

Рис. 6. График значимости векторов

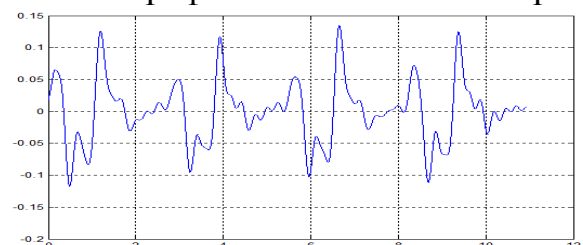


Рис. 7. Сумма первых 10 собственных векторов
(низкочастотная составляющая сигнала)

Для того чтобы выделить высокочастотную составляющую сигнала необходимо из исходного (отфильтрованного) сигнала вычесть низкочастотную составляющую (рис. 8).

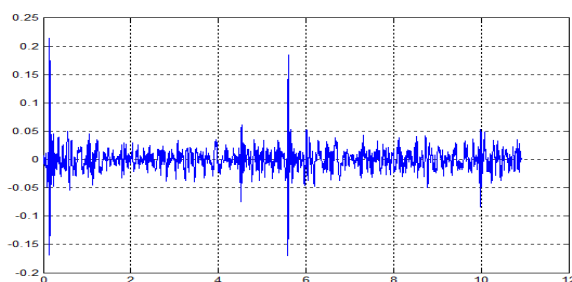


Рис. 8. Высокочастотная составляющая сигнала

Выводы

Анализ параметров вибраций механизмов периодического действия с использованием SVD – разложения имеет ряд преимуществ. По сравнению с гармоническим анализом SVD – разложение является более информативным за счет выделения низкочастотной и высокочастотной составляющих. Использование SVD-разложения не вносит фазовых искажений при фильтрации; позволяет выделить периодическую составляющую сигнала (при достаточном количестве данных и трендовую составляющую сигнала), что дает возможность прогнозирования; позволяет выделить низкочастотную и высокочастотную составляющие сигнала с очень высокой точностью, без искажений сигнала.

А.В. Захаров, М.Р. Богданов, Р.Ф. Маликов

К ТЕОРИИ ПРЕСЛЕДОВАНИЯ

(Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акумуллы)

Аннотация

В работе предложен критерий выбора закона движения преследования и получено соответствующее дифференциальное уравнение. Проведено исследо-



вание режимов преследования на основе полученного уравнения в ряде конкретных случаев. Рассмотрены варианты управления движением на основе полученных уравнений при использовании систем ГЛОНАСС и GPS.

Введение

Точность позиционирования в системах ГЛОНАСС и GPS постоянно улучшается. Что открывает новые области применения данных космических навигационных систем. Одна из возможностей повышения точности позиционирования Глонасс/GPS предложена в нашей работе [1]. Становится возможным не только контролировать движение средств перевозки, но и управлять их движением. Для этого необходимо решать задачу управления движением, а именно задачу преследования. Она понимается как поиск оптимальных траекторий и в более конкретном случае как поиск оптимальных законов движения, возвращающих тело на заданный закон движения от первоначально отклонившегося закона движения. В случае применения систем ГЛОНАСС/GPS, последние указывают истинные, с определенными погрешностями, положения $q_i(t)$ и скорости $u_i(t)$ движущегося тела, а требуется перейти к заданному закону движения $Q_i(t)$, $i=1..3$. Задача преследования, как частный случай управления движением, находит оптимальный закон движения преследования $x_i(t)$ среди многочисленных возможных, такой что за конечное время τ осуществляется предельный переход

$$\lim_{t \rightarrow (t_1 + \tau)} (q_i(t) + x_i(t)) = Q_i(t_1 + \tau) \quad (1)$$

Такая постановка выделяет первый класс задач преследования, когда требуется совпадения только места. В более жестком условии накладывается требование совпадения и места и скоростей

$$\lim_{t \rightarrow (t_1 + \tau)} (\dot{q}_i(t) + \dot{x}_i(t)) = \dot{Q}_i(t_1 + \tau) \quad (2)$$

Выполнение одновременно двух предельных соотношений (1) и (2) выделяет второй класс задач преследования. В том и другом случае задача преследования не ограничивается поиском закона движения $x_i(t)$, а вместе с ним требуется найти управляющие функции рулей поворота $a(t)$ и функции ускорения и торможения $c(t)$.

В такой постановке задача преследования не удовлетворяется дискретной последовательностью принятия управляющих команд через малые промежутки времени, направленные на приближение мест истинного движения и заданного и на выравнивание истинных и заданных скоростей по величине и направлению. Оптимальными законами движения преследования могут оказаться движения в течении конечного промежутка времени, которые на первых этапах траектории удаляют преследуемое тело и преследователя. Как в случае первоначально противоположных скоростей движения.

В случае систем ГЛОНАСС/GPS определяется интервал сеансов связи приемника со спутниковой системой Δt . Но время преследования τ может оказаться как больше, так и меньше Δt . Определить время преследования является так же одной из ключевых задач преследования. Если время между сеансами



связи окажется меньше времени преследования $\Delta t < \tau$, то каждый сеанс связи даст коррекцию конечной траектории преследования, времени преследования и управляющих сигналов. При этом последовательность должна быть сходящейся в смысле условий (1) и (2). Необходимо попасть в цель или состыковаться по сложной траектории за конечный промежуток времени.

1. Критерий оптимальности и уравнение преследования

Существует бесконечное множество траекторий и законов движения преследования. Требуется установить ряд условий - критериев, ограничивающих произвол выбора до совершенно конкретных законов движения. Среди таких условий необходимо выбрать требования технической осуществимости закона движения, минимальности времени преследования, минимальности траектории преследования, и минимальности управления преследования. Эти требования кажутся очевидными, но они не могут быть первыми, так как резко снижают произвол выбора траекторий и закона преследования. В качестве первого критерия мы выбираем условие минимальности интегральной кривизны траектории перехода, так как кривизна траектории выражается в центробежном ускорении, управлении движением и в наименьшей длине траектории перехода. Но вместе с тем оставляет широкий выбор, из которого можно выбирать законы движения, удовлетворяющие всем из перечисленных условий. Очевидно, что порядок выдвигания условий не коммутативен. Так требование минимальности расстояния между двумя точками сразу выбирает единственную прямую линию с нулевой кривизной. Но она не удовлетворяет условию (2) в общем случае.

Потребуем, что бы функционал $S = \int_{t_1}^{t_1 + \Delta t} \sigma u(t) dt$ на оптимальных траекториях преследования принимал наименьшее значение.

Здесь $u(t) = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2 + z(t)^2}$ - модуль скорости преследования,

$\sigma = \frac{\sqrt{x(t)^2 + y(t)^2 + z(t)^2} - u(t)^2}{u(t)^2}$ - кривизна траектории.

Требование минимальности функционала S приводит к системе уравнений, которая сводится к одному:

$$\ddot{x}(t)\dot{y}(t)\dot{z}(t) - \dot{x}(t)\ddot{z}(t)\dot{y}(t) - \dot{x}(t)\dot{y}(t)\ddot{z}(t) + \dot{x}(t)\ddot{z}(t)\dot{y}(t) + \dot{x}(t)\dot{y}(t)\ddot{z}(t) - \dot{x}(t)\ddot{z}(t)\dot{y}(t) = 0 \quad (3)$$

что означает линейную зависимость векторов скорости, ускорения и ускорения ускорения:

$$a_1(t) \begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{bmatrix} = a(t) \cdot \begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{bmatrix} + b(t) \cdot \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{bmatrix} \quad (4)$$

Уравнение (4) представляет собой общий вид линейных однородных дифференциальных уравнений второго порядка относительно компонент вектора скорости преследователя.

Оно имеет два фундаментальных решения относительно вектора скорости, что приводит к плоскому движению. В частном случае $a_1(t)=0$ порядок уравнения понижается, траектория становится прямолинейной и при $a(t)=0$ движение становится инерциальным. Не умаляя общности, можно считать



$a_1(t)=1$. В качестве плоскости преследования можно выбирать плоскость, проходящую через радиус вектор, соединяющий преследователя в момент начала преследования и преследуемое тело в момент завершения преследования и выполнения условия (1), и вектор скорости преследователя в момент начала преследования. Плоскость преследования может меняться при корректировке преследования. Иногда последовательность корректировок позволяет выполняться и условию (2), но не в общем случае класса траекторий преследования, удовлетворяющих уравнению (4).

Произвольные коэффициенты уравнения связаны с управляющими сигналами и подлежат определению. Если в обратных задачах их определяют по заданным интегралам движения, то в задачах преследования они определяются совместно с законами движения.

В формуле (4) полное ускорение $w(t) = \begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{bmatrix}$ можно разложить на тангенциальное $w_T(t) = \left(\frac{\dot{x}(t)\dot{x}(t) + \dot{y}(t)\dot{y}(t) + \dot{z}(t)\dot{z}(t)}{\dot{x}(t)^2 + \dot{y}(t)^2 + \dot{z}(t)^2} \right) \cdot \begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{bmatrix}$ и центростремительное

$$w_c(t) = \begin{bmatrix} \ddot{x}(t) \\ \ddot{y}(t) \\ \ddot{z}(t) \end{bmatrix} - \left(\frac{\dot{x}(t)\dot{x}(t) + \dot{y}(t)\dot{y}(t) + \dot{z}(t)\dot{z}(t)}{\dot{x}(t)^2 + \dot{y}(t)^2 + \dot{z}(t)^2} \right) \cdot \begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{bmatrix}$$

Тогда коэффициенты $a(t)$, $c(t)$ в формуле

$$\dot{w}(t) = a(t) \cdot w_c(t) + c(t) \cdot w_T(t) \quad (5)$$

становятся ортогональными координатами вектора ускорения ускорения, а физически - командами управления: $c(t)$ - газ или тормоз, $a(t)$ - рули поворота. Они находятся как

$$a(t) = \frac{(w(t) \cdot w_c(t))}{|w_c(t)|^2}, \quad c(t) = \frac{(w(t) \cdot w_T(t))}{|w_T(t)|^2} \quad (6)$$

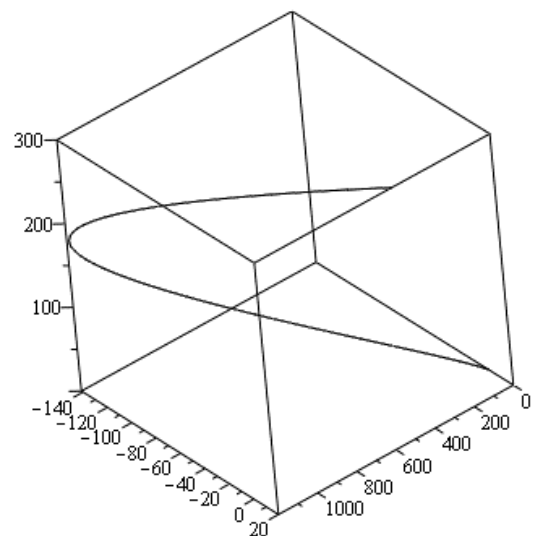
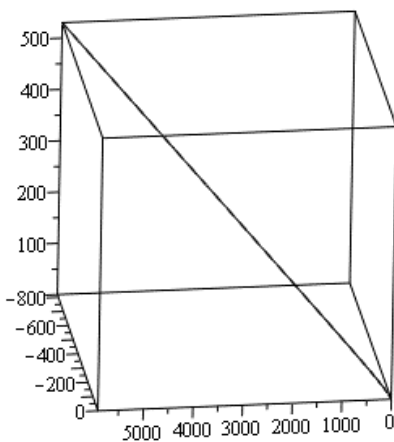


Рис.1. а Траектория преследования как линия минимальной кривизны, б - кубическая зависимость



Траектории преследования, удовлетворяющие условию минимальной кривизны, могут значительно отличаться от кусочно-квадратичных или кубичных по времени законов движения. Что может оказаться решающим фактором в решении задач преследования, если ее упрощать до кусочно-квадратичных или кубичных зависимостей. Сказанное иллюстрирует, например, рисунок 1.

Литература

1. Захаров А.В., Богданов М.Р., Мухаметьянов А.Р. Аналитический метод решения задачи позиционирования. УДК 004.043 Информационные технологии № 8, 2012г.С. 63-65.

А.В. Иващенко, Д.Г. Пейсахович

УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЕЙ В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПОСРЕДНИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТНОГО ОПЕРАТОРА

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

Современное развитие информационно-коммуникационных технологий позволяет существенно повысить качество планирования и контроля исполнения заказов на перевозку грузов наземным транспортом. Оснащение водителей грузовых транспортных средств устройствами спутниковой навигации и терминалами с выходом в Интернет обеспечивает техническую возможность информационного взаимодействия с диспетчерами в режиме реального времени, что определяет новые требования к интеллектуальным системам планирования транспортных ресурсов.

В настоящее время в транспортной логистике становится популярной концепция посреднического транспортного оператора (Fifth Party Logistics, 5PL), суть которой состоит в организации логистического аутсорсинга за счет использования глобального информационного пространства [1]. Деятельность 5PL посреднического оператора основана на использовании комплекса современных информационно-коммуникационных технологий, которые позволяют вести базу данных грузоотправителей, грузополучателей и транспортных компаний, осуществлять планирование перевозок, диспетчеризацию и мониторинг исполнения заказов. Таким образом, 5PL оператор управляет в основном потоками информации о заказах, ресурсах, планах и фактическом состоянии транспортной сети.

В связи с этим, актуальной является задача разработки новых методов распределения сторонних транспортных ресурсов, основанных на информационном управлении виртуальным взаимодействием контрагентов в едином информационном пространстве.

Автоматизация оператора 5PL имеет ряд особенностей, обусловленных специфическими требованиями к возможностям программных сервисов. Одна