

Благодарный Николай Семенович,
к.т.н., заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: atp@angtu.ru

Дресвянский Вячеслав Андреевич,
обучающийся, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: dresvyanskii.vacheslav@mail.ru

Сизых Александр Олегович,
обучающийся, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: skyter86@yandex.ru

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ АВАРИЙ

Blagodarnyi N.S., Dresvyanskii V.A., Sizykh A.O.

FUNDAMENTALS CONSTRUCTION OF INTELLIGENT SYSTEM TO ACCIDENT DETECTION

Аннотация. Обоснована целесообразность использования интеллектуального подхода для создания системы распознавания аварий. Описаны основные этапы ее построения.

Ключевые слова: компьютерные тренажеры, нечеткая логика, интеллектуальная система распознавания аварий.

Abstract. The expediency of using of intellectual approach for creation of emergency recognition system are presented. The main stages of its construction are described.

Keywords: computer simulators, fuzzy logic, intelligent system to accident detection.

Рост промышленной мощи России немислим без развития добывающих и перерабатывающих производств: нефтехимии, металлургии, энергетики и ряда других. Однако эти производства чрезвычайно опасны с точки зрения возможного негативного воздействия на окружающую среду, при неумелом или неправильном управлении ими.

Управление потенциально опасными технологическими процессами (ТП) представляет собой трудную и ответственную задачу, поскольку важно не допустить возникновение аварийных ситуаций, или при возникновении последних быстро их распознать, локализовать и ликвидировать. Поэтому на таких предприятиях реализуется комплекс мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации технологических объектов, в частности, большое внимание уделяется обучению оперативного персонала.

Известно, что наибольший эффект в обучении оперативного персонала может быть достигнут путем использования специальных компьютерных тренажеров [1]. Их применение является сложившейся общемировой практикой профессиональной подготовки персонала. Их обязательное применение с целью формирования у операторов навыков освоения технологического процесса и системы управления, пуска, плановой и аварийной остановки в типовых, специфических нештатных ситуациях и авариях, зафиксировано Госгортехнадзо-

ром России в нормативной документации по безопасной эксплуатации процессов. При формировании указанных навыков используются разнообразные методики обучения операторов, такие как: методика освоения норм технологического режима и распознавания отклонения от нормы; методика усвоения взаимозависимостей переменных ТП и тенденций их изменения при возникновении аварийной ситуации; методика отработки «моторных» навыков быстрого устранения аварийной ситуации и недопущения её развития и другие [1].

Наиболее долго и трудно формируемым навыком является навык распознавания аварийных ситуаций по тенденциям изменения переменных процесса. Умение оператора распознать аварийную ситуацию на ранней стадии ее развития крайне важно для предотвращения возможных тяжелых последствий аварии. Часто операторы плохо справляются с этой задачей еще и по причине стрессового состояния.

Несомненно, значительную помощь оператору может оказать наличие советующей системы, которая автоматически сможет распознать аварию и сообщить об этом оператору, понятно, что окончательное решение проблемы остается за оператором. Сегодня на производстве, ни в России, ни за рубежом, не существует подобной системы, и ее создание является актуальной задачей. Сложность создания системы распознавания аварийных ситуаций обусловлена несколькими причинами, главной из которых является, пожалуй, наличие неучтенных при ее проектировании факторов и внешних возмущений. Устранить эту проблему можно только путем всесторонней отработки каждой аварии на тренажере (компьютерной модели процесса) при условии моделирования разнообразных влияющих на поведение процесса факторов и возмущений. Очевидно также, что система распознавания аварий должна строиться на тех же принципах, которые лежат в основе рассуждений оператора при анализе аварийности процесса. В системе эта логика должна формализоваться в математическую модель рассуждений с использованием теории нечетких множеств. Знания оператора о признаках аварийных ситуаций должны являться основой для автоматической идентификации аварийной ситуации [2].

В основе построения системы целесообразно использовать нечеткую логику (FuzzyLogic), предметом которой является исследование рассуждений в условиях нечёткости (размытости). Поскольку эта отрасль знаний относится к искусственному интеллекту, система распознавания аварий называется интеллектуальной.

Построение интеллектуальной системы распознавания аварий осуществляется в несколько этапов [2]:

1. Из анализа технологического процесса определяются инциденты или аварии технологического процесса, называемые множеством ситуаций. Каждая ситуация характеризуется значениями нечеткого k -мерного множества признаков $P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$, включающего подмножества наблюдаемых переменных

процесса и скоростей изменения этих переменных (темпов переменных). Каждый признак p_i ($i \in \{1, 2, \dots, k\}$) описывается лингвистической переменной вида: $\langle \beta_i, B_i, D_i \rangle$, где β_i – обозначение признака, $B_i = \{B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im}\}$ – m -мерное множество термов лингвистической переменной i -го признака с функциями принадлежности $\mu_{B_{ij}}(p_i)$ ($j \in \{1, 2, \dots, m\}$), D_i – базовое множество признака (диапазон шкалы признака p_i).

Термы для каждой из наблюдаемых переменных процесса задаются множеством из пяти элементов: $B = \{\text{"аварийный низкий"} (LL), \text{"низкий"} (L), \text{"нормальный"} (O), \text{"высокий"} (H), \text{"аварийный высокий"} (HH)\}$. Функции принадлежности множества термов задаются непрерывными трапецеидальными функциями на базовом множестве D . Для их построения используются данные норм технологического режима переменных процесса. Диапазон оптимальных значений переменной определяет значения границ функции принадлежности терма "нормальный", диапазон допустимых пределов переменной – значения границ функций принадлежности термов "низкий" и "высокий", а диапазон шкалы прибора, измеряющего значение переменной, определяет значения границ функций принадлежности крайних (аварийных) термов. Термы скоростей изменения переменных процесса задаются множеством из трех элементов: $B = \{\text{"отрицательная"} (N), \text{"нулевая"} (O), \text{"положительная"} (P)\}$.

2. Любой аварийной ситуации или инциденту ставятся в соответствие те или иные термы каждого признака. Такое сопоставление удобно реализовать в табличном виде. В заголовки строк таблицы записываются аварии и инциденты, в заголовки столбцов – имена признаков (переменных процесса и скоростей переменных), а в ячейки таблицы заносятся названия термов признаков. Для некоторых аварий таблица может быть заполнена по данным технологического регламента установки, в котором указаны опознавательные признаки аварий. Для других аварий это может сделать эксперт, который на основе знаний о поведении процесса при авариях формулирует нечеткие продукционные правила вида:

ЕСЛИ p_1 есть B_{11} **И** ... **И** p_k есть B_{k1} ,

ИЛИ/И ...,

ЕСЛИ p_1 есть B_{1m} **И** ... **И** p_k есть B_{km} , **ТО** s_1 есть «**АВАРИЯ №1**».

Либо аварийная ситуация моделируется на тренажере, и результаты реакции модели объекта на аварию заносятся в таблицу. Данные с компьютерного тренажера могут быть использованы только в том случае, если выполняются условия критерия адекватности тренажерной модели реальному процессу [2].

Обычно аварии и инциденты протекают так, что переменные процесса не принимают установившихся значений, а продолжают изменяться довольно длительное время. Например, разгерметизация крышки люка емкости, содержащей сжиженные углеводородные газы, приводит к тому, что давление и уровень в емкости начинают падать, причем это падение может длиться несколько часов.

Поэтому нельзя указать конкретные значения давления и уровня, при которых аварию можно идентифицировать. Опознавательными признаками аварии служат отрицательные скорости изменения давления и уровня, значения же скоростей зависят от размера прорыва и заранее не известны. Значения функций принадлежности термов "отрицательная" для скоростей давления и уровня должны быть равны единице при любых значениях скоростей, тогда они смогут служить опознавательными признаками аварии, поэтому функции принадлежности заданы трапецеидальными функциями с единичным порогом.

3. Ситуация, в которой находится технологический процесс в текущий момент времени, называется текущей и обозначается со штрихом. Текущая ситуация переводится в нечеткий вид путем вычисления значений функций принадлежности каждого признака в соответствии с выражением:

$$\text{для } p'_i : \mu_{B_{i1}}(p'_i), \mu_{B_{i2}}(p'_i), \dots, \mu_{B_{im}}(p'_i).$$

4. Текущая ситуация сравнивается с каждой из аварийных путем вычисления степени нечеткого равенства между соответствующими их признаками по формуле: $v(p'_i, p_i) = \min_j (\mu_{B_{ij}}(p'_i) \leftrightarrow \mu_{B_{ij}}(p_i))$, где

$$\mu_{B_{ij}}(p'_i) \leftrightarrow \mu_{B_{ij}}(p_i) = \min \left[\max \left(1 - \mu_{B_{ij}}(p'_i), \mu_{B_{ij}}(p_i) \right), \max \left(\mu_{B_{ij}}(p'_i), 1 - \mu_{B_{ij}}(p_i) \right) \right],$$

а затем по всему множеству признаков: $v(s', s) = \min_i (v(p'_i, p_i))$.

5. Проверяется условие критерия распознавания аварии, как превышение значения степени нечеткого равенства между текущей ситуацией и одной из аварийных заданного порога t в течение определенного промежутка времени. Критерием распознавания аварийной ситуации служит выражение: $v(s', s) \geq t$. Значение порога принимается равным $t = 0,8$.

Система может использоваться в компьютерном тренинге операторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов / В.М. Дозорцев. – М.: СИНТЕГ, 2009. – 372 с.
2. Благодарный Н.С. Интеллектуальная система поддержки компьютерного тренинга // Вестник АнГТУ. Ангарск: АнГТУ. – 2016. – № 10. – С. 136-143.
3. Благодарный Н.С., Колмогоров А.Г., Кривов М.В., Кобозев В.Ю. Критерий адекватности тренажерной модели. // Автоматизация в промышленности. – 2010. – №7. – С. 59-65.