

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Анализ аварий на морском флоте свидетельствует о том, что около 80 % из них происходит из-за ошибочных и неправильных действий судовых и береговых специалистов. Вместе с тем таких аварий, как навал теплохода "Н. Митченко" на иностранное судно, стоявшее у причала в одесском порту, в конце 80-х гг., разлом танкера "Престиж" в Бискайском заливе в 2002 г. и многих других могло не произойти или они не имели бы таких тяжёлых последствий, если бы экипаж своевременно и квалифицированно произвел диагностику и устранение неисправностей [1].

Безопасность мореплавания судов, наряду с другими факторами, зависит от надёжности действия судовых систем "человек-машина" и должна рассматриваться на основе современных методов инженерной психологии. Передвижение по морю влечёт за собой возникновение опасности для жизни людей и судов потому, что человек в процессе управления судном и его техническими средствами нередко совершает ошибки.

Живучесть судна в значительной мере определяется работоспособностью главного двигателя. В [2] приводится обстоятельный анализ отказов и повреждений судовых дизелей. Отмечается, что в отличие от отказа в случае повреждения сохраняется возможность дальнейшей эксплуатации двигателя. При постепенном отказе одного из узлов дизеля механик может, выбирая режим работы или принимая заблаговременные меры, обеспечить ход судна и не допустить аварии. Для предотвращения внезапных отказов необходимо использовать различные методы и средства технического диагностирования. Вместе с тем, в настоящее время, проблема диагностирования работы судовых систем и оборудования полностью не решена.

Существующие диагностирующие системы, ввиду недостаточности и неоднозначности информации, не указывают на неисправность, а только фиксируют ее проявление [3]. Один из возможных путей дальнейшего усовершенствования систем диагностики - применение теории нечетких множеств и нечеткой логики. Она позволит создавать экспертные системы, работающие в режиме "советчика", которые используют знания, опыт и интуицию экспертов – операторов при диагностировании судового оборудования.

Экспертная система (ЭС) - это программный продукт, позволяющий имитировать творческую деятельность или усиливать интеллектуальные возможности специалиста-эксперта в части выбора решения в конкретной предметной области, используя, в основном, эвристические знания специалистов, накопленный ранее опыт [4, 5].

В целом, максимальный эффект от применения нечетких ЭС (НЭС) может быть получен при решении задач, обладающих следующими особенностями:

неполнотой, нечеткостью, вероятностным характером исходных знаний о предметной области;

большой размерностью пространства возможных решений, что делает практически невозможным поиск решения посредством перебора всех вариантов;

динамическим изменением исходных данных в процессе решения задачи.

В качестве возможного использования аппарата нечетких систем в диагностики судового оборудования, авторами предлагается разработать упрощенную нечеткую экспертную систему позволяющую проводить контроль работы технологического оборудования в supervisory режиме или режиме "советчика".

Для разработки НЭС необходимо построить нечеткое отношение, которое содержательно описывает упрощенную ситуацию поиска неисправности главного судового дизеля. С этой целью в качестве первого универсума рассмотрим множество предпосылок или причин неисправности $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, в котором x_1 - "поломка поршневого кольца", x_2 - "неисправность подшипника", x_3 - "неисправность топливной аппаратуры", x_4 - "неисправность системы воздухообеспечения". В качестве второго универсума рассмотрим множество проявлений неисправности $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$, в котором y_1 - "двигатель не запускается", y_2 - "двигатель работает неустойчиво", y_3 - "двигатель не развивает полной мощности". При этом между каждым элементом множества предпосылок и каждым элементом множества следствий существует некоторая причинная взаимосвязь.

Особенность построения нечеткой модели для описываемой ситуации заключается в том, что рассматриваемая причинная взаимосвязь не является однозначной. Более того, исходя из субъективного опыта конкретного механика, марки двигателя, условий его эксплуатации и учета других факторов эта причинная взаимосвязь наиболее адекватно может быть представлена в виде бинарного нечеткого отношения $P = \{\langle x_i, y_j \rangle, \mu_P(x_i, y_j)\}$, заданного на базисных множествах X и Y . В этом случае функция принадлежности $\mu_\Omega(x_i, y_i)$ этого бинар-

ного нечеткого отношения количественно описывает степень уверенности в том, что та или иная причина неисправности может привести к тому или иному следствию.

Поскольку нечеткое отношение Ω бинарное и конечное, оно может быть представлено в форме табл.

Таблица

Нечеткое отношение диагностики неисправности
главного судового дизеля

Множества	y_1	y_2	y_3
x_1	0,1	0,2	0,5
x_2	0,1	0,1	0,8
x_3	0,7	1	0,7
x_4	0,8	0,9	1

Данная таблица может быть представлена в виде матрицы M_P нечеткого отношения, которая в данном случае имеет следующий вид:

$$M_P = \begin{vmatrix} 0,1 & 0,2 & 0,5 \\ 0,1 & 0,1 & 0,8 \\ 0,7 & 1 & 0,7 \\ 0,8 & 0,9 & 1 \end{vmatrix}.$$

Нечеткий граф имеет вид, показанный на рис.

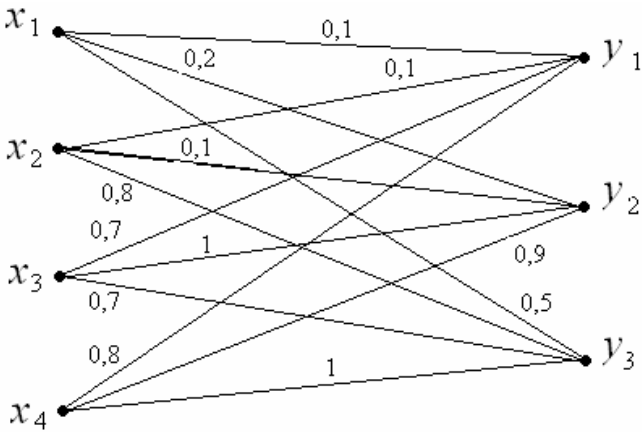


Рис. Нечеткий граф отношений P

Разработанные авторами нечеткие отношения, могут быть успешно использованы для проведения операции композиции бинарных нечетких отношений, которая является важной составляющей в прямом методе вывода заключений в системах нечетких продукций

Пусть Q и R – конечные или бесконечные бинарные нечеткие отношения. Причем нечеткое отношение $Q = \{(x_i, x_j), \mu_Q(x_i, x_j)\}$ задано на декартовом произведении универсумов $X_1 \times X_2$, а нечеткое отношение $R = \{(x_j, x_k), \mu_R(x_j, x_k)\}$ – на декартовом произведении универсумов $X_2 \times X_3$.

Нечеткое бинарное отношение, заданное на декартовом произведении $X_1 \times X_3$ и обозначаемое $Q \otimes R$, называется композицией бинарных нечетких отношений Q и R , а его функция принадлежности:

$$\mu_{Q \otimes R}(x_i, x_k) = \max\{\min[\mu_Q(x_i, x_j), \mu_R(x_j, x_k)]\}.$$

Определенную таким образом композицию бинарных отношений называют иногда (max-min)-композицией или максиминной сверткой нечетких отношений.

Процесс получения заключения на основе непосредственного использования нечеткого отношения, которое было построено для диагностики дизеля, характерный для задач технической диагностики и иллюстрирует два важных аспекта: особенности решения нечетких уравнений и неравенств, а также метод получения заключений с использованием посылок.

Если результат осмотра конкретного дизеля показывает, что двигатель не развивает полную мощность, запускается не сразу и работает не совсем устойчиво, то эта информация может быть представлена в форме нечеткого множества, например, $B = \{(y_1, 0,5), (y_2, 0,5), (y_3, 0,8)\}$. Задача состоит в том, чтобы определить возможные причины неустойчивой работы двигателя, используя для этого экспертную информацию в форме нечеткого отношения P .

Другими словами, в этой задаче, характерной для задач технической диагностики, необходимо найти такое нечеткое множество $A = \{(x_1, \mu_A(x_1)), (x_2, \mu_A(x_2)), (x_3, \mu_A(x_3)), (x_4, \mu_A(x_4))\}$, которое соответствовало бы нечеткому множеству B . С этой целью представим нечеткое множество B в форме вектора $b = (0,1 \ 0,2 \ 0,9)$, компоненты которого равны значениям функции принадлежности соответствующих элементов. Нечеткое множество A также представим в форме вектора $a = (a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4)$, компоненты которого неизвестны и требуется определить. Базовой предпосылкой для решения этой задачи является предположение о том, что компоненты вектора a должны удовлетворять условию:

$$a \otimes M_P = b, \quad (1)$$

где $\otimes$ – знак композиции, соответствующий методу max-min-композиции. Выражение (1) преобразуется в следующую систему так называемых нечетких уравнений:

$$\begin{aligned} (0,1 \wedge a_1) \vee (0,1 \wedge a_2) \vee (0,7 \wedge a_3) \vee (0,8 \wedge a_4) &= 0,5; \\ (0,2 \wedge a_1) \vee (0,1 \wedge a_2) \vee (1 \wedge a_3) \vee (0,9 \wedge a_4) &= 0,5; \\ (0,5 \wedge a_1) \vee (0,8 \wedge a_2) \vee (0,7 \wedge a_3) \vee (1 \wedge a_4) &= 0,8. \end{aligned}$$

Здесь связка " $\vee$ " используется для сокращения записи операции max, а связка " $\wedge$ " – для сокращения записи операции min. Необходимо решить эту систему уравнений, т.е. найти такие значения a_1, a_2, a_3, a_4 , которые бы удовлетворяли системе нечетких уравнений.

Прежде всего, следует отметить, что во всех трех уравнениях первые компоненты не оказывают влияния на результат. Откуда следует, что $a_1 \leq 0,5$. Из первого и второго выражения следует, что $a_3 = 0,5$ и $a_4 = 0,5$. Исходя из третьего выражения $a_2 \geq 0,8$.

В рассматриваемой ситуации система указывает на неисправность подшипника. Однако, возможны и другие неисправности (поломка компрессионного кольца, неисправность топливной аппаратуры или отказ системы воздухообеспечения).

Разработка и применение экспертных систем диагностирования судового оборудования, работающих в режиме "советчика", позволит усовершенствовать существующие технологии диагностирования судового оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланчуковский В.И. Безопасное управление судовыми энергетическими установками. – Одесса: Астропринт, 2004. – 232 с.
2. Шишкин В.А. Анализ неисправностей и предотвращение повреждения судовых дизелей. – М.: Транспорт, 1986. – 193 с.
3. Меграбов Г.А. Технология и организация судоремонта. – М.: Транспорт, 1969. – 360 с.
4. Леоненков А. Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
5. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.