

УДК 681.513

Разработка гибридного алгоритма построения моделей для коррекции навигационных систем

***Чан Нгок Хыонг**, аспирант*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматического управления»*

***Нгуен Динь Тхай**, аспирант*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматического управления»*

*Научный руководитель: Неусыпин К.А., д.т.н., профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматического управления»*

neysipin@mail.ru

Успешное решение задач управления ЛА во многом определяется уровнем развития измерительной техники, в частности, качеством информационно-измерительных сигналов различных навигационных систем, используемых для управления. Источником информационно-измерительных сигналов о местоположении, ориентации, скорости и других параметрах движения являются различные измерительные системы и навигационные комплексы (НК). Базовой системой НК является инерциальная навигационная система (ИНС), которая часто используется как автономная система.

Измерительные сигналы ИНС и НК имеют погрешности, обусловленные конструктивными особенностями, условиями их функционирования и особенностями режимов полёта ЛА. Повышение точности измерительной информации алгоритмическим путём представляет собой важную и актуальную задачу, так как позволяет быстро с минимальными затратами повысить точность навигационной информации серийных систем.

При функционировании ИНС на достаточно длительных интервалах времени погрешности могут достигать недопустимо больших величин. Поэтому необходимо корректировать ИНС посредством различных источников внешней навигационной информации, либо компенсировать погрешности с использованием внутренних связей системы или прогнозирующих моделей.

В НК при исчезновении сигналов от внешних измерителей навигационную информацию получают от ИНС. В этом случае коррекцию осуществляют с помощью прогнозирующих моделей погрешностей ИНС.

Предполагается, что автономному режиму работы ИНС предшествовал режим коррекции от внешних измерителей.

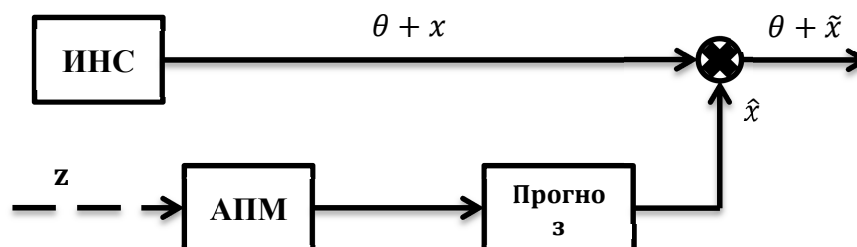


Рис.1. Схема коррекции с алгоритмом прогноза (z – проведенные измерения в режим коррекции от внешних измерителей; АПМ – алгоритм построения моделей)

Для построения прогнозирующих моделей можно использовать измерительную выборку, полученную в предшествующем корректируемом от внешнего измерителя режиме и алгоритм экстраполяции, который включает в себя метод группового учёта аргументов (МГУА), линейные тренды, нейронные сети, генетический алгоритм (ГА) и т.д.

В этой статье для построения прогнозирующих моделей предлагается гибридный метод, представляющий собой комбинацию ГА, МГУА и нейронной сети.

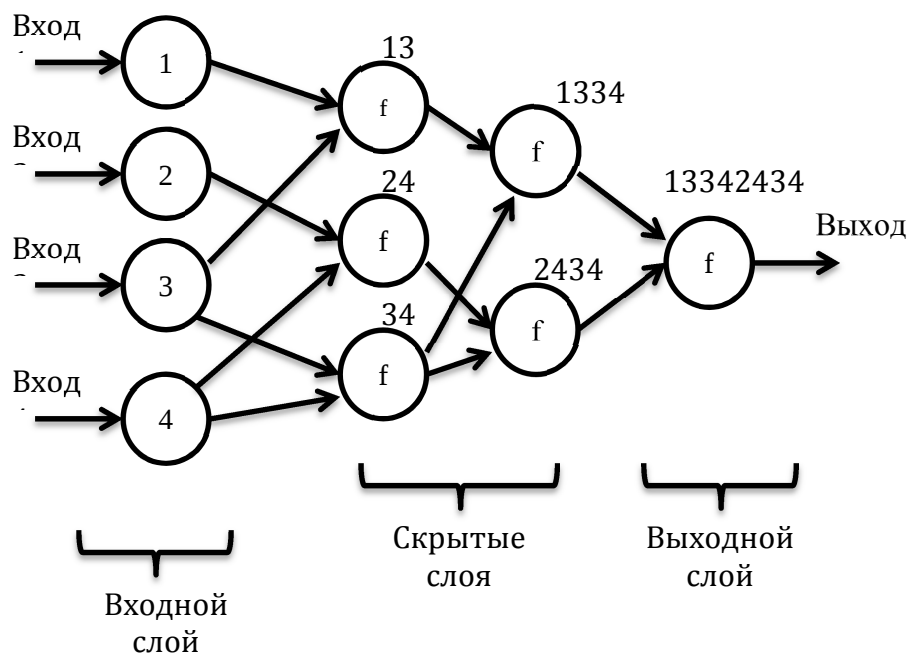


Рис.2. Структура нейронной сети

Предполагаем, что у каждого нейрона 2 входа и 1 выход, выходное значение определяется функцией:

$$\hat{y} = f(x_1, x_2) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1x_2 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2,$$

где x_1, x_2 – 2 входных значения; $\hat{y}$ – выходное значение.

Пусть имеется выборка наблюдения:

$$\{x_{1,1}; x_{2,1}; y_1\}, \{x_{1,2}; x_{2,2}; y_2\}, \dots, \{x_{1,m}; x_{2,m}; y_m\}$$

Для нахождения значения коэффициентов обычно используется метод наименьших квадратов:

$$a = (A^T A)^{-1} A^T Y$$

$$\text{где } A = \begin{bmatrix} 1 & x_{1,1} & x_{2,1} & x_{1,1} * x_{2,1} & x_{1,1}^2 & x_{2,1}^2 \\ 1 & x_{1,2} & x_{2,2} & x_{1,2} * x_{2,2} & x_{1,2}^2 & x_{2,2}^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{1,m} & x_{2,m} & x_{1,m} * x_{2,m} & x_{1,m}^2 & x_{2,m}^2 \end{bmatrix}; \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix};$$

ГА используется для нахождения архитектуры сети и хромосомы представляют собой строки, состоящие из цифр, где цифры показывают входы для каждого нейрона. На рис.2 показана хромосома: 1334 2434. Длина хромосом зависит от количество скрытых слоев и определяется формулой:

$$l = 2^{n+1},$$

где n – количество скрытых слоев.

Генетические операторы для определения структуры нейронных сетей

В ГА применяются два основных генетических оператора: оператор скрещивания и оператор мутации. Однако следует отметить, что оператор скрещивания играет первостепенную роль по сравнению с оператором мутации. Это означает, что оператор скрещивания производится практически всегда, тогда как оператор мутации – достаточно редко.

1) Оператор скрещивания.

Оператор скрещивания позволяет создать две совершенно новые хромосомы потомков путём комбинирования генетического материала пары родителей. На первом этапе скрещивания выбираются пары хромосом из родительской популяции. На следующем этапе хромосомы из родительской популяции объединяются в пары. Это производится случайным способом в соответствии с вероятностью скрещивания «рс».

Точка скрещивания определяется случайным способом, но очевидно, что точка скрещивания представляет собой натуральное число, меньше значения длины хромосомы.

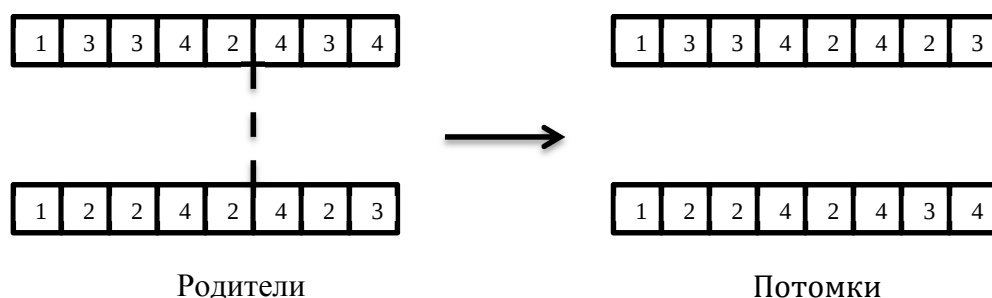


Рис. 3. Оператор скрещивания

Рассмотрим пример оператора скрещивания для двух хромосом: 1334 2434 и 1224 2423. После совершения процедуры скрещивания получаются две новые хромосомы: 1334 2423 и 1224 2434, соответствующие новым структурам нейронной сети.

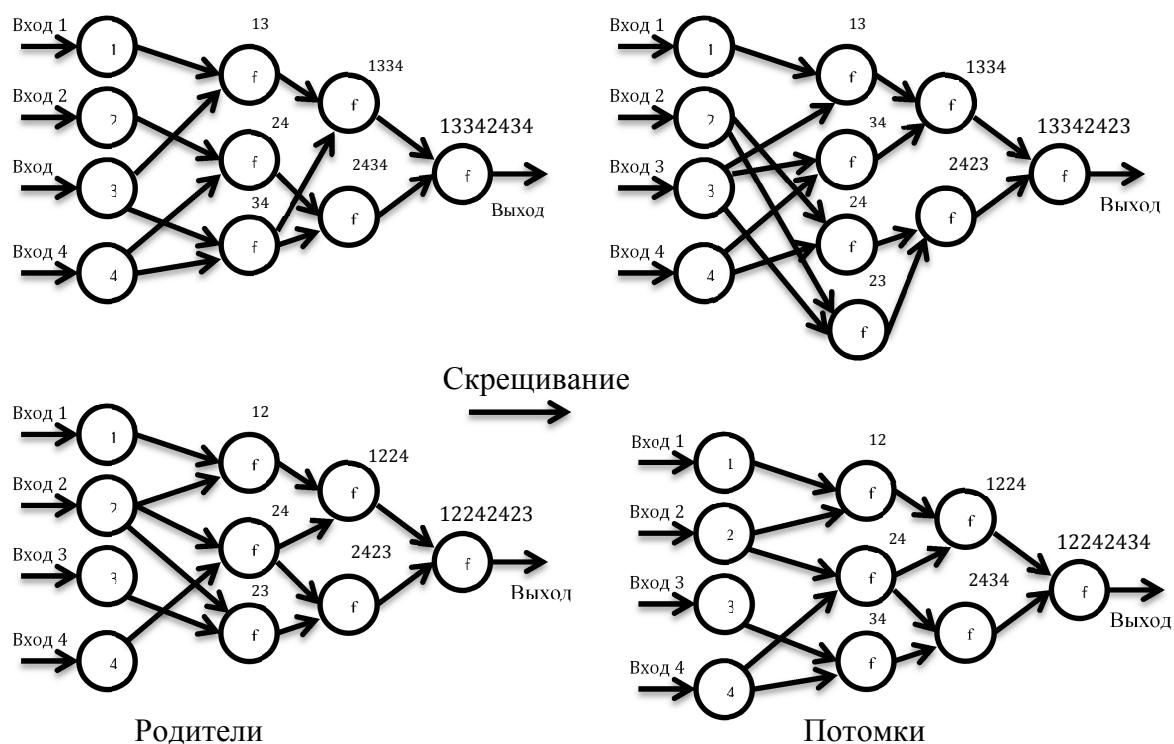


Рис. 4. Пример оператора скрещивания

2) Оператор мутации

Оператор мутации с вероятностью « pm » изменяет значение гена в хромосоме на целое число, находящееся в интервале $[1, n]$, где n – количество входов.

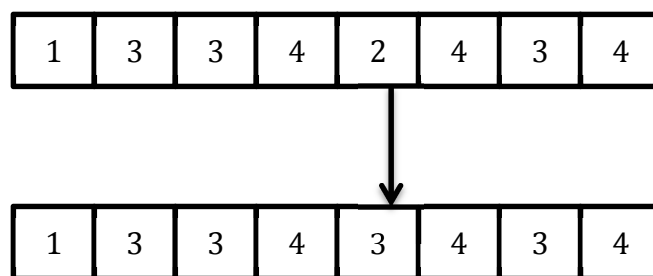


Рис. 5. Оператор мутации

Результаты математического моделирования продемонстрировать достаточно высокую точность разработанного алгоритма. На рис. 6 представлены фактические значения (1) и прогнозные значения ошибки по скорости (2).

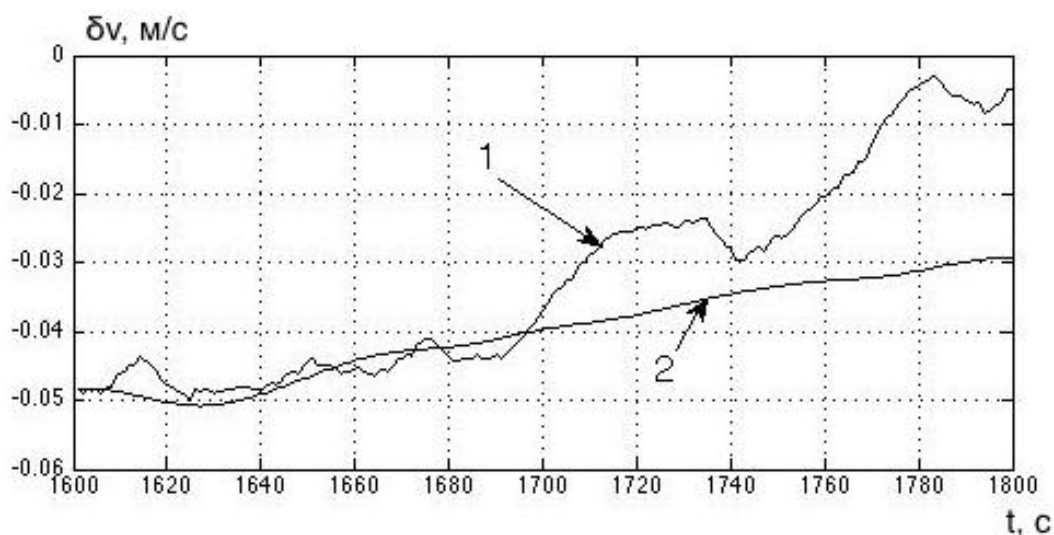


Рис. 6. Результат прогноза

Выводы

Разработан гибридный алгоритм построения модели исследуемого процесса, представляющий собой симбиоз нейросети, ГА и МГУА.

В нейросети для ускорения работы использован МГУА для определения коэффициентов нейросети на начальном этапе. ГА применяется для определения наилучшей структуры нейросети.

Результаты моделирования подтвердили работоспособность разработанного алгоритма, который может быть использовать не только для коррекции ИНС, но и в других практических приложениях.

Список литературы

1. Неусыпин К.А. Современные системы и методы наведения, навигации и управления летательными аппаратами. М.: МГОУ, 2009. 500 с.
2. Пролетарский А.В., Никифоров В.М., Неусыпин К.А. Исследование и разработка систем управления и навигационных комплексов летательных аппаратов. М.: ИИУ МГОУ 2014. 232 с.
3. Пролетарский А.В., Неусыпин К.А., Власов С.В. Исследование навигационных систем летательных аппаратов: учеб. пособие. М.: ИИУ МГОУ, 2013. 178 с.
4. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетический алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия – Телеком, 2006. 452 с.