

О РАНЖИРОВАНИИ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

д.т.н., проф. В.Н. Чинков, С.С. Войтенко

В статье предложен метод ранжирования факторов, влияющих на функционирование системы метрологического обслуживания средств измерительной техники, основанный на методе группового отсеивания.

Постановка проблемы. Основной трудностью при синтезе оптимальной системы метрологического обслуживания (СМОб) средств измерительной техники (СИТ) является большая размерность задачи и, как следствие этого, сложность и громоздкость проведения необходимых расчетов. С целью уменьшения размерности задачи целесообразно предварительно выявить факторы, в наибольшей степени влияющие на изменение затрат, показателей живучести и производственные возможности системы.

Анализ литературы. В последнее время много внимания уделяется поиску и компенсации факторов, приводящих к деградации метрологических характеристик СИТ [1, 2]. Организационные и нормативные факторы для СМОб СИТ рассматривались в работах [3, 4]. В то же время факторы, влияющие на функционирование СМОб СИТ в целом и на ее производственные звенья в отдельности, не рассматривались, а соответственно, не ставилась задача выявления факторов, в наибольшей степени влияющих на функционирование СМОб СИТ, что не дает возможности оценить влияние таких факторов и принимать меры по их компенсации.

Цель статьи заключается в совершенствовании метода, позволяющего провести ранжирование факторов, влияющих на функционирование СМОб СИТ.

Основная часть. Ранжирование факторов для модели СМОб СИТ проведем с использованием метода группового отсеивания факторов [5].

С целью сокращения времени на определение влияющих факторов, используем многостадийное групповое отсеивание, при котором на первой стадии формируются группы факторов достаточно большой размерности. На второй стадии каждую из значимых групп факторов делят на группы и среди них выявляют значимые факторы, т.е. на последующей стадии исследуют

группы факторов, которые оказались значимыми на предыдущей стадии.

Проведем количественную оценку влияния факторов с учетом их взаимодействия. Область изменения значений факторов (Z_1, Z_2, \dots, Z_n), предположительно влияющих на функционирование СМОБ СИТ, запишем так:

$$Z_{\min} \leq Z_i \leq Z_{\max} \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где Z_{\min}, Z_{\max} – минимально и максимально допустимые значения i -го фактора; n – общее количество рассматриваемых факторов.

Область (1) назовем областью допустимых значений факторов (ДЗФ).

Зависимость количества метрологически обслуженных СИТ в СМОБ от факторов, влияющих на функционирование системы, $Y(\bar{Z})$ представим в виде детерминированной функции

$$Y(\bar{Z}) = f(\bar{Z}), \quad \bar{Z} \in \Phi_n, \quad (2)$$

где \bar{Z} – вектор факторов; Φ_n – область изменения значений факторов.

Функция (2) отражает деятельность СМОБ при воздействии на нее влияющих факторов, назовем ее функцией отклика. Фактор, подлежащий оценке, будем называть ранжируемым, а остальные факторы – базовыми.

Путем фиксации значений базовых факторов из многофакторной функции отклика (2) образуется условно однофакторная функция отклика

$$Y(Z_i / \tilde{Z}) = Y(\tilde{Z})_i = f(Z_i / \tilde{Z}), \quad Z_i \in \Phi_i^p, \quad i = \overline{1, n}, \quad \tilde{Z} \in \Phi_{n-1}, \quad (3)$$

где \tilde{Z} – вектор базовых факторов; Φ_i^p – область допустимых значений ранжируемого фактора, заданная i -м условием (1); Φ_{n-1} – область допустимых значений базовых факторов, заданная соответствующими условиями (1).

Находим значения:

$$Y(\tilde{Z})_{i \max} = \max_{Z_i} f(Z_i / \tilde{Z}), \quad Z_i \in \Phi_i^p, \quad i = \overline{1, n}, \quad \tilde{Z} \in \Phi_{n-1}; \quad (4)$$

$$Y(\tilde{Z})_{i \min} = \min_{Z_i} f(Z_i / \tilde{Z}), \quad Z_i \in \Phi_i^p, \quad i = \overline{1, n}, \quad \tilde{Z} \in \Phi_{n-1}; \quad (5)$$

$$\Delta Y(\tilde{Z})_i = Y(\tilde{Z})_{i \max} - Y(\tilde{Z})_{i \min}, \quad i = \overline{1, n}, \quad \tilde{Z} \in \Phi_{n-1}. \quad (6)$$

Величина (6) характеризует деятельность СМОБ при влиянии ранжируемого фактора и фиксированных значениях базовых факторов.

Затем находим значения базовых факторов \tilde{Z}^* , при которых величина (6) будет максимальной:

$$\Delta Y_{i \max} = \Delta Y(\tilde{Z}^*)_i = \max_{\tilde{Z}} \Delta Y(\tilde{Z})_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad \tilde{Z} \in \Phi_{n-1}. \quad (7)$$

Условие (7) используют для оценки влияния факторов на функционирование СМОБ СИТ с учетом их взаимодействия. Суть данной оценки за-

ключается в нахождении таких значений базовых факторов, при которых разность между максимальным (4) и минимальным (5) значениями условно однофакторной функции отклика (3) является максимальной (функционирование СМОБ зависит от совместного воздействия данных факторов).

При большом числе факторов целесообразно использовать метод поиска оптимума по различным направлениям в области допустимых значений базовых факторов. Суть этого метода состоит в преобразовании многофакторного поиска в условно однофакторный. В области допустимых значений базовых факторов последовательно выбираются те значения факторов, при которых условие (7) принимает максимальное значение. Данные значения назовем условными. Для их нахождения используются однофакторные методы глобального поиска оптимума. Направление поиска выбирается так, чтобы условные значения оптимума последовательно улучшались.

С учетом увеличения влияния i -го фактора на СМОБ СИТ, ухудшение функционирования системы имеет в большинстве случаев монотонный характер. Это предположение позволяет использовать для ранжирования факторов процедуру, основанную на предварительной аппроксимации исследуемой зависимости полиномиальными моделями (ПМ) [6]:

$$Y(z) = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i z_i + \sum_{j>i=1}^n b_{ij} z_i z_j, \quad (8)$$

где

$$z_i = \frac{1}{\Delta Z_i} (Z_i - \bar{Z}_i), \quad i = \overline{1, n}; \quad (9)$$

$$\bar{Z}_i = \frac{1}{2} (Z_{i\max} + Z_{i\min}); \quad \Delta Z_i = \frac{1}{2} (Z_{i\max} - Z_{i\min}); \quad b_0 = \frac{1}{N_B} \sum_{u=1}^{N_B} \bar{Y}_u;$$

$$b_i = \frac{1}{N_B} \sum_{u=1}^{N_B} z_{iu} \bar{Y}_u; \quad b_{ij} = \frac{1}{N_B} \sum_{u=1}^N z_{iu} z_{ju} \bar{Y}_u; \quad j > i = \overline{1, n},$$

N_B – число значений факторов, влиянием которых на функционирование СМОБ СИТ пренебречь нельзя; \bar{Y}_u – средний результат функционирования СМОБ СИТ при u -м значении влияющего фактора; N – общее число значений рассматриваемых факторов. Выражением (9) значения факторов, влияющих на функционирование СМОБ СИТ, преобразуются в безразмерные величины, и область ДЗФ (1) определяется выражением $-1 \leq z_i \leq +1, \quad i = \overline{1, n}$.

Максимальная разность по каждому фактору, при аппроксимации исследуемой зависимости неполной ПМ второго порядка (8), вычисляет-

ся по формуле $\Delta Y_{i\max} = 2 \left(|b_i| + \sum_{j=1}^n |b_{ij}| \right)$, $i \neq j$, $i = \overline{1, n}$.

Аппроксимация состоит в вычислении значений оценок неизвестных параметров в ПМ (8), исходя из совокупности наблюдений за функционированием СМОБ СИТ при различных значениях факторов в области ДЗФ.

Необходимо отследить функционирование СМОБ СИТ при влиянии факторов в различных комбинациях, т.е. число производимых расчетов должно быть не меньше числа k , определяемого равенством

$$k = 1 + 2n + \binom{n}{2}.$$

Выводы. Проведение ранжирования факторов, влияющих на СМОБ СИТ, для различных условий функционирования системы позволит прогнозировать производственные возможности системы и предотвращать нежелательные воздействия различных факторов.

Перспективы дальнейших исследований. Последующие исследования могут быть направлены на дальнейшее совершенствование метода ранжирования факторов, влияющих на функционирование СМОБ СИТ, и поиск способов компенсации этих факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Игнаткин В.У., Беляев Б.М., Колпаков В.И. Определение и анализ зависимостей показателей надежности средств измерений // Измерительная техника. – 1988. – № 7. – С. 11 – 13.*
2. *Плюто В.П., Дубровский И.И., Родных Ю.В. и др. Методика определения экономического критерия точности измерительно-вычислительного комплекса в АСУ ТП // Измерительная техника. – 1991. – № 11. – С. 64 – 66.*
3. *Миротворский В.С., Ольшевский А.А. Организационные и нормативные вопросы метрологического обеспечения производства на предприятии // Измерительная техника. – 1983. – № 8. – С. 17 – 18.*
4. *Чинков В.Н., Войтенко С.С. Методика оптимизации состава поверочного (калибровочного) оборудования в метрологических подразделениях // Вестник НТУ «ХПИ». Автоматика и приборостроение. – 2003. – № 7(3). – С. 175 – 180.*
5. *Патрушев В.И. Надежность и эффективность в технике. Справочник 5. – М.: Машиностроение, 1988. – 320 с.*
6. *Слотин Ю.С. Композиционное планирование регрессионного эксперимента. – М.: Знание, 1983. – 52 с.*

Поступила 16.09.2003

ЧИНКОВ Виктор Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор Харьковского военного университета. Область научных интересов – метрология, метро-

логическое обеспечение, цифровая измерительная техника.

ВОЙТЕНКО Сергей Станиславович, адъюнкт кафедры Харьковского военного университета. В 1999 году окончил Харьковский военный университет. Область научных интересов – метрологическое обеспечение вооружения и военной техники.
