

ЗАДАЧА ЗРИТЕЛЬНОГО ПОИСКА ПРИ ОСЦИЛЛЯТОРНО-НЕЙРОСЕТЕВОЙ ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

М.Г.Кузьмина¹, Э.А.Манькин²

¹ Институт прикладной математики РАН, Москва, Россия; kuzmina@spp.keldysh.ru

² Российский научный центр «Курчатовский Институт»; edmany@issph.kiae.ru

Введение и постановка задачи.

В серии работ [1-5] развит динамический метод сегментации изображений, осуществляемой осцилляторной сетью с самоорганизованными динамическими связями. Сеть построена на основе биологически мотивированной осцилляторной модели зрительной коры мозга (точнее, подмножества простых клеток первичной зрительной коры). Основанный на синхронизации метод обработки обеспечивает качественную сегментацию яркостных и текстурных изображений и обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными вычислительными методами, развитыми в области компьютерного зрения. Это преимущества, свойственные зрительной системе мозга: параллельный и распределенный способ обработки информации, “автоматизм” срабатывания, способность к самонастройке и самоорганизации. Кроме того, информативным и удобным является доставляемый сетью способ визуализации результатов сегментации. Принципиально метод допускает развитие до аналогового метода обработки изображений, работающего в реальном времени. Кроме того, модель приспособлена для разработки подходов к системам активного зрения. В настоящей работе исследованы возможности модели в простейшей задаче зрительного поиска.

Задача зрительного поиска ставится в рамках проблемы сегментации яркостных изображений (т.е. разложения изображения на совокупность фрагментов – подмножеств пиксельного массива, отвечающим определенному уровню яркости) как **задача выделения группы фрагментов**, для которых уровни яркости лежат внутри некоторого заданного интервала. По существу такая задача представляет собой некоторую задачу фильтрации. Используемая нами модель настраиваемой осцилляторной сети оказывается как раз приспособленной для простого и естественного способа решения этой задачи.

Сегментация осуществляется осцилляторной сетью, локализованной в узлах двумерной решетки, согласованной с пиксельным массивом изображения. Работа

модели состоит из двух фаз: 1) преднастройки сети по предъявленному изображению и 2) процесса последовательного выделения всех фрагментов изображения путем синхронизации ансамблей осцилляторов сети (кластеров), соответствующих фрагментам изображения. Фаза преднастройки состоит в настройке внутренней динамики каждого сетевого осциллятора, в результате которой осциллятор может находиться в одном из двух динамических режимов: либо режиме автоколебаний с амплитудой, зависящей от яркости пикселя (активное состояние), либо в устойчивом равновесии (пассивное состояние). Новая версия осцилляторной динамики, предложенная в [5], позволяет задавать зависимость радиуса предельного цикла осцилляторной динамики (определяющего амплитуду колебаний) в виде любой функции яркости. Оказывается, что помимо этого, новая версия динамики допускает введение практически любого типа фильтрации по яркости.

Пусть состояние осциллятора определено парой действительных переменных (u_1, u_2) . Тогда система ОДУ, управляющая динамикой, записанная в форме одного уравнения для комплексной переменной $u = u_1 + iu_2$, имеет вид [5]:

$$du/dt = (\rho^2 + i\omega - |u - \rho(1+i)|^2)(u - \rho(1+i)) - g(I)[u - \rho(1+i)] / |u - \rho(1+i)|, \quad (1)$$

где

$$g(I) = -\beta\{I - T(I-h)\}, \quad T(x) = 0.5(th(\sigma x) + |th(\sigma x)|).$$

В (1) радиус предельного цикла осциллятора ρ может быть задан в виде любой функции $\rho(I)$: $\rho = \rho(I)$. Для того, чтобы ту же самую сеть использовать в задаче зрительного поиска, добавим в свободный параметр ρ некоторую «фильтрующую» функцию $F(I)$, положив

$$\hat{\rho} = \rho(I) \cdot F(I). \quad (2)$$

Если требуется выделить в изображении только фрагменты, значения яркости которых заключены в интервале $[I^*, I^{**}]$, выберем в качестве $F(I)$ функцию, равную 1 внутри $[I^*, I^{**}]$ и обращающуюся в нуль вне этого интервала, например,

$$F^{(1)}(I) = 0.5 \cdot \{th[\gamma(I - I^*)] - th[\gamma(I - I^{**})]\}, \quad \gamma \gg 1. \quad (3)$$

Введение множителя $F^{(1)}(I)$ эквивалентно введению фильтра с полосой пропускания $[I^*, I^{**}]$. Действительно, в процессе преднастройки сети с динамикой осцилляторов (1) при $\rho = \hat{\rho} = \rho(I) \cdot F^{(1)}(I)$ только те осцилляторы будут активны, которые отвечают пикселям со

значениями яркости $I \in [I^*, I^{**}]$. Остальные осцилляторы сети будут в пассивном состоянии, и следовательно, синхронизируются только кластеры сети, отвечающие группе фрагментов с $I \in [I^*, I^{**}]$, которые и требуется выделить.

В случае, когда доступна полная шкала яркостей изображения $\mathfrak{I} = \{I^{(1)}, \dots, I^{(L)}\}$, можно выделить любую совокупность фрагментов изображения, отвечающих яркостям $I^{(l_1)}, \dots, I^{(l_m)}$.

Для этого достаточно использовать «фильтрующую» функцию

$$F^{(2)}(I) = \sum_{k=1}^m \Gamma(\gamma | I - I^{(l_k)} |), \quad \Gamma(x) = 2 \cdot \exp(-\gamma x) / (1 + \exp(-2\gamma x)), \quad \gamma \gg 1, \quad (4)$$

что соответствует введению селективного фильтра по яркости. Поскольку $F^{(2)}(I)$ является суммой δ -образных функций, в состоянии активности окажутся только осцилляторы, отвечающие пикселям со значениями яркости $I^{(l_1)}, \dots, I^{(l_m)}$, и нужное множество фрагментов будет выделено сетью.

Результаты. Пример решения задачи выделения группы фрагментов осцилляторной сетью показан на рисунке. В левой колонке а) показан результат сегментации полного изображения – «карты» (вверху – начальная зашумленная версия изображения, ниже – три версии сегментированного изображения). В средней колонке б) сетью выделены два наименее ярких фрагмента изображения («гидро-объекты» и «лес»); в правой колонке с) – два наиболее ярких фрагмента («дороги» и наиболее светлые «поля»).

Заключение. Возможность решения осцилляторной сетью задачи зрительного поиска посредством простой модификации внутренней динамики сетевого осциллятора свидетельствует о гибкости динамического нейросетевого метода, позволяющего решать разнообразные задачи обработки изображений.

Литература

1. М.Г.Кузьмина, Э.А. Манькин, И.И.Сурина, "Осцилляторная сеть с управляемой синхронизацией и динамический метод сегментации изображений". Труды 6-ой всероссийской научно-технической конференции "Нейроинформатика 2004", январь 2004, Москва; часть 1, с. 29-37, 2004..
2. М.Г.Кузьмина, Э.А. Манькин, И.И.Сурина, "Осцилляторная сеть с самоорганизованными динамическими связями для сегментации изображений", "Нейрокомпьютеры", № 4, с. 34-55, 2004.
3. M.G.Kuzmina, E.A.Manykin, I.I.Surina, "Oscillatory network with self-organized dynamical connections for synchronization-based image segmentation", BioSystems, v.76, no. 1-3, pp. 43-53, 2004.
4. M.G.Kuzmina, E.A.Manykin, "Biologically motivated oscillatory network model for dynamical image segmentation". Proc. of BICS'2004 (Biologically Inspired Cognitive Systems), August 29 - Sept. 1, 2004, Stirling, Scotland, UK.
5. М.Г.Кузьмина, Э.А. Манькин, "Осцилляторная сеть для сегментации изображений: новые разработки". Труды 7-ой всероссийской научно-технической конференции «Нейроинформатика 2005», часть 1, с.262-268, 2005.

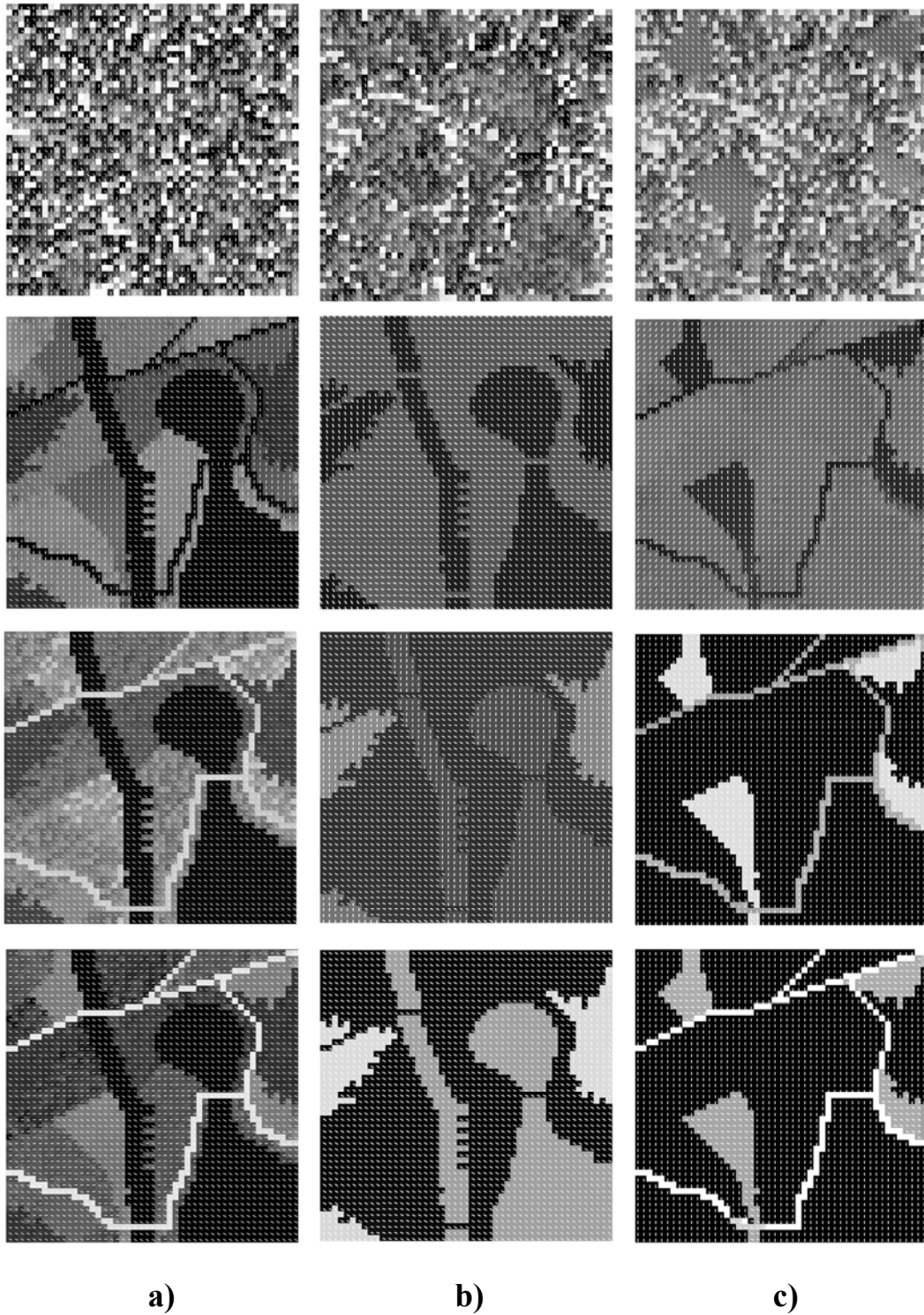


Рис. 1. Выделение заданной группы фрагментов сегментируемого изображения.

Колонка **a)** – результат сегментации полного изображения;
Колонка **b)** – выделение двух наименее ярких фрагментов;
Колонка **c)** – выделение двух наиболее ярких фрагментов.