

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ КАМЕР ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Рассматривается задача оптимизации размещения камер видеонаблюдения. Предлагается метод автоматизированной оптимизации с использованием генетического алгоритма. Приводятся математические модели камер и критерии покрытия.

Введение

Современные системы видеонаблюдения играют ключевую роль в обеспечении безопасности объектов различного назначения. Эффективность системы во многом определяется качеством монтажа камер: неправильный выбор мест установки приводит к образованию «мёртвых зон» и удорожанию системы наблюдения. Классический эвристический подход, основанный на личном опыте инженера, не гарантирует глобального оптимума, особенно при сложной планировке и бюджетных ограничениях. В связи с этим актуальна разработка автоматизированных методов оптимизации размещения камер. В данной работе предлагается использование генетического алгоритма для решения многокритериальной задачи размещения.

I. Постановка задачи

Пусть задано множество возможных позиций установок камер $\mathcal{P} = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ (дискретное пространство) и множество контролируемых зон $\mathcal{Z} = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$. Для каждой камеры известна область обзора $V(p_i)$, зависящая от типа объектива, углов обзора и максимальной дистанции идентификации. Необходимо выбрать подмножество $\mathcal{S} \subseteq \mathcal{P}$ и конфигурации камер (направление, угол наклона) так, чтобы максимизировать следующие критерии:

- площадь покрытия критических зон $C = \frac{|\bigcup_{p_i \in \mathcal{S}} (V(p_i) \cap \mathcal{Z}_{crit})|}{|\mathcal{Z}_{crit}|}$;
- минимизацию стоимости системы $B = \sum_{p_i \in \mathcal{S}} c_i$,

где c_i – стоимость установки камеры в позиции p_i .

Ограничениями являются бюджет B_{max} , максимальное число камер N_{max} , а также архитектурные особенности (запрещённые зоны монтажа, препятствия). Задача является многокритериальной, и для её решения применяется свёртка критериев в единую фитнес-функцию.

II. Генетический алгоритм оптимизации

Для решения задачи используется генетический алгоритм с бинарным кодированием хромосом. Каждая особь представляет собой битовую строку длины n , где 1 в i -й позиции означает установку камеры в позицию p_i . Число единиц не должно превышать N_{max} .

Фитнес-функция $F(\mathbf{x})$ объединяет критерии с весовыми коэффициентами w_1, w_2, w_3 :

$$F(\mathbf{x}) = w_1 C(\mathbf{x}) - w_3 \frac{B(\mathbf{x})}{B_{max}}, \quad (1)$$

где $C(\mathbf{x})$ – доля покрытия критических зон, $B(\mathbf{x})$ – общая стоимость. При нарушении бюджетного ограничения накладывается штраф

$$F \leftarrow F - \lambda(B(\mathbf{x}) - B_{max}).$$

Алгоритм работает по следующей схеме:

1. Генерация начальной популяции из N_{pop} случайных хромосом с числом единиц $\leq N_{max}$.
2. Оценка фитнеса каждой особи.
3. Применение операторов селекции, кроссовера и мутации для формирования нового поколения.
4. Повторение шагов 2-3 до достижения критерия остановки (максимальное число поколений G_{max} или сходимость).

III. Экспериментальные результаты

Алгоритм был протестирован на модельном объекте размером 20×20 м с 5 препятствиями. Возможные позиции камер задавались сеткой 5×5 ($n = 25$). Параметры ГА: $N_{pop} = 100$, $G_{max} = 200$, $p_c = 0.8$, $p_m = 0.04$. В таблице 1 приведены результаты сравнения с эвристическим размещением.

Таблица 1 – Сравнение эффективности

Метод	Покрытие (%)
Эвристический	72.3
генетический алгоритм	89.6

Как видно, предложенный ГА позволяет увеличить покрытие критических зон на 17.3% и снизить избыточность, что подтверждает его эффективность.

IV. Выводы

Разработанный генетический алгоритм обеспечивает автоматизированное решение задачи оптимального размещения камер видеонаблюдения. Учёт многокритериальности, ограничений и сложной геометрии помещения делает метод применимым для реальных объектов. Дальнейшие исследования могут быть направлены на интеграцию с трёхмерными моделями и использование параллельных вычислений для ускорения оптимизации.

1. Гладков, Л. А. Генетические алгоритмы / Л. А. Гладков, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик. – М.: Физматлит, 2010. – 368 с.
2. Батищев, Д. И. Многокритериальная оптимизация на основе генетического алгоритма / Д. И. Батищев, Е. А. Неймарк // Интеллектуальные системы. – 2002. – Т. 6, вып. 1-4. – С. 235–246.
3. Карпенко, А. П. Генетические алгоритмы в задачах оптимизации / А. П. Карпенко, Е. Ю. Селиверстова // Наука и образование. – 2015. – № 7. – С. 76-93.

Шухман Максим Юрьевич, студент 4 курса кафедры автоматизированных систем обработки информации БГУИР, mjshuhman@gmail.com.

Научный руководитель: Лаппо Александр Игоревич, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем обработки информации БГУИР, ivaniuk@bsuir.by.