

УДК 658.513

Использование генетического алгоритма для коррекции навигационной системы БЛА

Кузнецов И.А., аспирант

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
кафедра «Информатика и системы управления»*

Каплинская А.Е., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
кафедра «Информатика и системы управления»*

*Научные руководители: Лукьянова Н.В., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Неусыпкин К.А., д.т.н., профессор

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru*

Эффективное решение задач управления беспилотными летательными аппаратами (БЛА) во многом определяется уровнем развития измерительной техники. Эксплуатационные характеристики БЛА в большой степени определяются совершенством бортового оборудования, в частности, качеством информационно-измерительных сигналов, используемых для управления. Источником информационно-измерительных сигналов о местоположении, ориентации, скорости и других параметрах движения является навигационный приборный комплекс.

В современных измерительных комплексах БЛА наиболее перспективным методом повышения точности информации о его навигационных параметрах и параметрах ориентации является алгоритмический метод коррекции. Используемое информационное обеспечение измерительного комплекса БЛА обычно включает алгоритмы управления и оценивания. Коррекция осуществляется в выходном сигнале отдельных измерительных систем.

В процессе функционирования БЛА для определения оптимального сценария полета, коррекции навигационных систем в автономном режиме работы обычно в состав алгоритмического обеспечения включают алгоритмы прогноза. Для осуществления подобного прогноза иногда используется априорная математическая модель.

В практических приложениях априорная модель позволяет получить низкую точность прогноза, а часто вообще неадекватна исследуемому процессу.

В связи с вышеизложенным, задача исследования формулируется следующим образом. Необходимо разработать элемент алгоритмического обеспечения высокоточных современных систем управления БЛА и навигационных систем. Под элементом алгоритмического обеспечения понимаются алгоритм построения прогнозирующей модели.

Путем решения поставленных задач в значительной степени может быть достигнута цель настоящей работы – повышение точности функционирования БЛА и навигационных систем БЛА алгоритмическим путем.

ИНС имеет погрешности, обусловленные возмущающими факторами различной природы.

Анализ точностных характеристик навигационных систем показал, что наиболее точными являются спутниковые системы, инерциальные навигационные системы и астрокорректоры. Однако встречаются ситуации, когда погрешности этих систем достигают неприемлемых величин. Поэтому в практических приложениях навигационные системы комплексированы с другими датчиками навигационной информации.

При функционировании ИНС в режиме коррекции от внешних измерительных систем обычно используется компенсация ее погрешностей с помощью алгоритмов оценивания. В автономном режиме работы ИНС применяется прогнозирование и последующая компенсация погрешностей в выходном сигнале системы (если автономному режиму работы ИНС предшествовал режим коррекции от внешних измерителей)

В практических приложениях прогнозирование состояния маневрирующего объекта с использованием априорных математических моделей не представляется возможным, поэтому необходимо строить модели в процессе функционирования объекта.

В процессе эксплуатации часто встречаются случаи, когда сигнал от одной из навигационных систем отсутствует на коротких интервалах времени. В этом случае необходимо использовать в качестве алгоритмического обеспечения алгоритмы прогноза. Для осуществления подобного прогноза обычно используется априорная математическая модель вида [1]:

$$\tilde{x}_k = \Phi \tilde{x}_{k-1}, \quad (1)$$

где – прогнозные значения вектора состояния, который, как правило, включает погрешности базовой навигационной системы, подлежащей коррекции.

Φ – матрица прогнозирующей модели (матрица модели ошибок корректируемой системы).

k – шаг вычислений.

При функционировании динамического объекта в стохастических условиях объем априорной информации о нем, как правило, минимален. Поэтому целесообразно использовать для экстраполяции генетический алгоритм.

Генетический подход характеризуется минимальным объемом априорной информации, а также возможностью построения моделей без учета ряда существенных факторов.

Применение генетического алгоритма позволяет получить более высокую точность, но приводит к увеличению вычислительных затрат.

Генетические алгоритмы оперируют с популяцией оценок потенциальных решений (индивидуумов), используя принцип «выживает наиболее приспособленный». На каждом шаге алгоритма образуется новое множество приближений, создаваемое посредством процесса отбора индивидуумов согласно их уровню пригодности. Структурная схема классического генетического алгоритма представлена на рис. 1:



Рис. 1. Структурная схема классического генетического алгоритма

Начальная популяция генерируется случайным образом.

Селекция 1 – это отбор-дублирование, т.е. из настоящей популяции выбираются высокопородные особи, которые имеют возможности участвовать в размножении для создания особей дочернего поколения. Каждый отбор является процессом дублирования, т.е. наилучшие особи получают наибольшие вероятности размножения, а низкокачественные особи забракуются. Дублированные особи передаются в множество особей псевдородительского поколения, из которого выбираются особи родительского поколения с вероятностью скрещивания.

Для дублирования особей часто применяется вероятностный метод отбора, который называется методом «рулетки» [3], т.е. вероятность отбора особи пропорциональна величине функции приспособленности (чем лучше особь, тем больше величина функции приспособленности).

На выходе этапа селекции 1 получается множество особей псевдородительского поколения.

Размножение 1 – скрещивание.

На первом этапе размножения находится скрещивание, которое проводится следующим образом: особи множества родительского поколения спариваются в жестком виде, а новые особи формируются с помощью арифметического скрещивания по формуле [2]:

$$\begin{cases} X_A^{t+1} = \alpha X_B^t + (1-\alpha)X_A^t \\ X_B^{t+1} = \alpha X_A^t + (1-\alpha)X_B^t \end{cases}, \quad (2)$$

где, (X_A^t, X_B^t) – скрещивающая пара родительского поколения, (X_A^{t+1}, X_B^{t+1}) – формирующиеся особи дочернего поколения, α – коэффициент скрещивания в пределе от 0 до 1, который может быть постоянной для равномерного скрещивания, либо генерируется случайным образом для неравномерного скрещивания;

Размножение 2 – мутация.

На втором этапе размножения мутация проводится по генам особей дочернего поколения, выбранным с вероятностью мутации 0.01.

После операции мутации на выходе этапа размножения 2 получается множество особей дочернего поколения.

Селекция 2 – это формирование новой популяции, которая передаётся в следующее поколение эволюции.

Комбинируются множество особей псевдородительского поколения и множество особей дочернего поколения, полученное после размножения (скрещивание и мутации) и получается общее множество.

Сортируются все особи общего множества по величинам функции приспособленности в восходящей последовательности и выбираются начальные N особей из всех особей. Выбранные особи числом N формируют новую популяцию, которая передаётся в следующее поколение эволюции.

Исследование генетического алгоритма

Эффективность генетического алгоритма определена с помощью математического моделирования с известной тестовой моделью погрешностей ИНС [1].

При моделировании в генетическом алгоритме в качестве измерений использовались погрешности ИНС в определении скорости.

Модели изменения угла отклонения гиросплатформы и дрейф ИНС строятся с помощью генетического алгоритма в котором в качестве измерений применяются приведенные измерения, полученные с использованием априорной тестовой модели погрешностей ИНС [2, 4].

На графике продемонстрированы тестовая модель дрейфа ИНС и модель дрейфа, построенная с помощью генетического алгоритма. Точность построения модели генетическим алгоритмом составляет в среднем 80% от номинала.

Высокая точность генетического алгоритма (с учетом использования приведенных измерений, сформированных на основе достаточно грубой априорной модели) позволяет рекомендовать его для использования в схемах коррекции навигационной информации ИНС и других практических приложениях.

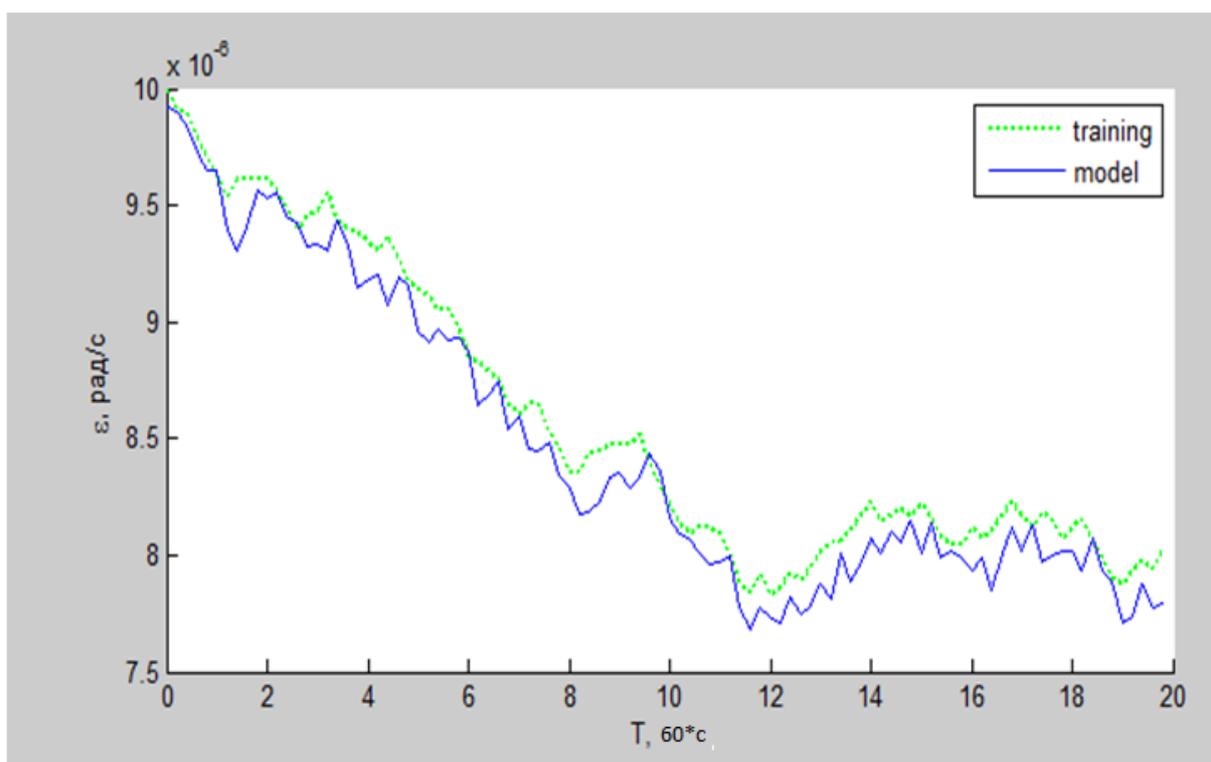


Рис. 2. Дрейф гиросплатформы

Список литературы

1. Неусьпин К.А. Современные системы и методы наведения, навигации и управления летательными аппаратами. М.: МГОУ, 2009. 500 с.
2. Салычев О.С. Скалярное оценивание многомерных динамических систем. М.: Машиностроение, 1987. 215 с.

3. Сергеев С.А., Махотило К.В. Генетические алгоритмы в синтезе прямолинейных нейронных сетей // Новые информационные технологии в науке, образовании и бизнесе: труды тринадцатой международной конференции. Ялта, 1996. С. 338-342.
4. Пролетарский А.В., Неусыпин К.А., Власов С.В. Исследование навигационных систем летательных аппаратов: учеб. пособие. М.: ИИУ МГОУ, 2013. 178 с.