

мость материала, которая значительно влияет на качество выделанной кожи. Таким образом, можно сделать вывод, что кожа карпа не только не уступает коже осетра, являющейся более дорогостоящей и мало распространенной в нашей географической области, но и превосходит ее по ряду показателей.

Говоря о перспективах промышленного использования шкур прудовых рыб, хотелось отметить, что внедрение технологии рыбных кож позволит увеличить коэффициент использования рыбных ресурсов на 5-7 %, а также снизить себестоимость выпускаемой продукции. Практика показывает, что сегодня кожи пресноводных рыб можно перерабатывать в кожевенное сырье, пользующееся спросом на мировом рынке, ведь рыба кожа отличается прочностью, эластичностью, водонепроницаемостью, легко окрашивается, хорошо сохраняется и при хорошей выделке имеет элегантный внешний вид.

На основе полученных результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. Одним из преобладающих компонентов в составе кожи является белок, количество которого составляет 16,5% и 18,2% для толстолобика и белого амура соответственно.

2. Для получения дубленного кожевенного полуфабриката целесообразно применять ферментные препараты протеолитического и липолитического действия (коллагеназа, протосубтилин ГЗх, липаза), которые использовали с целью удаления балластных компонентов, сокращения продолжительности технологического процесса, а также для придания кожевенному полуфабрикату необходимых высоких прочностных и эксплуатационных свойств.

3. Микроструктурный анализ доказал наличие в кожах рыб коллагеновых структур, обеспечивающих высокие физико-механические показатели выделанных кож.

4. В ходе эксперимента были определены прочностные показатели кож прудовых рыб, подтверждающие целесообразность использования последних в качестве сырьевых ресурсов для получения полуфабриката, природного для кожевенной промышленности при изготовлении изделий мелкой галантереи, а также верха обуви и одежды: прочность при разрыве – 8 МПа, сопротивление раздиру – 40 кН/м, относительное удлинение – 70%, твердость – 52%, эластичность – 8%.

Материалы Общероссийских заочных электронных научных конференций, 15-20 октября 2009 г.

Автоматизированные системы управления непрерывными технологическими процессами

О ПОСТРОЕНИИ НЕЧЕТКОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Еременко Ю.И., Уварова Л.В.

*Старооскольский технологический институт
Старый Оскол, Россия*

Методы построения автоматических систем управления, как правило, основаны на использовании строгих математических моделей объекта. Однако, для определенной части объектов управления, построение точных математических моделей практически невозможно ввиду плохой формализуемости, к тому же, эти объекты могут функционировать в среде, свойства которых изменяются или вообще не могут быть определены заранее. К таким объектам можно отнести станции систем водоотведения, так как процессы водоотведения являются производными, как от процессов водопотребления, так и от процессов образования атмосферных осадков и аварийных подтоплений. В этих условиях зачастую неприемлемы традиционные детерминированные и статистические подходы к построению и идентификации математических моделей. Один из перспективных путей преодоления отмеченных трудностей заключается в привлечении качественной информации в виде словесного описания

при сборе и оценке измеряемых параметров, анализе связей и принятия решений. При построении математической модели качественную информацию, заданную набором терминов, необходимо формализовать, т.е. представить в виде математических объектов.

В условиях нашего применения сосредоточим основное внимание на нечеткой разностной модели, построенной на базе нечетких моделей Такаги (Takagi), Сугено (Sugeno), Канга (Kang) и именуемой TSK моделью [4].

При построении нечеткой разностной TSK-модели необходимо учитывать следующие условия работы насосной станции водоотведения [3]:

- управляющими переменными являются напряжения переменного тока $u_i(t)$, $i = 1, 2, 3$, подводимые к насосным агрегатам. Каждое i -ое управление, включает или отключает i -ый насосный агрегат. Входной вектор $x(t) = (x_1(t) \dots x_m(t))$ учитывает векторы управления с компонентами $u(t-1) \dots u(t-s)$;

- управления действуют с запаздыванием от трех и до шести минут, которые учитываются инерционностью объекта. В схеме модели элементы запаздывания обозначим ЭЗ₁;

- выходной переменной $y(t)$ является уровень жидкости в приемном резервуаре;

• заданный уровень $y^0(t)$ может служить косвенным показателем нестационарности объекта. которой не требуется знание выхода $y(t-1), \dots, y(t-r)$ на $t \in [1, T]$.

Запишем продукционные правила нечеткой динамической модели с обратной связью, для

$$R^\theta: \text{если } \hat{y}(t-1) \text{ есть } Y_1^\theta, \dots, \hat{y}(t-r) \text{ есть } Y_r^\theta, u(t) \text{ есть } U_0^\theta, \dots, u(t-s) \text{ есть } U_s^\theta, \text{ то} \\ y^\theta(t) = a_0^\theta + \sum_{l=1}^r a_l^\theta \hat{y}(t-l) + \sum_{l=0}^s b_l^\theta u(t-l), \theta = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где $\hat{y}(t-1), \dots, \hat{y}(t-r)$ – рассчитанные по нечеткой модели значения выхода в моменты времени $t-1, \dots, t-r$.

Введем новые обозначения переменных $x_1(t) = \hat{y}(t-1), x_2(t) = \hat{y}(t-2), \dots, x_m(t) = u(t-s)$, образующих входной вектор

$$x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)) = (\hat{y}(t-1), \hat{y}(t-2), \dots, u(t-s)), m = r+s+1,$$

нечетких множеств $X_1^\theta = Y_1^\theta, X_2^\theta = Y_2^\theta, \dots, X_m^\theta = U_s^\theta$ и коэффициентов линейных уравнений $c_0^\theta = a_0^\theta, c_1^\theta = a_1^\theta, c_m^\theta = b_s^\theta$, позволяющие переписать (1) в более компактном виде

R^θ : если $x_1(t)$ есть $X_1^\theta(t), \dots, x_m(t)$ есть X_m^θ , то

$$y^\theta(t) = c_0^\theta + \sum_{j=1}^m c_j^\theta x_j(t) \quad (2)$$

Нечёткие множества $X_1^\theta, \dots, X_m^\theta$ в правилах (2) имеют соответствующие функции принадлежности $X_1^\theta(x_1(t)), \dots, X_m^\theta(x_m(t))$. На рис. 1 показана структура нечеткой модели с обратной связью, оснащенная элементами запаздывания ЭЗ_l

на l тактов $l=1,2,\dots$ и процедурами фазификации, нечеткого вывода и дефазификации [1,2].

В блоке фазификации *Fuz* (Fuzzyfication) значения переменных $x_1(t), \dots, x_m(t)$ преобразуются в матрицу

$$X = \begin{bmatrix} X_1^1(x_1, d_1^1) & X_2^1(x_2, d_2^1) & \dots & X_m^1(x_m, d_m^1) \\ X_1^2(x_1, d_1^2) & X_2^2(x_2, d_2^2) & \dots & X_m^2(x_m, d_m^2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_1^n(x_1, d_1^n) & X_2^n(x_2, d_2^n) & \dots & X_m^n(x_m, d_m^n) \end{bmatrix}$$

с элементами $X_i^\theta(x_i, d_i^\theta) \in [0,1]$, представляющими результаты расчета соответствующих функций принадлежности при задании переменных x_i и параметров d_i^θ .

В блоке нечеткого вывода *FI* (Fuzzy Inference) вычисляется величина истинности θ – го правила

$$w^\theta = X_1^\theta(x_1, d_1^\theta) \oplus X_2^\theta(x_2, d_2^\theta) \oplus \dots \oplus X_m^\theta(x_m, d_m^\theta)$$

и нечеткая функция

$$\beta^\theta = w^\theta / (w^1 + w^2 + \dots + w^n), \theta = \overline{1, n},$$

где $\oplus \in \{\cdot, \max, \min, \dots\}$ операция алгебраического умножения ($\cdot$), определения максимума ($\max$) или минимума ($\min$) и др.

В блоке дефазификации *Def* (*Defuzzification*) определяется конкретное значение выхода $\hat{y}(t)$ по формуле

$$\hat{y}(t) = \sum_{\theta=1}^n \beta^{\theta} \cdot y^{\theta}(t), \quad (3)$$

где $y^{\theta} = c_0^{\theta} + \mathbf{x}^T \mathbf{c}^{\theta}$, $\theta = \overline{1, n}$ – разностное уравнение; $\mathbf{c}^{\theta} = (c_1^{\theta}, c_2^{\theta}, \dots, c_m^{\theta})^T$ – вектор коэффициентов.

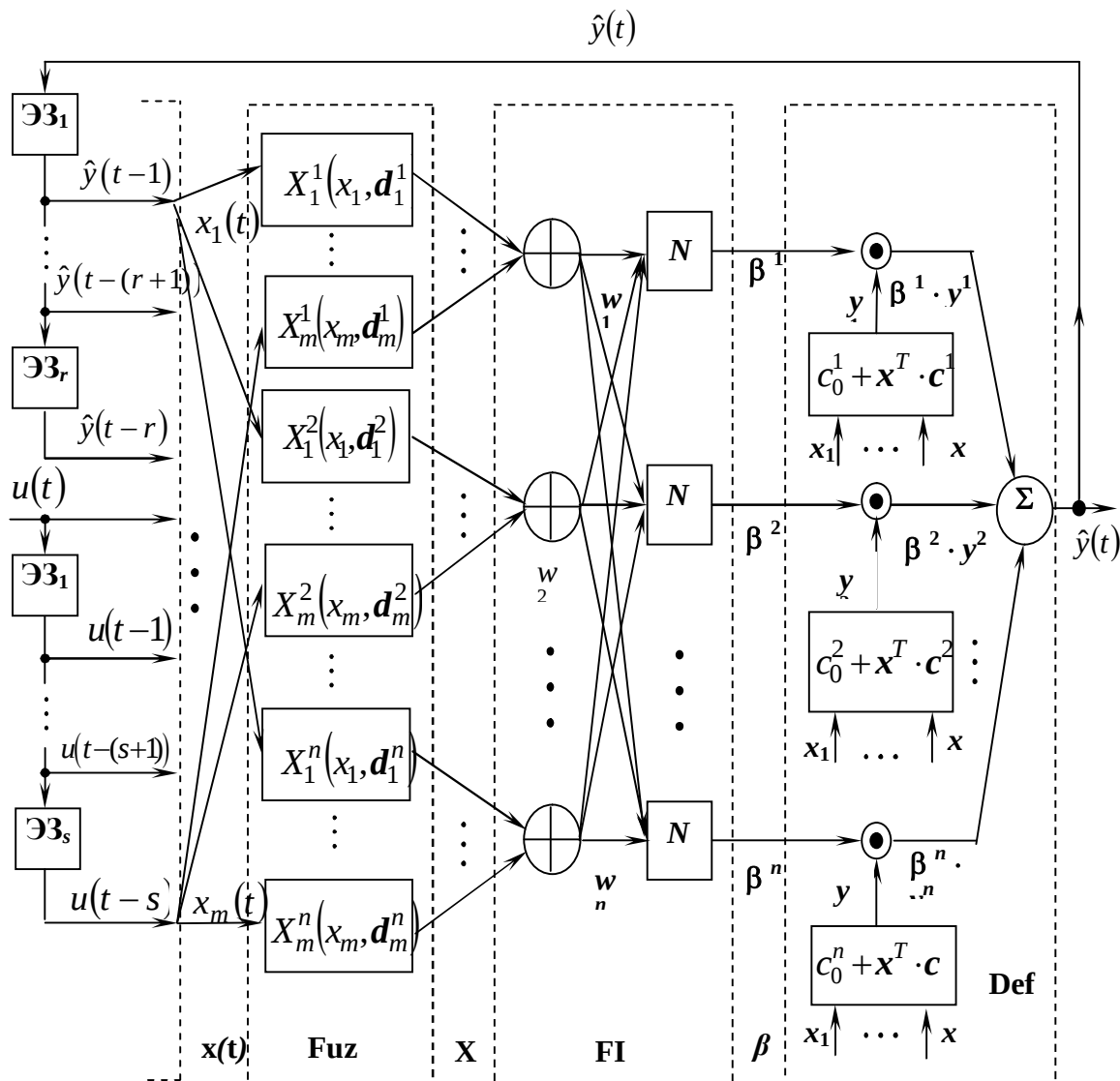


Рис. 1. Структура нечеткой динамической модели

В качестве выражения, реализующего нечеткий вывод, целесообразно использовать произведение Ларсена

$$w^{\theta}(t) = X_1^{\theta}(x_1(t)) \cdot X_2^{\theta}(x_2(t)) \cdot \dots \cdot X_m^{\theta}(x_m(t)), \quad (4)$$

сохраняющее непрерывность нечеткой TSK – модели относительно параметров функций принадлежности.

Продолжая преобразования, заменим $y^{\theta}(t)$ на $c_0^{\theta} + c_1^{\theta} x_1(t) + \dots + c_m^{\theta} x_m(t)$

$$y^\theta(t) = \sum_{\theta=1}^n (c^\theta)^T \tilde{x}^\theta(t), \quad (5)$$

где $(c^\theta)^T = (c_0^\theta, c_1^\theta, \dots, c_m^\theta)$ – вектор коэффициентов линейного уравнения θ – го правила; $\tilde{x}^\theta(t) = (\beta^\theta(t), \beta^\theta(t)x_1(t), \dots, \beta^\theta(t)x_m(t))^T$ – расширенный входной вектор θ – го правила, содержащий нелинейную нечеткую функцию $\beta^\theta(t, d^\theta)$.

Таким образом, формула (3) – является аналитическим выражением TSK – модели со структурой учитывающей условия работы насос-

ной станции водоотведения, изображенной на рис. 1.

По аналогии с (1) нечеткую разностную TSK – модель динамики гидравлических процессов насосной станции водоотведения запишем в виде продукционных правил, которые определяют выход $\hat{y}(t)$:

$$R^\theta : \text{если } \hat{y}(t-1) \text{ есть } Y_1^\theta, \dots, \text{если } \hat{y}(t-r) \text{ есть } Y_r^\theta \\ \text{то } y^\theta(t) = a_0^\theta + \sum_{l=1}^r a_l^\theta \hat{y}_i(t-l) + \sum_{l=3}^6 b_l^\theta u_i(t-l), \quad \theta = \overline{1, n}, \quad (6)$$

Нечеткие множества Y_i^θ , характеризуются колоколообразными функциями принадлежности $Y_i^\theta(y_i, d_i^\theta)$, зависящими от шести компонентов вектора d_i^θ . Входные управляющие переменные $u_i(t-l)$ принимают два значения 0 или 1 и действуют с запаздыванием $l = \overline{3, 6}$. Величина порядка r , должна быть ограниченной, в противном случае резко возрастает размер правил и, соответственно, объем, и громоздкость вычислений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудинов Ю.И., Венков А.Г., Келина А.Ю. Моделирование технологических и экологиче-

ских процессов (монография). – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 131 с.

2. Кудинов Ю.И., Венков А.Г., Тянутова С.А., Кудинова Л.И. Построение нечеткой динамической модели // Сборник научных трудов Международного научно-практического семинара «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». – М.: Наука, 2001. – С. 293 – 298.

3. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздушных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006. 360 с. ил.

4. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control // IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, 1985. – V. SMC – 15. – P. 116-132.

Кибернетика

ДРЕВОВИДНЫЕ ГРАММАТИКИ

Бельтюков А.П., Тетерин А.Н.

Удмуртский государственный университет
Ижевск, Россия

Предлагается альтернатива грамматикам Хомского, покрывающим все возможные классы языков на основе определения языка как дерева объектов, в узлах которого находятся грамматики и атрибуты. Атрибуты определяются функциями, принадлежащими правилам грамматики.

Будем считать, что синтаксические предметы состоят из некоторых объектов. Каждый объект может быть построен из других объектов и связей между ними, которые можно считать дополнительными знаками. Эти связи не обязательно выделять как самостоятельные объекты. Эта структура может продолжаться, неограни-

ченно опускаясь вниз в раскрытии объектов, так и поднимаясь вверх и объединяя одни объекты с другими с помощью связей – дополнительных знаков.

В соответствии с традицией, упомянутые дополнительные знаки мы будем называть *терминальными символами*, а названия объектов – *нетерминальными символами*.

Будем придерживаться следующего главного правила таких описаний: нельзя определять объект через самого себя.

Язык определяется деревом объектов, в листьях которого находятся терминальные символы. Это так называемое «дерево описания данных» (ДОД). В процессе анализа входной цепочки ей ставится в соответствие другое дерево объектов – «дерево данных» (ДД). Дерево описания данных – единственно для одного языка и одно-