УДК 519.179.2:004.94

А.О. Аристов

КВАЗИКЛЕТОЧНЫЕ СЕТИ В ОБЩЕЙ ПОСТАНОВКЕ

Рассмотрены квазиклеточные сети, представляющие собой дискретные структуры, не имеющие сигнатуру и позволяющие в рамках единой структуры моделировать потоковые системы на микро- и макроуровне. Предлагается общий тип квазиклеточных сетей с произвольным вектором базовых параметров. Условие соседства клеток определяется предикатом, зависящим от базовых параметров. В такой постановке обычные квазиклеточные сети рассматриваются как их частный случай, где в качестве вектора базовых параметров используются координаты.

Ключевые слова: квазиклеточная сеть, дискретная структура, моделирование, микромодель, макромодель, предикат.

В работах автора [1, 2, 3, 4] рассматривались квазиклеточные сети как фундаментальные дискретные структуры, не имеющими сигнатуры [1, 3].

Определение 1. Квазиклеточной сетью называется дискретная структура, включающая в себя множество $Q=\{Q_1,Q_2,\dots,Q_n\}$ круговых областей в двухмерном пространстве (или сферических в трехмерном пространстве), имеющих радиус R (рисунок), каждая из которых взвешена соответственно элементами из множеств $X_p=(x_{p1},x_{p2},\dots,x_{pn})$, $Y_p=(y_{p1},y_{p2},\dots,y_{pn})$. Тогда для каждой $Q_{pi}\in Q$ найдется такая $Q_{pj}\in Q$ ($pi=p1,p2,\dots,pn$, $pj=p1,p2,\dots,pn$, $pi\neq pj$), что система уравнений:

$$\begin{cases}(x-x_{pi})^2+(y-y_{pi})^2=R^2\\(x-x_{pj})^2+(y-y_{pj})^2=R^2\end{cases} \quad (1)$$

имеет хотя бы одно решение [1].

Область, которая определяется элементом множества $Q=(Q_1,Q_2,\dots,Q_n)$ назовем элементом квазиклеточной сети, областью или клеткой.

Фактически, каждый элемент квазиклеточной сети – это вектор, задающий область пространства в виде $Q_p=(x_p,y_p)$. Радиус R является топологической характеристикой квазиклеточной сети, т. е.:

$$R = const \text{ при } \forall\ Q_p. \quad (2)$$

Расширим каждый Q_p элементом S_p, характеризующим состояние каждой клетки $Q_p=(x_p,y_p,S_p)$:

$$\begin{aligned}&S_p\in(S_1,S_2,\dots,S_M)\\&S_p=(p_1,p_2,\dots,p_L)\end{aligned}, \quad (3)$$

где $p_1,p_2,\dots,p_L$ – фазовые переменные [1].

Функционирование квазиклеточных сетей тесно связано с понятием циркуляции [1, 3], а именно передачей состояния между соседними клетками.

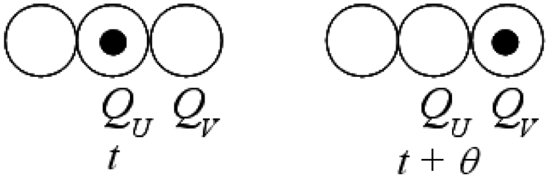
Определение 2. Циркуляцией в квазиклеточной сети называются изменения состояний клеток, вида

$$\begin{cases}S_v(t+\theta)=S_u(t)\\S_u(t+\theta)=0\end{cases} \quad (4)$$

при $\forall v,u$, где для $Q_u=(x_u,y_u,S_u)$ и $Q_v=(x_v,y_v,S_v)$ справедливо

$$(x_u-x_v)^2+(y_u-y_v)^2\le(2\cdot R)^2 \quad . \quad (5)$$

Выше отмечено, что состояние клетки задается множеством фазовых пе-



Переход бинарного состояния между клетками

ременных. Для интуитивно понятного представления о передаче состояния и циркуляции, автором рассматриваются [1, 3] бинарные квазиклеточные сети, для которых, т.е. $S_p \in \{0,1\}$. Подобное состояние удобнее всего представить наличием фишки в клетке, по аналогии с сетями Петри.

Переход бинарного состояния между соседними клетками приведен на рисунке. Введена широкая классификация квазиклеточных сетей [2, 5].

Следует отметить, что рассматриваемые переходы состояния происходят с течением дискретного модельного времени [1].

Основным назначением квазиклеточных сетей является моделирование систем, рассмотрение которых сводится к распространению потоков в сетях [2, 4, 5]. Речь идет о распространении каких-либо микрообъектов или частиц веществ в ограниченном пространстве.

Фактически, квазиклеточные сети предполагают три ключевых аспекта:

- синтез дискретной структуры, определяемой как односортное множество с ограничением параметров элементов, определяющего соседство этих элементов;
- динамика, основанная на передаче состояния между соседними элементами, предполагающую изменение параметров самих элементов и наличие микрообъекта в каждом элементе;
- метрика, предполагающая измерение характеристик элементов и микрообъектов в элементах. На базе измерений строится моделирование потоков в квазиклеточных сетях.

Несмотря на указанные особенности, ранее рассматривался частный случай квазиклеточных сетей, предполагающих, что динамика осуществляется в пространстве с декартовой системе координат. Однако, ключевые аспекты квазиклеточных сетей следует рассмотреть и в других условиях. Каждая клетка в общем случае имеет вид [6]:

$$Q_i = (B_i, C_i, S_i), \qquad (6)$$

где B_i – неизменные (базовые) параметры клетки (от англ. Basic), C_i – параметры клетки, изменяющиеся при прохождении фишек через клетку (от англ. Changeable), S_i – параметры фишки как объекта, находящегося в клетке, т.е. переменные состояния (фазовые переменные) клетки (от англ. State).

Фактически для представленных ранее квазиклеточных сетей рассматривалась ситуация:

$$B_i = (x_i, y_i), \qquad (7)$$

а также рассматривались возможности усложнения векторов B_i и C_i, элементы которых использовались для измерений, а также получения параметров микрообъектов, связанных с каждым из элементов в квазиклеточных сетях. Исходя из этого, обобщением квазиклеточной сети можно считать дискретную структуру, для которой:

$$B_i = (B_1, B_2, \ldots), \qquad (8)$$

между компонентами вектора B_i которой устанавливаются зависимости, определяющие свойства элементов, между которыми осуществляется передача состояния клетки, определяемого векторами C_i и S_i. В общем случае условие соседства определяется значением предиката:

$$P\left(B_{i1},B_{i2},...,B_{j1},B_{j2,}...\right)=$$
$$=\begin{cases}0, \text{ при } f\left(B_{i1},B_{i2},...,B_{j1},B_{j2,}...\right)\\1, \text{ при } f\left(B_{i1},B_{i2},...,B_{j1},B_{j2,}...\right),\end{cases} \quad (9)$$

где $f\left(B_{i1},B_{i2},...,B_{j1},B_{j2,}...\right)$ – выражение, определяющее соседство клеток $Q_i=\left(B_i,C_i,S_i\right)$ и $Q_j=\left(B_j,C_j,S_j\right)$. В рассмотренных выше типах квазиклеточных сетей:

$$P\left(x_i,y_i,x_j,y_j\right)=$$
$$=\begin{cases}0, \text{ при}\left(x_i-x_j\right)^2+\left(y_i-y_j\right)^2>4R^2\\1, \text{ при}\left(x_i-x_j\right)^2+\left(y_i-y_j\right)^2\le 4R^2\end{cases}. \quad (10)$$

Динамические структуры такого вида фактически представляют собой квазиклеточные сети в общей постановке. Ранее рассмотренный класс квазикеточных сетей, отвечающих (7) назовем координатными двухмерными квазиклеточными сетями. Тогда для координатных трехмерных квазиклеточных сетей справедливо:

$$B_i=\left(x_i,y_i,z_i\right). \quad (11)$$

Также следует установить величину, в соответствии с которой происходит передача состояния и циркуляция. В координатных квазиклеточных сетях в качестве такой величины выступало время, течение которого определялось дискретным шагом θ. В общем случае речь идет о некоторой величине t', которую далее будем называть динамической характеристикой квазиклеточных сетей. Учитывая дискретность компьютерных моделей и времени в них, будем считать динамическую характеристику квазиклеточной сети также величиной дискретной, на основе которой в процессе моделирования и циркуляции формируются дискретные величины $C_i\left(t'\right)$ и $S_i\left(t'\right)$. Тогда рассмотрим циркуляцию для квазиклеточных сетей в общей постановке. Для координатных квазиклеточных сетей при условии, что предикат (10) принимал значение «истина» производилась передача состояния между клетками $Q_i=\left(B_i,C_i,S_i\right)$ и $Q_j=\left(B_j,C_j,S_j\right)$:

$$Q_i\to Q_j:\begin{cases}S_j\left(t'+\theta\right)=S_i\left(t'\right)\\S_i\left(t'+\theta\right)=0\\P\left(B_{i1},B_{i2},...,B_{j1},B_{j2,}...\right)=1\end{cases}. \quad (12)$$

(12) описывает циркуляцию в квазиклеточной сети для случая дискретного состояния. В условиях непрерывных фазовых переменных (12) принимает вид:

$$Q_i\to Q_j:\begin{cases}S_j\left(t'+\theta\right)=S_j\left(t'\right)+\delta\\S_i\left(t'+\theta\right)=S_i\left(t'\right)-\delta\\P\left(B_{i1},B_{i2},...,B_{j1},B_{j2,}...\right)=1\end{cases}, \quad (13)$$

где δ – величина фазовой переменной, передаваемой за один такт изменения динамической характеристики квазиклеточной сети θ.

Таким образом, квазиклеточные сети в общей постановке представляют собой дискретные динамические структуры, предполагающие изменение состояния, управляемой некоторым параметром динамической характеристикой. Однако, развитие теории квазиклеточных сетей, в значительной степени представлено на примере координатных квазиклеточных сетей с бинарным состоянием (фишками), предполагающих интуитивно понятное представление о динамических процессах, параметрах квазиклеточных сетей и их предметных интеретациях. Однако, переход от частного случая квазиклеточных сетей к общей постановке не представляет сложностей и для большинства явлений сводится к незначительным изменениям математических моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аристов А.О.* Квазиклеточные сети. Синтез и циркуляция // Горный информационно-аналитический бюллетень.2013. № 2. С. 125–131.

2. *Аристов А.О.* Теория квазиклеточных сетей и ее приложения / Всероссийская выставка Научно-технического творчества молодежи. II Международная научно-практическая конференция «Научно-техническое творчество молодежи. путь к обществу, основанному на знаниях»: сборник научных докладов. М.: МГСУ, 2013. С. 230–234.

3. *Аристов А.О.* Квазиклеточные сети. Теоретическая база и программный инструментарий моделирования // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и Образование». 2012. № 11(42). С. 25.

4. *Аристов А.О.* Методы синтеза квазиклеточных сетей / Научный вестник МГГУ. 2013. № 9 (42). С. 16–21.

5. *Аристов А.О.* Циркуляция в квазиклеточных сетях и их классификация // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 9. С. 188–194.

6. *Аристов А.О.* Теория квазиклеточных сетей : научная монография. М.: МИСиС, 2014. 188 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Аристов Антон Олегович доцент, e-mail: batan-87@mail.ru,
МГИ НИТУ «МИСиС».

UDC 519.179.2:004.94

QUASI CELLULAR NETS IN GENERAL FORMULATION

Aristov A.O., Assistant Professor, e-mail: batan-87@mail.ru,
Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS».

There are considered quasi cellular nets. This is discrete structures without signature. It may be used for flow-based systems simulations on micro- and macro- levels in single model. It considered type of quasi cellular nets with different vector of basic parameters. Adjacence of cells difined by predicate, that dependency of basic parameters. Old editions of quasi cellular nets called «coordinate quasi cellular nets». It based on Cartesian coordinates as vector of basic parameters.

Key words: quasi cellular net, discrete structure, simulation, micro model, macro model, predicate.

REFERENCES

1. Aristov A.O. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, 2013, no 2, pp. 125–131.

2. Aristov A.O. *II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Nauchno-tekhnicheskoe tvorchestvo molodezhi. put' k obshchestvu, osnovannomu na znaniyakh»: sbornik nauchnykh dokladov* (III international scientific-practical conference «Scientific and technical creativity of youth. the path to the society based on knowledge»: the collection of scientific reports), Moscow, MGSU, 2013, pp. 230–234.

3. Aristov A.O. *Khroniki ob''edinennogo fonda elektronnykh resursov «Nauka i Obrazovanie»*, 2012, no 11(42), pp. 25.

4. Aristov A.O. *Nauchnyi vestnik MGGU*, 2013, no 9 (42), pp. 16–21.

5. Aristov A.O. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, 2013, no 9, pp. 188–194.

6. Aristov A.O. *Teoriya kvazikletochnykh setei: nauchnaya monografiya* (Theory quasimilitary networks: scientific monograph), Moscow, MISiS, 2014, 188 p.