

(как следствие оптимизации структуры и управления комплексом).

Основным преимуществом использования имитационного моделирования при исследовании сборочно-сварочных производственных систем является возможность определения характеристик сложных систем, выявления просчетов еще на стадии проектирования, не прибегая к проверкам на реально спроектированном, изготовленном и уже оплаченном оборудовании. Результаты имитационного моделирования позволяют находить наиболее рациональные структурные решения производственного комплекса и решения, связанные с организацией управления.

Получаемые производственно-технологические характеристики сборочно-сварочного комплекса могут использоваться при составлении технических заданий производителям технологического оборудования.

### ДИАГНОСТИКА ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОЙ АНЕМИИ ПРИ ПОМОЩИ Q-ТЕХНИКИ

Гольяпин В.В., Мосур Е.Ю., Пахоменко А.Г.,  
Потуданская М.Г., Семиколенова Н.А.  
*Омский государственный университет*

Исследование проводилось на группе из 189 индивидуумов женского пола. Для каждого из индивидуумов был определен набор гематологических параметров: количество гемоглобина, СОЭ, количество лейкоцитов, лейкоцитарная формула. Оригинальным методом одновременного определения производных гемоглобина в цельной крови с помощью оригинальной компьютерной программы NemoSpectr [1] определяли процентное содержание в крови оксигемоглобина, как карбоксигемоглобина и метгемоглобина.

Индивидуумы были предварительно разделены на два класса: с признаками заболевания анемией и практически здоровые. Для каждой группы вычислялись средние значения параметров и их дисперсии. При анализе было выявлено, что интервалы значений параметров для этих групп у большинства параметров являются перекрывающимися.

Для проведения анализа посредством Q – техники все индивидуумы были объединены в одну группу, которая и была проанализирована по следующей схеме [2]:

1. Формируется матрица исходных данных  $Y$  типа таблицы объект-свойство размерности  $m \times n$ , где  $m$  – количество параметров,  $n$  – количество индивидуумов.

2. Путем элементарного преобразования получаем из матрицы  $Y$  матрицу стандартизованных данных  $Z$  размерности  $m \times n$ .

3. Вычисляем корреляционную матрицу  $R$  размерности  $n \times n$  через матрицу  $Z$ .

$$R = \frac{1}{n-1} Z Z^T \quad (1)$$

4. Находим матрицу собственных значений  $\lambda$  и матрицу собственных векторов  $U$  корреляционной матрицы  $R$  прямым и итерационным методами вращения.

5. Методом главных компонент с использованием, полученных выше матрицы собственных значений и матрицы собственных векторов, получаем первичную матрицу факторного отображения  $A$  размерности  $n \times n$  [4]:

$$A = U \cdot \Lambda^{1/2}, \quad (2)$$

6. На этом шаге подвергаем матрицу  $A$  вращению, используя варимакс критерий [5]:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^r \sum_{j=1}^n a_{jp}^4 - \frac{1}{n^2} \sum_{p=1}^r \left( \sum_{j=1}^n a_{jp}^2 \right)^2 \rightarrow \max, \quad (3)$$

где  $a_{jp}$  – элементы матрицы  $A$ ,  $r$  – количество факторов (в Q-технике классов).

В результате вращения получаем простую факторную структуру.

7. Оставляем те факторы, для которых собственное значение строго меньше 0.05.

8. Проводим классификацию по следующему принципу: индивидуум принадлежит к тому фактору (классу), значения нагрузок которого больше, чем у других факторов.

В результате анализа было выявлено три группы индивидуумов: первая группа – индивидуумы являющиеся практически здоровыми с точки зрения гематологических заболеваний; вторая группа – лица с выраженной железодефицитной анемией; третья группа – лица с критическим состоянием, в эту группу были помещены индивидуумы с количеством гемоглобина менее 70 г/л.

Для оценки диагностической объективности теста использовались характеристики: прогностичность положительного результата, прогностичность отрицательного результата, чувствительность и специфичность. Прогностичность положительного результата:

$$PVP = A / (A + B),$$

где  $A$  – количество истинно положительных результатов,  $B$  – количество ложноположительных результатов.

Прогностичность отрицательного результата:

$$PVN = D / (C + D),$$

где  $C$  – количество ложноотрицательных результатов,  $D$  – количество истинно отрицательных результатов.

Чувствительность определяется как доля больных, которые выявлены применяя изучаемый метод:

$$Se = A / (A + C),$$

Специфичность – частота отсутствия симптома у здоровых людей:

$$Sp = D / (D + B).$$

В результате применения метода получена чувствительность 95%, специфичность – 90%.

Предлагаемая оценка существенно отличается от одномерных диагностических методов тем, что позволяет проводить диагностику для индивидуумов, параметры которых лежат в пограничной области, области предпатологии. Отнесение индивидуума в класс лиц с железодефицитной анемией свидетельствует о развитии патологического состояния даже в том случае, когда количества гемоглобина не перешло через границу минимума.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мосур Е.Ю. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ "НемоSpectr" № 2001610571, Омский государственный университет (Россия). 17.05.2001.
2. Харман. Г. Современный факторный анализ. - М., Статистика, 1972., 486 с.
3. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины. М: Медиа Сфера. 1998, 352 с.

АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ДЛЯ НЕЧЕТКИХ  
ВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Ефимов М. И., Желтов В. П.

Формально нечеткая временная сеть Петри определяется как шестерка

$\tilde{N} = (P, T, F, D, \tilde{\theta}, M(\tilde{\tau}_0))$ , где  $P = \mathcal{A}$  - непустое

конечное множество позиций;  $T = \mathcal{A}$  - непустое конечное множество переходов;

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$  - отношение инцидентности позиций и переходов;  $B$  - функция кратности дуг:

$\tilde{\theta} : T \rightarrow \gamma$  - функция нечеткого времени срабатывания переходов сети;

$\tilde{\theta} : F \rightarrow \gamma$  - функция нечеткого времени задержки;

$M_0 : P \rightarrow N_0$  - начальная маркировка сети;  $N_0$  - множество натуральных чисел;  $\gamma$  - множество нечетких чисел.

Множеством входных позиций перехода называется множество  $t = \{p \mid p \in P, F(p, t) = 1\}$ , а множеством выходных позиций соответственно  $t' = \{p \mid p \in P, F(t, p) = 1\}$ .

Разберем алгоритм построения ленты достижимости, он условно разбивается на следующие фазы.

Исходные данные: НВСП

$\tilde{N} = (P, T, F, D, \tilde{\theta}, M(\tilde{\tau}_0))$ .

Начальная установка:

$\tilde{\tau}_i$  - нечеткое время работы сети, где  $i=0$ ;

$M(\tilde{\tau}_i)$  - текущая маркировка, где  $i=0$ ;

$M$  - множество текущих маркировок;

$T(M(\tilde{\tau}_i))$  - множество переходов, для которой выполнено условие активизации;

$\sigma_g^h$  -  $h$ -ая ключевая последовательность, где  $h=1$ ;

$g$  - длина  $h$ -ой ключевой последовательности  $\sigma_g^h$ , где  $h=1, g=1$ ;

$\sigma$  - множество ключевых последовательностей  $\sigma_g^h$ .

1. Формируем множество текущих маркировок  $M$  срабатывания переходов

1.1. Если  $M = \emptyset$ , тогда goto 10.

1.2. Если  $M \neq \emptyset$ , тогда goto 2.

2. Выбираем маркировку  $M(\tilde{\tau}_i)$  и удаляем из  $M$ .

3. Для маркировки  $M(\tilde{\tau}_i)$  формируем множество переходов  $T(M(\tilde{\tau}_i))$ , для которых выполняется условие активизации.

4. Проверка маркировок на тупики.

4.1. Если  $T(M(\tilde{\tau}_i)) = \emptyset$ , тогда  $M(\tilde{\tau}_i)$  - маркировка тупиковая,  $\sigma_g^h$  - удаляется из  $\sigma$  со значением «тупик».

4.1.1. Если  $M \neq \emptyset$ , тогда goto 2.

4.1.2. Если  $M = \emptyset$ , тогда  $M := M'$ , goto 1.

4.2. Если  $T(M(\tilde{\tau}_i)) \neq \emptyset$ , тогда  $M(\tilde{\tau}_i)$  - маркировка не тупиковая, goto 5.

5. Поиск возможных вариантов срабатывания переходов, где каждый вариант увеличивает  $\sigma_g^h$  еще на одну ключевую последовательность, причем  $\sigma_g^{h+1} = \sigma_g^h$ .

6. Сработавшие переходы  $t_j$  доступны в нечеткий момент времени  $\tilde{\theta}^c(t_j)$

7. Вычисляются маркировки

8. Проверка маркировок на циклы.

8.1. Если  $M(\tilde{\tau}_i)$  - циклическая маркировка, тогда  $\sigma_g^h$  - удаляется из  $\sigma$  со значением «цикл».

9. Не циклические маркировки присваиваются множеству маркировок  $M'$ .

9.1. Если  $M = \emptyset$ , тогда  $M := M'$ , goto 1.

9.2. Если  $M \neq \emptyset$ , тогда goto 2.

10. Конец алгоритма.

В данном случае алгоритм носит более сложный характер, чем в классических и временных модификациях сетей Петри. Этот алгоритм годится так же для построения дерева достижимости. Если нечеткие временные сети Петри мы преобразуем в матричный вид, тогда благодаря этому алгоритму можно будет провести матричный анализ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котов В.Е. Сети Петри. - М.: Наука, 1984. - 160 с.
2. Murata, M., "Temporal Uncertainty and Fuzzy-Timing High-Level Petri Nets," Invited paper at the 17th International Conference on Application and Theory of Petri Nets, Osaka, Japan, LNCS Vol. 1091, pp. 11-28. 1996.
3. Юдицкий С. А. «Сценарный подход к моделированию поведения бизнес - систем». Серия «Управление организационными системами». - М.: СИНТЕГ, 2001, 112с.