

В дальнейшем алгоритм решения задачи сводится к следующему.

1. Удаления из универсального множества решений, заранее являющихся не удовлетворительными (к примеру, решение содержащее все 0).
2. Вычисление функции принадлежности оставшихся комбинаций решений.
3. Выбор оптимального решения.

На третьем шаге решается задача определения необходимого количества новых образовательных заведений, данная задача решается аналогично предыдущей с применением метода слияния целей и ограничений.

На четвертом шаге решается задача районирования, то есть наиболее оптимального выбора расположения образовательных учреждений, с помощью метода ранжирования.

Литература

1. Основные положения Стратегии экономического развития Мурманской области на период до 2015 года / <http://gov.murman.ru/strategy>
2. Васильев В. Н. и др. Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России // Сб. докл. по материалам Всероссийской научно-практической Интернет-конференции. Петрозаводск, 2004. Кн. 1. С. 62–86.
3. Лексиков А. Н., Олейник А. Г. Моделирование региональной системы профессионального образования // Вторая Междунар. конф. «Системный анализ и информационные технологии» САИТ-2007 (10–14 сентября 2007 г., г. Обнинск, Россия): в 2 т. Т. 1. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. С. 274–276.
4. Борисов А. Н. Принятие решений на основе нечетких моделей // Борисов А. Н., Крумберг О. А., Федоров И. П. Примеры использования. Рига: Зинатне, 1990. 184 с.
5. Вороновский Г. К. и др. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. Харьков: Основа, 1997. 212 с.
6. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.

Количественная оценка безопасности функционирования технологического процесса

А. Г. Кулаков¹, П. В. Кузнецов¹, П. Н. Евшин²

¹ Кольский филиал Петрозаводского университета, г. Апатиты

² ОАО «Апатит», г. Кировск

1. Область безопасности функционирования технологического процесса

Функционирование любого технологического процесса можно рассматривать как некоторую последовательность смены состояний, полученных в результате действия на процесс как возмущающих, так и управляющих воздействий [1].

Рассмотрим задачу управления технологическим процессом как динамической системой [2].

Пусть

X — конечное множество возможных состояний этой системы;

U — конечное множество возможных значений управляющего параметра.

Состояние системы характеризуется набором технологических параметров $X = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$. Изменение значений параметров p_i , $i = \overline{1, n}$, приводит к изменению состояния системы x [2].

Состояния системы и значение управления в момент времени t , ($t = 0, 1, \dots, t_K$), будем обозначать x_t и u_t соответственно. Функционирование системы, т. е. ее переходы из состояния в состояние, описывается системой уравнений состояния

$$x_{t+1} = f(x_t, u_t), \quad t = 0, 1, \dots, t_K. \quad (1)$$

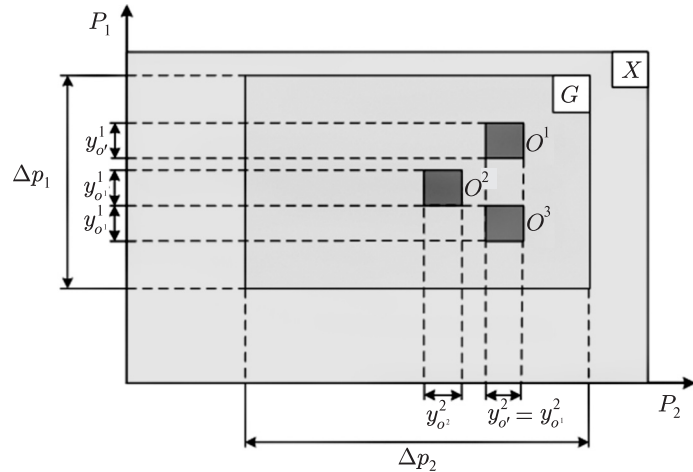


Рис. 1. Геометрическая интерпретация области технологической безопасности процесса

Как правило, функционирование технологического процесса протекает в определенных режимах, характеризующихся определенным диапазоном изменения параметров процесса Δp_i , $i = \overline{1, n}$. То есть на состояние технологического процесса накладываются ограничения. Выход за рамки этих ограничений означает появление внештатной ситуации, связанной с нарушением технологического регламента. Таким образом, данные ограничения выделяют в пространство возможных состояний подмножество регламентных (безопасных) состояний процесса G , $G \subseteq X$.

Во множестве регламентных состояний процесса G можно выделить некоторую область O , в которой функционирование технологического процесса является наиболее благоприятным, т. е. достигается наибольшая эффективность протекания процесса, оборудование подвергается наименьшему износу, ущерб, наносимый окружающей среде — минимален. Такую область функционирования технологического процесса будем называть областью технологической безопасности процесса. На рис. 1 представлена геометрическая интерпретация выделения области технологической безопасности, для процесса, состояние которого описывается значениями двух параметров p_1 и p_2 .

В результате действия не компенсируемых возмущений (например, изменение качества сырья) диапазон значений параметров y_O^i , $i = \overline{1, n}$, определяющий область технологической безопасности, может измениться,

образуя тем самым новую область технологической безопасности (области O^1, O^2, O^3 на рис. 1).

Для определения области технологической безопасности функционирования процесса использовалась методика [3], которая основывается на том, что информация о состояниях процесса, на основе которой принимается решение о выборе области безопасности, представляется в виде нечеткого отношения предпочтения во множестве альтернатив.

2. Центр технологической безопасности. Количественная оценка безопасности протекания технологического процесса

Пусть состояние технологического процесса описывается множеством технологических параметров $X = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$. Набор значений параметров, описывающих состояние в некоторый момент времени, назовем ситуацией [4].

При описании возможных ситуаций, эксперту наиболее удобно пользоваться словесными значениями параметров. Для формализации такого представления используется понятие лингвистической переменной, которая задается на некоторой количественной шкале и принимает значения являющиеся словами естественного языка. Такие переменные служат для качественного, словесного описания некоторой количественной величины, с их помощью формализуется качественная информация, представленная в словесной форме [2].

Поставим в соответствие каждому параметру технологического процесса лингвистическую переменную $\langle \beta_i, E_i, D_i \rangle$, где:

β_i — название лингвистической переменной;

$E_i = \{E_i^1, E_i^2, \dots, E_i^{M_i}\}$ — терм-множество лингвистической переменной β_i ;

D_i — базовое множество лингвистической переменной β_i .

Каждому элементу терм-множества E_i ставится в соответствие своя функция принадлежности, например, сигмоидного типа (рис. 2).

Для описания термов E_i^j , соответствующих значениям β_i , используются нечеткие переменные, то есть каждый терм описывается нечетким множеством в базовом множестве данной лингвистической переменной.

Значение параметра p_O^i из интервала y_O^i , соответствующего области технологической безопасности процесса, для которого

$$\mu_{E_i}(p_O^i) = \max_{p_i \in y_O^i} \mu_{E_i}(p_i), \quad (2)$$

называется i -ой координатой центра технологической безопасности.

множество назовем нечеткой ситуацией [1]. То есть нечеткой ситуацией является множество, состоящее из лингвистических переменных представляющих параметры технологического процесса.

Дадим формальное определение «нечеткой» ситуации [5]. Пусть $X = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ — множество параметров значениями, которых описывается состояние процесса. Каждый параметр P_i описывается соответствующей лингвистической переменной $\langle \beta_i, P_i, D_i \rangle$.

Нечеткой ситуацией \tilde{S} называется нечеткое множество второго уровня:

$$\tilde{S} = \{ \langle \mu_S(p_i) / P_i \rangle \}, \quad P_i \in X, \quad (5)$$

где

$$\mu_S(p_i) = \{ \langle \mu_{\mu_S(p_i)}(E_j^i) / E_j^i \rangle \}, \quad j = 1 \dots M_i, \quad i = 1 \dots n.$$

В качестве меры близости между текущей ситуацией \tilde{S}^* , характеризующей рабочую точку процесса, и ситуацией \tilde{S}_O , соответствующей центру технологической безопасности процесса, рассматривается два критерия: степень нечеткого включения и степень нечеткого равенства. Эти понятия базируются на определении степени нечеткого включения и степени нечеткого равенства нечетких множеств [5].

Например, пусть

$$\tilde{S}_i = \{ \langle \mu_{S_i}(p) / P \rangle \} \quad \text{и} \quad \tilde{S}_j = \{ \langle \mu_{S_j}(p) / P \rangle \}, \quad P \in X$$

есть некоторые нечеткие ситуации.

Степень включения ситуации \tilde{S}_i в ситуацию \tilde{S}_j определяется выражением:

$$\nu(\tilde{S}_i, \tilde{S}_j) = \& \nu(\mu_{S_i}(p), \mu_{S_j}(p)), \quad (6)$$

где

$$\nu(\mu_{S_i}(p), \mu_{S_j}(p)) = \&_{E_k} (\mu_{\mu_{S_i}(P)}(E_k) \rightarrow \mu_{\mu_{S_j}(P)}(E_k)),$$

$$\mu_{\mu_{S_i}(P)}(E_k) \rightarrow \mu_{\mu_{S_j}(P)}(E_k) = \max \{ 1 - \mu_{\mu_{S_i}(P)}(E_k), \mu_{\mu_{S_j}(P)}(E_k) \}.$$

Ситуация \tilde{S}_i нечетко включается в \tilde{S}_j , $\tilde{S}_i \subseteq \tilde{S}_j$, если степень включения \tilde{S}_i в \tilde{S}_j не превышает некоторого порога включения t_{inc} , определяемого условиями управления, то есть

$$nu(\tilde{S}_i, \tilde{S}_j) \geq t_{inc}.$$

Другими словами, ситуация \tilde{S}_i нечетко включается в ситуацию \tilde{S}_j , если нечеткие значения признаков ситуации \tilde{S}_i нечетко включаются в нечеткие значения соответствующих признаков ситуации \tilde{S}_j . Фиксация порога включения в некоторой точке зависит от особенностей объекта управления, требований к качеству управляющих решений и т. д.

Если множество текущих ситуаций \tilde{S} содержит такие ситуации \tilde{S}_i и \tilde{S}_j , что \tilde{S}_i нечетко включается в \tilde{S}_j , а \tilde{S}_j нечетко включается в \tilde{S}_i , то ситуации \tilde{S}_i и \tilde{S}_j нужно воспринимать как одну ситуацию. Это означает, что при данном пороге включения t_{inc} ситуации \tilde{S}_i и \tilde{S}_j примерно одинаковы. Такое сходство ситуаций называется нечетким равенством, при этом степень нечеткого равенства равна:

$$\mu(\tilde{S}_i, \tilde{S}_j) = \nu(\tilde{S}_i, \tilde{S}_j) \& \nu(\tilde{S}_j, \tilde{S}_i). \quad (7)$$

Таким образом, для определения индекса безопасности текущего состояния процесса необходимо сравнить на нечеткое равенство входную нечеткую ситуацию \tilde{S}^* с нечеткой ситуацией, которая характеризует центр безопасности \tilde{S}_O [5]. При этом степень их нечеткого равенства будем называть индексом безопасности технологического процесса [5]:

$$In(\tilde{S}^*) = \nu(\tilde{S}^*, \tilde{S}_O) \& \nu(\tilde{S}_O, \tilde{S}^*), \quad (8)$$

где $In(\tilde{S}^*)$ — индекс безопасности текущего состояния технологического процесса.

Заметим, что индекс безопасности достигает своего максимального значения при совпадении рабочей точки процесса с центром технологической безопасности

$$In(\tilde{S}_O) = 1.$$

При удалении рабочей точки процесса от ЦТБ индекс безопасности уменьшается. При выходе рабочей точки из области регламентного (безопасного) состояния, либо при достижении одной из границ этой области

$$In(\tilde{S}^*) = 0.$$

При такой оценке безопасности процесса в области регламентного (безопасного) состояния можно выделить область технологической безопасности следующим образом. Процесс протекает в области технологической безопасности, если его индекс безопасности не превышает некоторой величины b ($b \in [0, 1]$) называемой границей технологической безопасности процесса

$$In(\tilde{S}^*) \geq b. \quad (9)$$

Литература

1. Ситуационное управление технологическими процессами на примере выпарной установки производства хлора и каустика / В. Н. Богатиков, И. Б. Мартыненко, С. В. Охота, Н. А. Тоичкин // Информационные технологии в региональном развитии. Апатиты, 2004. Вып. IV.

2. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука. Глав. ред. физ-мат. лит., 1981. 208 с.
3. Богатиков В. Н., Тоичкин Н. А. Алгоритм определения центра безопасности для оценки состояния // Информационные технологии в региональном развитии. Апатиты, 2005. Вып. V.
4. Богатиков В. Н., Тоичкин Н. А. К вопросу определения центра безопасности технологического процесса // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Тр. 13-й междунар. конф., г. Москва. М.: ИПУ РАН, 2005.
5. Богатиков В. Н., Тоичкин Н. А. Определение индекса безопасности технологического процесса для целей управления безопасностью // Информационные технологии в региональном развитии. Апатиты, 2005. Вып. V.

Итеративный алгоритм ситуационного управления технологическим процессом

А. Г. Кулаков¹, И. Н. Морозов¹, А. Е. Колесник²

¹ Кольский филиал Петрозаводского университета, г. Апатиты

² ОАО «Апатит», г. Кировск

Рассмотрим некоторый технологический процесс, для которого определен центр технологической безопасности \tilde{s}_0 , т. е. область функционирования процесса, в которой значения технологических параметров процесса P находятся в заданном диапазоне [1].

Пусть в начальный момент времени t_0 рабочей точке процесса соответствует ситуация \tilde{s}^0 , $s \in S$, характеризуемая состоянием процесса x^0 , $x \in X$. И пусть имеем однозначное отображение $f: X \times U \rightarrow X$ — модель объекта управления.

Где S — множество возможных ситуаций;

X — множество возможных состояний процесса;

U — множество возможных значений управляющих параметров.

Вектор управления $\vec{u} = \langle u_1, u_2, \dots, u_m \rangle$ переводит технологический процесс из одного состояния в другое. Причем такое функционирование системы, т. е. ее переходы из состояния в состояние, описывается системой уравнений состояния [1]

$$x_t = f(x_{t-1}, u_{t-1}), \quad t \in [t_0, t_K].$$

Состоянию процесса (т. е. определенному набору технологических параметров) в любой момент времени x_t , $t = 0, 1, \dots, t_K$ будет соответствовать ситуация \tilde{s}^t .

Задача управления технологическим процессом заключается в том, чтобы определить такой вектор управления процессом \vec{u}_D , который переводит рабочую точку процесса \tilde{s}^* в область технологической безопасности. Другими словами, задача управления технологическим процессом