

УДК 519.71

Н. И. ФЕДОРЕНКО, В. С. ХАРЧЕНКО*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина***МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ
НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДУЛЕЙ: ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ**

Предложена многоуровневая структура адаптивных нейросетевых модулей, взаимосвязанных между собой для диагностирования заболеваний. Разработанная структура представляет собой трехуровневую схему взаимодействия локальных, региональных и межрегиональных нейросетевых модулей и обмена диагностическими данными. Адаптивные нейросетевые модули размещены по территориальному принципу в местных медицинских центрах, в региональных медицинских учреждениях в областном центре, а межрегиональный нейросетевой модуль – на национальном уровне, в одном или нескольких медицинских центрах. Обмен диагностической информацией осуществляется с целью дообучения адаптивных нейросетевых модулей путем использования данных, полученных из родственных медицинских центров с одинаковыми заболеваниями. При решении задач диагностирования заболеваний учитываются региональные факторы возникновения заболеваний и индивидуальные особенности диагностических параметров пациентов.

Ключевые слова: адаптивные нейросетевые модули, многоуровневая система диагностирования заболеваний, обмен параметрами диагностирования между медицинскими центрами, распознавание заболеваний с учетом влияния региональных факторов.

Введение

В современной медицине накоплен значительный опыт по компьютерной поддержке диагностирования заболеваний. Автоматизированы процедуры сбора и обработки диагностической информации (в частности результатов рентгенографии, ЭКГ, УЗИ, маммографии, томографии, урофлоуметрии и т. п.), в том числе в режиме реального времени средствами телемониторинга [1–3]. Еще одним фактором влияющим на системы диагностирования заболеваний является внедрение в практику решения медицинских задач интеллектуальных информационных технологий. В частности, широкое распространение получили нейросетевые подходы к диагностированию заболеваний в различных областях медицины: кардиологии, урологии, заболеваниях легких, инфекционных и других заболеваниях [4, 5]. Актуальной задачей при таком подходе является наличие необходимого объема достоверных данных достаточных для обучения, а в дальнейшем и правильного распознавания диагностируемых заболеваний. Кроме того нейросетевые модули должны обладать высоким уровнем обобщающих способностей для распознавания заболеваний с учетом индивидуальных особенностей пациентов и возможного влияния региональных факторов на диагностируемые параметры, связанные с экологическим состоянием окружающей среды или природными изменениями. Очевидно, что приемлемым

способом значительного увеличения объема обучающих данных является возможность привлечения их из других лечебных заведений по диагностированию одинаковых заболеваний. Целью статьи является описание разработанной многоуровневой иерархической структуры территориально распределенных адаптивных нейросетевых модулей для обработки диагностируемых параметров. Использование в медицине иерархических (многоуровневых) нейронных сетей не является новым [6–8]. Однако, в данной работе представлена детализированная структура, учитывающая специфику медицинских систем.

Принципы организации

Многоуровневая иерархическая структура нейросетевых модулей, изображенная на рис.1, представляет собой древовидную трехуровневую схему, состоящую из следующих уровней:

- локального (местного), где нейросетевые модули территориально расположены непосредственно в лечебных заведениях по месту жительства пациентов в городах, поселках, райцентрах.
- регионального (областного), который объединяет все местные медицинские учреждения области, а региональный нейросетевой модуль расположен в одном из лечебных заведений областного центра.
- межрегионального (национального) уровня,

включающего в себя общегосударственное объединение лечебных заведений всех областей, а соответствующий этому уровню нейросетевой модуль расположен в одном или нескольких столичных медицинских центрах.

Межрегиональная иерархическая структура нейросетевых модулей разработана для решения следующих задач:

– обмен диагностируемыми параметрами в интерактивном режиме между медицинскими центрами;

– распознавание заболеваний с учетом влияния региональных экологических факторов и индивидуальных особенностей пациентов;

– проведение оперативного (в режиме онлайн) диагностирования заболеваний пациентов.

Распознавание (диагностирование) заболеваний в медицинских центрах осуществляется с помощью нейросетевых модулей путем обработки параметров полученных с помощью технических средств диагностики органов или систем функционирования организма. Обмен диагностируемыми параметрами распознавания заболеваний осуществляется путем использования в обучении и дообучении нейросетевых модулей параметров пациентов с одинаковыми заболеваниями из родственных местных, региональных и межрегиональных медицинских учреждений. При этом в обучении используются данные со 100-процентной достоверностью указывающие на заболевание.

Принципы функционирования

1. Нейросетевые модули локального уровня обучаются на входных данных $x_{j,i}(t_i)$ (множестве параметров), полученных врачом по результатам диагностического обследования пациентов техническими средствами диагностики, в местных медицинских учреждениях первоначально в некоторый момент времени t_i . «Учителем» в этом процессе являются виды заболеваний со 100% достоверностью. В дальнейшем по мере поступления новых входных данных осуществляется дообучение модулей. Дообучение представляет собой процесс обучения на новых, полученных по прошествии некоторого отрезка времени $t_i + \Delta t_i$, входных данных $x_{j,i}(t_i + \Delta t_i)$, поэтому процесс обучения и дообучения рассматривается как объединение множества входных данных, полученных на этапе обучения и дообучения

$$x_{j,i} \in (x_{j,i}(t_i) \cup x_{j,i}(t_i + \Delta t_i)),$$

при этом $i = \overline{1, p_j}$ – номер нейронной сети в j регионе, p_j – число нейросетевых модулей в j -ом реги-

оне, $j = \overline{1, q}$, где q – число регионов, $x_{j,i}$ – входной вектор для i -ого нейросетевого модуля $y_{j,i}$ – его выходное значение – вид заболевания.

По завершении процедуры обучения сеть тестируется по диагностированию заболеваний. После обучения и тестирования нейросетевой модуль используется в практике диагностирования заболеваний. В случае подтверждения врачом диагноза, определяемого в блоке принятия решений (БПР) нейросетевым модулем, входные данные в дальнейшем используются для дообучения других модулей.

2. На региональном уровне обучение нейросетевых модулей осуществляется путем объединения («суммирования») множества входных данных, используемых для обучения локальных модулей региона:

$$x_{r_j}(t_j) \in (x_{j,i}(t_i) \cup x_{j,i+1}(t_{i+1}) \cup \dots \cup x_{j,p_j}(t_{p_j})),$$

где j – номер региона, а i – номер локального модуля в регионе. В дальнейшем дообучение нейросетевых модулей осуществляется путем объединения входных данных местных модулей в момент времени $t_j + \Delta t_j$ и описанных выражением:

$$x_{r_j}(t_j + \Delta t_j) \in (x_{j,i}(t_i + \Delta t_i) \cup x_{j,i+1}(t_{i+1} + \Delta t_{i+1}) \cup \dots \cup x_{j,p_j}(t_{p_j} + \Delta t_{p_j})),$$

где x_{r_j} – входные данные, y_{r_j} – выходные значения соответствующего j регионального модуля.

3. На третьем межрегиональном уровне нейросетевой модуль обучается в момент времени t_m путем получения обучающей информации поступающей, от местных уровней

$$x_m(t_m) \in (x_{j,i}(t_i) \cup x_{j,i+1}(t_{i+1}) \cup \dots \cup x_{q,p_q}(t_{p_q})),$$

а дообучение в моменты времени $(t_m + \Delta t_m)$ входными данными со всех регионов:

$$x_m(t_m + \Delta t_m) \in (x_{j,i}(t_i + \Delta t_i) \cup x_{j,i+1}(t_{i+1} + \Delta t_{i+1}) \cup \dots \cup x_{q,p_q}(t_{p_q} + \Delta t_{p_q})).$$

На вход модуля поступают диагностические значения из БПР местного и регионального уровней. В качестве выходных данных по решению врача сеть генерирует управляющие воздействия u_m , u_{m_j} в виде обучающих данных для нижестоящих локальных и региональных уровней.

Выводы

Отличительной особенностью разработанной структуры адаптивных нейросетевых модулей является обеспечение возможности оперативно осуществлять обмен диагностической информацией для их своевременного обучения и дообучения с использованием данных от других медицинских учреждений по распознаванию заболеваний. Это способствует увеличению обобщающих способностей нейросетевых модулей, поэтому улучшаются их распознающие свойства по диагностированию заболеваний. Региональные особенности диагностирования заболеваний учитываются на региональных уровнях путем обучения и дообучения нейросетевых региональных модулей и местных модулей данного региона. Структура нейросетевых модулей является открытой и обладает достаточной гибкостью к структурным изменениям. Дальнейшие исследования необходимо сосредоточить на двух направлениях: разработке подходов и методов обеспечения безопасности и разработке информационно-аналитической системы осуществляющей анализ, обобщение или модификацию диагностируемых параметров по решению задач диагностирования заболеваний.

Литература

1. Хорозов, О. А. Телемониторінг життєво важливих показників пацієнтів [Текст] / О. А. Хорозов // Управляющие системы и машины. – 2015. – № 5. – С. 37–41.
2. Экспериментальная сверхширокополосная беспроводная сенсорная сеть медицинского назначения [Текст] / А. С. Дмитриев [и др.] // Радиотехника и электроника. – 2015. – Т. 60, № 9. – С. 974–984.
3. Алгоритмы регулирования информационных потоков между врачом и пациентом при дистанционной диагностике в режиме реального времени [Текст] / С. А. Тараканов [и др.] // Информационные технологии. – 2013. – № 7. – С. 52–55.
4. Maithili, A. Neural networks towards medical [Text] / A. Maithili, R. Vasantha Kumari, S. Rajamanickam // International Journal of Modern Engineering Research. – 2014. – Vol. 1, Issue 1. – P. 57–64.
5. Belciug, S. Error-correction learning for artificial neural networks using the Bayesian paradigm. Application to automated medical diagnosis [Text] / S. Belciug, F. Gorunescu // Journal of Biomedical Informatics. – 21 July 2014. – Vol. 52. – P. 329–337.
6. Improving Classification Accuracy of Heart Sound Signals Using Hierarchical MLP Network [Text] / Suboh, Mohd Zubir; M. S., Md. Yid; Yaakob, Muhyi; Mohd Shaiful Aziz Rashid Ali // International Journal of

Advanced Computer Science and Applications. – 2014. – Vol. 5, No. 1. – P. 24–31.

7. Hierarchical Neural Network for Real-time Medicine-bottle Classification [Text] / Kim Jung-Joon, Kim Tae-Hun et al. // Journal of Korean Institute of Intelligent Systems. – 2013. – Vol. 23, Issue 3. – P. 226–231.

8. Boopathi, G. Codebook Generation using Hierarchical Radial Basis Function Neural Network with Wavelet Transform and Vector Quantization for Better Image Compression [Text] / G. Boopathi, Narayanan Sreekumar // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. – June 2015. – Vol. 4, Issue 6. – P. 542–548.

References

1. Khorozov, O. A. Telemonitorinh zhyttyevo vazhlyvykh pokaznykiv patsiyentiv [Telemonitorinh vital parameters of patients]. *Upravlyayushchie sistemy i mashyny*, 2015, no. 5, pp. 37–41.
2. Dmitriev, A. S., Ryzhov, A. I., Lazarev, V. A., Malyutin, N. V., Mansurov, G. K., Popov, M. G. Eksperimental'naya sverkhshirokopolosnaya besprovodnaya sensornaya set' meditsinskogo naznacheniya [Experimental UWB wireless sensor network for medical purposes]. *Radiotekhnika i elektronika*, 2015, vol. 60, no. 9, pp. 974–984.
3. Tarakanov, S. A., Kuznetsov, V. I., Ryzhakov, N. I., Rassadina, A. A., Kogalenok, V. N. Algoritmy regulirovaniya informatsionnykh potokov mezhdru vrachom i patsiyentom pri distantsionnoi diagnostike v rezhime real'nogo vremeni [Algorithms for control of information flows between the physician and the patient for remote diagnosis in real time]. *Informatsionnye tekhnologii*, 2013, no. 7, pp. 52–55.
4. Maithili, A., Vasantha Kumari, R., Rajamanickam, S. Neural networks towards medical. *International Journal of Modern Engineering Research*, 2014, vol. 1, issue 1, pp. 57–64.
5. Belciug, S., Gorunescu, F. Error-correction learning for artificial neural networks using the Bayesian paradigm. Application to automated medical diagnosis. *Journal of Biomedical Informatics*, 2014, vol. 52, pp. 329–337.
6. Suboh, Mohd Zubir; M. S., Md. Yid; Yaakob, Muhyi; Mohd Shaiful Aziz Rashid Ali. Classification Accuracy of Heart Sound Signals Using Hierarchical MLP Network, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2014, vol. 5, no. 1, pp. 24–31.
7. Jung-Joon, K., Tae-Hun, K., Gang-Soo, R., Dae-Sik, L., Jong-Hak, L., Kil-Houm, P. Hierarchical Neural Network for Real-time Medicine-bottle Classification. *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, 2013, vol. 23, Issue 3, pp. 226–231.
8. Boopathi, G., Sreekumar, N. Codebook Generation using Hierarchical Radial Basis Function Neural Network with Wavelet Transform and Vector

Quantization for Better Image Compression. *Computer and Communication Engineering*, 2015, vol. *International Journal of Advanced Research in* 4, Issue 6, pp. 542–548.

Поступила в редакцію 1.04.2016, рассмотрена на редколлегии 14.04.2016

БАГАТОРІВНЕВА СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДУЛІВ: ПРИНЦИПИ РЕАЛІЗАЦІЇ

М. І. Федоренко, В. С. Харченко

Запропонована багаторівнева структура адаптивних нейромережових модулів об'єднаних у систему діагностування захворювань в медицині. Розроблена структура має тривірневу схему взаємодії локальних, регіональних та міжрегіональних нейромережових модулів для обміну діагностичними даними. Адаптивні нейромережові модулі розміщені за територіальним принципом в локальних медичних центрах, в регіональних медичних закладах - у обласному центрі, а також на національному рівні – в одному або декількох медичних центрах. Обмін діагностичною інформацією виконується з метою навчання адаптивних нейромережових модулів шляхом використання даних, отриманих з локальних медичних центрів з однаковими захворюваннями. При вирішенні задач діагностування захворювань враховуються регіональні фактори виникнення захворювань та індивідуальні особливості діагностичних параметрів пацієнтів.

Ключові слова: адаптивні нейромережові модулі, багаторівнева система діагностування захворювань, обмін параметрами діагностування, розпізнавання захворювань з урахуванням впливу регіональних факторів.

THE DEVELOPMENT OF MULTILEVEL SYSTEM FOR DISEASE DIAGNOSTICS USING NEURAL MODULES: THE PRINCIPLES OF IMPLEMENTATION

N. I. Fedorenko, V. S. Kharchenko

The article deals with multi-level structure of adaptive neural network modules interconnected for diagnosing diseases in medicine. The developed structure is a 3-level scheme of interaction between local, regional and inter-regional neural modules which exchange the diagnostic data. The adaptive neural modules are placed according to the territory principle in the local health centers, regional health care facilities in regional center and at the national level in one of the medical centers. The exchange of diagnostic information is fulfilled to provide additional training of adaptive neural modules through the use of data derived from related medical centers for the same disease. To solve the problems of diseases diagnostics regional factors of diseases and the individual characteristics of diagnosed parameters of patients are taken into account.

Keywords: adaptive neural network modules, multilevel system of diseases diagnostics, exchange by diagnostic parameter between medical centers, recognition of diseases considering regional factors.

Федоренко Николай Иванович – зав. лаб. каф. прикладной лингвистики, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков, Украина, e-mail: fednic-07@ya.ru.

Харченко Вячеслав Сергеевич – д-р техн. наук, профессор, зав. каф. компьютерных систем и сетей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков, Украина, e-mail: v_s_kharchenko@ukr.net.

Fedorenko Nikolai Ivanovich – Deputy Head of Dep. of Applied Linguistics, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: fednic-07@ya.ru.

Kharchenko Vyacheslav Sergeevich – Dr. Sc. in Engineering, Prof., Head of Dep. of Computer Systems and Networks, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine, e-mail: v_s_kharchenko@ukr.net.