

Обобщенные модели нейро-нечетких систем управления интенсивностью потоков данных в мобильной радиосети

¹ Польщиков Константин Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры компьютерных информационных технологий, Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина

Аннотация: В статье предложены обобщенные модели нейро-нечетких систем управления интенсивностью потоков данных в мобильной радиосети. Указаны достоинства мобильных радиосетей, способствующие их применению в интересах силовых структур. Обоснована целесообразность применения нейро-нечеткого управления интенсивностью потоков данных для повышения эффективности доставки информации в мобильной радиосети. Для выполнения функций нейро-нечеткого управления интенсивностью потоков данных предложены обобщенные модели гибридных интеллектуальных систем, основанные на применении нейронных сетей и алгоритмов нечеткого вывода Сугено 0-го и 1-го порядков. Структура этих моделей определяется функциональностью слоев искусственных нейронов и приспособлена для выполнения процедур нечеткого вывода (фаззификации, агрегирования, активизации и дефаззификации). Сделаны выводы о том, что представленные модели могут быть использованы для синтеза нейро-нечетких систем, предназначенных для управления интенсивностью отправки данных узлами-источниками, интенсивностью повторных передач и интенсивностью отбрасывания пакетов в транзитных узлах в мобильной радиосети.

Ключевые слова: нейро-нечеткие системы, мобильная радиосеть, интенсивность потоков данных, модель, управление.

Основой для построения перспективных телекоммуникационных сетей, функционирующих для решения задач специального назначения, являются мобильные радиосети. Главными достоинствами мобильных радиосетей, способствующие их применению в интересах силовых структур, являются возможность доставки информации в условиях случайной топологии, высокая живучесть и способность быстрого развертывания. В то же время, наличие у мобильных радиосетей специального назначения (МРСН) указанных преимуществ не гарантирует высокую эффективность доставки информации ее пользователям [1].

В работе [2] обоснована целесообразность применения нейро-нечетких систем для управления интенсивностью отправки данных узлами-источниками, интенсивностью повторных передач и интенсивностью отбрасывания пакетов в транзитных узлах. Поэтому актуальной научной

задачей является получение обобщенных моделей нейро-нечеткого управления интенсивностью потоков данных в МРСН.

При нейро-нечетком управлении интенсивностью потоков данных в МРСН должны выполняться следующие функции:

$$U = \{U^\xi, U^\chi, U^y, U^c\},$$

где U^ξ – измерение значений $\xi = \{\xi_1, \xi_2\}$ входных величин процесса управления интенсивностью потоков данных в МРСН;

U^χ – вычисление $\chi = \{\chi_m^l\}$ – значений входных переменных систем нейро-нечеткого управления интенсивностью потоков данных (m – номер системы нейро-нечеткого вывода, $m = 1, 2, \dots, M$; l – номер входной переменной, $l = 1, 2, \dots, n_m$);

U^y – получение $y = \{y_m\}$ – значений выходных переменных систем нейро-нечеткого управления

интенсивностью потоков данных (нейро-нечеткий вывод);

U^c – вычисление $c = \{c_m\}$ – значений выходных величин процесса управления интенсивностью потоков данных в МРСН.

Наиболее сложной функцией является U^y – функция нейро-нечеткого вывода. Состав процедур, выполняемых в процессе нейро-нечеткого вывода, зависит от используемого алгоритма нечеткого вывода. Одними из наиболее простых алгоритмов нечеткого вывода являются алгоритмы Сугено 0-го и 1-го порядков [3]. В соответствии с этими алгоритмами выполнение нейро-нечеткого вывода в процессе управления интенсивностью потоков данных в МРСН основано на применении базы нечетких правил:

$$\text{Если } (\chi_m^1 = A_m^{1,1}) \text{ и } (\chi_m^2 = A_m^{2,1}) \text{ и } \dots \text{ и } (\chi_m^l = A_m^{l,1}) \\ \text{ и } \dots \text{ и } (\chi_m^{n_m} = A_m^{n_m,1}), \text{ то } (y_m = Y_m^1)$$

$$\text{Если } (\chi_m^1 = A_m^{1,2}) \text{ и } (\chi_m^2 = A_m^{2,1}) \text{ и } \dots \text{ и } (\chi_m^l = A_m^{l,1}) \\ \text{ и } \dots \text{ и } (\chi_m^{n_m} = A_m^{n_m,1}), \text{ то } (y_m = Y_m^2)$$

$$\text{Если } (\chi_m^1 = A_m^{1,j}) \text{ и } (\chi_m^2 = A_m^{2,j}) \text{ и } \dots \text{ и } (\chi_m^l = A_m^{l,j}) \\ \text{ и } \dots \text{ и } (\chi_m^{n_m} = A_m^{n_m,j}), \text{ то } (y_m = Y_m^r)$$

$$\text{Если } (\chi_m^1 = A_m^{1,k_m^1}) \text{ и } (\chi_m^2 = A_m^{2,k_m^2}) \text{ и } \dots \text{ и } \\ (\chi_m^l = A_m^{l,k_m^l}) \text{ и } \dots \text{ и } (\chi_m^{n_m} = A_m^{n_m,k_m^{n_m}}), \\ \text{ то } (y_m = Y_m^{R_m}),$$

где $A_m^{l,j}$ – терм номер j входной переменной χ_m^l , $j = 1, 2, \dots, k_m^l$;

Y_m^r – индивидуальный вывод нечеткого правила номер r системы нейро-нечеткого управления номер m ;

при этом

$$r = 1, 2, \dots, R_m,$$

где количество нечетких правил

$$R_m = k_m^1 \cdot k_m^2 \cdot \dots \cdot k_m^{n_m}.$$

Если для каждой входной переменной используется одинаковое количество термов, т.е. $k_m^1 = k_m^2 = \dots = k_m^{n_m} = k_m$, то $R_m = (k_m)^{n_m}$.

Функция U^y включает выполнение следующих процедур:

1. Фаззификация (приведение к нечеткости) состоит в том, что для конкретных значений входных переменных χ_m^l вычисляются величины $\mu_m^{1,1}, \mu_m^{1,2}, \dots, \mu_m^{1,j}, \dots, \mu_m^{1,k_m^1}, \mu_m^{2,1}, \mu_m^{2,2}, \dots,$

$\mu_m^{2,j}, \dots, \mu_m^{2,k_m^2}, \dots, \mu_m^{l,1}, \mu_m^{l,2}, \dots, \mu_m^{l,j}, \dots, \mu_m^{l,k_m^l}, \dots, \mu_m^{n_m,1}, \mu_m^{n_m,2}, \dots, \mu_m^{n_m,j}, \dots, \mu_m^{n_m,k_m^{n_m}}$ – значения функции принадлежности входных переменных соответствующим термам. Здесь $\mu_m^{l,j}$ – значение функции принадлежности входной переменной χ_m^l терму номер j .

2. Агрегирование – вычисление степени истинности условий каждого нечеткого правила при конкретных значениях входных переменных:

$$G_m^1 = \mu_m^{1,1} \wedge \mu_m^{2,1} \wedge \dots \wedge \mu_m^{l,1} \wedge \mu_m^{n_m,1};$$

$$G_m^2 = \mu_m^{1,2} \wedge \mu_m^{2,1} \wedge \dots \wedge \mu_m^{l,1} \wedge \mu_m^{n_m,1};$$

$$\dots$$

$$G_m^r = \mu_m^{1,j} \wedge \mu_m^{2,j} \wedge \dots \wedge \mu_m^{l,j} \wedge \mu_m^{n_m,j};$$

$$\dots$$

$$G_m^{R_m} = \mu_m^{1,k_m^1} \wedge \mu_m^{2,k_m^2} \wedge \dots \wedge \mu_m^{l,k_m^l} \wedge \mu_m^{n_m,k_m^{n_m}},$$

где \wedge – обозначение операции логического минимума.

3. Активизация – определение значений индивидуальных выводов нечетких правил:

Для алгоритма Сугено 0-го порядка:

$$Y_m^1 = a_m^1, Y_m^2 = a_m^2, \dots, Y_m^r = a_m^r, \dots, Y_m^{R_m} = a_m^{R_m}.$$

Для алгоритма Сугено 1-го порядка:

$$Y_m^1 = a_m^{1,1} \chi_m^1 + a_m^{2,1} \chi_m^2 + \dots + a_m^{l,1} \chi_m^l + \dots + a_m^{n_m,1} \chi_m^{n_m} + a_m^{(n_m+1),1}$$

$$Y_m^2 = a_m^{1,2} \chi_m^1 + a_m^{2,2} \chi_m^2 + \dots + a_m^{l,2} \chi_m^l + \dots; \\ + a_m^{n_m,2} \chi_m^{n_m} + a_m^{(n_m+1),2}$$

$$Y_m^r = a_m^{1,r} \chi_m^1 + a_m^{2,r} \chi_m^2 + \dots + a_m^{l,r} \chi_m^l + \dots; \\ + a_m^{n_m,r} \chi_m^{n_m} + a_m^{(n_m+1),r}$$

$$Y_m^{R_m} = a_m^{1,R_m} \chi_m^1 + a_m^{2,R_m} \chi_m^2 + \dots + a_m^{l,R_m} \chi_m^l + \dots \\ + a_m^{n_m,R_m} \chi_m^{n_m} + a_m^{(n_m+1),R_m}$$

4. Дефаззификация – определение четкого значения выходной переменной. В соответствии с методом центра тяжести для одноточечных множеств [3] результат дефаззификации определяется по формуле:

$$y_m^* = \frac{\sum_{r=1}^{R_m} G_m^r Y_m^r}{\sum_{r=1}^{R_m} G_m^r}.$$

Для выполнения приведенных выше процедур применяются нейро-нечеткие системы, структура которых определяется функциональностью слоев искусственных нейронов.

Обобщенная модель нейро-нечетких систем управления интенсивностью потоков данных в мобильной радиосети специального назначения,

основанная на применении алгоритма нечеткого вывода Сугено 0-го порядка (модель Сугено-0), представлена на рис. 1.

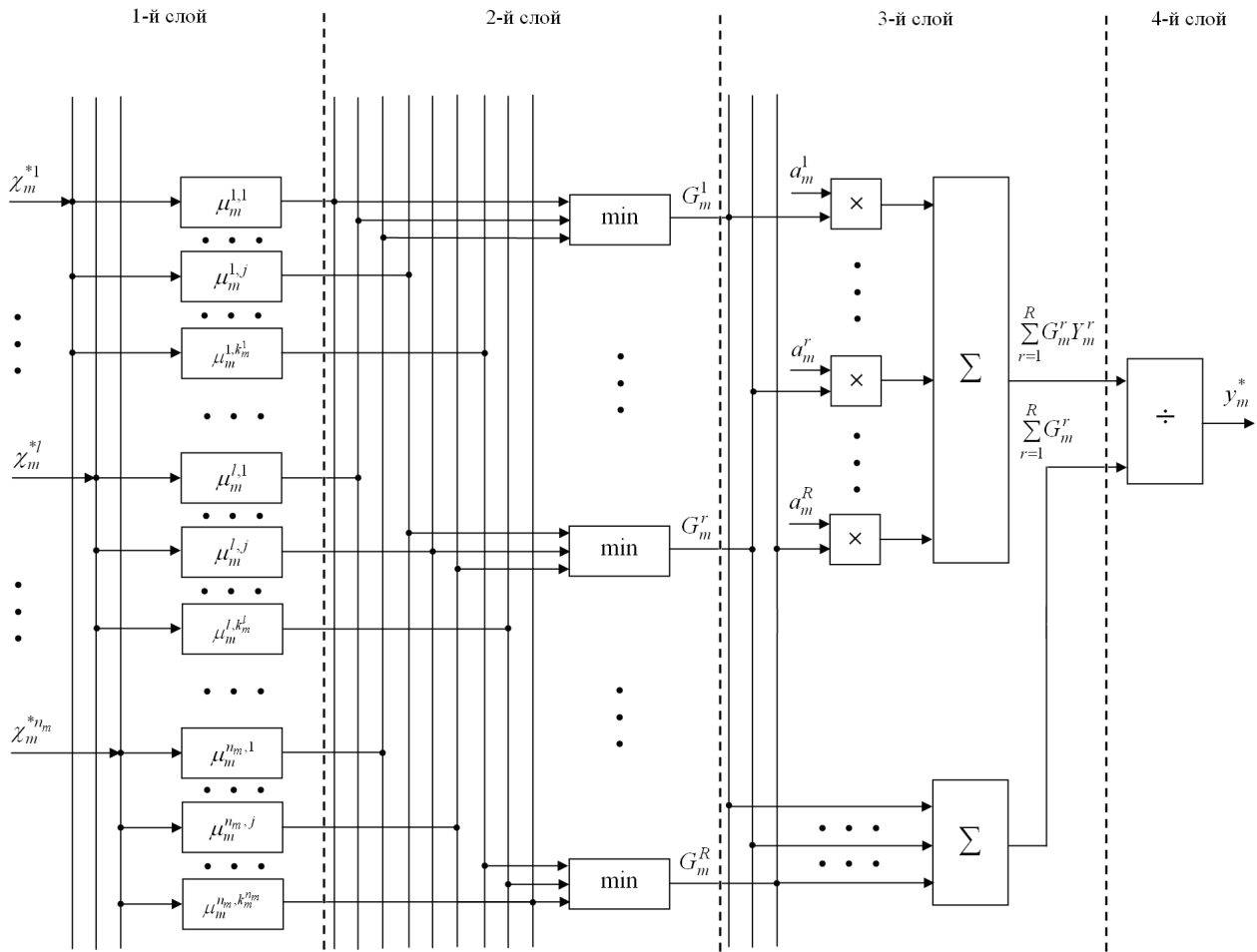


Рис. 1. Обобщенная модель (Сугено-0) нейро-нечеткой системы управления интенсивностью потоков данных в МРСН

Структура таких нейро-нечетких систем состоит из четырех слоев:

- *слой 1* осуществляет фаззификацию;
- *слой 2* выполняет процедуру агрегирования;
- *слой 3* выполняет процедуру активизации и часть процедуры дефаззификации – взвешенное суммирование результатов агрегирования:

$$\sum_{r=1}^{R_m} G_m^r Y_m^r,$$

а также суммирование результатов агрегирования:

$$\sum_{r=1}^{R_m} G_m^r;$$

- *слой 4* предназначен для осуществления заключительной части процедуры дефаззификации – деления результатов функционирования 3-го слоя:

$$y_m^* = \frac{\sum_{r=1}^{R_m} G_m^r Y_m^r}{\sum_{r=1}^{R_m} G_m^r}.$$

Обобщенная модель нейро-нечетких систем управления интенсивностью потоков данных в мобильной радиосети специального назначения, основанная на применении алгоритма нечеткого вывода Сугено 1-го порядка (модель Сугено-1), представлена на рис. 2. Структура таких нейро-нечетких систем состоит из пяти слоев:

- *слой 1* осуществляет фаззификацию;
- *слой 2* выполняет процедуру агрегирования;
- *слой 3* служит для выполнения части процедуры дефаззификации – нормализации результатов агрегирования:

$$\overline{G}_m^r = \frac{G_m^r}{\sum_{s=1}^R G_m^s};$$

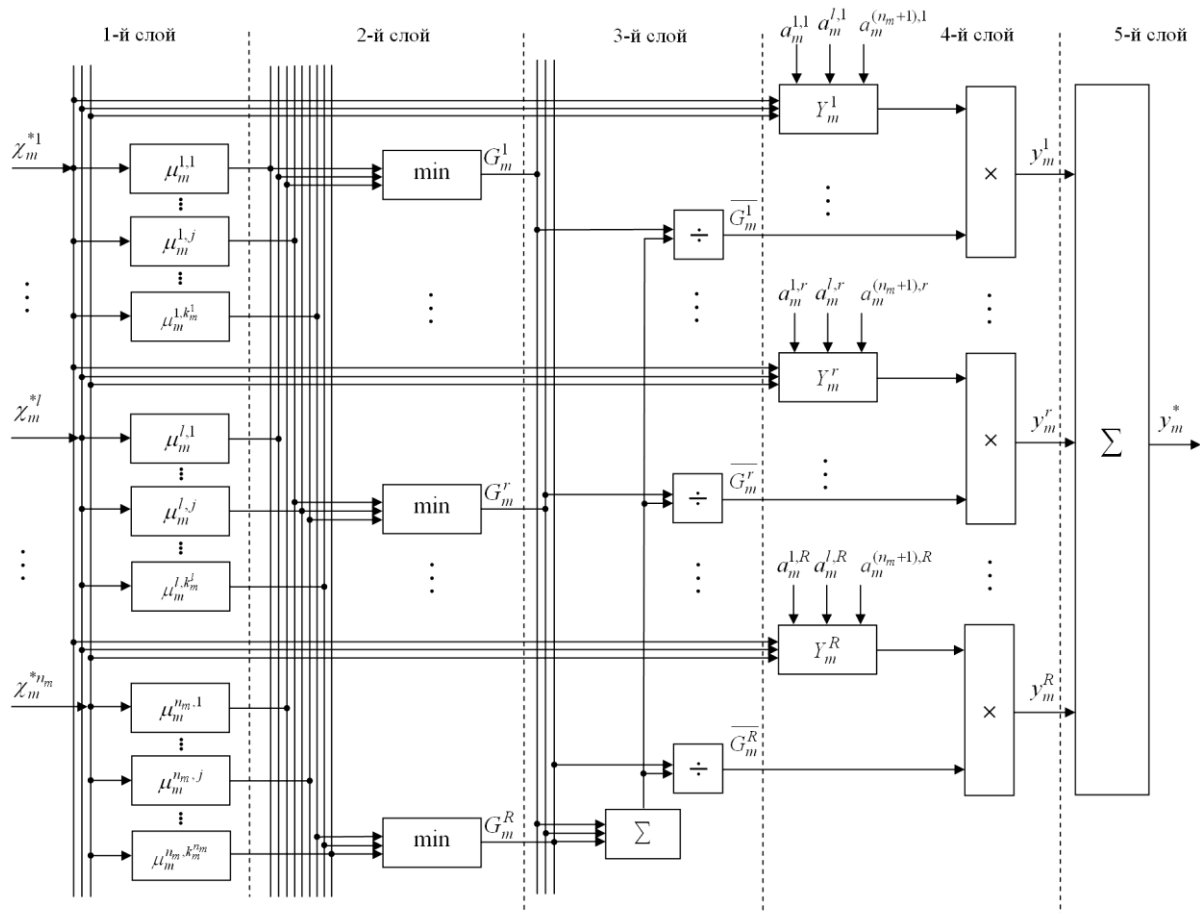


Рис. 2. Обобщенная модель (Сугено-1) нейро-нечеткой системы управления интенсивностью потоков данных в МРСН

– *слой 4* осуществляет активизацию и произведение результатов нормализации и активизации:

$$y_m^r = \bar{G}_m^r \cdot Y_m^r;$$

– *слой 5* выполняют заключительную часть процедуры дефаззификации – суммирование результатов функционирования 4-го слоя:

$$y_m^* = y_m^1 + y_m^2 + \dots + y_m^r + \dots + y_m^R.$$

На основе предложенных выше моделей предлагается осуществлять синтез нейро-нечетких систем управления интенсивностью потоков данных в МРСН.

Таким образом, для повышения эффективности доставки информации в мобильной радиосети целесообразно осуществлять нейро-нечеткое управление интенсивностью потоков данных, циркулирующих в ней. Для выполнения функ-

ций нейро-нечеткого управления интенсивностью потоков данных предложены обобщенные модели гибридных интеллектуальных систем, основанные на применении нейронных сетей и алгоритмов нечеткого вывода Сугено 0-го и 1-го порядков. Структура этих моделей определяется функциональностью слоев искусственных нейронов и приспособлена для выполнения процедур нечеткого вывода (фаззификации, агрегирования, активизации и дефаззификации). Представленные модели могут быть использованы для синтеза нейро-нечетких систем, предназначенных для управления интенсивностью отправки данных узлами-источниками, интенсивностью повторных передач и интенсивностью отбрасывания пакетов в транзитных узлах в мобильной радиосети.

Литература

- Осипов Е.А. Проблемы реализации надежной передачи данных в самоорганизующихся сетях / Е.А. Осипов // Электросвязь, 2006. – № 6. – С. 29-32.
- Polschikov K.O. Functional model of data flows intensity control in the mobile radio network of the special setting / K.O. Polschikov // Scientific herald of the DSEA, 2012, No 1, pp. 127-135.
- Takagi T. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control / T. Takagi, Sugeno M. // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 15, No 1, 1985, pp. 116-132.

Polshchykov K.O.

General models of neuro-fuzzy systems control the intensity of data flows in a mobile radio network

Abstract: General models of neuro-fuzzy systems control the intensity of data flows in a mobile radio network. In the article the general models of neuro-fuzzy systems control the intensity of data flows in a mobile radio network are proposed. Advantages of mobile radio networks to facilitate their use in the interest of the military forces are listed. Expediency of neuro-fuzzy control of the intensity data flows to improve the efficiency of information delivery in the mobile radio network is founded. To perform the functions of the neuro-fuzzy control traffic at the proposed generic models of hybrid intelligent systems based on the use of neural networks and fuzzy inference algorithms Sugeno 0th and 1st order. The structure of these models is determined by the functionality of the layers of artificial neurons, and is adapted to perform the procedures of fuzzy inference (fuzzification, aggregation, activation, and defuzzification). It is concluded that the presented model can be used for the synthesis of neuro-fuzzy systems for controlling the intensity of sending the data source nodes, the intensity of retransmissions and packet drops in the intensity of transit nodes in a mobile radio network.

Keywords: neuro-fuzzy systems, mobile radio network, the intensity of the data flows, model, control.