

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЧАСТНОГО СЛУЧАЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДСТВ НАБЛЮДЕНИЯ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ОБСТАНОВКИ

Моисеев Александр Иванович, окончил трансферный факультет Ульяновского государственного университета. Инженер-программист 3 категории ФНПЦ ОАО «НПО «Марс». Аспирант кафедры информационных технологий Ульяновского государственного университета. Специализируется в области систем освещения обстановки. [e-mail: moiseev-aiv@yandex.ru].

Аннотация

В статье рассматривается один из аспектов задачи оптимального построения системы освещения надводной обстановки. Осуществлена постановка задачи, предложен критерий оптимальности. Использован алгоритм Венгерского метода для решения частного случая задачи.

Ключевые слова: мониторинг, обстановка, система поддержки принятия решения, средства наблюдения, Венгерский метод.

Abstract

The article deals with one of the sides of the task of optimal creation of situational awareness system for surface environment. It describes the task itself and suggests a criterion of optimality. To solve a particular case of the task the author has used the Hungarian method algorithm.

Key words: monitoring, environment, expert support system, surveillance facilities, Hungarian method

ВВЕДЕНИЕ

Под освещением обстановки понимают процесс добывания, сбора, обработки и выдачи командованию и органам управления информации о состоянии, местоположении и действиях сил противника, своих силах и среде в целях управления силами.

Добывание и сбор информации являются основными информационными процессами, лежащими в основе управления силами. Данные процессы должны быть выполнены оперативно и с заданным качеством. Оперативность определяется совокупностью организационно-технических мероприятий, а качество — применяемыми математическими методами [1].

Факторы, определяющие оперативность операций с информацией:

- качество средств добывания;
- структура подсистемы освещения обстановки.

Факторы, определяющие качество операций с информацией:

- первичная обработка информации;
- оценка соответствия качества добытых сведений решаемым задачам;
- выработка рекомендаций по добыванию недостающей информации или повышению ее качества;
- оптимальное распределение средств системы освещения обстановки.

Таким образом, для улучшения характеристик систем освещения обстановки чрезвычайно актуальным становится решение задачи оптимального распределения средств наблюдения.

Постановка задачи оптимального распределения средств наблюдения

Сформулируем задачу. Наблюдаемое пространство разделим на зоны наблюдения (ЗН) Z_i . Для наглядности будем считать, что зоны наблюдения и области видения средств наблюдения (СН) имеют прямоугольную форму и располагаются вдоль берега, имеющего форму прямой линии (рис. 1).

ЗН характеризуется следующими параметрами:

- общее количество (n);
- ширина (w_i);
- дальность (d_i);

- расположение (x_i) — координата правого ближнего к берегу угла; необходимое качество наблюдения (q_i) — характеристика, интегрирующая требуемую точность наблюдения, оперативность и важность информации, поступающей от данной ЗН.

Опишем СН L_j . Данное СН характеризуется следующими параметрами:

- общее количество (m);

- ширина (v_j);
- дальность (h_j);
- расположение (t_j) — координата правого ближнего к берегу угла;

- реальное качество наблюдения ($r_j \in [0; 1]$) — характеристика, интегрирующая точность наблюдения, оперативность обработки информации данным СН.

Эффективность наблюдения данной ЗН Z_i определенными СН L_j может быть оценена по следующей формуле:

$$F_{ij} = S_{nep.} \cdot q_i \cdot K,$$

где $S_{nep.}$ — площадь пересечения ЗН и областей видения СН ($S_{nep.} = f(w_p, d_p, x_p, v_p, h_p, t_p)$); K — коэффициент качества наблюдения данным набором СН ($K = f(r_j, t_j)$).

В зависимости от количества СН K будет иметь различный вид. Если ЗН наблюдается одним СН, то коэффициент качества наблюдения имеет вид

$$K = r_i.$$

В случае если ЗН наблюдается несколькими СН (b), коэффициент суммарного качества наблюдения предлагается определять по формуле вероятности зависимых событий

$$K = 1 - \sum_{j=1}^b (1 - r_j).$$

Целью решения задачи оптимального распределения средств наблюдения системы освещения обстановки является максимизация суммарной эффективности наблюдения

$$\sum F \longrightarrow \max, \quad (1)$$

а решением — координаты расположения СН t_j . При этом использование формулы (1) для расчета эффективности наблюдения означает, что будет максимизироваться интегрированная ве-

роятность обнаружения, классификации и идентификации наблюдаемых объектов.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДСТВ НАБЛЮДЕНИЯ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ОБСТАНОВКИ

Введем следующие ограничения. Пусть все области видения СН меньше любой ЗН, не пересекаются друг с другом и находятся внутри ЗН. Тогда решаемую задачу можно считать классической задачей о назначениях. Решим ее Венгерским методом [3] (максимизируем). Введем матрицу эффективностей ($n \times m$):

$$A = \begin{vmatrix} S_{11} \cdot q_1 \cdot K_1 & \dots & S_{1m} \cdot q_m \cdot K_1 \\ \dots & \dots & \dots \\ S_{n1} \cdot q_1 \cdot K_n & \dots & S_{nm} \cdot q_m \cdot K_n \end{vmatrix}.$$

Перед началом решения необходимо нормировать матрицу эффективностей путем введения фиктивных столбцов и строк так, чтобы $n = m$. Будем считать, что такую нормировку мы уже сделали.

Решение состоит из предварительного этапа и не более чем $n - 2$ последовательно проводимых итераций. На предварительном этапе проводится нормирование путем эквивалентных преобразований. Разыскивают максимальный элемент в j -м столбце, и все элементы этого столбца последовательно вычитают из максимального, результат записывают на место каждого элемента. Эту операцию проделывают над всеми столбцами матрицы A . В результате образуется матрица с неотрицательными элементами, в каждом столбце которой имеется, по крайней мере, один нуль.

Далее рассматривают i -ю строку полученной матрицы, разыскивают ее минимальный элемент и из каждого элемента этой строки вычитают минимальный. Эту процедуру повторяют со всеми строками. В результате получим матрицу A_0 ($A_0 \sim A$), в каждой строке и столбце которой имеется, по крайней мере, один нуль.

Находим произвольный столбец с одним нулем и отмечаем его звездочкой. Затем просматриваем остальные столбцы, и если в них есть нули, расположенные в этой же строке, то вычеркиваем их. Аналогично просматриваем один за другим все столбцы матрицы A_0 и аналогично зачеркиваем нули. Решение будет определяться расположением оставшихся нулей

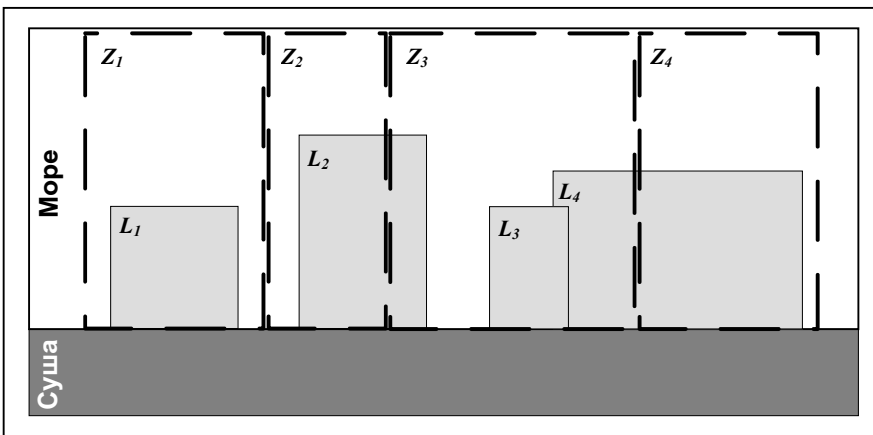
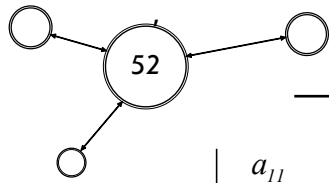


Рис. 1. Зоны наблюдения и области видения средств наблюдения



$$A_0 = \begin{vmatrix} a_{11} & 0 & \dots & a_{1(m-1)} & a_{1m} \\ 0 & a_{22} & \dots & a_{2(m-1)} & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{(n-1)1} & a_{(n-1)2} & \dots & a_{(n-1)(m-1)} & 0 \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 0 & a_{nm} \end{vmatrix},$$

а максимизированное значение суммарной эффективности наблюдения

$$A_{\max} = S_{12} \cdot q_2 \cdot K_1 + S_{21} \cdot q_1 \cdot K_2 + \dots + S_{(n-1)m} \cdot q_m \cdot K_{n-1} + S_{n(m-1)} \cdot q_{m-1} \cdot K_n.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной статье сделан анализ задачи оптимального размещения средств наблюдения в системе освещения обстановки. В результате была сделана постановка задачи, предложен критерий эффективности наблюдения, рассмотрены разные случаи задачи. Используя дополнительные ограничения, был рассмотрен один из частных случаев данной задачи. В статье показано, что данная задача является классической задачей о назначениях, для которой существует хорошо разработанный математический аппарат. Для решения задачи был использован Венгерский метод.

Применение математических методов еще на этапе проектирования систем освещения обстановки позволит значительно повысить точ-

ность наблюдения, вероятность обнаружения, классификации и идентификации целей. Кроме того, использование минимально достаточного количества средств наблюдения для обеспечения заданных характеристик системы освещения обстановки дает возможность экономить ресурсы на дополнительных средствах наблюдения и обеспечивающей их инфраструктуре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация управления и связь в ВМФ / под общ. ред. Ю.М. Кононова. — СПб.: Элмор, 2001. — 512 с.
2. Единое информационно-функциональное пространство ВМФ: от идеи до реализации / под общ. ред. В.И. Кидалова. — СПб.: Ника, 2003. — 490 с.
3. Ашманов С.А. Линейное программирование. — М.: Наука, 2000. — 442 с.
4. Беллман Р. Динамическое программирование. — СПб.: Иностранная литература, 1999. — 401 с.
5. Глебов Н.И. Об одном обобщении минимаксной задачи о назначениях // Дискретный анализ и исследование операций. — Новосибирск, 2004. — № 4. — С. 36–43.
6. Кравцов В.М. О новых свойствах максимально нецелочисленных вершин многогранника трехиндексной аксиальной задачи о назначениях // Известия высших учебных заведений. — 2004. — № 12. — С. 37–45.