

Приращение определенности в пространстве входов с увеличением размерности i вектора входных переменных $X_{\bar{i}}$ через величину критерия идентификации $\eta_{y|x_{\bar{i}}}^2$ может только возрастать. Если записать $MD(Y | X_{\bar{i}})$ как

$$M[Y - M(Y | X_{\bar{i}})]^2 = M[Y - M(Y | X_{\bar{i+1}})]^2 + M[M(Y | X_{\bar{i+1}}) - M(Y | X_{\bar{i}})]^2 + 2M\{[Y - M(Y | X_{\bar{i+1}})][M(Y | X_{\bar{i+1}}) - M(Y | X_{\bar{i}})]\}. \quad (1)$$

Отсюда после очевидных преобразований можно получить что

$$\eta_{y|x_{\bar{i+1}}}^2 - \eta_{y|x_{\bar{i}}}^2 = \frac{M[M(Y | X_{\bar{i+1}}) - M(Y | X_{\bar{i}})]^2}{D[Y]}. \quad (2)$$

Из последнего равенства видно, что $\eta_{y|x_{\bar{i+1}}}^2 \geq \eta_{y|x_{\bar{i}}}^2$, т. е. мера определенности не убывает с увеличением размерности пространства входных переменных идентифицируемого объекта.

Таким образом, на основании полученных моментных информационных характеристик при наличии дополнительной информации в виде регрессионных зависимостей можно судить о тесноте статистической связи формирующих условия технологических режимов процессов входа $X(t)$ и выхода $U(t)$. При этом установлено, что приращение определенности в пространстве входов с увеличением размерности вектора входных переменных через величину критерия идентификации может только возрастать.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Мещеряков Л.И. Идентификация горных электромеханических систем // Сб. науч. трудов. НГАУ. – Днепропетровск, 2001. – Т. 2. – №11. – С. 106–109.
2. Мещеряков Л.И. Диагностические оценки горных электромеханических систем на основе множественных статистических связей. // Вибрации в технике и технологиях, 2001. – №3(19). – С. 65–68.

УДК 004.942

МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРІВ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Н.Д.Михайлів, Л.О. Сав'юк

(Україна, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу)

Постановка проблеми. Забезпечення високої надійності роботи оператора, а, відповідно, системи «людина – машина» (СЛМ), – є пріоритетним завданням для більшості сфер промисловості та сучасного виробництва. Тому важливим є розробка заходів по підвищенню кваліфікації операторів складних технологічних об'єктів (СТО), шляхом підбору математичного апарату для який б дав можливість підвищити надійність його діяльності в структурі СЛМ.

Основний текст. Основні показники оцінки надійності оператора можуть бути виражені через безпомилковість його дій, своєчасність, готовність, відновлюваність. В свою чергу кожен із названих показників може бути виражений за допомогою ряду більш конкретних показників. Ці показники дадуть можливість оцінити ризики ще під час процесу стажування оператора, і тим самим скласти профіль його подальшого навчання для підвищення всіх цих показників, щоб в майбутньому знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій по вині оператора [1]. Основним показником надійності функціонування СЛМ є ймовірність безвідмовної роботи, безпомилкового і своєчасного виконання задач. Також при виведенні показників надійності СЛМ треба врахувати, що показники надійності оператора і апаратних засобів є їх невід’ємною складовою частиною[2].

Під надійністю діяльності оператора розуміємо його здатність безпомилково виконувати роботу протягом певного проміжку часу при заданих зовнішніх умовах. Основним показником безпомилковості є ймовірність безпомилкового виконання його роботи яку можна виразити як

$$P_{оп} = \frac{m}{N} \quad (1)$$

де m – число правильно вирішених завдань (виконаних дій); N – загальне число виконуваних дій.

Для типових дій, що часто повторюються показником безпомилковості може служити також інтенсивність помилок (λ), величина якої розраховується за формулою:

$$\lambda_{оп} = \frac{N - m}{NT} \quad (2)$$

де T – середнє значення часу виконання даної дії.

Необхідно відмітити, що формула (2) справедлива лише для часу стійкої працездатності оператора.

При проектуванні СЛМ величина $P_{оп}$ може бути знайдена розрахунковим шляхом при умові, що відомі ймовірності безпомилкового виконання чи інтенсивності помилок при виконанні окремих дій, що входять в структуру діяльності оператора. В цьому випадку величина $P_{оп}$ рівна:

$$P_{оп} = \prod_{i=1}^r p_i^{k_i} = e^{-\sum_{i=1}^r \lambda_i T_i k_i} \quad (3)$$

де p_i, λ_i – ймовірність безпомилкового виконання та інтенсивність помилок при виконанні конкретної дії; k – число виконаних дій певного виду; r – число різних видів дій ($i = 1, 2, \dots, r$).

Правильні, але несвоєчасні дії зазвичай приводять до не виконання цілей поставлених при відпрацюванні конкретних дій, тобто за своїми наслідками рівнозначні помилці. Основним показником своєчасності є ймовірність своєчасного виконання роботи ($P_{св}$), яка може бути знайдена, якщо відомі: функція щільності $\Phi(t)$ часу вирішення завдання і допустимий ліміт часу $t_{л}$ на її рішення:

$$P_{св} = p\{\tau_{оп} < t_{л}\} = \int_0^{\tau_{л}} \Phi(\tau) d\tau \quad (4)$$

Функція $\Phi(\tau)$ для функціонуючих СЛМ може бути знайдена дослідним шляхом, для систем, що проектуються – одним із розрахункових методів [3].

Показником *готовності* оператора є коефіцієнт готовності $K_{оп}$, тобто ймовірність включення оператора в роботу в будь-який час можна знайти по формулі:

$$K_{оп} = 1 - \frac{T_0}{T}, \quad (5)$$

де T_0 – час, протягом якого оператор відсутній на робочому місці (не здатний прийняти інформацію, що надійшла); T – загальний час роботи.

Формула (5) несе обмежений характер. З її допомогою не можна враховувати динаміку рівня готовності людини до дії, викликану втомою, що впливає на зниження рівня готовності. Введення показників *відновлюваності* обумовлено можливістю самоконтролю оператором своїх дій і виправлення допущених помилок. Основним показником відновлюваності є ймовірність виправлення помилки.

Самоконтроль діяльності оператора може проводитись як на рівні окремої дії, так і на рівні всього завдання в цілому. Самоконтроль може бути інструментальним і неінструментальним (без використання спеціальних контрольних засобів, тобто методом повтору, контрольного огляду) [4]. Інструментальний самоконтроль виконується за допомогою спеціальних контрольних засобів. Наприклад, після виконання будь-яких дій загоряється сигналізатор, який свідчить про їх правильне виконання. При цьому ймовірність виправлення помилки $P_{вип}$ визначається за формулою:

$$P_{вип} = P_{к} P_{обн} P_{в}(t) \quad (6)$$

де $P_{к}$ – ймовірність видачі сигналу схемою контролю; $P_{обн}$ – ймовірність виявлення оператором сигналу контролю; $P_{в}(t)$ – ймовірність виправлення помилкових дій при повторному вирішенні завдання протягом заданого часу t .

Висновки. Всі показники надійності оператора, які були наведені вище, стали математичною основою для побудови комп'ютерного тренажерного комплексу складного технологічного об'єкту [5]. Завдяки такому рішенню можна запобігти появі багатьох критичних помилок в роботі операторів початківців, і тим самим підвищити надійність роботи СЛМ в цілому.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бердичев Б. Е. Справочник по надежности / Б. Е. Бердичев. – Москва: Мир, 1995. – 135 с.
2. Фокин Ю. Г. Надежность при эксплуатации технических средств / Ю. Г. Фокин. – Москва: Воениздат, 1970. – 25 с.
3. Ульяновченко Е. Ф. Методика определения времени решения задачи оператором / Е. Ф. Ульяновченко. // Вопросы психологии. – 1997. – №6. – С. 51–55.
4. Ломов Б. Ф. Человек и техника / Б. Ф. Ломов. – Москва: Сов. радио, 1966. – 60 с.
5. Михайлів Н. Д. Методичні та математичні аспекти проектування комп'ютерних тренажерних комплексів складних технологічних об'єктів / Н. Д. Михайлів. // Вісник ХНУ. – 2016. – №3. – С. 66 – 72.