

*Досліджені основні категорії алгоритмів переслідування і проведений їх порівняльний аналіз. Приведені основні критерії для вибору алгоритму переслідування*

*Ключові слова: класичні алгоритми, оптимальні алгоритми, алгоритми в диференціальних іграх переслідування*

*Исследованы основные категории алгоритмов преследования и проведен их сравнительный анализ. Приведены основные критерии для выбора алгоритма преследования*

*Ключевые слова: классические алгоритмы, оптимальные алгоритмы, алгоритмы в дифференциальных играх преследования*

*The basic categories of algorithms of prosecution were investigated and their comparative analysis was carried out. The basic criteria for a choice of algorithm of prosecution were resulted*

*Keywords: classical algorithms, optimum algorithms, algorithms in differential games of prosecution*

# СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПРЕСЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

**А.Н. Толстик**

Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники  
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина  
Контактный тел.: (057) 335-24-29  
E-mail: tols-alex@yandex.ru

**Н.Г. Толстик**

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой  
Кафедра информатики  
Харьковский гуманитарно-технический институт  
ул. Кандаурова, 2, г. Харьков  
Контактный тел.: (057) 335-24-29

## 1. Введение

Геоинформационные системы (ГИС) предназначены для управления большим количеством разно-масштабной картографической информации, анализа взаимосвязей объектов в пространстве, управления атрибутивными характеристиками объектов. Все моделируемые в ГИС объекты и явления имеют пространственную привязку, позволяющую анализировать их во взаимосвязи с другими пространственно-определенными объектами. Модули пространственного анализа и принятия решения средствами ГИС являются ядром геоинформационных технологий. На основе ГИС создаются комплексные программные решения для поддержки объектов инфраструктуры в течение их жизненного цикла: при проектировании, создании и эксплуатации транспортных сетей, энергоснабжения. ГИС уже доказали свою эффективность при поддержке эксплуатации систем энергоснабжения на электротранспорте, в частности, на городском электротранспорте и на железнодорожном транспорте. Модуль ГИС, например, пространственно-геометрического класса, решает задачи топологического и геометрического характера, такие как задачи преследования - уклонения; поиск пространственного объекта и т.д.

Существующие алгоритмы и информационные технологии обработки ГИС ориентированы в первую очередь на непрерывные пространства. Алгоритмы преследования (наведения), как правило, решают узкоспециализированную задачу и неприемлемы для широкого круга задач. Отсутствие метода преследования, который обладал бы необходимой эффективностью при любом типе преследуемой цели, привело к образованию большого числа разнотипных алгоритмов.

## 2. Постановка задачи

Рассматривается необходимость применения алгоритмов преследования при решении задач поиска на городских ГИС.

Определим исходные понятия для решения данной задачи.

Искомым объектом (ИО) называется объект, перехват которого является конечной целью процесса. Поисковой единицей (ПЕ) называется объект, который участвует в перехвате искомого объекта.

Поисковая система – это совокупность всех поисковых единиц, а также инфраструктуры, участву-

ющей в перехвате (датчики, диспетчеры и т.д.). Задачи перехвата можно классифицировать на задачи «поиска» и «наведения». Задачей поиска называют задачу сближения по неполной или полной априорной информации, т.е. поисковая система не получает текущей информации. Задачей наведения называют задачу перехвата по полной или неполной априорной информации и текущей информации.

Для решения задачи перехвата одиночного искомого объекта одной поисковой единицей необходимо проанализировать существующие методики наведения. Перехват считаем реализованным, если ИО и один из ПЕ находятся на расстоянии, меньшем или равном  $\epsilon$  (скалярная величина). Для одномерного пространства  $\epsilon$  - расстояние между двумя точками на линии; для двумерного пространства – окружность радиуса  $\epsilon$ .

Алгоритмы преследования можно разделить на три основные категории: классические алгоритмы, оптимальные алгоритмы и алгоритмы в дифференциальных играх преследования. К классическим методам преследования относятся: метод погони, метод постоянного угла упреждения, параллельного и пропорционального сближения. К оптимальным алгоритмам относятся алгоритмы, разработанные на основе теории оптимального управления, которые представляют собой решение определенных задач оптимального управления. Законы преследования, полученные на основе теории дифференциальных игр, называются игровыми.

Рассмотрим три основные категории алгоритмов для проведения их сравнительного анализа, а также выбора алгоритма преследования.

### 3. Сравнение алгоритмов преследования

Классические методы преследования.

Метод погони. Этот метод ещё называют чистым преследованием, преследованием по кривой погони. Методом погони называется метод преследования, при котором вектор ПЕ  $V_{пе}$  в любой момент времени направлен на цель, то есть его курсовой угол  $\alpha$  равен нулю. Проанализировав данный метод, можно сделать вывод, что при методе погони, преследователь приближается к цели сзади и кривая погони характеризуется большой кривизной, при любых начальных условиях. Таким образом, даже в условиях отсутствия каких-либо маневров со стороны цели, это приводит к низкой точности преследования, что является недостатком метода. Достоинством этого метода преследования является его помехоустойчивость – для реализации метода в каждый момент времени надо знать только, слева или справа от вектора преследования находится цель, для корректировки курсового угла соответствующим образом.

Метод постоянного угла упреждения. Это метод, при котором курсовой угол в любой момент времени равен некоторой фиксированной величине  $\alpha_0$ . Величина  $\alpha_0$  должна подчиняться условию  $(V_{пе}/V_{по}) \cdot |\sin \alpha_0| < 1$ , в противном случае преследователь начнет описывать вокруг цели бесконечную спираль, так её и не достигнув. Этот метод является модификацией метода погони, но у него есть достоинство в том, что при использовании угла упреждения кривая погони гораздо

менее искривлена, чем для метода погони. Кроме этого, метод обладает похожей помехоустойчивостью, что и метод погони. Однако для реализации этого метода необходима информация о пеленге цели, а также о направлении движения цели для выбора правильного угла упреждения.

Метод параллельного сближения. Параллельным сближением называется вид преследования, когда линия визирования всегда смещается параллельно самой себе. Если цель движется прямолинейно и равномерно, то траектория преследователя есть прямая. При маневрах цели, когда цель получает ускорение, для сохранения условия параллельности линии визирования, ускорение преследователя будет совпадать с нормальным ускорением цели. Это является достоинством данного метода. К недостаткам метода можно отнести большое количество требуемой информации: курсовой угол цели, скорость.

Метод пропорционального наведения. У него нет тех недостатков, которые есть у метода параллельного сближения. Это такой метод, при котором угловая скорость преследователя пропорциональна угловой скорости линии визирования. Назначение этого метода – поражение цели, с учетом тенденции поворота линии визирования. Как следует из принципов действия этого метода, для его реализации необходима лишь информация о пеленге цели.

Оптимальные алгоритмы преследования. Оптимальными называются алгоритмы, который дают возможность получить оптимальное решение задачи управления с четко определенным функционалом (целевой функцией). Решение задач оптимального управления усложняется, при усложнении движения целевого объекта. Когда цель движется равномерно и прямолинейно, возможно аналитическое решение. Что невозможно в случае, когда цель маневрирует, используя сложные пространственные траектории. Подобные задачи называются стохастическими задачами преследования.

Использование теории оптимального управления в решении задач наведения является важной составляющей, часто используемой на практике, например, в частном случае преследования цели, движущейся под острым углом к встречному курсу. В таком случае классические алгоритмы погони и постоянного угла упреждения не будут работать. Теория оптимального управления позволяет получить алгоритмы преследования, которые могут решать и задачу преследования быстро движущихся целей. Но недостатком данных алгоритмов является большая сложность в реализации при сложных траекториях искомого объекта.

Дифференциальные игры преследования. Одной из классических дифференциальных игр является задача преследования – уклонения, когда преследователь пытается минимизировать (а цель максимизировать) время, за которое преследователь достигнет цель.

Оптимальной стратегией является метод погони. При разных игровых моделях, а также различных управлениях, оптимальными стратегиями могут стать стратегии, реализующиеся аналогами классических алгоритмов со всеми их достоинствами и недостатками.

---

#### 4. Выводы - выбор алгоритма преследования

---

Для сравнения алгоритмов преследования, надо определиться с критериями сравнения и с исходными ограничениями, что и с какой точностью замеряется. В зависимости от объема информации, вычислительных мощностей, которыми обладает преследователь, можно определить какой алгоритм преследования предпочтителен в данных условиях.

Анализируя классические методы преследования можно выяснить, что по помехоустойчивости и простоте реализации на первом месте стоит метод погони, а затем уже идут методы постоянного угла упреждения, пропорционального наведения, параллельного сближения.

По точности наведения, требуемому нормальному ускорению, вероятности ошибки, гладкости траектории на первом месте стоит метод параллельного сближения, а затем следуют методы пропорционального наведения, постоянного угла упреждения и метод погони. Оценивая игровые алгоритмы преследования,

можно сделать вывод, что они более помехоустойчивы, чем соответствующие оптимальные алгоритмы преследования.

На основании вышесказанного можно сформулировать общий принцип: чем жестче требования к точности и сложнее условия наведения, тем совершеннее и сложнее должен быть алгоритм наведения. В то же время, чем сложнее алгоритм наведения, чем больше ему требуется информации, тем меньшую помехоустойчивость он обеспечивает, и тем больше ужесточаются требования к точности измерений.

В последнее время в вычислительной технике продолжается прогресс в повышении быстродействия вычислительных средств и одновременном уменьшении их физических размеров, поэтому в новых разработках предпочтение отдается сложным, но более точным алгоритмам, а не простым в реализации, но менее точным. Так как разница по времени реализации этих алгоритмов мала, то нет необходимости поступаться точностью наведения ради скорости и оперативности вычислений.

---

#### Литература

1. Ким Д.П. Методы поиска и преследования подвижных объектов / Д.П.Ким. – М.: Наука, 1989 – 336 с.
2. Цветков В.Я. Учебное пособие по дисциплине «Геоинформационные системы и технологии» / В.Я.Цветков. – М.: Изд-во МГУГиК, 2000 – 97 с.