

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

# ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Материалы Всероссийской конференции  
с международным участием  
«Теория управления и математическое моделирование»,  
посвященной памяти  
профессора Н. В. Азбелева и профессора Е. Л. Тонкова

Издание второе, дополненное

Ижевск, Россия  
15–19 июня 2020 г.



Ижевск  
2020

## Задача оценки траектории самолета, улучшение точности при помощи генетического алгоритма

**Д. А. Бедин, А. Г. Иванов**

*Екатеринбург, ИММ УрО РАН*

e-mail: bedin@imm.uran.ru, iagsoft@imm.uran.ru

**С. А. Ганебный**

*Санкт-Петербург, Фирма «НИТА»*

e-mail: gsa@nita.ru

В системах управления воздушным движением информация о положении воздушного судна (ВС) может поступать от одного или нескольких радиолокаторов (РЛС). В замерах, поступающих от РЛС, содержатся как ошибки, распределённые по нормальному закону, так и отдельные «выбросы». Возникает задача восстановления траектории самолёта с целью улучшить точность по сравнению с замерами РЛС и устранить влияние выбросов. При этом могут использоваться общие представления о динамике и особенностях маневрирования гражданских ВС.

Существуют разные варианты решения такой задачи: в частности в ИММ УрО РАН разработан многогипотезный алгоритм восстановления, ориентирующийся на замеры с выбросами [1]. При этом стандартным алгоритмом для решения таких задач является фильтр Interacting multiple model (IMM) [2], построенный на взаимодействии нескольких фильтров Калмана.

Работа алгоритмов восстановления зависит от большого числа параметров. Поэтому возникает задача подбора их оптимальных значений. Некоторые параметры многогипотезного алгоритма — целые числа, например, ограничения на количество траекторий (гипотез) в поддерживаемом пучке на разных этапах работы алгоритма. Аналитически описать влияние этих параметров на точность работы алгоритма (не говоря уже о вычислении производных) достаточно сложно. Поэтому возникла необходимость в подходящем алгоритме прямой оптимизации, не использующем производные. В такой ситуации возможно использование алгоритма, базирующегося на генетическом подходе.

Авторами сконструирован генетический алгоритм, содержащий элементы многокритериальности. Кроме традиционных кроссинговера и мутаций, алгоритм включает процедуру «направленного размножения», для

которой формирование генотипа потомка по генотипам родителей происходит в предположении о близости функции фитнеса к линейной в окрестности родителей. Многокритериальность реализована при помощи механизма «бессмертных особей»: особи, имеющие наилучшее значение по частному критерию, исключаются из механизма естественного отбора.

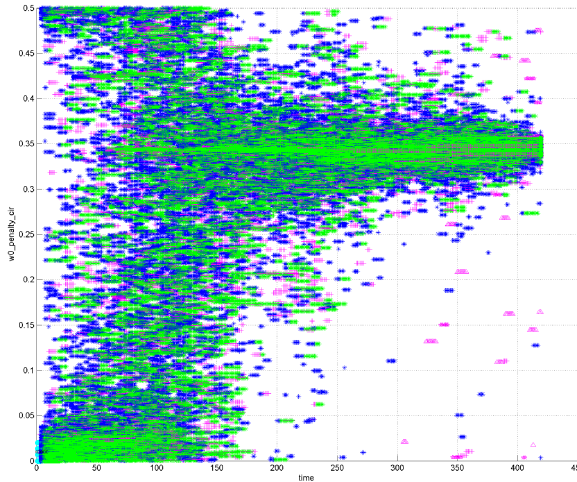


Рис. 1: Концентрация параметра  $w0\_penalty\_cir$  вблизи локального минимума с течением поколений генетического алгоритма

Генетическая процедура позволила подобрать параметры, улучшающие работу алгоритмов восстановления: было уменьшено среднее квадратическое отклонение восстановленной траектории от истинной.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 18-01-00410).

1. *Иванов А.Г., Федотов А.А.* Алгоритм многогипотезного восстановления траектории воздушного судна // Материалы XXX конференции памяти выдающегося конструктора гироскопических приборов Н.Н. Острякова. СПб. АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2016. С. 247–253.
2. *Bar-Shalom Y., Li X.R., Kirubarajan T.* Estimation with Applications to Tracking and Navigation: Theory Algorithms and Software. New York: John Wiley & Sons, 2004.