

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 630*587:621.317

А.М. Заяц, А.С. Скубак

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет им С.М. Кирова»

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЫБОРА КООРДИНАТОРОВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Так как системы мониторинга лесов развертываются на значительных территориях то, их беспроводные сенсорные сети (рисунок 1) строятся в виде кластерной архитектуры [1]. При таком построении некоторое количество узлов сети объединяется в кластеры. Из узлов кластера выбирается координатор (головной узел), который принимает данные от других узлов и организует дальнейший обмен. Кластерная организация при большом количестве узлов сети требует оптимизации метрики, как для кластеров, так и для всей сети в целом.

Под метрикой будем понимать параметр, выраженный числом переходов (так называемых «хопов» или «скачков»), которые влияют на выбор маршрута и на его протяженность в сети. Предпочтительным является тот маршрут, у которого меньшая метрика.

Конфигурацию, определяющую расположение узлов кластера с возможными путями передачи данных представим в виде неполного графа с вершинами и ветвями их соединяющих.

Задача по выбору головного узла кластера заключается в определении места его расположения, характеризуемого наименьшей метрикой по отношению к другим узлам. Эту задачу будем решать на модели взвешенных графов, с заданной числовой функцией вершин и ветвей [2, 3]. В модели наличие ветви между вершинами определяется расположением узлов и параметрами зон их радиосвязи, в пределах которой он может напрямую связываться с другими узлами.

Максимальное расстояние между V_i и любым другим узлом V_j , где V_j находится в зоне радиовидимости V_i , есть радиус связи узла V_j определяющий его связность. Введем следующие обозначения: $q(v_i)$ - значение вершины v_i , $p(v_i, v_j)$ - значение ветви (v_i, v_j) .

Задача выбора координатора в кластера сводится к задаче минимизации суммарной длины его линий связи с другими узлами.

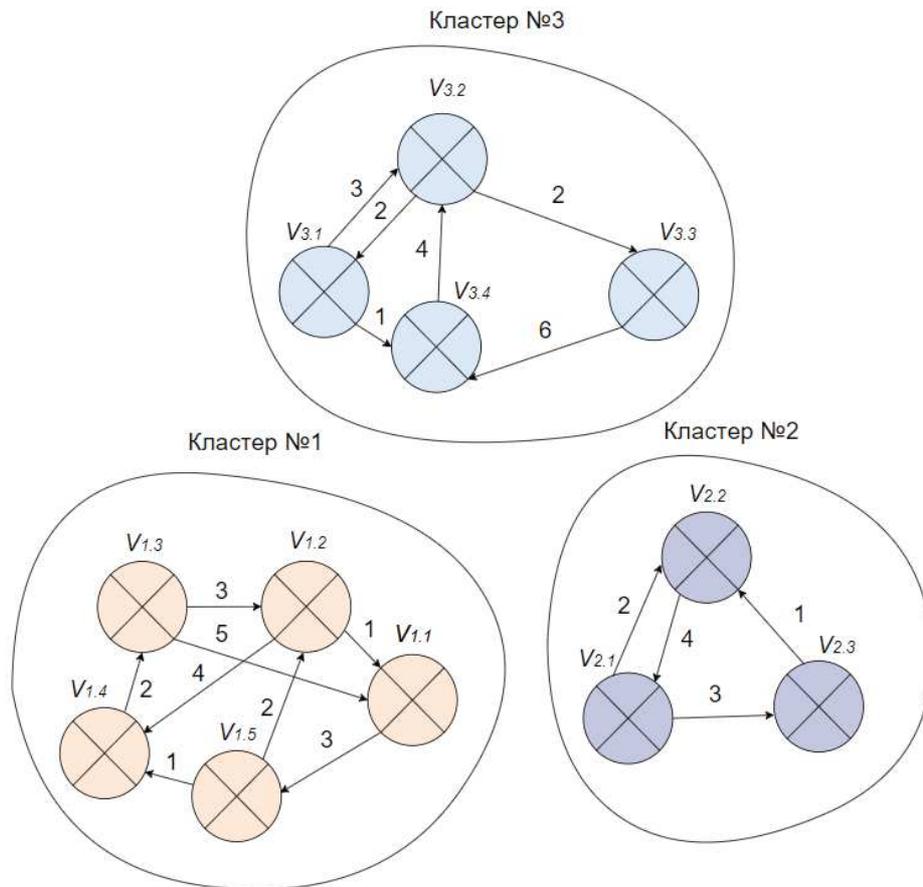


Рисунок 1 – Граф сети с тремя кластерами

Пусть имеется граф кластера сети $G_s=(V_s, B_s)$, в котором V_s – количество вершин графа, B_s – число ветвей графа. Для решения задачи выбора необходимо среди множества вершин графа определить такую V_i вершину (медиану), для которой сумма значений путей до нее, от остальных вершин была бы минимальной. Введем обозначения для описания медианы:

$P(V_i - V_j)$ – значение минимального пути с началом в вершине V_i ;

$F(V_i)$ – сумма значений минимальных путей от вершины V_i до всех остальных вершин;

$\Psi(V_i)$ – сумма значений минимальных путей от всех вершин графа до вершины V_i .

Все вершины графа характеризуются своей парой чисел $F(V_i)$ и $\Psi(V_i)$, которые обозначаются внешнее и внутреннее передаточное число, их значения определяется по следующим формулам:

$$F(V_i) = \sum_{V_k \in V} P(V_i - V_k), \quad \Psi(V_i) = \sum_{V_k \in V} P(V_k - V_i) \quad (1).$$

Выражения (1) не учитывают особенностей узлов сети. В соответствии с «важностью» узлов вершины графа могут иметь определенный вес.

Для чего введем коэффициент q_k , численное значение веса узла, тогда формула (1) принимает вид:

$$F(V_i) = \sum_{V_k \in V} q_k (V_i - V_k), \quad \Psi(V_i) = \sum_{V_k \in V} q_k (V_k - V_i) \quad (2)$$

Внешней медианой графа $G_s = (V_s, B_s)$ называется вершина V_j^* для которой внешнее передаточное число минимально, а внутренней медианой графа $G_s = (V_s, B_s)$ называется вершина V_j^* для которой внутренне передаточное число минимально. Можно сделать вывод, что медиана графа $G_s = (V_s, B_s)$ это вершина V^* , сумма передаточных чисел для которой минимальна.

Выбор головных узлов проведем на примере сети, где имеется 3 кластера, в которых вначале выберем координаторы в каждом из них, а после головной узел сети, который и будет передавать данные на базовую станцию. Схема графа представлена на рисунке 1.

Далее на примере определим медиану графа с изображенными направлениями переходов (таблица 1).

Таблица 1 – Значения вершин графа

q _{1.1}	q _{1.2}	q _{1.3}	q _{1.4}	q _{1.5}	q _{2.1}	q _{2.2}	q _{2.3}	q _{3.1}	q _{3.2}	q _{3.3}	q _{3.4}
2	3	1	4	3	2	4	1	5	4	2	3

Далее построим таблицу минимальных путей, в которой элемент в строке v_i и в столбце v_k равен $P(v_i - v_k)$. Для определения внешнего передаточного числа выберем строку v_i . После чего каждый элемент выбранной строки умножим на значение вершины, которое соответствует столбцу, в котором находится выбранный элемент. Полученные произведения складываются. Матрицы минимальных путей отображены на рисунке 2.

Определим внутренние передаточные числа для вершин графа каждого кластера.

$$F(V_{1.1}) = 0 * 2 + 5 * 3 + 6 * 1 + 4 * 4 + 3 * 3 = 46$$

$$F(V_{1.2}) = 1 * 2 + 0 * 3 + 6 * 1 + 4 * 4 + 4 * 3 = 36$$

$$F(V_{1.3}) = 4 * 2 + 3 * 3 + 0 * 1 + 5 * 4 + 7 * 3 = 58$$

$$F(V_{1.4}) = 6 * 2 + 5 * 3 + 2 * 1 + 0 * 4 + 9 * 3 = 56$$

$$F(V_{1.5}) = 3 * 2 + 2 * 3 + 3 * 1 + 1 * 4 + 0 * 3 = 19$$

$$F(V_{2.1}) = 0 * 2 + 2 * 4 + 3 * 1 = 11$$

$$F(V_{2.2}) = 4 * 2 + 0 * 4 + 7 * 1 = 15$$

$$F(V_{2.3}) = 5 * 2 + 1 * 4 + 0 * 1 = 14$$

$$F(V_{3.1}) = 0 * 5 + 3 * 4 + 5 * 2 + 1 * 3 = 25$$

$$F(V_{3.2}) = 2 * 5 + 0 * 4 + 2 * 2 + 3 * 3 = 23$$

$$F(V_{3.3}) = 12 * 5 + 10 * 4 + 0 * 2 + 6 * 3 = 118$$

$$F(V_{3.4}) = 6 * 5 + 4 * 4 + 6 * 2 + 0 * 3 = 58$$

<i>I. q_k</i> →		2	3	1	4	3
↓		<i>V</i> _{1,1}	<i>V</i> _{1,2}	<i>V</i> _{1,3}	<i>V</i> _{1,4}	<i>V</i> _{1,5}
2	<i>V</i> _{1,1}	0	5	6	4	3
3	<i>V</i> _{1,2}	1	0	6	4	4
1	<i>V</i> _{1,3}	4	3	0	5	7
4	<i>V</i> _{1,4}	6	5	2	0	9
3	<i>V</i> _{1,5}	3	2	3	1	0
<i>II. q_k</i> →		2	4	1		
↓		<i>V</i> _{2,1}	<i>V</i> _{2,2}	<i>V</i> _{2,3}		
2	<i>V</i> _{2,1}	0	2	3		
4	<i>V</i> _{2,2}	4	0	7		
1	<i>V</i> _{2,3}	5	1	0		
<i>III. q_k</i> →		5	4	2	3	
↓		<i>V</i> _{3,1}	<i>V</i> _{3,2}	<i>V</i> _{3,3}	<i>V</i> _{3,4}	
5	<i>V</i> _{3,1}	0	3	5	1	
4	<i>V</i> _{3,2}	2	0	2	3	
2	<i>V</i> _{3,3}	12	10	0	6	
3	<i>V</i> _{3,4}	6	4	6	0	

Рисунок 2 – Матрицы минимальных путей

После чего вычислим внешние передаточные числа:

$$\Psi(V_{1,1}) = 0 * 2 + 1 * 3 + 4 * 1 + 6 * 4 + 3 * 3 = 40$$

$$\Psi(V_{1,2}) = 5 * 2 + 0 * 3 + 3 * 1 + 5 * 4 + 2 * 3 = 39$$

$$\Psi(V_{1,3}) = 6 * 2 + 6 * 3 + 0 * 1 + 2 * 4 + 3 * 3 = 47$$

$$\Psi(V_{1,4}) = 4 * 2 + 4 * 3 + 5 * 1 + 0 * 4 + 1 * 3 = 28$$

$$\Psi(V_{1,5}) = 3 * 2 + 4 * 3 + 7 * 1 + 9 * 4 + 0 * 3 = 61$$

$$\Psi(V_{2,1}) = 0 * 2 + 4 * 4 + 5 * 1 = 21$$

$$\Psi(V_{2,2}) = 2 * 2 + 0 * 4 + 1 * 1 = 5$$

$$\Psi(V_{2,3}) = 3 * 2 + 7 * 4 + 0 * 1 = 34$$

$$\Psi(V_{3,1}) = 0 * 5 + 2 * 4 + 12 * 2 + 6 * 3 = 50$$

$$\Psi(V_{3,2}) = 3 * 5 + 0 * 4 + 10 * 2 + 4 * 3 = 47$$

$$\Psi(V_{3,3}) = 5 * 5 + 2 * 3 + 0 * 2 + 6 * 3 = 49$$

$$\Psi(V_{3,4}) = 1 * 5 + 3 * 4 + 6 * 2 + 0 * 3 = 29$$

Среди передаточных чисел выберем минимальное для определения внешней и внутренней медианы: для кластера №1 внешняя медиана $V_{1,4}$, внутренняя $V_{1,5}$ для кластера №2 внешняя медиана $V_{2,2}$, внутренняя $V_{2,1}$, для кластера №3 внешняя медиана $V_{3,4}$, внутренняя $V_{3,2}$.

Для определения медианы графа находим суммы соответствующих передаточных чисел:

$$F(V_{1,1}) + \Psi(V_{1,1}) = 46 + 40 = 86$$

$$F(V_{1,2}) + \Psi(V_{1,2}) = 36 + 39 = 75$$

$$F(V_{1,3}) + \Psi(V_{1,3}) = 58 + 47 = 105$$

$$\begin{aligned}
 F(V_{1.4}) + \Psi(V_{1.4}) &= 56 + 28 = 84 \\
 F(V_{1.5}) + \Psi(V_{1.5}) &= 19 + 61 = 80 \\
 F(V_{2.1}) + \Psi(V_{2.1}) &= 11 + 21 = 32 \\
 F(V_{2.2}) + \Psi(V_{2.2}) &= 15 + 5 = 20 \\
 F(V_{2.3}) + \Psi(V_{2.3}) &= 14 + 34 = 48 \\
 F(V_{3.1}) + \Psi(V_{3.1}) &= 25 + 50 = 75 \\
 F(V_{3.2}) + \Psi(V_{3.2}) &= 23 + 47 = 70 \\
 F(V_{3.3}) + \Psi(V_{3.3}) &= 118 + 49 = 167 \\
 F(V_{3.4}) + \Psi(V_{3.4}) &= 58 + 29 = 87
 \end{aligned}$$

Выбираем наименьшие числа для каждого кластера. Для кластера №1 число 75, следовательно, медианой графа и координатором кластера сети является $V_{1.2}$. Аналогичным образом выбираем число 20 для кластера №2 и координатором выбирается $V_{2.2}$, а в кластере №3 наименьшее число 70 и координатор $V_{3.2}$. Далее из трех выбранных координаторов выбираем тот, через который информация будет передаваться на базовую станцию. Требуется внести некоторые коррективы в граф (рисунок 3.).

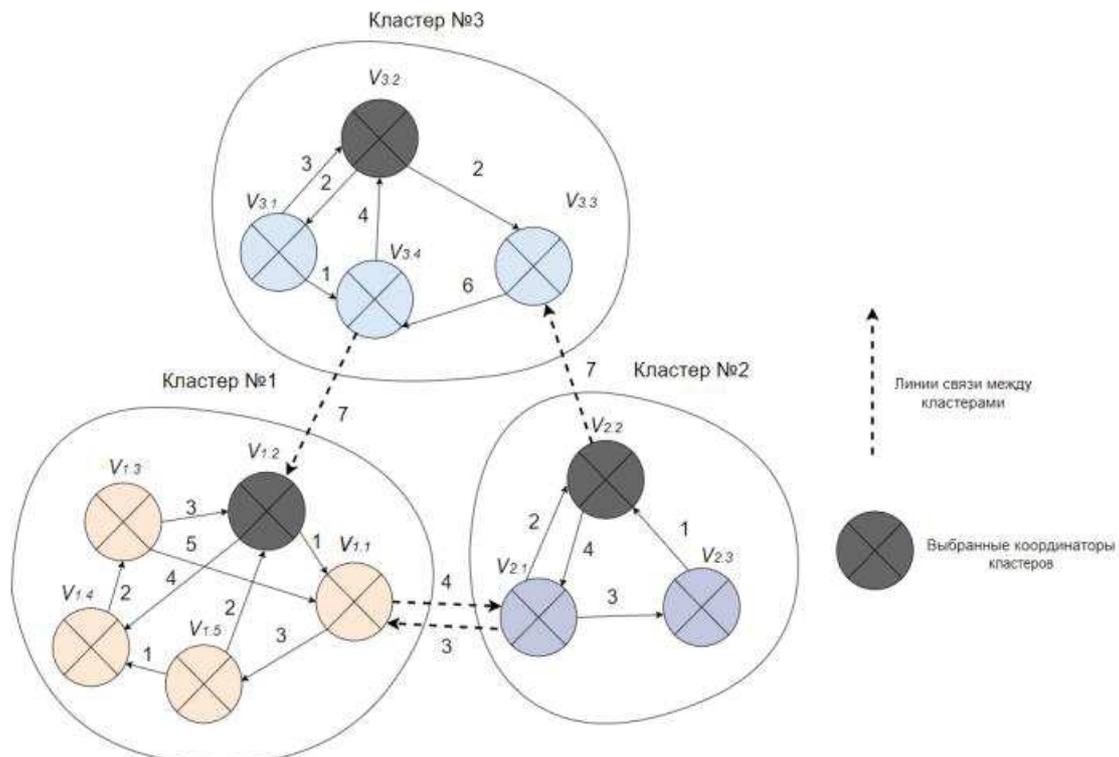


Рисунок 3 – Граф с линиями связи между кластерами

Для передачи информации на шлюз выберем головной узел сети. На граф были добавлены дополнительные линии связи, которые отображают связь в сети между кластерами. Проведя аналогичные действия, можно выбрать координатор сети. Воспользуемся ранее вы-

бранными значениями вершин графа q , где соответственно $q_{1.2} = 3$, $q_{2.2} = 4$, $q_{3.2} = 4$. Далее построим матрицу минимальных путей.

Таблица 2 – Матрица минимального пути

q_k	\longrightarrow	3	4	2
	\downarrow	$V_{1.2}$	$V_{2.2}$	$V_{3.2}$
3	$V_{1.2}$	0	6	23
4	$V_{2.2}$	12	0	19
2	$V_{3.2}$	10	17	0

Определим внутренние и внешние передаточные числа графа.

$$F(V_{1.2}) = 0 * 3 + 6 * 4 + 23 * 2 = 70$$

$$F(V_{2.2}) = 12 * 3 + 0 * 4 + 19 * 2 = 74$$

$$F(V_{3.2}) = 10 * 3 + 17 * 4 + 0 * 2 = 98$$

$$\Psi(V_{1.2}) = 0 * 3 + 12 * 4 + 10 * 2 = 68$$

$$\Psi(V_{2.2}) = 6 * 3 + 0 * 4 + 17 * 2 = 52$$

$$\Psi(V_{3.2}) = 23 * 3 + 19 * 4 + 0 * 2 = 145$$

Определим внешнюю и внутреннюю медианы, которыми является $V_{2.2}$ и $V_{1.2}$. Находим суммы передаточных чисел:

$$F(V_{1.2}) + \Psi(V_{1.2}) = 70 + 68 = 138$$

$$F(V_{2.2}) + \Psi(V_{2.2}) = 74 + 52 = 126$$

$$F(V_{3.2}) + \Psi(V_{3.2}) = 98 + 145 = 243$$

Наименьшее число 126, следовательно, координатором сети является $V_{2.2}$. Данные после обработки на узлах будут поступать на их кластерные координаторы, а после, координаторы $V_{1.2}$ и $V_{3.2}$ будут направлять пакеты данных главному координатору $V_{2.2}$, который передаст данные на следующие по иерархии координаторы, или же на базовую станцию, в зависимости от строения системы.

Литература

1. Заяц А.М., Хабаров С.П. Беспроводные сенсорные сети в лесном хозяйстве. Построение, применение и исследование: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2022 - 124с.
2. Панфилов, И. В. Информационные сети. Учеб. пособие для студ. 071900, 210200, 060800 / И. В. Панфилов, С. П. Хабаров, А. М. Заяц - СПб.: ЛТА, 2003. - 164 с.
3. Заяц А.М. Графовые модели в анализе и синтезе беспроводных сенсорных сетей. Информационные системы и технологии: теория и практика: сб. научн. тр. Вып. 14 / отв. ред. М. Р. Вагизов. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2022. – С. 118-127.

УДК 630*587:621.317

Е.Ю. Турбал, Б.М. Шифрин

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет им С.М. Кирова»

СУШКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА

Благодаря сушке, одному из этапов деревообработки, улучшаются физико-механические свойства древесины и увеличивается срок её хранения.

В качестве объекта модернизации предполагается использовать сушильную камеру периодического действия EcoWood 50. Данная камера имеет хорошие теплоизоляционные свойства. Сушильная камера имеет толщину стен 165 мм в которую входит теплоизоляция 150 мм, и алюминиевые листы толщиной 1 мм с наружной и внутренней стороны ограждающей конструкции. Также плюсом данной камеры является ее полностью алюминиевый каркас и обшивка, что делает камеру более стойкой к коррозии.

Классическим алгоритмом управления, в том числе для сушки пиломатериалов, считается ПИД-регулирование [1]. Пример такого управления сушильной камерой приведен на рисунке 1.

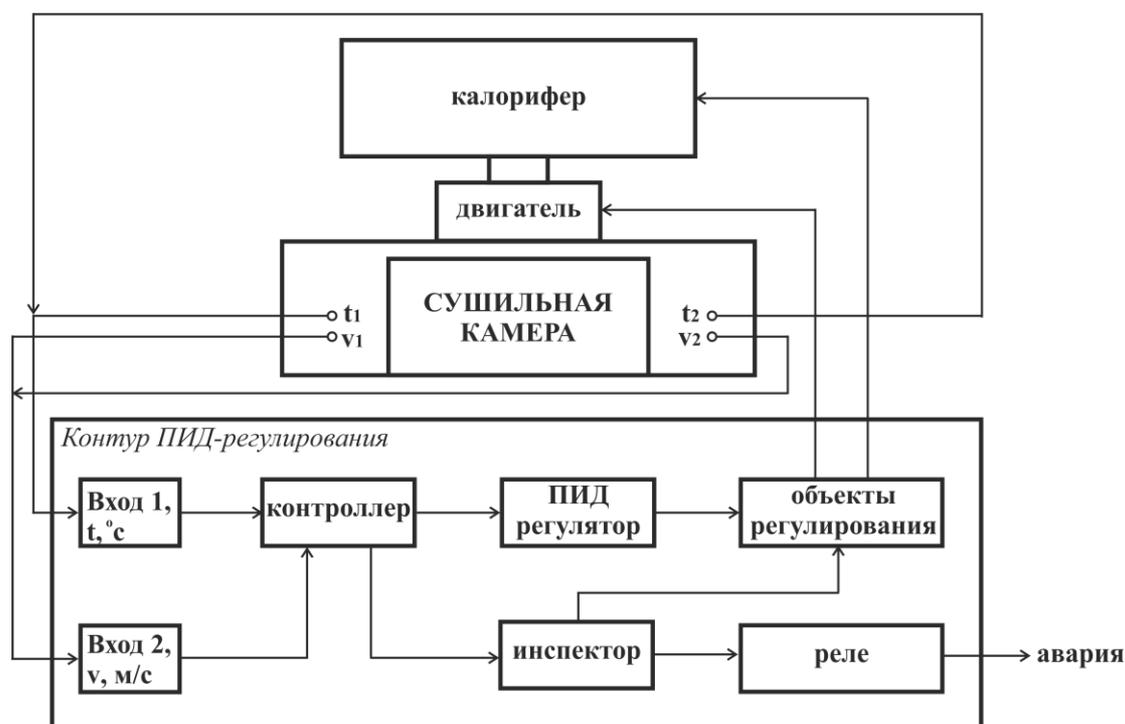


Рисунок 1 – Принцип работы сушильной камеры, использующей ПИД-регулирование