



УДК 519.81
ГРНТИ 28.29.03

АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ВОЗДЕЙСТВИИ ИСТОЧНИКОВ ФИЗИЧЕСКОГО ВОЗМУЩЕНИЯ ПО МНОЖЕСТВУ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА КВАЗИПОЛУПЕРИОДЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Н.И. МАЙГУРОВА

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

В.В. ДРИГА, кандидат технических наук, доцент

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

В.Г. ДРИГА, кандидат химических наук

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

М.Е. СЕМЕНОВ, доктор физико-математических наук, профессор

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

В статье предложен алгоритм принятия решений о воздействии источника физического возмущения среды, основанный на сравнении полученных методом наименьших квадратов коэффициентов прямых по множеству измерений физических параметров среды, полученных на интервале времени (квазиполупериоде), позволяющем аппроксимировать кривую изменения параметров линейным уравнением. При этом в качестве исходной информации для принятия решения необходимо использовать результаты измерений параметров, полученных при воздействии источника физического возмущения среды в различных условиях и состояниях среды.

Ключевые слова: алгоритмы; блок-схема; физические возмущения; окружающая среда; принятие решений; квазиполупериод; метод наименьших квадратов.

DECISION MAKING ALGORITHM ON THE PHYSICAL PERTURBATIONS SOURCES IMPACT BY MULTIPLE PARAMETERS VALUES OBTAINED AT QUASI HALF-PERIOD MEASUREMENTS

N.I. MAJGUROVA

MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)

V.V. DRIGA, Candidate of Technacal Sciences, Associate Professor

MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)

V.G. DRIGA, Candidate of Chemical Sciences

MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)

M.E. SEMENOV, Doctor of Physico-mathematical sciences, Professor

MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)

The article proposes an algorithm for making decisions about the influence of a source of physical disturbance of the medium based on the comparison of the coefficients of lines obtained by the method of least squares in terms of the set of measurements of the physical parameters of the medium obtained on a time interval (quasi-half-period) that approximates the curve of parameter variation by a linear equation. At the same time, as the initial information for making a decision, it is necessary to use the results of measurements of the parameters obtained under the influence of a source of physical disturbance of the medium in different conditions and conditions of the medium.

Keywords: algorithms; block diagram; physical disturbances; environment; decision making; quasi-half-period; least-squares method.



Использование современных источников физического воздействия, которые могут представлять угрозу жизни и здоровью людей формирует потребность в идентификации данных воздействий для использования направленной защиты. Самым эффективным способом снижения последствий применения физического воздействия является их предупреждение, в основе которого лежит непрерывный мониторинг окружающей среды, который позволяет принимать быстрое решение о воздействии. Однако на сегодняшний день системы поддержки принятия решений имеют ряд недостатков и требуют доработки программного комплекса для автоматизированной работы, исключая человеческий фактор.

Принятие решений – многостадийный процесс, имеющий сложные прямые и обратные связи, с применением различных моделей и методов, а также современной техники сбора, передачи и обработки информации.

Алгоритм принятия решения, основанный на оценке воздействия по множеству значений, составленный по методу наименьших квадратов (МНК) предпочтительней. Главной причиной является возможность выбора вида аппроксимирующей функции. Таким образом, построив начальные точки на плоскости, можно предварительно выбрать аппроксимирующую функцию и сделать ее максимально подходящей для точек. При этом, в МНК можно выбрать максимально подходящий вид функции для аппроксимации, что дает минимальную погрешность [1-2].

По описанному методу может быть предложена задача построения соответствующих алгоритмов. По разработанным алгоритмам в дальнейшем возможна разработка программных продуктов для практического использования.

В связи с большим количеством факторов, влияющих на измеренное значение физических параметров среды (ФПС), возможны случаи, когда принятие решения о воздействии источника физического возмущения среды (ИФВС) по единичной реализации будет невозможным.

В этом случае оценку соответствия закона изменения измеренного значения ФПС заданному закону, можно осуществить на основе сравнения полученной с помощью аналитических зависимостей, имитационного моделирования или эмпирическим путем кривой изменения ФПС при условии различных ИФВС с кривой, полученной на основе множества измерений ФПС в заданных условиях.

Анализ графиков (рисунок 1) изменения ФПС на малом интервале времени (квазиполупериоде) позволяет допустить, что изменение значения ФПС будет иметь линейную зависимость [3].

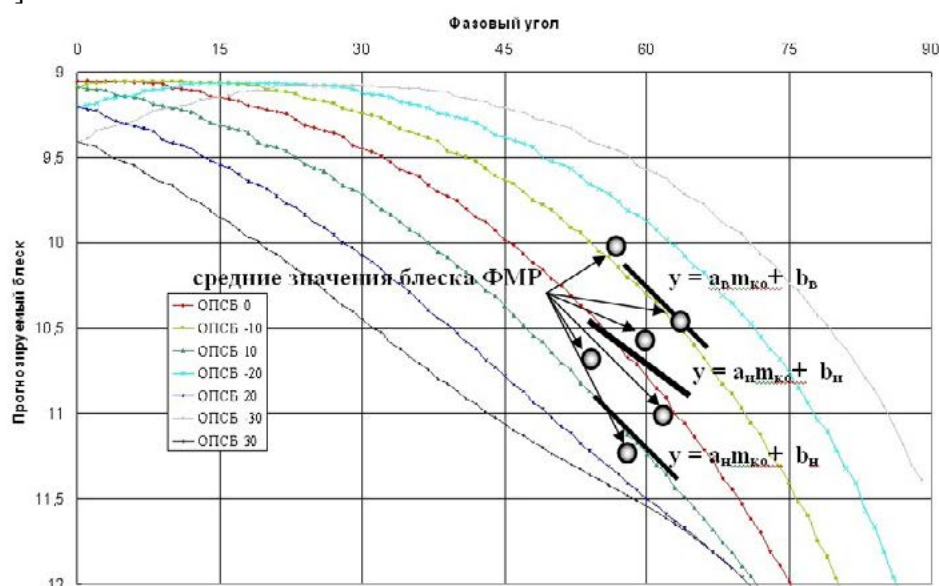


Рисунок 1 – К пояснению построения МНК-прямых по результатам моделирования воздействия различных ИВС и набора измерений ФПС, полученных на квазиполупериодах



В этом случае сравнение эталонной (модельной) кривой и кривой, построенной на основе реальных измерений ФПС, возможно с помощью сравнения коэффициентов соответствующих прямых, построенных методом наименьших квадратов [4, 5].

Пусть в результате наблюдений получены средние значения ФПС, т.е. точки (\bar{x}_i, t_i) , где $i=1, \dots, n$ (рисунок 1). При измерении ФПС на КВП можно предположить, что изменение ФПС может быть аппроксимировано линейным уравнением вида:

$$x(t) = a \cdot t + b. \quad (1)$$

Среди уравнений прямых аппроксимирующих значение изменения ФПС на заданном интервале измерений выбирается та прямая, для которой будет минимальной сумма квадратов отклонений:

$$S = \sum_{i=1}^n [x_i - (a \cdot t_i + b)]^2. \quad (2)$$

Минимизация суммы квадратов разностей (невязок) значений функции, полученных с помощью аналитических зависимостей, моделирования или эмпирическим путем (в результате измерений в ходе проводимых экспериментов) и теоретических значений функции осуществляется с помощью метода наименьших квадратов.

Решение данной задачи сводится к решению двух уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial a} \sum_{i=1}^n (x_i - a \cdot t_i - b)^2 = 0 \\ \frac{\partial}{\partial b} \sum_{i=1}^n (x_i - a \cdot t_i - b)^2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -2 \sum_{i=1}^n (x_i - a \cdot t_i - b) \cdot x_i = 0; \\ -2 \sum_{i=1}^n (x_i - a \cdot t_i - b) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Раскрывая скобки и группируя, в результате получим следующую систему двух линейных уравнений для определения a и b :

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i^2 \right) \cdot a + \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \right) \cdot b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \cdot x_i; \\ \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \right) \cdot a + b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \end{cases} \quad (4)$$

Решая эту систему методом исключения (Гаусса) в итоге получим:

$$a = \frac{\frac{1}{n} \sum t_i x_i - \frac{1}{n} \sum t_i \cdot \frac{1}{n} \sum x_i}{\frac{1}{n} \sum t_i^2 - \left(\frac{1}{n} \sum t_i \right)^2} = \frac{\sum x_i \Delta t_i}{\sum (\Delta t_i)^2} = \frac{\sum x_i \Delta t_i}{\sum t_i \cdot \Delta t_i}; \quad (5)$$

$$b = \bar{x} - a \cdot \bar{t}; \quad \bar{t} = \frac{1}{n} \sum t_i; \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i; \quad \Delta t_i = t_i - \bar{t}.$$

Во всех суммах знак \sum означает суммирование по всем точкам $\sum_{i=1}^n$.



Полученное в результате решения данной задачи уравнение можно записать в следующем виде:

$$x = a(t - \bar{t}) + \bar{x}, \quad (6)$$

Данное уравнение часто называется уравнением МНК-прямой.

Из уравнения видно, что данная прямая проходит через точку (\bar{t}, \bar{x}) , являющейся центром тяжести данной системы точек.

Проведем анализ уравнения МНК-прямых, полученные для некоторых ИФВС в интересах оценки их воздействия.

Учитывая допустимые (возможные) отклонения ФПС соответствующих воздействию ИФПС ограничено. Область возможных значений коэффициентов уравнений прямых определяется методом наименьших квадратов с помощью выражения (5) по результатам математического моделирования кривых ФПС, полученных для заданных воздействий ИФВС.

Решение о принадлежности прямой, построенной по множеству наблюдений, заданной области определяется принадлежностью значений ее коэффициентов рассчитанным интервалам, т.е.:

$$P = \begin{cases} 1, & \text{если } a_u \in [a_n, a_s] \text{ и } b_u \in [b_n, b_s] \\ 0, & \text{если } a_u \notin [a_n, a_s] \text{ или } b_u \notin [b_n, b_s] \end{cases} \quad (7)$$

Блок-схема АПР о воздействии ИФВС по множеству значений ФПС, полученных на квазиполупериоде измерений, представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Блок-схема АПР о воздействии ИФВС по множеству значений ФПС на коротком интервале наблюдения (КВИ)



Выводы. Таким образом, сравнивая полученные методом наименьших квадратов коэффициенты прямых можно принимать решение о воздействии ИФВС по множеству измерений ФПС, полученных на интервале времени (КВП), позволяющем аппроксимировать кривую изменения ФПС линейным уравнением.

Однако отсутствие априорной информации об ИФВС, характеристиках их воздействий, необходимых параметров среды в ряде случаев не позволяет использовать для получения заданного значения ФПС математическую модель.

В этом случае в качестве исходной информации для принятия решения необходимо использовать результаты измерений ФПС, полученные при воздействии ИФВС в различных условиях и состояниях среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахвалов Н.С., Корнев А.А., Чижонков Е.В. Численные методы. Решения задач и упражнения. М.: Дрофа, 2008. 355 с.
2. Вержбицкий В.М. Численные методы. Линейная алгебра и нелинейные уравнения. М.: Высшая школа, 2005. 266 с.
3. Численные методы / М.П. Лапчик, М.И. Рагулина, Е.К. Хеннер. М.: Академия, 2005. 384 с.
4. Самарский А.А. Введение в численные методы: учеб. пособие. М.: Лань, 2008. 288 с.
5. Фадеев Д.К., Фадеева В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры. М.: Лань, 2002. 685 с.

REFERENCES

1. Bakhvalov N.S., Kornev A.A., Chizhonkov E.V. Chislennye metody. Resheniya zadach i uprazhneniya. M.: Drofa, 2008. 355 s.
2. Verzhbitskij V.M. Chislennye metody. Linejnaya algebra i nelinejnye uravneniya. M.: Vysshaya shkola, 2005. 266 s.
3. Chislennye metody / M.P. Lapchik, M.I. Ragulina, E.K. KHenner. M.: Akademiya, 2005. 384 s.
4. Samarskij A.A. Vvedenie v chislennye metody: ucheb. posobie. M.: Lan', 2008. 288 s.
5. Fadeev D.K., Fadeeva V.N. Vychislitel'nye metody linejnoy algebrы. M.: Lan', 2002. 685 s.

© Майгурова Н.И., Дрига В.В., Дрига В.Г., Семенов М.Е., 2018

Майгурова Нина Ивановна, научный сотрудник 21 отдела научно-исследовательского 2 управления научно-исследовательского научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, nina.vsu@gmail.com

Дрига Владимир Владимирович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник 12 отдела научно-исследовательского 1 управления научно-исследовательского научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, driga_vl@mail.ru

Дрига Вера Геннадьевна, кандидат химических наук, научный сотрудник 22 отдела научно-исследовательского 2 управления научно-исследовательского научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vera.dr@mail.ru

Семенов Михаил Евгеньевич, доктор физико-математических наук, профессор, старший научный сотрудник 22 отдела научно-исследовательского 2 управления научно-исследовательского научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, mkl150@mail.ru