

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СТРАТЕГИИ ПОИСКА ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА В КЛАССЕ РАВНОМЕРНО - ОПТИМАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ ПОИСКА

к.т.н. Г.В. Худов, к.т.н. В.И. Зюбин
(представил д.т.н., проф. Д.В. Голкин)

Описан подход к получению стратегии поиска для движущегося объекта в классе равномерно – оптимальных стратегий поиска. При этом на параметры движения объекта наложены ограничения об их локальной неизменности.

Проблема поиска движущегося объекта была одной из самых ранних проблем, которая решалась специалистами по исследованию операций США [1]. В течение второй мировой войны большое количество работ было выполнено в этой области работниками группы анализа операций морского ведомства [2]. После второй мировой войны работы в этой области продолжались. Представление о направлении и основных результатах этих работ можно составить по обзорной статье [2], библиография которой содержит 75 наименований работ по теории поиска, опубликованных в периодической литературе и технических отчетах, а также по обзорной статье [3]. Несмотря на большое количество работ по поиску, в указанный период общая теория не была разработана, решались в основном частные задачи. Наибольшее внимание было уделено на задачу оптимального распределения заданных поисковых усилий в пространстве поиска. В [4] приведен краткий обзор работ по теории поиска объектов. Работы условно разбиты на группы: дискретный поиск и непрерывный поиск. Задача поиска объекта рассматривается для двух случаев: задача поиска неподвижного объекта и задача поиска движущегося объекта.

В [5] рассмотрена следующая задача. Пусть задана плотность априорного $U(\mathbf{x})$ распределения вероятностей положения объекта в n -мерном пространстве \mathbf{R}^n , $\lambda(\mathbf{t}, \mathbf{x})$ - плотность поисковых усилий. При этом

$$\lambda(\mathbf{t}, \mathbf{x}) \geq 0, \quad \int_{\mathbf{R}^n} \lambda(\mathbf{t}, \mathbf{x}) = 1, \quad \forall \mathbf{t} \geq 0,$$

$$\varphi(\mathbf{t}) = \int_0^{\mathbf{t}} \lambda(\mathbf{t}, \mathbf{x}) d\mathbf{t} - \text{поисковое усилие в точке } \mathbf{x} \text{ за время } (\mathbf{0}, \mathbf{t});$$

$\Pi(\varphi(\mathbf{t}), \mathbf{x})$ - плотность распределения $(\varphi(\mathbf{t}))$, необходимая для обнаружения объекта в точке \mathbf{x} при условии, что объект находится в этой точке.

Стратегия

$$\lambda_T = \lambda(t, x) = \begin{cases} \lambda(t, x), & 0 \leq t \leq T; \\ 0, & t \geq T \end{cases}$$

называется T - урезанной стратегией. T – урезанная стратегия называется оптимальной, если

$$P(\lambda_T) = \sup_{\lambda_T} P(\lambda_T),$$

стратегия λ_T^* - равномерно – оптимальной, если

$$P(\lambda_T^*) = P(\lambda_T), \quad \forall T > 0,$$

где $P(\lambda_T)$ - вероятность обнаружения цели при использовании стратегии λ .

При весьма общих предположениях доказывается существование равномерно - оптимальной стратегии поиска и в некоторых случаях указывается ее явный вид.

В качестве критерия эффективности может служить как величина вероятности обнаружения объекта, так и ряд других величин [6].

В [7] сформулирована задача поиска движущегося объекта. Отмечено, что в случае неподвижного объекта на плотность распределения местоположения объекта влиял лишь процесс поиска. В пределах времени поиска она считалась стационарной, т. е. не зависящей от времени. Теперь плотность распределения содержит в качестве параметра время. В [7] показано, что для случая поиска объекта с неизвестной начальной скоростью и начального состояния, заданного своей плотностью распределения, решение задачи поиска означает максимизацию вероятности обнаружения объекта за время $(0, t)$. Однако, найденная в этих случаях стратегия поиска зависит от конечного момента времени t , т. е. с изменением времени поиска необходимо изменять и стратегию поиска. Полученная таким образом стратегия поиска не будет равномерно – оптимальной, она будет лишь оптимальной для конкретного момента времени поиска.

Таким образом, в результате проведенного анализа известной литературы установлено, что для случая поиска движущегося объекта не удастся получить стратегию поиска в классе равномерно – оптимальных стратегий. При решении целого ряда практических задач приходится сталкиваться с задачей поиска объекта, форма траектории которого известна (прямая линия, окружность, эллипс, гипербола, парабола и т.д.), либо форма его траектории является локально – неизменной в течение какого - то промежутка времени. Если же траектория движения объекта не является аналитической кривой, то эту кривую можно разбить на элементарные участки, поддающиеся аналитическому описанию. В этом случае для решения задачи поиска движущегося объекта с локально – неизменными параметрами движения предлагается использовать пространство параметров его движения. Переход в параметрическое про-

странство осуществляется с использованием преобразования X_0 , теория и применения которого описаны во многих источниках и обобщены в [8 - 9]. Переход в новое параметрическое пространство позволяет све- сти задачу поиска движущегося объекта к задаче поиска неподвижного объекта, для которого существует равномерно - оптимальная стратегия поиска.

Таким образом, для практически важного случая движения объекта с локально – неизменными параметрами движения показана возможность получения стратегии его поиска в классе равномерно - оптимальных стратегий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морз Ф.М., Кимбелл Д.Е. Методы исследования операций. – М.: Сов. радио, 1956. – 256 с.
2. Enslow P.H. A bibliography of search theory and reconnaissance theory literature // Naval Research Logistics Quarterly. – 1966. – V.13, № 2. – P. 17 - 51.
3. Dobbie J.M. A Survey search theory. // Operation Research. – 1968. – V.16, №3. – P. 36 - 47.
4. Ким Д.П. Методы поиска и преследования подвижных объек- тов. – М.: Наука, 1989. –327 с.
5. Аркин В.И. Равномерно – оптимальные стратегии поиска в зада- чах поиска // Теория вероятностей и ее применения. – 1964. – Т. 9, вып.1. – С. 38 - 56.
6. Худов Г.В., Евменчук Г.С. Выбор критерия эффективности при решении задачи оптимального распределения энергетического потенциа- ла в космических информационных системах // Информационные системы. – Харьков : НАНУ, ПАНИ, ХВУ. – 1999. – Вып.1(12). – С. 82 - 84.
7. Хеллман О. Введение в теорию оптимального поиска. – М.: Наука, 1985. – 248 с.
8. Лабунец В.Г., Чернина С.Д. // Зарубежная радиоэлектроника. – 1987. – С. 17 - 41.
9. Саваневич В.Е., Худов Г.В., Фодлаш В.Д. Использование методов интегральной геометрии при оптимизации обнаружения геометрических форм на изображениях // Радиоэлектроника и информатика. – 1998. – № 3(4). – С. 26 - 27.

Поступила в редколлегию 21.8.2000