

ПРИНЦИПЫ АДАПТАЦИИ НА ОДНОРОДНЫХ СТРУКТУРАХ

А.В.Вейц

(Москва)

Построение адаптивных автоматических устройств включает в себя в качестве ведущей проблемы определение механизмов, обеспечивающих целесообразность функционирования таких устройств при минимальной начальной информации, и самовосстановление нарушенных функций при выходе из строя некоторого количества элементов. Основное требование к адаптивным устройствам заключается в возможности изменения алгоритма работы за счет автоматической перестройки их функциональной структуры при неизменной физической структуре.

В этом смысле однородные среды могут оказаться наиболее эффективными. Изотропность однородных сред позволяет на одной и той же постоянной структуре строить любую конфигурацию проводящих межэлементных соединений, соответствующую выполняемому алгоритму.

В настоящем докладе излагаются некоторые общие принципы построения адаптивных систем (АС), связанные с принципом наименьшего возбуждения (ПНВ) [1], который, на наш взгляд, наилучшим образом может быть реализован на однородных структурах. Основная концепция ПНВ заключается в том, что алгоритм функционирования одного элемента или объединенной группы элементов выражается в минимизации потока поступающей афферентации. При этом, решая свои частные задачи снижения приходящего возбуждения, работающие центры порождают целесообразность функционирования всей системы в целом.

Построение АС, следовательно, включает в себя две пробле-

мы: 1). определение механизма минимизации внешней афферен-
тации на элементах однородной структуры и 2) организацию функ-
циональной взаимосвязи этого механизма с выполнением задан-
ной программы.

Будем рассматривать структуру, представляющую собой плос-
кую матрицу, составленную из одинаковых элементов, каждый из
которых имеет симметричные связи с 1 -соседними элементами. В
начальный момент проводимость этих связей равна нулю.

Элемент такой структуры представляет собой пороговое уст-
ройство с 1 входами, обладающее свойствами пространственной
суммации, рефрактерности, спонтанности и способное переходить
из нормального режима работы в перевозбужденное состояние с
пониженной частотой выходящих сигналов.

Условием возбуждения одного элемента является выполнение
неравенства

$$\rho + u \geq Q, \quad (I)$$

ρ - суммарный входной сигнал, зависящий от числа активиро-
ванных входов элемента;

u - внутренний потенциал элемента [2],

$$u = f(\tau),$$

где τ - время, отсчитанное от последнего срабатывания. Ве-
личина τ характеризует восстановительные режимы в элементе
(рис.1).

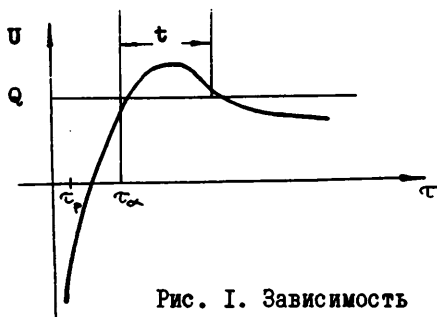


Рис. 1. Зависимость $u = f(\tau)$.

При $\tau < \tau_r$ элемент находится в рефрактерном состоянии. Время
 τ_α соответствует началу спонтанного возбуждения, имеющему
длительность t_α и повторяющемуся с периодом T_α .

Q - порог срабатывания.

Возбужденный элемент может находиться в одном из двух состояний: нормальном (n_0) и перевозбужденном (n_1). В нормальном состоянии на выходе элемента повторяются серии импульсов с частотой f_0 , являющейся функцией максимальной частоты приходящих сигналов f_{pmax} .

При длительном или многократно повторяющемся внешнем возбуждении элемент не успевает восстанавливать значение внутреннего потенциала и частота его выходных импульсов резко падает (рис.2).

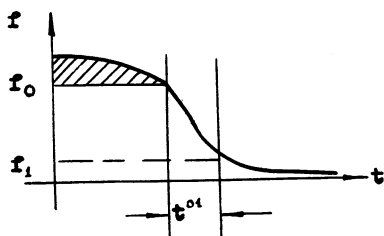


Рис. 2.

В этом режиме элемент находится в перевозбужденном состоянии, представляющем особый интерес, поскольку именно оно является начальной фазой образования проводящих связей между определенными группами одновременно работающих элементов. Величина $t^{0.1}$, характеризующая скорость

перехода из состояния n_0 в n_1 , обратно пропорциональна интенсивности приходящих сигналов и зависит от значения порога Q .

Перевозбужденный элемент может устанавливать проводящую связь с одним или несколькими из соединенных с ним элементами, если последние находятся в состоянии n_0 , или спонтанно возбуждены (n_α). Следствием образования такой связи является перевод перевозбужденного элемента в рефрактерный режим с полным восстановлением внутреннего потенциала.

Элементы структуры имеют только возбуждающие выходы и поэтому не могут оказывать друг на друга тормозящее воздействие. Эту функцию выполняют Φ -элементы, имеющие свойства частотных фильтров и введенные в решетку основной структуры. На вход

Φ -элемента поступают частотно-импульсные сигналы от связанных с ним возбужденных элементов. При возникновении разности входных частот $f_0 - f_1$ (или $f_\alpha - f_1$) Φ -элемент срабатывает, включая связь ε_{10} (или $\varepsilon_{1\alpha}$) и подавая сигнал на тормозящий вход перевозбужденного элемента. Механизм проведения возбуждения с последующим торможением в дальнейшем срабатывает автоматически, и функции Φ -элемента после установления связей заключаются только в дискриминации приходящих сигналов.

После возникновения связи ε_{1j} объектом перевозбуждения становится j -ый элемент, который, в свою очередь, стремится

ся образовать постоянную связь со своими соседями.

Этот процесс наращивания связей от перевозбужденных элементов продолжается до тех пор, пока не снимается внешний источник возбуждения или образовавшиеся каналы проводимости не встретят сбросовые C -элементы, связанные с выходными устройствами.

Таким образом, возникновение на входе структуры некоторой ситуации \bar{Y}_1 , представляющей собой информацию о мгновенном значении n -параметров объекта $y_1 \dots y_n$, приводит к возбуждению определенной группы элементов, которые образуют сложную конфигурацию проводящих межэлементных соединений G_1 , обеспечивающую отсутствие очагов перевозбуждения при \bar{Y}_1 . Оставшийся на структуре топологический рисунок G_1 из связанных элементов является памятью о создавшей его входной ситуации \bar{Y}_1 , последующее появление которой уже не вызовет перевозбуждения, поскольку оно почти мгновенно приведет к включению определенных C -элементов.

Аналогичным образом воздействие \bar{Y}_2 возбудит другую группу элементов, образующую новую функциональную структуру связей G_2 .

Следовательно, в ответ на множество $\{\bar{Y}\}$ входных ситуаций элементы структуры самостоятельно перестраивают свою функциональную организацию, образуя множество $\{G\}$ конфигураций. Иными словами, функционирование структуры будет всегда направлено на сохранение состояния "безразличного равновесия", определяемого отсутствием очагов перевозбуждения.

Благодаря дискриминационным свойствам Φ -элементов направление, по которому элемент структуры передает возбуждение, определяется значениями частот входных сигналов. На каждом элементе могут пересекаться независимо друг от друга 1 конфигурацией G и работа одной цепочки не допускает других объединений элементов, с которыми она пересекается.

Кроме того, спонтанное возбуждение одного элемента не передается по связанной с ним цепочке, так как величина Q много больше амплитуды спонтанного импульса.

Сходимость описанного процесса, т.е. переход структуры от состояния с большим коэффициентом перевозбуждения $\Delta_c(\bar{Y}_1)$, определяемым возникновением на входах неизвестной ситуации \bar{Y}_1 , к нормальному состоянию Δ_{min} , может быть исследована аналитически.

Мгновенное значение $\Delta_t(\bar{Y}_1)$ зависит от числа перевозбужденных в этот момент элементов

$$S_{1t}^{n_1} = S_{1t}^{n_1^*} + S_{1t}^{n_1^0} + S_{1t}^{n_1^1}, \quad (2)$$

где $S_{1t}^{n_1^*}$ — число элементов, перешедших к перевозбуждению из числа всех спонтанно возбужденных элементов в предыдущий момент времени $(t-1)$;

$S_{1t}^{n_1^0}$ — число перевозбужденных элементов, образовавшихся из нормально возбужденных в момент $(t-1)$;

$S_{1t}^{n_1^1}$ — число элементов оставшихся перевозбужденными.

Полученная в общем виде зависимость $S_{1t}^{n_1} = f(t)$ имеет вид

$$S_{1t}^{n_1} = A + Bt + Ct^2. \quad (3)$$

Уравнение (3) представляет собой параболу, отражающую реакцию структуры на некоторую входную ситуацию \bar{Y}_1 . Первое время число очагов перевозбуждения возрастает, вследствие разветвления каналов проводимости, а затем уменьшается при выходе последних к С-элементам.

При использовании матрицы для построения некоторых классов адаптивных устройств необходимо придать самопроизвольному росту межэлементных связей определенную тенденцию, направленную на включение тех комбинаций С-элементов, которые через исполнительные механизмы будут осуществлять выполнение заданной программы взаимодействия с объектом.

Были рассмотрены отдельные аспекты использования описанной структуры для классификации и решения булевых функций. В первом случае не требуется внешних обучающих воздействий, поскольку идентичные группы событий образуют близкие G , включающие определенные комбинации С-элементов. Для решения логических задач необходимо иметь возможность воздействовать на С-элементы. Торможение включенных при неправильном ответе С-элементов лишает образовавшиеся каналы их "стоков" и заставляет перестраиваться G на другие С-элементы.

Особый интерес представляет использование описанных принципов для построения АС автоматического управления.

Целесообразность функционирования структуры в этом случае

будет определяться дополнительным возбуждением, интенсивность которого выражается функцией $\delta(z_t) = \omega_k \exp |\bar{Y}^* - \bar{Y}_t|$ где \bar{Y}_t - вектор мгновенного значения параметров объекта, а \bar{Y}^* - заданная или искомая величина.

В начальный момент при достижении цели $\delta(z_0)$ представляет собой медленный периодический процесс, ритм которого определяется параметрами спонтанности, а развертка - расположением не занятых в G элементов. При росте δ -функции происходит уменьшение порогов у локализованных групп элементов, что создает более благоприятные условия для их пространственного и спонтанного возбуждения. Существенным моментом является наличие зависимости $t^{01} = \varphi(Q)$, где t^{01} - скорость перехода элемента из состояния n_0 в n_1 .

Таким образом, при увеличении рассогласования между действительным и заданным значениями \bar{Y} , растет общее возбуждение структуры, выражающееся в увеличении числа перевозбужденных элементов. Иными словами, в то время, когда структура стремится минимизировать приходящее возбуждение, $\delta(z_t)$ может возрастать вследствие ложных включений выходных каналов. При этом образование новых очагов перевозбуждения накладывается на установившиеся G дополнительные связи, которые 1) автоматически компенсируют включенные C-элементы, 2) уменьшают рассогласование, 3) снижают δ -функцию и тем самым общее возбуждение структуры.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. И.М.Гельфанд, В.С.Гурфинкель, М.Л.Цетлин. О тактиках управления сложными системами в связи с физиологией. - Биологические аспекты кибернетики, 1962.
2. Дж.Экклз. Физиология нервных клеток. М., 1958.