

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

© 2008 В.Н. Федотов¹, П.Н. Агунькин¹, А.В. Федотов¹, О.Н. Немов²

¹ Пензенский артиллерийский инженерный институт

² Пензенский государственный университет

Проблема обеспечения помехоустойчивости оптико-электронных приборов (ОЭП) дистанционного зондирования является актуальной при ее оценке на основе совокупного воздействия различных факторов среды функционирования. Предложена алгоритмическая модель на основе метода факторного анализа. Реализация модели по результатам наблюдений или имитационного моделирования позволяет определять время беспомеховой работы ОЭП и учитывать совокупное влияние различных типов мутных сред на выбранный показатель.

Современные образцы ОЭП дистанционного зондирования находят широкое применение в науке и технике, в военном деле и представляют собою совокупность блоков и модулей, функционирующих на различных физических принципах и в спектральных диапазонах. Каналом передачи информации в ОЭП дистанционного зондирования является слой атмосферы, отличающийся существенной неопределенностью.

Передача оптических сигналов через слой атмосферы сопровождается появлением внутренних и внешних помех, ограничивающих информативность канала передачи. Возникновение внутренних помех связано с работой приемопередающей аппаратуры. Внешние помехи имеют в основном атмосферное происхождение. Любой ОЭП при функционировании не является помехоустойчивым.

Наиболее детально эти вопросы рассматривались в [2], согласно которым, воздействия атмосферных оптических помех носят как аддитивный, так и мультипликативный характер. Фоновые помехи носят в основном аддитивный характер, суммируются с полезным сигналом и состоят из постоянной во времени (точнее, медленно меняющейся, например, в течение суток) и случайной (быстро меняющейся) составляющих. Обе составляющие уменьшают динамический диапазон приемника излучения и тем самым снижают результативность работы ОЭП. Замутненность и турбулентность среды носят как аддитивный, так и мультипликативный харак-

тер, который представляется множителем в принимаемом сигнале. Этот вид помех снижает результативность работы ОЭП, изменяя и величину, и форму самого передаваемого сигнала. Общая классификация помех представлена на рис. 1.

Из данных рис. 1 следует, что молекулярное и аэрозольное рассеяние относится к числу атмосферных воздействий, обуславливающих все формы проявления оптических помех. Молекулярное и аэрозольное рассеяние существенно зависит от замутненности среды.

В последние годы получила признание классификация форм существования мутных сред в атмосфере, основанная на характерных типах оптической погоды [2]. Согласно данной классификации, для ОЭП можно выделить пять качественно различных типов оптической погоды (рис. 2).

Рассмотрим основные понятия типов оптической погоды.

1. Мгла (М), обусловленная внедрением в атмосферу посторонних примесей: пылевых облаков, дыма лесных пожаров или от промышленных объектов, продуктов вулканической деятельности и т. п.

2. Дымка (Д), существующая при определенном состоянии воздуха, и представляющая собой результат разрастания мельчайших твердых частиц дисперсной фазы с радиусами $r < 0,1 \mu\text{км}$ (ядер Айткена) в присутствии атмосферной влаги.

3. Туманная дымка (ТД), образующаяся

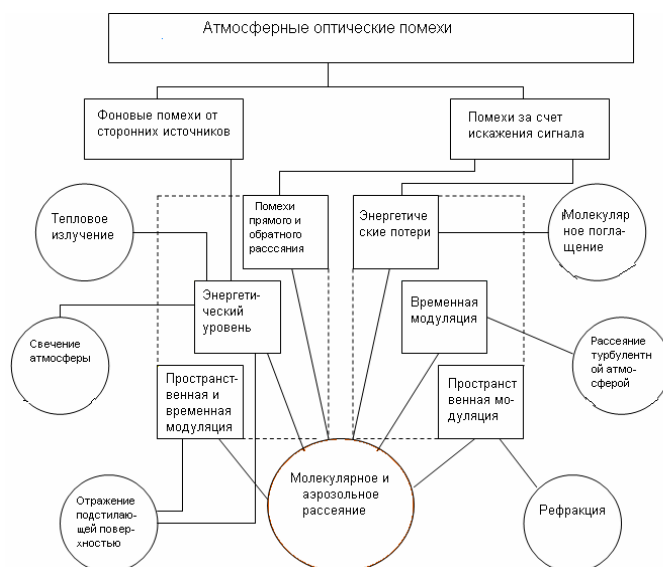


Рис. 1. Основные виды оптических помех слоя атмосферы

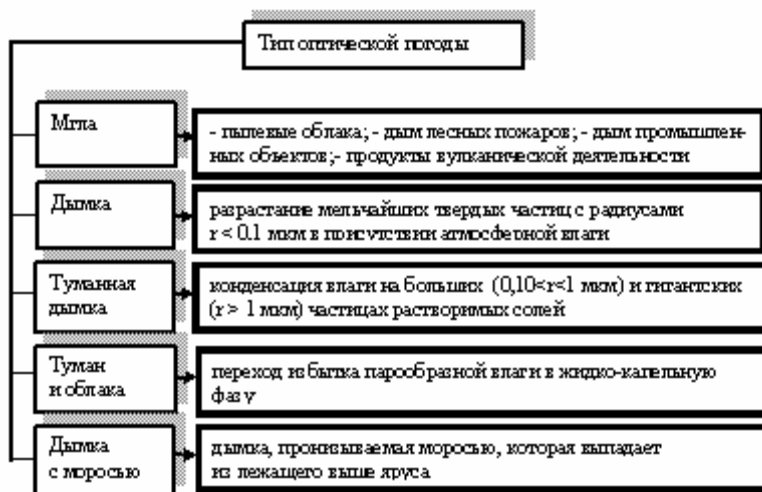


Рис. 2. Характерные типы оптической погоды

в равновеснорастворном состоянии атмосферы в результате конденсации влаги на больших ($0,1 \text{ мкм} < r < 1 \text{ мкм}$) и гигантских ($r > 1 \text{ мкм}$) частицах растворимых солей.

4. Туман и облака (ТО), возникающие при конденсационном состоянии атмосферы в результате перехода избытка парообразной влаги в жидкокапельную фазу.

5. Дымка с моросью (ДМ) – гетерогенное образование, представляющее собой обычную дымку, пронизываемую моросью, которая выпадает из лежащего выше яруса.

Мутные среды, воздействуя на канал передачи информации на определенной дальности, приводят к перерывам в работе. Введем в рассмотрение величину условной работы ОЭП в беспомеховой обстановке T_y . Формально зависимость для условной работы можно представить в следующем виде:

$$T_y = f(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5) = f(Y_i), \quad (1)$$

где Y_i – тип мутной среды.

Если получены результаты наблюдений или проведено имитационное моделирование, то решение зависимости (1) возможно с применением метода факторного анализа. Сущность метода заключается в определении величины влияния некоторых переменных на определенное явление. В данном случае метод факторного анализа позволяет оценить влияние (“вес”) каждого воздействия на помехоустойчивость прибора по результатам совокупного воздействия. Преимуществом математического аппарата факторного анализа являются высокая точность результатов благодаря вращению факторной схемы [1]. После вращения получаем положительные значения K_i , которые позволяют определить “вес” каждого параметра, при этом решение

уравнения (1) будет представлено в следующем виде:

$$T_y = K_1 Y_1 + K_2 Y_2 + K_3 Y_3 + K_4 Y_4 + K_5 Y_5, \quad (2)$$

где K_i – весовые коэффициенты типов мутных сред;

$$\text{здесь } \sum_{i=1}^5 K_i = 1.$$

Главной целью факторного анализа является выведение из переменных Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 так называемых гипотетических величин (факторов), которые являются средством для определения связей между переменными на основе определения весовых коэффициентов K_i ($i=1,2,3,4,5$).

Рассмотрим общее представление алгоритма решения уравнения (2).

Для реализации модели (2) методом факторного анализа формируются матрицы данных вида

$$Y = |y_{ij}|, \quad (3)$$

где $i=1, 2, \dots, m$ – i -й ОЭП, который отказал во время наблюдения;

$j=1, 2, \dots, 5$ – j -й тип мутной среды.

На основе матрицы (3) в соответствии с методиками [3] определяются основные статистические характеристики параметров условной беспомеховой работы:

математическое ожидание \hat{a}_i ;

среднеквадратическое отклонение $\hat{\sigma}_i$;

коэффициент корреляции r_{ik} .

Формируется матрица корреляции значений условной работы ОЭП $R = |r_{ik}|$. В рассматриваемом случае матрица корреляции имеет следующий вид:

$$R = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} & r_{35} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} & r_{45} \\ r_{51} & r_{52} & r_{53} & r_{54} & r_{55} \end{vmatrix}. \quad (4)$$

Так как матрица R является симметричной, то достаточно рассчитать только ее нижний треугольник. Верхний треугольник получаем переворачиванием через главную диагональ.

На основе данных матрицы (4) определяются собственные значения λ_i и собственные векторы b_{ii} . Количество факторов матрицы R определяется с помощью критерия

HORNA. После экстрагирования факторов из матрицы R получаем матрицу $Z = (z_{ie})$. Матрица Z называется факторной схемой основных параметров условной беспомеховой работы ЭОП, количество столбцов матрицы Z равно количеству выбранных факторов [1].

Укрупненная схема алгоритма решения уравнения (2) показана на рис. 3.

Схема алгоритма (рис.3) реализована на алгоритмическом языке Паскаль в программном продукте PNF.EXE, адаптированном к персональным компьютерам типа IBM PC, работающим с оболочками Windos.

Входные данные вводятся с клавиатуры или подготовленного файла. В первой строке указывается количество (от 3 до 1000) групп по пять чисел. Далее производится реализация алгоритма:

вычисляется корреляционная матрица R ;

выполняется итерация до достижения необходимой погрешности;

выполняется итерация для вычисления элементов матрицы L ;

вычисляется коэффициент HORNA;

вычисляется факторная схема Z ;

вычисляется транспонированная матрица Z_t к матрице Z ;

вычисляется коэффициент корреляции R_n ;

вычисляется угол и коэффициенты матрицы T ;

вычисляются элементы матрицы B и BB (где элементы матрицы BB есть элементы матрицы B , возведенные в квадрат);

вычисляется нормализованная вариация факторов V ;

вычисляются элементы вектора L ;

вычисляются элементы вектора весовых коэффициентов K ;

вычисляется условная беспомеховая работа T_y ;

выводятся результаты решения на экран.

Поясним обозначения, приведенные на рис. 3. Из Z получаем восстановленную корреляционную матрицу параметров наработки ЭОП $R_n = (r_{ik}^h)$. Элементы матрицы R_n в главной диагонали называются комуналитами h_{ik}^2 [1].

В методе факторного анализа для проверки хода решения применяются вращения KAISERA, при этом элементы главной диа-

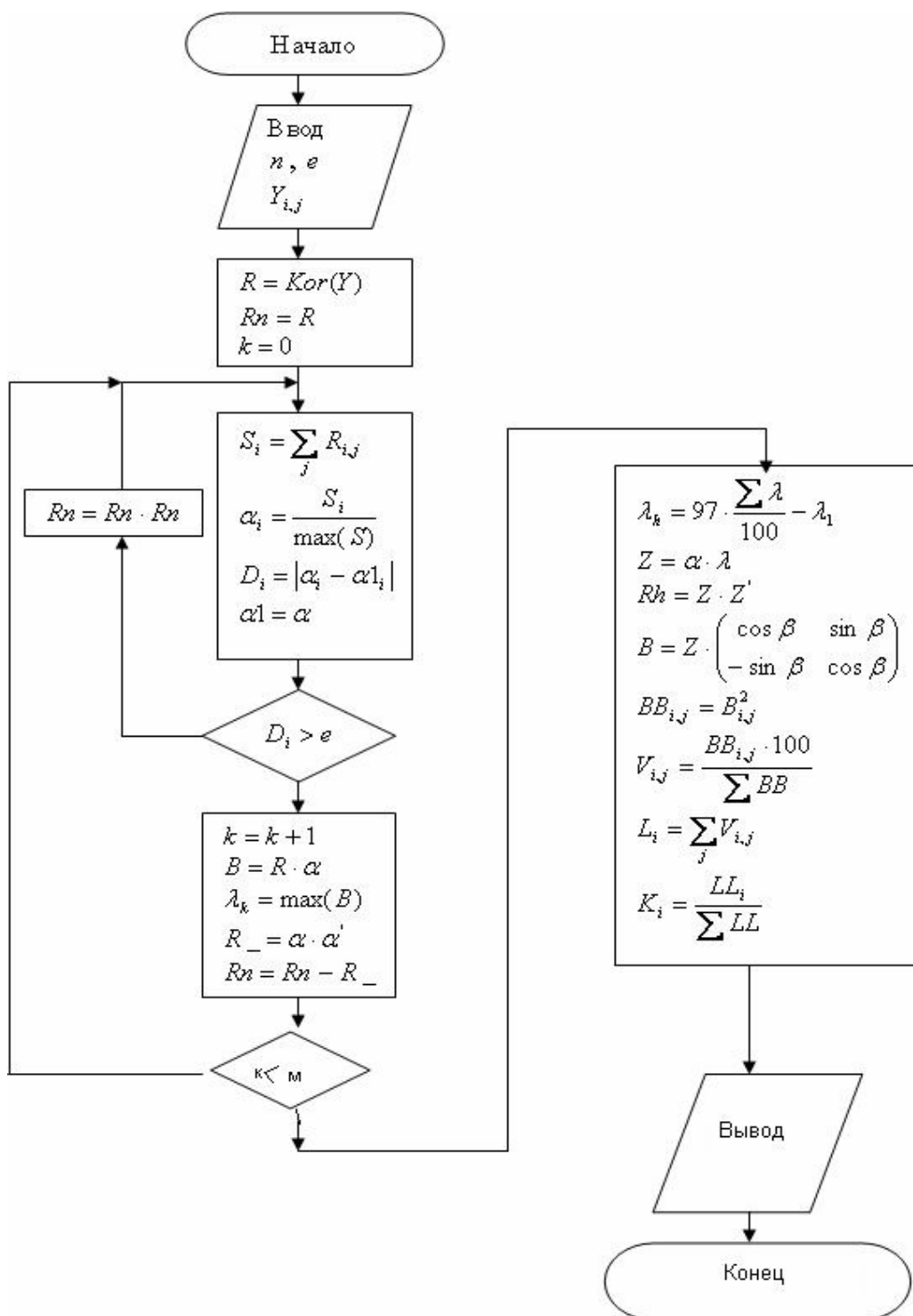


Рис. 3. Схема алгоритма модели

гонали матрицы R_n должны равняться сумме квадратов строк матрицы вращательной факторной схемы.

Чтобы переместить центр переменных в пространстве к одной из осей, проводим вращение матрицы Z и как результат получаем матрицу B . Матрица B называется вращательной факторной схемой параметров наработки ОЭП, где $l = 1, \dots, r$ – факторы, $i = 1, \dots, n$

– параметры условной работы. Из матрицы B определяем матрицу B_2 , которая называется вариацией факторов и предназначена для определения весовых коэффициентов параметров наработки K_i (зависимость (2)).

Таким образом, реализация алгоритмической модели по результатам наблюдений или имитационного моделирования позволяет определять время беспомеховой работы

ОЭП и учитывать влияние различных типов мутных сред на выбранный показатель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харман Г. Современный факторный ана-

лиз М.: Статистика, 1972.

2. Зуев В.Е., Белан Б.Д., Задде Г.О. Оптическая погода Новосибирск: Наука, 1990.

3. Гурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 2002.

ALGORITHMIC MODEL OF FACTOR ANALYSIS OF HINDRANCE STEADY OPTICAL ELECTRONIC APPARATUSES

© 2008 V. N. Fedotov¹, P.N. Agun'kin¹, A.V. Fedotov¹, O. N. Nemov²

¹ Penza Artillery Engineer Institute

² Penza State University

The problem of provision of hindrance steadiness of optical electronic apparatuses of distance probing is an actual problem, connected with estimation of hindrance steadiness on basis of aggregate influence of different factors of functioning surrounding. The algorithmic model is proposed, it is based on the method of factor analysis. Realization of the model on the basis of the results of the observations and imitation modeling allows to spot the time of work of optical electronic apparatuses without hindrance and also consider the aggregate influence of different types of thick surroundings on the chosen characteristic.