

## Пояснения к файлу с решением обратной задачи

Данный ресурс иллюстрирует пример использования уравнений Колмогорова (УрК) для решения обратной задачи надежности многоэлементных систем с отказами и восстановлениями. Краткие сведения об (УрК) приведены [здесь](#).

Сущность обратных задач заключается в определении интенсивностей восстановления  $\mu$  и/или отказов  $\lambda$  элементов системы, удовлетворяющих некоторому критерию. Здесь выбран максимум вероятности безотказной работы системы в целом.

В данном файле для системы с тремя элементами определяются интенсивности восстановления  $\mu$  при заданных  $\lambda$ . Исходные данные задачи описаны [здесь](#). Данная система в процессе отказов – восстановлений имеет 7 состояний, поэтому матрица (обозначенная в файле  $A(\mu)$ ) исходной системы УрК имеет размерность  $(7 \times 7)$ . Файл приведен в практически полном виде; в скрытую зону (area) помещены лишь фрагменты проверки правильности ввода данных и исходная матрица  $A$  УрК ввиду ее громоздкости.

После исключения последнего элемента вектора состояний образуется система УрК шестого порядка с  $(6 \times 6)$ -матрицей  $M(\mu)$  и  $(6 \times 1)$ -вектором  $b(\mu)$  правой части УрК.

Обратная задача решается в первой части файла для установившихся уровней вероятностей состояний. При этом использованы обозначения:

$p(\mu)$  –  $(6 \times 1)$ -вектор установившихся значений вероятностей состояний;

$p_0(\mu)$  – установившееся значение вероятности безотказной работы;

$z(\mu)$  – запас устойчивости УрК;

$\mu_0$  –  $(3 \times 1)$ -вектор оптимальных интенсивностей восстановления.

Вектор  $\mu_0$  получен в результате поиска условного максимума  $p_0(\mu)$  с применением встроенной функции `maximize`. Условиями служат:

- пороги значений вероятностей;
- ограничения на элементы  $(3 \times 1)$ -вектора  $\mu$  (значения  $> 0$ , сумма значений равна  $Q$ );
- запас устойчивости  $z(\mu) < 0$ .

Величина  $Q$  выбирается из списка; оно косвенно характеризует потенциальные возможности ремонтной структуры, обслуживающей систему. В конце первой части файла выводятся параметры задачи при найденном  $\mu_0$ .

Во второй части файла выполняется интегрирование полученных УрК с применением функции `rkfixed`, для чего:

- формируются  $(6 \times 6)$ -матрица  $M$  и  $(6 \times 1)$ -вектор  $B$  правой части УрК  $D = Mx + B$ . Здесь  $x$  –  $(6 \times 1)$ -вектор вероятностей состояний;
- определяется вектор  $z$  собственных чисел (с.ч.) матрицы  $M$ , данные которого используются для определения шага  $\Delta$ , диапазона времени  $f$  и числа точек  $m$  интегрирования.

По результатам формируются значения вероятности безотказной работы (здесь  $pp$ ) и вероятности седьмого состояния (обозначены  $r$ ), ранее исключенного из УрК.

На график выводятся вероятность безотказной работы и вероятность одного из состояний, номер которого  $q$  выбирается из списка.

Для получения решения обратной задачи необходимо:

- ✓ ввести значения  $0 < \lambda \leq 4$ ; при нарушении левого неравенства соответствующий параметр получает значение 0.123, при нарушении правого неравенства параметр получает значение 4. При необходимости ввода чисел с нулями после десятичной точки может использоваться также и формат Exponential dreshold. В нем число, например,  $2.4 \times 10^{-3}$  запишется как 2.4e-3;
- ✓ задать из списка ограничение  $Q$  на суммарную интенсивность  $\mu$ ;
- ✓ задать из списка номер  $q$  состояния, вероятность которого будет выведена на график;
- ✓ нажать кнопку Recalculate.