

**МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ ЖЕЛАЕМОГО ВИДА ТРАЕКТОРИИ И МНОГОПРОГРАММНОГО ПОЗИЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ****Е.М. Воронов**

emvoronov@mail.ru

**И.А. Спокойный**

spokoiniy@gmail.com

**МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация****Аннотация**

На примере задачи пространственного наведения ракеты рассмотрена перспективная технология многокритериальной оптимизации на основе многопрограммного позиционного управления для формирования траекторий, обеспечивающих эффективное попадание в цель. Для существенного уменьшения размерности пространства поиска неизвестных параметров вместо параметризации самого управления осуществлен переход в пространство поиска параметров некоего желаемого вида опорных траекторий. На основе «тяготения» к опорным траекториям сформирован набор решений (зависимости вектора состояния, управления от времени, значения критериев оптимизации), из которых выбрано наиболее предпочтительное

**Ключевые слова**

*Многокритериальная оптимизация, позиционное управление, многопрограммное управление, пространственное наведение, нелинейный синтез*

Поступила в редакцию 26.10.2017  
© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

Получение многокритериально-оптимальных программных управлений и траекторий (МОПУТ) для нелинейных объектов, например таких, как система наведения ракеты, является сложной и непростой задачей [1, 2]. В целом подходы к решению многокритериальных задач оптимизации можно разделить на два основных направления. Первое связано с получением тем или иным способом области значений показателей, на которой любым из известных методов многокритериальной оптимизации осуществляется поиск наиболее подходящего решения. К таким подходам относятся *прямые интерактивные методы*, например методы конусов доминирования [3], а также NIMBUS, SIGMOP, STEM, MAUT, АНР, ELECTRE и др. [4, 5]; *методы скаляризации* — свертка показателей, лексикографическая оптимизация, «пороговая» оптимизация (метод главного критерия), метод уступок, целевое программирование; *методы компромиссов* — метод «идеальной» точки, компромиссы на основе точки Шепли, равновесно-арбитражная схема Нэша, метод паритета [3].

Второе направление связано с использованием численных технологий многокритериальной оптимизации, к которому в первую очередь можно отнести методы многомерной оптимизации при скаляризации вектора показателей [6], генетические алгоритмы при получении области Парето [7–12], метод малых возмущений [13] и др.

Использование отмеченных подходов предполагает, что искомое оптимальное управление  $u_k(t)$  представляется неким набором параметров  $P_k$ , на основе которых можно получить однозначное решение рассматриваемой задачи

$$u_k(t) \rightarrow \{P_k\} \rightarrow J_k,$$

где  $J_k$  — вектор критериев оптимизации. Простейшим способом такой параметризации является распределение неизвестных параметров по времени и поиск их значений с дальнейшей аппроксимацией. Для описания искомого управления при синтезе сложных нелинейных систем с неизвестным и довольно продолжительным временем окончания процесса может потребоваться большое число неизвестных параметров, что в значительной степени усложняет применение классических алгоритмов оптимизации.

Помимо относительной сложности алгоритмов, неопределенности в выборе числа параметров и дискретизации их по времени, от чего зависит возможность получения того или иного субоптимального решения, у этих подходов имеется еще ряд недостатков применительно к задаче получения полного набора МОПУТ, необходимого для синтеза оптимальных систем управления [1].

1. В связи с большим пространством поиска для нахождения оптимального решения требуется многократное интегрирование модели. Поэтому время получения даже одного оптимального решения может быть длительным. С учетом того, что для охвата всего диапазона начальных условий требуется довольно большое число МОПУТ, этот параметр оказывает ощутимое влияние на формирование и исследование закона оптимального наведения.

2. Сложность настройки алгоритмов для автономного (без участия оператора) получения решений на множестве начальных условий, так как требуется автоматический выбор множества неизвестных параметров, распределение их по времени и выбор начального приближения.

3. Нет гарантий того, что полученное в итоге решение является близким к оптимальному, а не просто субоптимальным в рамках выбранных условий поиска.

Для преодоления этих сложностей предложена новая альтернативная технология многокритериальной оптимизации на основе многопрограммного позиционного управления (МПУ) на примере получения МОПУТ для системы наведения ракеты [1].

Идея предлагаемого подхода оптимизации основана на поиске опорной траектории в форме некой желаемой кривой, предположительно оптимального вида, обеспечивающей наилучшие показатели по заданным критериям оптимизации. Для выбранной траектории решается обратная задача, т. е. определяются соответствующие данной траектории управляющие воздействия и остальные состояния системы как функции от времени. Далее с использованием найденного решения в качестве опорной траектории для тех же начальных условий получается решение на основе МПУ, которому соответствует вектор критериев оптимизации. Причем из-за ограничений на управляющие воздействия, которые не учитываются при получении желаемой траектории, эта опорная траектория может быть нефизиче-

ской, т. е. несоответствующей в полной мере реальным возможностям объекта управления. В процессе же применения МПУ используется полная модель, учитывающая ограничения, и поэтому полученные решения будут уже соответствовать действительности. Таким образом, пространством поиска являются параметры этой кривой, и для заданных наборов значений параметров получают решения с использованием МПУ, из которых затем на основе заданного вектора критериев и известных подходов многокритериальной оптимизации выбирается наилучшее. Схема алгоритма описанной оптимизации приведена на рис. 1.

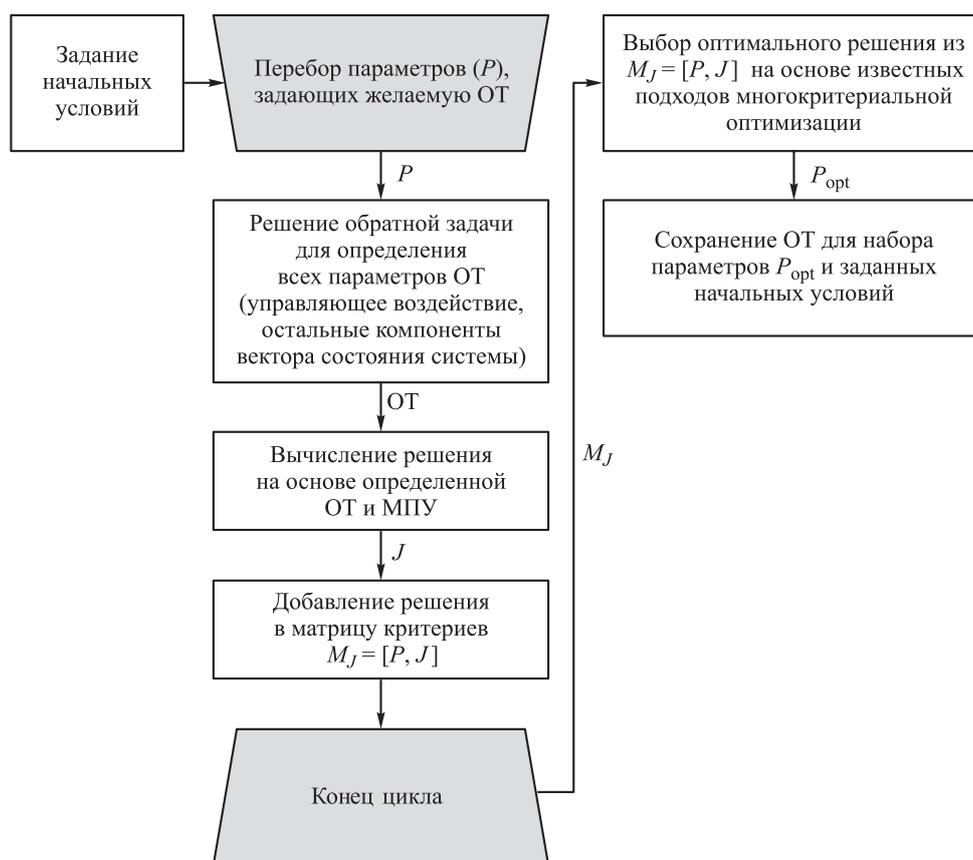


Рис. 1. Схема алгоритма оптимизации на основе желаемого вида траектории и МПУ (ОТ — опорная траектория)

Для задачи, решаемой в статье [1], видом желаемой траектории для продольного канала была выбрана парабола

$$H(X) = aX^2 + bX + c.$$

Поскольку начальные условия положения заданы  $(X_0, H_0)$ , а конечные координаты нулевые  $(0, 0)$ , то параметрами поиска удобно выбрать координаты еще одной точки, принадлежащей параболе  $(X_p, H_p)$ , которые будут определять значения параметров  $a, b, c$  следующим образом:

$$a = \frac{X_p H_0 - X_0 H_p}{X_p X_0^2 - X_0 X_p^2}; \quad b = \frac{H_p X_0^2 - H_0 X_p^2}{X_p X_0^2 - X_0 X_p^2}; \quad c = 0.$$

Опорные траектории для продольного канала с начальным условием пуска по дальности 15 000 м, высоте 3000 м и скорости пуска 100 м/с приведены в качестве примера на рис. 2.

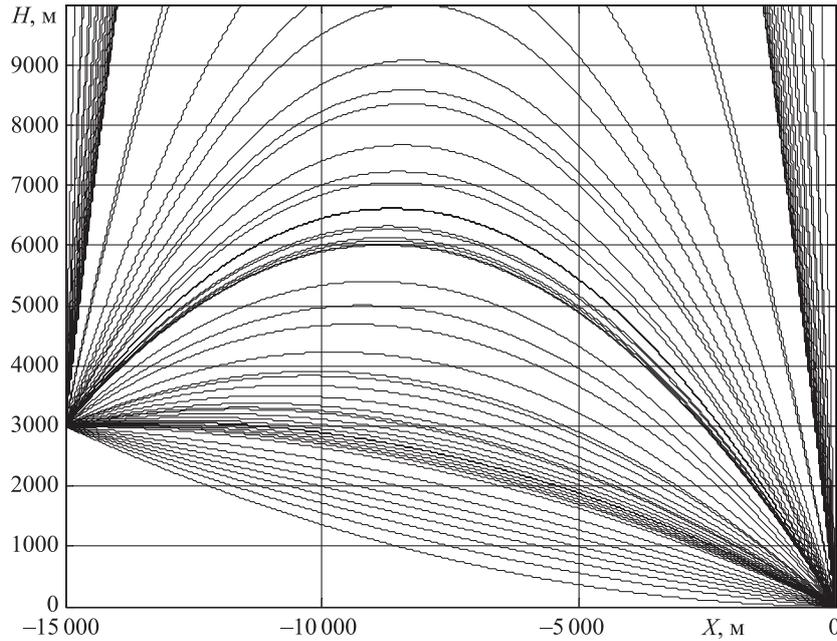


Рис. 2. Опорные траектории для продольного канала

На их основе получены решения с использованием МПУ (рис. 3) и матрица сравнения критериев  $M_j$  (табл. 1).

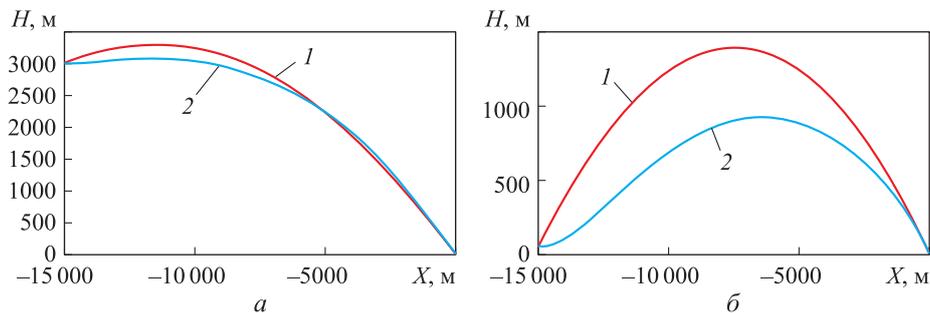


Рис. 3. Опорные траектории (1, красные) для  $P_{opt} = [1500, -3000]$  (а) и  $P_{opt} = [500, -1500]$  (б) и траектории, полученные на основе МПУ (2, синие), для начальной высоты пуска 3000 (а) и 50 м (б), дальности 15 000 м и скорости пуска 100 м/с

**Матрица сравнения критериев  $M_j$  для начальной высоты пуска 3 000 м, дальности 15 000 м и скорости пуска 100 м/с**

$H_p$	$X_p$	$V_T, \text{ м/с}$	$\Delta X_T, \text{ м}$	$T_f, \text{ с}$	$J$
6000	-4500	217,43	8,69E-02	57,23	3,293
6000	-6000	263,59	5,12E-05	54,06	0,720
6000	-7500	218,29	3,73E-02	52,56	0,942
6000	-11 250	263,59	5,12E-05	54,06	0,720
3000	-2250	263,59	5,12E-05	54,06	0,720
3000	-4500	247,94	1,00E-03	51,09	-0,303
3000	-5250	239,66	2,78E-03	50,17	-0,569
3000	-6000	238,05	2,31E-03	50,06	-0,601
3000	-6750	237,18	2,24E-04	50,00	-0,635
3000	-7500	233,92	2,06E-05	49,93	-0,630
3000	-8250	230,82	8,80E-06	49,87	-0,622
3000	-9000	228,83	2,54E-04	49,86	-0,602
3000	-9750	226,86	3,28E-06	49,80	-0,608
3000	-10 500	224,36	6,14E-04	49,86	-0,551
3000	-11 250	222,22	4,69E-04	49,87	-0,525
3000	-12 000	220,47	1,07E-03	49,95	-0,469
3000	-12 750	218,90	9,45E-04	49,95	-0,453
3000	-13 500	217,44	4,98E-04	49,99	-0,426
3000	-14250	216,06	3,91E-04	50,12	-0,359
1500	-2250	238,17	2,49E-03	50,08	-0,592
<b>1500</b>	<b>-3000</b>	<b>231,96</b>	<b>9,00E-05</b>	<b>49,84</b>	<b>-0,645</b>
1500	-3750	222,22	4,69E-04	49,87	-0,525
1500	-4500	213,61	2,92E-04	50,14	-0,326
1500	-5250	205,93	4,20E-04	50,52	-0,089
1500	-6000	199,02	6,46E-05	51,00	0,175
1500	-6750	192,52	4,65E-05	51,42	0,414
1500	-7500	186,47	2,74E-04	51,80	0,634
1500	-8250	180,86	7,16E-04	52,05	0,799
1500	-9000	175,80	1,65E-04	52,35	0,969
1500	-9750	169,99	9,42E-05	52,52	1,099
1500	-10 500	174,38	3,85E-06	52,73	1,136

Для выбора оптимального решения можно воспользоваться одним из методов многокритериальной оптимизации, например методом свертки показателей:

$$J = \sum_i \lambda_i J_i^n,$$

где  $\lambda_i$  — весовой коэффициент  $i$ -го показателя;  $J_i^n$  — нормированное значение показателя, определяемое по формуле

$$J_i^n = \frac{J_i - J_i^{\min}}{J_i^{\max} - J_i^{\min}}, \quad (1)$$

$J_i^{\min}, J_i^{\max}$  — минимальное и максимальное значения  $i$ -го показателя, определяемые из матрицы сравнения критериев (см. табл. 1).

Для решаемой задачи  $\lambda_i$  и  $J_i$  были выбраны следующими:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 1, J_1 = -V_T; \\ \lambda_2 &= 3, J_2 = T_f; \\ \lambda_3 &= 10, J_3 = \Delta X_T. \end{aligned}$$

Таким образом, наиболее важным является попадание в цель, затем — минимизация времени полета и следующий по приоритету критерий  $J_1$  — минимизация скорости подлета.

Причем поскольку все значения промаха могут быть малыми величинами (см. табл. 1), практически нулевыми, то при их нормировании по формуле (1) получаются значения, сильно влияющие на суммарный вектор показателей  $J$ , поэтому в знаменатель при нормировании промаха добавляется, например, слагаемое от 1 до 5.

Остается найти минимум значения вектора показателя  $J$  и соответствующие ему значения оптимальных параметров опорной траектории:

$$P_{\text{opt}} = f \{ \min(J) \}. \quad (2)$$

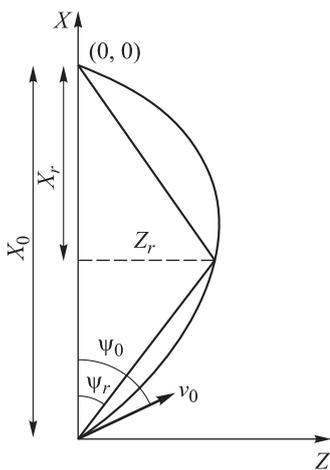
В результате описанного подхода для матрицы сравнения критериев  $M_J$  (см. табл. 1) по формуле (2) получается  $P_{\text{opt}} = [1500, -3000]$ . Опорная траектория и траектория на основе МПУ для  $P_{\text{opt}}$  показаны на рис. 3, а.

Выполняя аналогичный расчет для тех же условий, за исключением начальной высоты пуска ( $H_0 = 50$  м), получаем опорную траекторию и траекторию на основе МПУ (рис. 3, б).

В случае формирования управления в боковом канале опорные траектории предлагается искать также в форме параболы либо в форме треугольника, вершина которого определяется как точка разворота на цель (рис. 4).

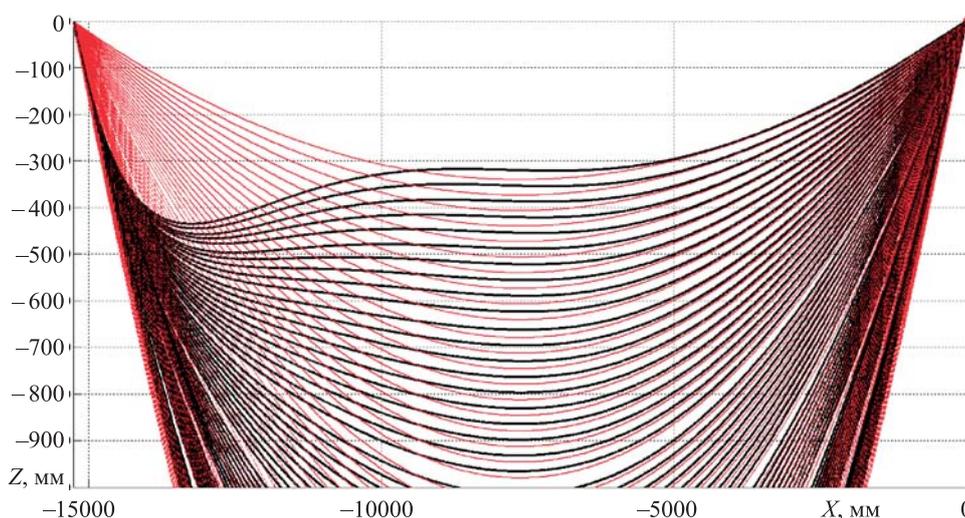
Параметрами поиска в данном случае удобно выбрать углы  $\varepsilon_r$  и  $\psi_r$ , которые однозначно определяют вершину треугольника (третью точку параболы). Тогда координаты вершины  $Z_r$  и  $X_r$  через углы  $\varepsilon_r, \psi_r$  и дальность до цели  $X_0$  выражаются как

$$Z_r = X_0 \left( \frac{\text{tg } \varepsilon_r \text{ tg } \psi_r}{\text{tg } \varepsilon_r + \text{tg } \psi_r} \right); \quad X_r = \frac{Z_r}{\text{tg } \varepsilon_r}.$$



**Рис. 4.** Определение углов для поиска опорных траекторий в боковом канале

Проведем оптимизацию для начального условия  $v_0 = 100$  м/с,  $H_0 = 3000$  м,  $D = 15\,265$  м,  $\psi_0 = 30^\circ$ . Опорные траектории и решения на основе МПУ приведены на рис. 5, сформированная матрица сравнения критериев — в табл. 2, полученное оптимальное решение — на рис. 6.

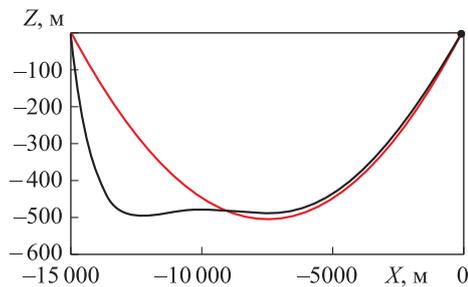


**Рис. 5.** Опорные траектории (красные) и траектории, полученные на основе МПУ (черные) (начальная высота пуска 3000 м, дальность 15 265 м, скорость пуска 100 м/с и угол пути  $30^\circ$ , вид сверху)

Таблица 2

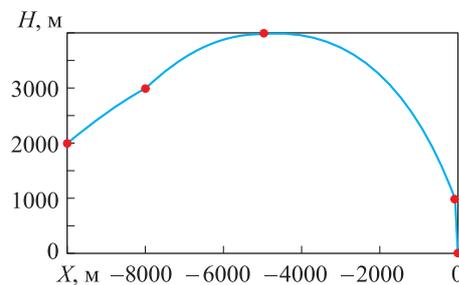
**Матрица сравнения критериев  $M$ , для начальной высоты пуска 3000 м, дальности 15 265 м, скорости пуска 100 м/с и угла пути  $30^\circ$**

$\psi_r$	$\varepsilon_r$	$V_r$ , м/с	$\Delta X_r$ , м	$T_r$ , с	$J$
30,0	0,1	152,90	6,45	67,34	9,366
30,0	0,6	152,47	6,62	67,52	9,675
30,0	1,1	152,13	6,58	67,67	9,720
30,0	1,6	151,60	6,95	67,83	10,251
30,0	2,1	150,88	6,97	68,03	10,416
30,0	2,6	150,55	7,25	68,18	10,839
15,0	0,1	163,94	0,00	63,54	-0,586
15,0	0,6	163,90	0,00	63,59	-0,559
15,0	1,1	163,79	0,00	63,69	-0,502
15,0	1,6	163,85	0,00	63,69	-0,508
15,0	2,1	163,48	0,00	63,76	-0,451
15,0	2,6	163,26	0,00	63,80	-0,418
5,0	0,1	166,45	0,00	63,04	-0,976
<b>5,0</b>	<b>0,6</b>	<b>166,36</b>	<b>0,00</b>	<b>62,99</b>	<b>-0,995</b>
5,0	1,1	166,14	0,00	63,09	-0,936
5,0	1,6	166,19	0,00	63,01	-0,979



**Рис. 6.** Опорная траектория (красная) для  $\psi_r = 5^\circ$ ,  $\varepsilon_r = 2,6^\circ$  и траектория, полученная на основе МПУ (черная) (начальная высота пуска 3000 м, дальность 15 265 м, скорость пуска 100 м/с и угол пути  $30^\circ$ , вид сверху)

В случае наиболее общего подхода или если к терминальным требованиям добавляется обеспечение заданного угла подхода к цели, опорную траекторию предлагается искать не в виде парабол (или треугольника), как было предложено для продольного и бокового каналов, а в виде произвольной кривой, получаемой в результате интерполяции набора ключевых точек, например, полиномом 2-го порядка (рис. 7). Начало кривой определяется начальными условиями по высоте и дальности, а конец — координатами цели. Положение точек по дальности фиксируется в абсолютных единицах или относительно начальной дальности до цели, а параметрами поиска служат значения высоты каждой точки.



**Рис. 7.** Пример опорной траектории при задании ее в виде набора точек

Описанный подход позволяет значительно уменьшить время поиска полного набора оптимальных решений, необходимого для синтеза системы управления на основе МПУ, по сравнению с другими методами оптимизации. В силу того, что синтезируемая траектория стремится к идеалистическим траекториям (полученным без ограничений на управление), в процессе перебора имеется возможность найти такую траекторию, энергетические характеристики которой позволяют получить решение, имеющие свойства, близкие к оптимальным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов Е.М., Савчук А.М., Спокойный И.А., Сычев С.И. Многокритериально-оптимальный нелинейный метод пространственного наведения // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2016. № 6. С. 126–139. DOI: 10.18698/0236-3933-2016-6-126-139
2. Ehrgott M. Multicriteria optimization. Springer, 2005. 323 p.
3. Воронов Е.М. Методы оптимизации управления многообъектными многокритериальными системами на основе стабильно-эффективных игровых решений. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 576 с.
4. Середенко Н.Н., Периков Ю.А., Дружаев А.А. Сравнительный анализ многокритериальных методов принятия решений // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2010. № 1. С. 83–86.

5. Шварц Д.Т. Интерактивные методы решения задачи многокритериальной оптимизации. Обзор // Наука и образование: научное издание. 2013. № 4. С. 245–264.  
URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/547747.html>
6. Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах. М.: Лань, 2015. 512 с.
7. Денисова Л.А. Многокритериальная оптимизация на основе генетических алгоритмов при синтезе систем управления. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. 170 с.
8. Паротыкин Н.Ю. О применении дифференцированного генетического алгоритма для решения задач многокритериальной оптимизации // Решетнёвские чтения. 2013. Т. 2. № 17. С. 66–67.
9. Сонов Е.А., Сонов С.А. Вероятностный генетический алгоритм решения сложных задач многокритериальной оптимизации с адаптивной мутацией и прогнозом множества Парето // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2011. № 6 (30). С. 273–282.
10. Серов В.А. Генетические алгоритмы оптимизации управления многокритериальными системами в условиях неопределенности на основе конфликтных равновесий // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2007. № 4. С. 70–80.
11. Eva Alfaro-Cid, Euan W. McGookin. Genetic programming for the automatic design of controllers for a surface ship // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2008. Vol. 9. No. 2. P. 311–321. DOI: 10.1109/TITS.2008.922932  
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4517335>
12. NithyaRani N., GirirajKumar M., Anantharaman N. Modeling and control of temperature process using genetic // IJAREEIE. 2013. Vol. 2. No. 11. P. 5355–5364.
13. Бушуев А.Ю. Применение метода возмущений и функций чувствительности в задаче оптимизации систем с распределенными параметрами // Инженерный журнал: наука и инновации. 2015. № 6 (42). С. 1–9. DOI: 10.18698/2308-6033-2015-6-1411  
URL: <http://engjournal.ru/catalog/mech/mdsb/1411.html>

**Воронов Евгений Михайлович** — д-р техн. наук, профессор кафедры «Системы автоматического управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

**Спокойный Иван Александрович** — аспирант кафедры «Системы автоматического управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

**Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:**

Воронов Е.М., Спокойный И.А. Многокритериальная оптимизация на основе желаемого вида траектории и многопрограммного позиционного управления // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2018. № 2. С. 87–97.  
DOI: 10.18698/0236-3933-2018-2-87-97

---

## MULTICRITERIA OPTIMIZATION BASED ON DESIRED TRAJECTORY FORM AND MULTIPROGRAM POINT-TO-POINT CONTROL

E.M. Voronov  
I.A. Spokoynyy

emvoronov@mail.ru  
spokoiniy@gmail.com

**Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation**

---

### Abstract

The article considers a promising technology of multicriteria optimization based on multiprogram point-to-point control for forming trajectories ensuring efficient target hit, using the problem of spatial missile guidance as an example. In order to significantly reduce the unknown parameter search space dimension, instead of parametrising the control itself we transition to a search space for parameters of a certain desired reference trajectory form. We form the solution set (state and control vectors as functions of time, plus optimisation criteria values) based on "gravitating" towards reference trajectories and select the most preferable solution

### Keywords

*Multicriteria optimization, point-to-point control, multiprogram control, spatial guidance, nonlinear synthesis*

Received 26.10.2017

© BMSTU, 2018

---

### REFERENCES

- [1] Voronov E.M., Savchuk A.M., Spokoynyy I.A., Sychev S.I. Multicriterion optimal spatial nonlinear guidance method. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Priborostr.* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Instrum. Eng.], 2016, no. 6, pp. 126–139 (in Russ.). DOI: 10.18698/0236-3933-2016-6-126-139
- [2] Ehrgott M. *Multicriteria optimization*. Springer, 2005. 323 p.
- [3] Voronov E.M. *Metody optimizatsii upravleniya mnogoob'ektnymi mnogokriterial'nymi sistemami na osnove stabil'no-effektivnykh igrovnykh resheniy* [Optimization methods for multiobject multicriteria systems control based on stable effective game solutions]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2001. 576 p.
- [4] Seredenko N.N., Perikov Yu.A., Druzhaev A.A. Comparative analysis of multicriteria decision making methods. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, 2010, no. 1, pp. 83–86 (in Russ.).
- [5] Shvarts D.T. Interactive methods for solving multiobjective optimization problem. Review. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie* [Science and Education: Scientific Publication], 2013, no. 4, pp. 245–264 (in Russ.). Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/547747.html>
- [6] Pantelev A.V., Letova T.A. *Metody optimizatsii v primerakh i zadachakh* [Optimization methods in exercises and problems]. Moscow, Lan' Publ., 2015. 512 p.
- [7] Denisova L.A. *Mnogokriterial'naya optimizatsiya na osnove geneticheskikh algoritmov pri sinteze sistem upravleniya* [Multicriteria optimization based on genetic algorithms in process of management system synthesis]. Omsk: Izd-vo OmGTU Publ., 2014. 170 p.
- [8] Parot'kin N.Yu. About application of differentiated genetic algorithm for solving multicriteria optimization problems. *Reshetnevskie chteniya* [Reshetnev Readings], 2013, vol. 2, no. 17, pp. 66–67 (in Russ.).

- [9] Sopov E.A., Sopov S.A. Probability-based genetic algorithm for solving complex multi-objective optimization tasks using adaptive mutation operator and Pareto set prediction. *Vestnik Samarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashinostroenie* [Vestnik of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering], 2011, no. 6 (30), pp. 273–282 (in Russ.).
- [10] Serov V.A. Genetic algorithms of optimizing control of multiobjective systems under condition of uncertainty based on conflict equilibrium. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Priborostr.* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Instrum. Eng.], 2007, no. 4, pp. 70–80 (in Russ.).
- [11] Eva Alfaro-Cid, Euan W. McGookin. Genetic programming for the automatic design of controllers for a surface ship. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2008, vol. 9, no. 2, pp. 311–321. DOI: 10.1109/TITS.2008.922932  
Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4517335>
- [12] NithyaRani N., GirirajKumar M., Anantharaman N. Modeling and control of temperature process using genetic. *IJAREEIE*, 2013, vol. 2, no. 11, pp. 5355–5364.
- [13] Bushuev A.Yu. Application of perturbation method and sensitivity functions to the problem of optimizing the systems with distributed parameters. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii* [Engineering Journal: Science and Innovation], 2015, no. 6 (42), pp. 1–9 (in Russ.). DOI: 10.18698/2308-6033-2015-6-1411  
Available at: <http://engjournal.ru/catalog/mech/mdsb/1411.html>

**Voronov E.M.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Automatic Control Systems, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, str. 1, Moscow, 105005 Russian Federation).

**Spokoynyy I.A.** — post-graduate student, Department of Automatic Control Systems, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, str. 1, Moscow, 105005 Russian Federation).

**Please cite this article in English as:**

Voronov E.M., Spokoynyy I.A. Multicriteria Optimization Based on Desired Trajectory Form and Multiprogram Point-to-Point Control. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Priborostr.* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Instrum. Eng.], 2018, no. 2, pp. 87–97 (in Russ.). DOI: 10.18698/0236-3933-2018-2-87-97