

УДК 681.3.06

М.И. Абрамский, В.В. Кирюхин

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

abramsky@inbox.ru

ТЕХНОЛОГИИ ЧАСТИЧНОЙ КОРРЕКЦИИ ГРАФОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Рассматривается технология частичной коррекции графов динамических геоинформационных систем (ГИС) с помощью экстраполяционного алгоритма рандеву, обладающего лучшей помехоустойчивостью, чем классический алгоритм «погони», и меньшим средним временем до рандеву на ГИС.

Приводятся результаты, полученные в ходе испытания алгоритма на программной имитационной модели.

Известно, что ГИС могут быть использованы в практических целях по двум основным направлениям [1]. Первое – это статическое отображение постоянной или редко меняющейся информации (например, мониторинг земельных или природных ресурсов, иная картографическая информация). Этот случай описывается моделью статических ГИС. Но существуют более сложные системы, которые описывают быстроменяющуюся ситуацию, – системы оперативной обработки. Примерами последних могут служить программы авиадиспетчеров, системы перехвата и обнаружения воздушных и наземных целей, программа отслеживания дорожной ситуации для водителей специализированных транспортных средств (инкассаторских машин, автомобилей сопровождения и т.п.). Этот класс задач может быть представлен в виде динамических ГИС. Динамические ГИС характерны в первую очередь тем, что они позволяют рассматривать сколь угодно сложные информационные характеристики, связанные с ландшафтом [2], это и качество дорожного покрытия, дорожная обстановка, наличие свободных магистралей; для других задач: пропускная способность каналов связи, загроуженность сервера или рабочей станции, и т.п.

Существует целый класс проблем, касающихся скорейшего рандеву. В основном, известные задачи [3] используют в качестве исходных данных непрерывное (континуальное) двумерное или трехмерное пространство, а также непрерывные характеристики участвующих объектов. Такая постановка дает преследователю большие возможности для маневра, так как пространственно он, в принципе, не ограничен ничем, кроме размерности области [4].

Здесь рассматривается более специальная задача, а именно: проблема скорейшего randevу на графе ГИС. Скорейшее randevу достигается так называемой частичной коррекцией графа, т.е. изменением поведения таким образом, чтобы достичь минимального времени до randevу, используя имеющуюся историю движения объектов. Данный подход назван *методом экстраполяционного преследования*. Данная задача обладает новизной, поскольку рассматривает проблему с дискретной, а не с непрерывной точки зрения.

Граф ГИС задается с помощью характеристической матрицы R [2], информационные факторы геоинформационной системы [2] обновляются с частотой ϑ . На ГИС функционируют: искомый объект (ИО) и поисковая единица (ПЕ). Относительно ИО заданы: V – скорость движения, скаляр; $S_{ио} \in \{R\}$ – начальная вершина движения на графе R ; $E_{ио} \in \{R\}$ – вершина назначения. ПЕ характеризуется следующими величинами: скоростью движения – U , $S_{пе} \in \{R\}$ – начальной вершиной движения на графе R . Процесс движения как ИО, так и ПЕ определяется как смена текущей вершины на графе R . Randevу называется событие, при котором в один и тот же момент времени ИО и ПЕ находятся в одной вершине графа R . Общая схема randevу описывается алгоритмом поведения ПЕ для осуществления randevу, начальными характеристиками ИО и ПЕ, алгоритмом поведения ИО. Возможно существование различных моделей randevу. Оценка эффективности алгоритма randevу в каждой схеме производится по критерию минимума времени до randevу. Важной характеристикой при описании алгоритма randevу является зависимость времени до randevу от заданной характеристики движения объекта или, иными словами, помехоустойчивость. Распределение помехоустойчивости алгоритма по характеристикам движения помогает выбрать наиболее подходящий алгоритм randevу к конкретной задаче. В задаче о randevу возможны два исхода: randevу произошло и не произошло, т.е. ИО достиг вершины $E_{ио}$, не встретив на своем пути ПЕ. В данной работе описывается схема randevу с неклассическим алгоритмом поведения ПЕ – "экстраполяционным" алгоритмом. В качестве алгоритма поведения ИО принимается постоянное движение ИО в вершину графа R , инцидентную текущей, по дуге экстремального веса (минимальность или максимальность определяется смысловой нагрузкой весов дуг графа R). В траекторию движения ИО вносятся случайные шумы, или рассогласования. Рассогласование заключается в следующем: генерируется случайная величина, распределенная по равномерному закону в интервале от 0 до 1. Если величина больше 0,5, то ИО движется не по дуге экстремального веса, а по другой, определенной, дуге.

Произведем формальное описание условий задачи и критериев эффективности. Пусть t – время, за которое у ПЕ и ИО произойдет randevу. Оно

равно ∞ , если randеву не произошло. Обозначим через P пройденный ИО путь до randеву, т.е. $P = \{p_i\}$, где $p_i \in R$ – дуги, входящие в путь, пройденный ИО. Через Ω обозначим расчетный путь, который должен был пройти ИО, двигаясь только по дугам экстремального веса, $\Omega = \{\omega_i\}$, где $\omega_i \in R$ – дуги, входящие в расчетный путь для ИО. Определим формулы для вычисления эмпирической величины Z "характеристики движения", ее еще можно назвать величиной рассогласования. Это величина, определяемая как композиция трех величин: отклонения D от прогнозируемой траектории (количество вершин, не входящих в оптимальную траекторию, через которые прошел ИО), значение величины равно мощности множества $\Psi = P \oplus (P \cap \Omega)$; количество N хаотичных перемещений, т.е. переходов в заведомо худшую вершину; замедления в движении. Последнее численно характеризуется коэффициентом замедления B – безразмерным скаляром

$$B = \frac{L}{t} \cdot \frac{1}{V}, \quad 1 \backslash$$

где L – длина пройденного пути P

$$L = \sum_{i \in P} l(p_i) \quad 2 \backslash$$

и $l(p_i)$ – длина дуги p_i .

Так как система неинерционна и рассматриваются математические объекты, то снижение скорости движения ИО представляется неоправданным, поэтому эта величина отнесена к составляющим. С учетом (1) и (2) формула для величины рассогласования Z примет вид:

$$Z = B + N + D.$$

Определим коэффициент помехоустойчивости K как отношение величины рассогласования (3) ко времени до randеву: 2 \backslash

$$K = \frac{Z}{t}. \quad 4 \backslash$$

В принципе, в качестве критерия оценки характеристики движения можно выбрать и другую величину, но, поскольку нам важно не абсолютное, а сравнительное значение коэффициента помехоустойчивости для разных видов движения, то можно использовать формулу (3) в качестве оценки рассогласования движения. Основная задача каждого алгоритма поведения ПЕ состоит в сведении t к минимуму в заданной схеме randеву, т. е. в заданной области $Z \leq X$, где X – предельно допустимое значение рассогласования. Это задача математического программирования, где целевой функцией является $t(Z)$, а ограничением – $Z \leq X$. Алгоритмическое решение задачи представлено ниже.

Основными действиями алгоритма являются следующие.

1. Сначала вычисляется оптимальный путь движения для ИО и априорно предполагается, что объект будет двигаться по вычисленному маршруту.

2. ПЕ вычисляет вершину на расчетном маршруте, в которой randevу произойдет через минимальное время, предполагая, что ИО будет двигаться по расчетному пути.

3. С заданной частотой ϑ производится обновление характеристического графа R (что может повлиять, во-первых, на расчетный маршрут для ИО, во-вторых, на поведение самого ИО).

4. С выбранной частотой μ выполняются пункты 1, 2, что позволяет постоянно координировать движение ПЕ. В дополнение к 1, оптимальный путь на последующих шагах может учитывать маршрут, уже пройденный ИО. Вторая задача относительно сложна и в данной работе рассматриваться не будет.

Обобщенная блок-схема алгоритма показана на рисунке 1.

Под "ближайшей точкой" в алгоритме понимается следующее. Пусть $\Lambda = \{\lambda_i\}$, где λ_i – вершины графа R , входящие в расчетный маршрут ИО, пусть k, m – вершины графа R , в которых в данный момент находятся ПЕ и ИО соответственно. Для каждой вершины λ_i из расчетного маршрута ИО производится поиск кратчайших путей S_i и H_i , с помощью процедуры, условно обозначенной функцией Δ :

$$S_i = \Delta(\lambda_i, k),$$

$$H_i = \Delta(\lambda_i, m).$$

Исходя из текущего положения ПЕ и множества Λ , строится и запоминается длина каждого пути в векторе $\{S_i\}$ по (5).

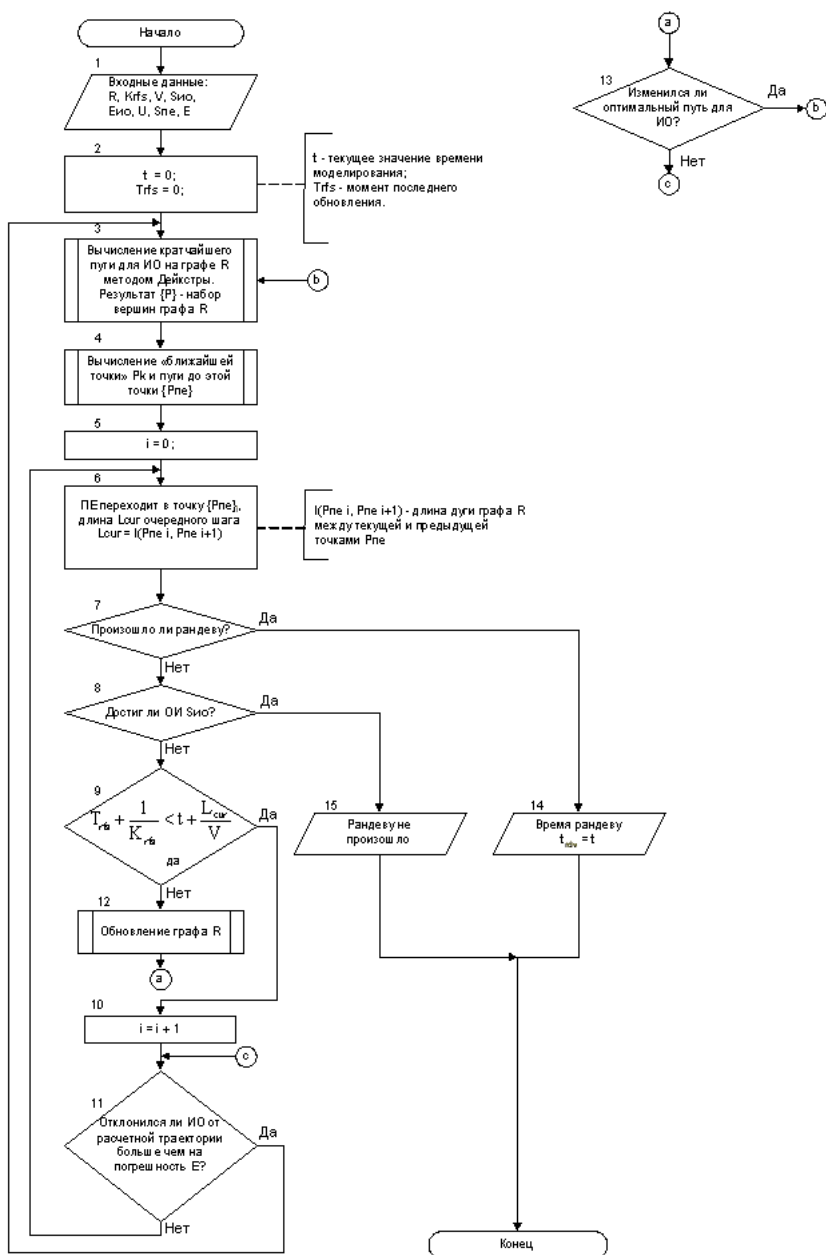


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма рандеву методом экстраполяции на ГИС

Далее оценивается время ξ_i , за которое ПЕ достигнет заданной вершины, по формуле:

$$\xi_i = \frac{S_i}{U}.$$

Затем, с учетом (6), вычисляется, за какое время θ_i той же вершины достигнет ИО,

$$\theta_i = \frac{H_i}{V}.$$

После расчета времени достижения ИО каждой из вершин последние ранжируются в порядке возрастания ξ_i .

Далее, с учетом (7) и (8), выбирается вершина по критерию

$$T = \min_i \xi_i,$$

при условии

$$\theta_i < \xi_i.$$

Эта вершина и называется "ближайшей".

Для того, чтобы оценить величину D – отклонение ИО от расчетного маршрута, при выходе из блока 11 БСА в блок 3 необходимо производить увеличение счетчика, который формирует D . В случае, если отклонение ИО от расчетного маршрута происходит вследствие изменения характеристического графа ГИС, но при пересчете оказывается, что ИО находится на вновь рассчитанном оптимальном маршруте, то на количество переходов в худшую вершину это изменение положения ИО не влияет. В противном случае величина N должна быть увеличена на единицу.

Для оценки преимущества экстраполяционного алгоритма перед классическими была создана имитационная модель, с помощью которой были оценены характеристики эффективности для следующих тестовых графов ГИС:

- 1) симметричный граф "звезда" с 6 вершинами;
- 2) случайный граф с 200 вершинами и случайными весами дуг;
- 3) граф "прямоугольная сетка" – простая дискретизация непрерывной модели, 600 вершин в графе (сетка 20x30 вершин).

Поведение ИО описывалось двумя основными типами имитационных моделей:

- А) движение строго по расчетным траекториям ($D = 0$);
- В) рассогласованное движение вследствие случайных отклонений.

В течение работы алгоритма с задаваемой частотой ϑ для имитации динамической обстановки на ГИС производилось изменение весов 10% дуг в графе случайным образом.

Также производилось сравнение с классическим алгоритмом "погони" [3].

Таблица 1 – Результаты программного эксперимента

Вид графа	Тип имитационной модели	Время до randevу, квантов		Оценка Z характеристики движения	Коэффициент помехоустойчивости	
		экстраполяционный алгоритм	алгоритм "погони"		экстраполяционный алгоритм	алгоритм "погони"
1	A	3	4	0	-	-
1	B	4	6	6,26	1,565	1,043
2	A	51	73	0	-	-
2	B	63	75	17,33	0,275	0,231
3	A	78	91	0	-	-
3	B	90	100	28,14	0,313	0,281

В таблице 1 приведена сводная сравнительная информация.

Одним из основных приложений данного алгоритма является, конечно, randevу на местности. Алгоритм эффективен для быстроменяющихся городских условий, а также может быть применим и в акваториях, обладающих большим числом информационных характеристик, привязанных к водному ландшафту. В данном случае в роли ландшафта в понятиях ГИС будет выступать непосредственно географический ландшафт, где веса дуг будут обозначать расстояние между ключевыми вершинами. В этом виде метод был использован в "Многофункциональной системе охраны, мониторинга и телеметрического анализа (SMART GLOBE)" фирмы ООО "NAVICOM", г. Севастополь [2].

Другим интересным, на наш взгляд, применением алгоритма является использование его для обеспечения антивирусной безопасности в больших ЛВС. Реализация задачи осуществляется с помощью так называемой мультиагентной архитектуры, подразумевающей создание необходимого количества небольших программных модулей, которые перемещаются по сети от машины к машине, следуя наперерез "направлению" распространения вирусного заражения с целью активизации при встрече необходимого антивирусного программного обеспечения.

Рассмотрена задача построения экстраполяционной модели randevу на графе ГИС. Полученный алгоритм обладает новизной, в том плане, что дает рекомендации решения задач randevу в дискретном пространстве, в отличие от классических, решающих данную задачу в непрерывной области. Метод требует больших вычислительных затрат по сравнению с классическими методами randevу, но и результаты работы получаются лучше. Так, например, при проведении описанных выше исследований было выяв-

лено, что в среднем алгоритм работает на 10...20% быстрее классических алгоритмов. В дальнейшем, планируется оценить аналитически преимущества экстраполяционного алгоритма на графе ГИС над классическими методами "погони" и "параллельного сближения".

Библиографический список

1. Васюхин М.И. Анализ принципов построения геоинформационных систем / М.И. Васюхин, М.И. Синяков // Управляющие системы и машины. — 1996. — №1/2. — С. 64-68.
2. Кирюхин В.В. Применение графовых моделей в работе геоинформационных систем / В.В. Кирюхин, М.И. Абрамский // «Инфотех-2002»: Матер. междунар. науч.-практ. конф., Севастополь, сент. 2002 г. — Севастополь, 2002. — С. 30 – 32.
3. Ким Д.П. Методы поиска и преследования подвижных объектов / Д.П. Ким. — М.: Наука, 1989. — 336 с.
4. Петросян Л.А. Преследование на плоскости / Л.А. Петросян, Б.Б. Рихсиев. — М., 1991. — С. 29 – 33.

Поступила в редакцию 01.03. 2001 г.