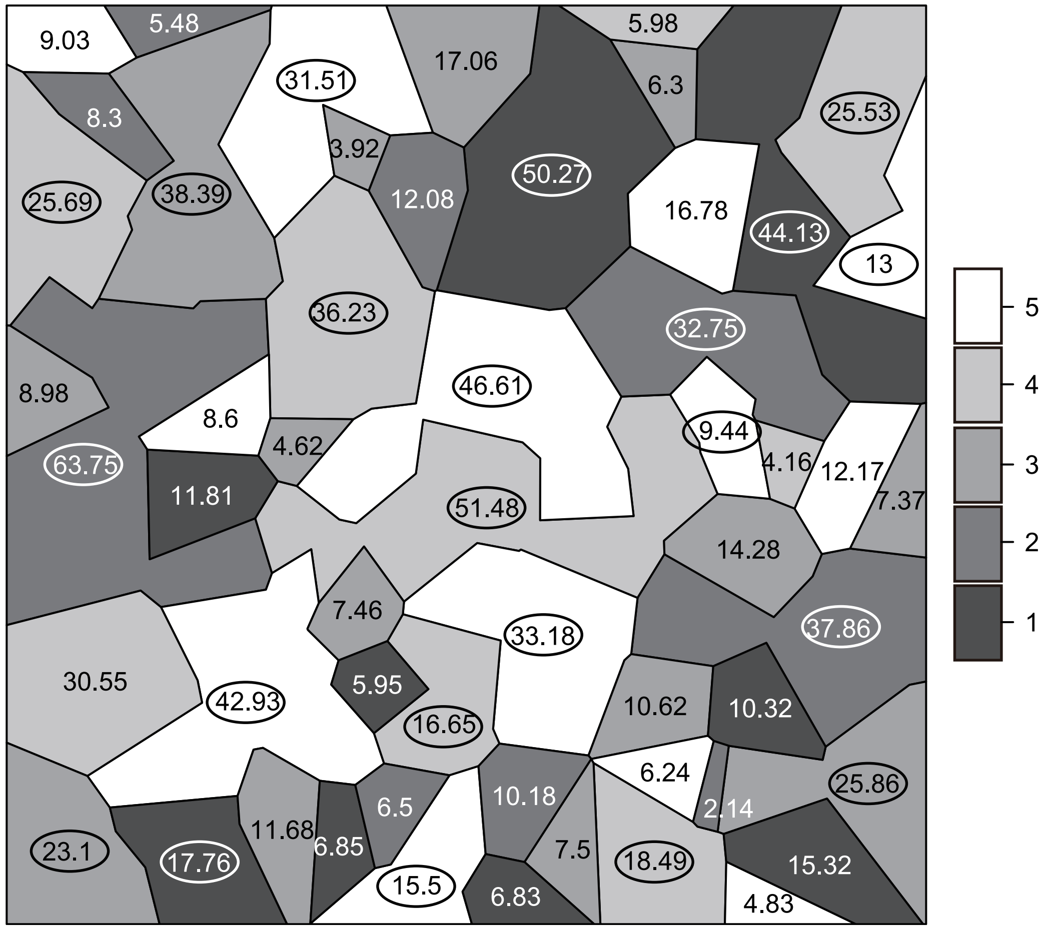
複雑な問題構造に対するモジュール的なアプローチ

Temporal Scheduling	基本構造Model I
Bridge	+ リンク制約
Spatial Connection	+ 最大フロー制約
Spatial Continuity	+ 逐次三角連結制約

Demonstrative hypothetical 100 unit map

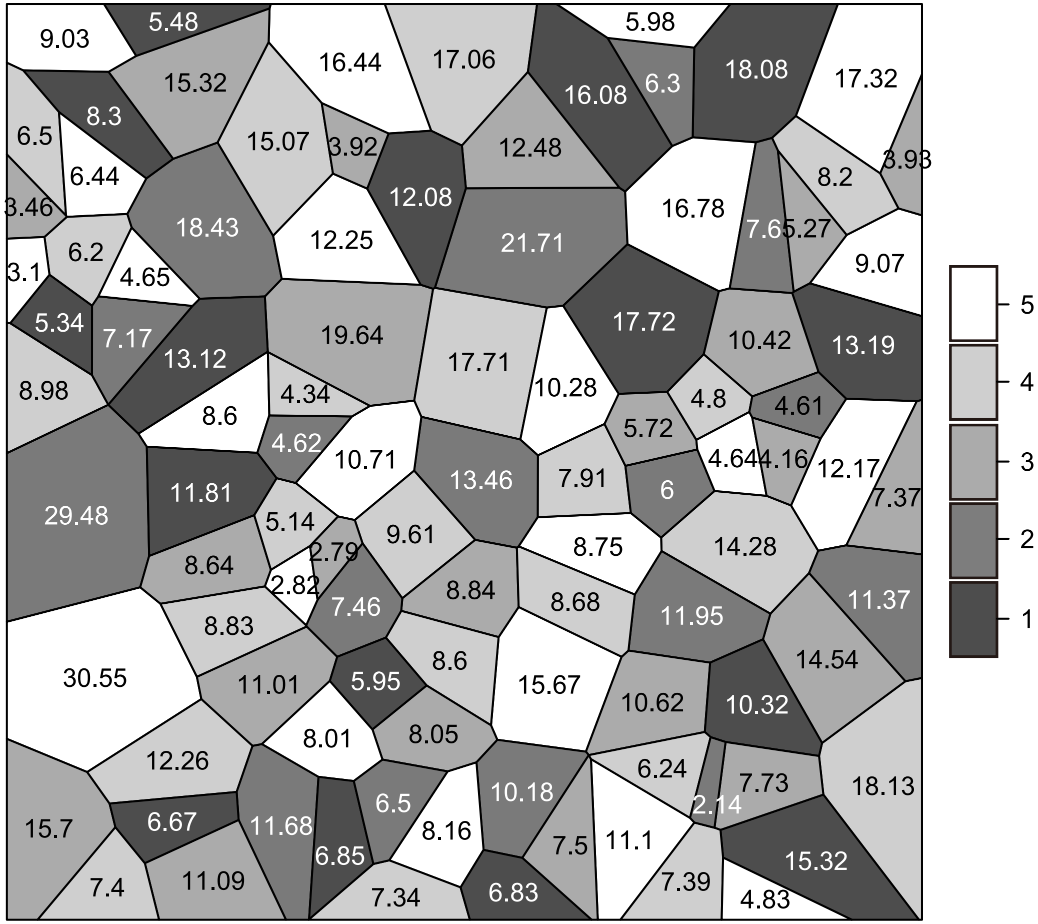


空間制約なし

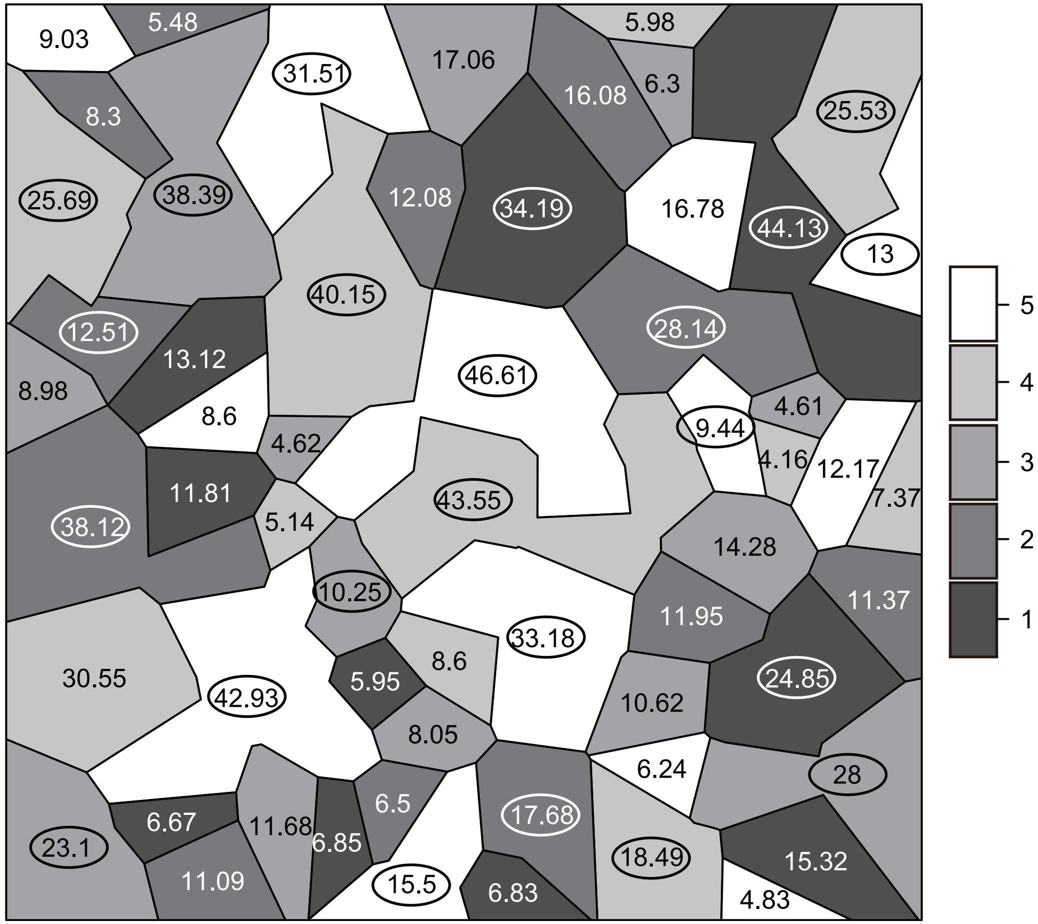


9.03
5.48
5.98
17.06
31.51
6.3
8.3
25.53
3.92
50.27
12.08
25.69
38.39
16.78
44.13
13
36.23
32.75
46.61
8.98
8.6
9.44
4.62
4.16
63.75
12.17
11.81
51.48
7.37
14.28
7.46
33.18
37.86
30.55
5.95
10.62
10.32
42.93
16.65
6.24
25.86
10.18
6.5
2.14
11.68
23.1
6.85
7.5
17.76
18.49
15.32
15.5
6.83
4.83
5
4
3
2
1

隣接制約


9.03
5.48
16.44
17.06
5.98
18.08
17.32
15.32
16.08
6.3
8.3
6.5
15.07
3.92
12.48
12.08
8.2
3.93
6.44
3.46
18.43
12.25
21.71
16.78
7.6
5.27
9.07
6.2
3.1
4.65
5.34
7.17
13.12
19.64
17.71
17.72
10.42
13.19
8.98
4.34
10.28
4.8
4.61
8.6
4.62
10.71
13.46
5.72
4.64
4.16
12.17
7.91
6
29.48
11.81
5.14
9.61
8.75
14.28
7.37
2.79
8.64
2.82
7.46
8.84
8.68
11.95
11.37
8.83
30.55
11.01
5.95
8.6
15.67
10.62
10.32
14.54
12.26
8.01
8.05
6.24
7.73
18.13
15.7
6.67
11.68
6.5
8.16
10.18
2.14
7.4
11.09
6.85
7.34
6.83
7.5
11.1
7.39
15.32
4.83
5
4
3
2
1

50 ha以下の集約


9.03
5.48
5.98
31.51
17.06
16.08
6.3
25.53
8.3
25.69
38.39
12.08
34.19
16.78
44.13
13
40.15
28.14
12.51
13.12
46.61
8.98
8.6
4.61
9.44
4.62
4.16
12.17
11.81
43.55
7.37
38.12
5.14
14.28
10.25
11.37
11.95
33.18
8.6
30.55
42.93
5.95
24.85
10.62
8.05
6.24
28
6.5
17.68
6.67
11.68
6.85
23.1
18.49
15.32
11.09
15.5
6.83
4.83
5
4
3
2
1