

© The Author (s) 2013;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of University Radom in Radom, Poland

**Open Access**

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

Conflict of interest: None declared. Received: 15.06.2013. Revised: 25.08.2013. Accepted: 15.09.2013.

## **Optimization of the hypertension course prognosis at the primary level based on correlation indices and multiparameter neural network clusterization**

**Оптимизация прогнозирования течения артериальной гипертензии на первичном уровне на основе корреляционных показателей и многопараметрической нейросетевой кластеризации**

**Selskyy PR  
Сельський П.Р.**

**State higher education establishment “Ternopil State Medical University by I. Ya. Horbachevsky of Ministry of Public Health of Ukraine”**

**Государственное высшее учебное заведение “Тернопольский государственный медицинский университет имени И.Я. Горбачевского МОЗ Украины”, Тернополь, Украина**

**Ключевые слова: первичный уровень медико-санитарной помощи, артериальная гипертензия, нейросетевая кластеризация.**

**Keywords: the primary health care level, hypertension, neural network clusterization.**

### **Abstract**

The paper examines prognosis methodology of the disease progression at the primary health care level. Approach is based on calculation of correlation

coefficients and multiparameter neural network clusterization. It has been established that neural network clusterization can effectively and objectively allocate patients into the appropriate categories according to the level of average indices of patient examination results. The cluster analysis portraits has revealed that the combination in particular of high arterial tension measures (during the first and repeated examination) provides a basis of the deteriorated patient condition, while the combination of high age and heart rate measures (polycardia) plays also a significant, but not the primary role for the disease prognosis.

## **Резюме**

В работе предложена методика прогнозирования течения заболевания на первичном уровне предоставления медико-санитарной помощи. Подход основан на вычислении коэффициентов корреляции и многопараметрической нейросетевой кластеризации. Установлено, что нейросетевая кластеризация позволяет эффективно и объективно распределить пациентов в соответствующие категории по уровню средних показателей результатов обследования. Анализ кластерных портретов обнаружил, что сочетание именно высоких показателей артериального давления (при первом и повторном обследовании) дает основание прогнозировать ухудшение состояния пациентов, в то же время сочетание высоких показателей возраста и пульса (тахикардия) имеют существенное, однако не первостепенное значение для прогноза.

**Вступление.** С целью обеспечения надлежащего качества медицинской помощи существует потребность в накоплении и анализе данных в течение длительного периода [1]. Целый ряд исследований направлен на решение проблем внедрения инновационных медицинских информационных технологий [2,3,4,5]. Однако не до конца решенной остается проблема эффективной информатизации в сельской медицине и соответствующей подготовки специалистов. При этом важным является оптимизация прогнозирования течения заболеваний с целью улучшения лечебно-профилактической работы на первичном уровне.

Поэтому **целью** нашей работы было проанализировать результаты обследования пациентов с гипертензией на основе корреляционных показателей и многопараметрической нейросетевой кластеризации с целью оптимизации прогнозирования течения заболевания на первичном уровне оказания медико-санитарной помощи.

**Материалы и методы.** В качестве данных для анализа использованы результаты обследования 63 больных с артериальной гипертензией в учебно-практических центрах первичной медико-санитарной помощи (УПЦПМСП), открытых Тернопольским государственным медицинским университетом имени И.Я. Горбачевского при содействии местной власти в селах Гнилицы и Зарубинцы Тернопольской области [6], внесенных в базу программы "Регистратура" в течение 2011 и 2012. Группу контроля составляли 19 жителей данных населенных пунктов, в которых по данным базы программы "Регистратура" не зафиксировано никакой патологии. Статистическая обработка материала проводилась с использованием пакета программ "Microsoft Excel" (Microsoft Office 2003). Статистическая значимость различий между средними арифметическими и относительными величинами оценивалась по критерию Стьюдента-Фишера (t). При сравнении однотипных групп проводили

корреляционный анализ с учетом коэффициента корреляции ( $r$ ) с помощью метода квадратов Пирсона.

Для более глубокого анализа показателей обследования с целью прогнозирования течения заболевания использован нейросетевой подход с использованием надстройки NeuroXL Classifier для программы Microsoft Excel. Нейросети является проверенной и достаточно распространенной технологией для решения комплексных классификационных проблем. Они моделируются на основе человеческого мозга и являются взаимосвязанными сетями независимых процессоров. Программа NeuroXL Classifier (разработка компании AnalyzerXL) реализует самоорганизационные нейросети, выполняющие категорирование путем изучения трендов и взаимосвязей внутри данных. Несмотря на высокую эффективность, нейросети часто используются в силу своей сложности и обучение, требуемое для их правильной реализации. NeuroXL Classifier устраняет такие барьеры, скрывая сложность методов на основе нейросетей и используя преимущества использования рабочих книг Microsoft Excel [7].

**Результаты исследования.** Таким образом, всего было обследовано 63 больных, среди которых - 15 мужчин и 48 женщин. Средний возраст больных составлял  $(64,30 \pm 1,81)$  лет. Среднее значение положение электрической оси сердца было нормальным и составило  $(37,83 \pm 1,92)^0$ . Средний показатель пульса составлял  $(78,24 \pm 1,15)$  ударов в минуту. Показатели артериального давления при первом обращении пациентов были следующими: систолическое -  $(154,76 \pm 2,29)$  мм. рт. ст., диастолическое -  $(92,94 \pm 1,04)$  мм. рт. ст., пульсовое давление -  $(61,83 \pm 1,95)$  мм. рт. ст. При повторном обследовании средний показатель пульса  $((78,59 \pm 1,07)$  ударов в минуту) и пульсовое давление  $((57,06 \pm 1,57)$  мм. рт. ст.) статистически ни отличались ( $p > 0,05$ ). Показатели верхнего и нижнего артериального давления были значительно ниже по сравнению с аналогичными показателями до лечения: систолическое -  $(145,86 \pm 2,01)$  мм. рт. ст. ( $p < 0,01$ ), диастолическое -  $(88,49 \pm 1,08)$  мм. рт. ст. ( $p < 0,001$ ). В 13 (19,40 %) пациентов наблюдалось ухудшение состояния и развитие осложнений.

При корреляционном анализе обнаружена прямая корреляционная связь между показателями пульса (+ 0,5), верхнего (+ 0,1), нижнего (+ 0,4) и пульсового (+ 0,1) давлений при первом и повторном обследовании.

При исследовании группы 50 пациентов со стабильным течением заболевания установлено, что среди них преобладали женщины ((72,00 ± 6,35) %). Средний возраст больных составлял (63,76 ± 1,80) лет. Среднее значение положение электрической оси сердца было нормальным и составило (37,72 ± 2,00)<sup>0</sup>. Средний показатель пульса составлял (77,28 ± 1,17) ударов в минуту. Показатели артериального давления при первом обращении пациентов были следующими: систолическое - (155,80 ± 2,29) мм. рт. ст., диастолическое - (93,10 ± 1,01) мм. рт. ст., пульсовое давление - (62,70 ± 1,95) мм. рт. ст. При повторном обследовании средний показатель пульса ((78,62 ± 1,07) ударов в минуту) статистически не отличался (p > 0,05). Показатели артериального давления были значительно ниже, по сравнению с аналогичными показателями до лечения: систолическое - (145,28 ± 1,84) мм. рт. ст. (p < 0,01), диастолическое - (88,30 ± 1,04) мм. рт. ст. (p < 0,01) и пульсовое давление - ((56,60 ± 1,36) мм. рт. ст. (p < 0,05).

Проводился также сравнительный анализ группы 13 пациентов с ухудшением состояния, которое определяли на основе таких проявлений, как установленные при обследовании и зафиксированы в диагнозе более тяжелая стадия или степень развития заболевания, а также появление осложнений. Установлено, что среди данной группы также преобладали женщины ((92,31 ± 7,69) %), однако эта доля была достоверно выше по сравнению с группой со стабильным течением заболевания (p < 0,05). Средний возраст больных существенно не отличался и составлял (66,38 ± 3,74) лет. Среднее значение положение электрической оси сердца было нормальным ((38,23 ± 2,67)<sup>0</sup>) и также существенно не отличалось. Средний показатель пульса был значительно выше (p < 0,05) по сравнению с группой со стабильным течением и составлял (81,92 ± 1,64) ударов в минуту. Другие показатели гемодинамики ни отличались по сравнению с аналогичными показателями при

стабильном течении болезни ( $p > 0,05$ ). Показатели артериального давления при первом обращении пациентов были следующими: систолическое -  $(150,77 \pm 4,28)$  мм. рт. ст., диастолическое -  $(92,31 \pm 2,40)$  мм. рт. ст., пульсовое давление -  $(58,46 \pm 3,74)$  мм. рт. ст. При повторном обследовании средний показатель пульса ( $(78,46 \pm 2,20)$  ударов в минуту) статистически не отличался ( $p > 0,05$ ). Не отличались, по сравнению с аналогичными показателями до лечения, и показатели артериального давления: систолическое -  $(148,08 \pm 5,51)$  мм. рт. ст., диастолическое -  $(89,23 \pm 2,49)$  мм. рт. ст. и пульсовое давление -  $(58,85 \pm 4,86)$  мм. рт. ст. ( $p > 0,05$ ).

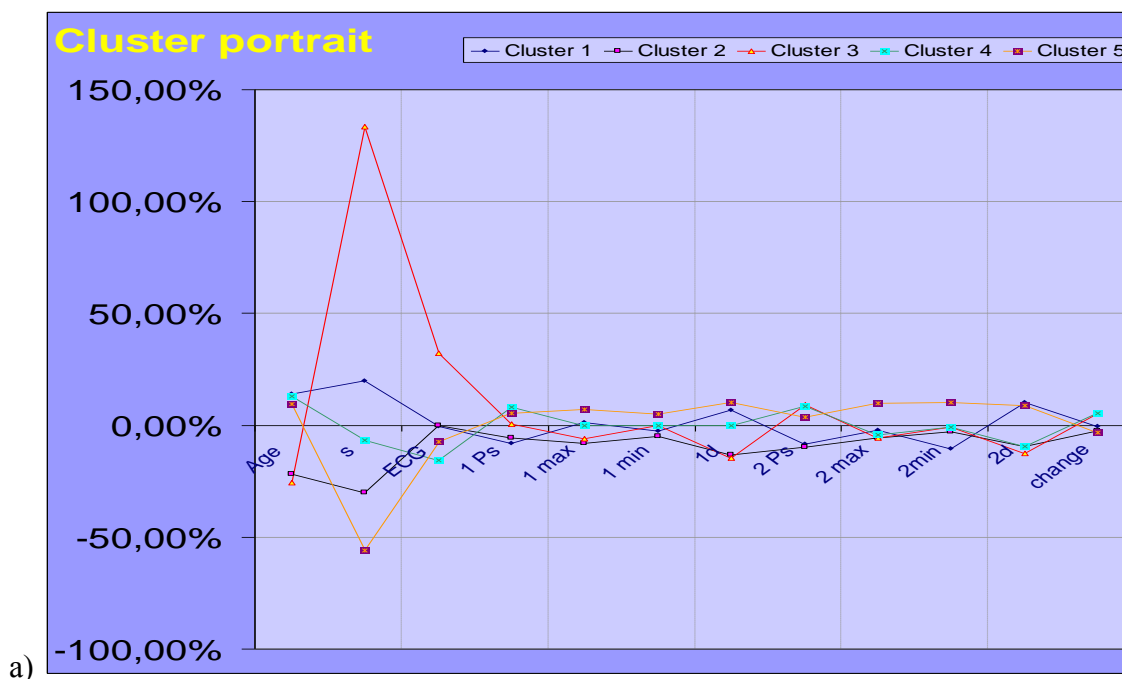
При корреляционном анализе выявлена прямая корреляционная связь между показателями гемодинамики при первом и повторном обследовании пациентов в группах со стабильным течением (пульс -  $+ 0,5$ , артериальное давление: нижнее -  $+ 0,3$ , пульсовое -  $+0,1$ ) и ухудшением состояния (пульс -  $+ 0,6$ , артериальное давление: верхнее -  $+ 0,5$ , нижнее -  $+ 0,7$ , пульсовое -  $+ 0,3$ ).

Показатели артериального давления при первом обследовании во всех группах с АГ были выше ( $p < 0,05$ ) по сравнению с аналогичными показателями в группе контроля, которые составляли: систолическое -  $(123,42 \pm 1,49)$  мм. рт. ст., диастолическое -  $(78,42 \pm 1,32)$  мм. рт. ст. и пульсовое давление -  $(45,00 \pm 1,58)$  мм. рт. ст. Средний показатель пульса был существенно выше ( $p < 0,05$ ) в группе с ухудшением состояния пациентов, однако не существенно отличался ( $p > 0,05$ ) в группе со стабильным течением заболевания и общей группе по сравнению с аналогичным показателем группы контроля ( $(77,58 \pm 1,02)$  ударов в минуту). Средний возраст в группе контроля был ниже ( $p < 0,05$ ) по сравнению с группами с гипертензией и составлял  $(38,21 \pm 3,91)$  лет.

С целью определения значения сочетания изменения тех или иных параметров для прогноза течения заболевания было осуществлено нейросетевую кластеризацию пациентов на основе показателей половой принадлежности, возраста, изменений электрической оси сердца по результатам электрокардиографического исследования, гемодинамических показателей (пульс, верхнее, нижнее и пульсовое артериальное давление) при первом и

повторном исследовании. Было использовано компьютерную программу NeuroXL Classifier. Для алгоритма нейросетевой кластеризации избраны параметры, предложенные программой, и количество кластеров, равное пяти.

На рис. 1 приведены результаты выполнения программы для пациентов с гипертензией. Как видно из гисторамы на рис. 1б наибольшая доля пациентов обнаружена в 5-м кластере. Показатель изменения состояния пациентов (change) фиксировался напротив каждого больного как “1” при ухудшении состояния и “2” - в случае стабильного течения. Данный кластер (рис. 1а) сформирован из наибольшей доли пациентов с ухудшением состояния по сравнению с 1-4 кластерами. При этом с помощью кластерного портрета можно определить, что на пятый кластер приходятся самые высокие средние показатели верхнего (max), нижнего (min) и пульсового (d) артериального давления при первом и повторном обследовании. Вместе средние показатели возраста (Age) и пульса (Ps) в данном кластере были высокими, однако не превышали аналогичные показатели 1-4 кластеров.



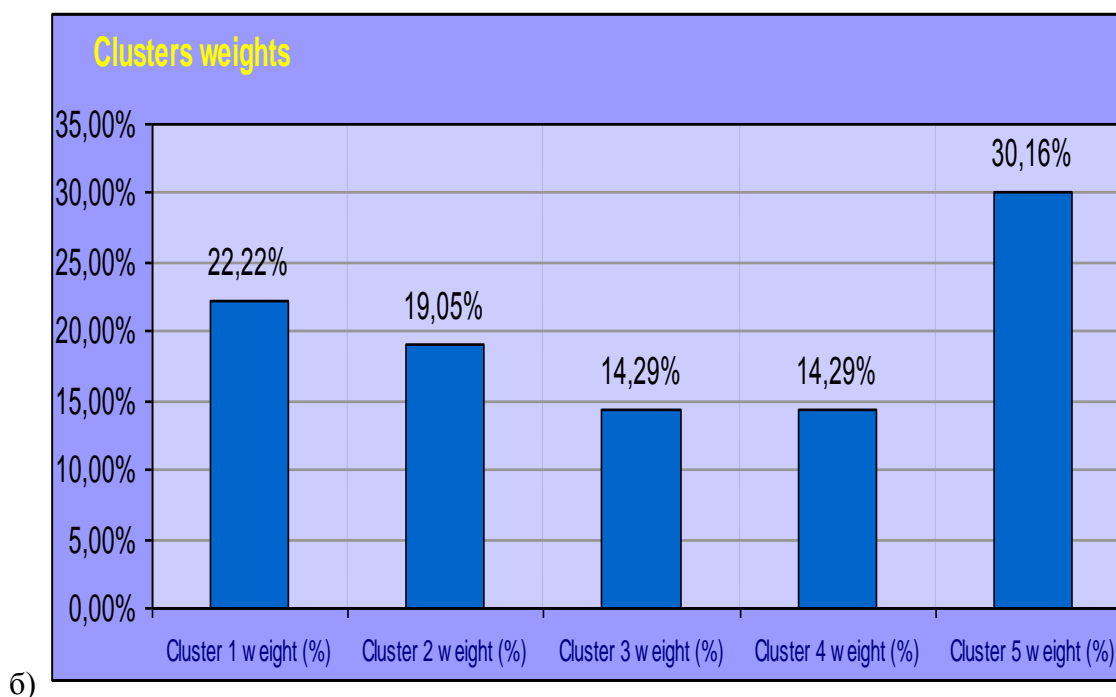


Рисунок 1. Результаты кластеризации для больных с гипертензией по результатам обследования в УПЦПМСП (всего 63 пациента): а) кластерный портрет - средние значения параметров, включая показатели гемодинамики при первом и повторном обследовании, в пределах распределенных кластеров; б) доли кластеров - проценты пациентов, которые попали в определенный кластер.

### **Выводы.**

1. В работе предложен метод анализа результатов обследования пациентов с гипертензией в учебно-практических центрах первичной медико-санитарной помощи на основе средних значений, корреляционных показателей и алгоритмов нейросетевой кластеризации.

2. Выяснено, что анализ на основе средних значений и вычисления коэффициентов корреляции средних показателей возраста, положения электрической оси сердца, ряда гемодинамических показателей является первичным инструментом, который не дает установить значение сочетания изменения тех или иных параметров для прогнозирования течения заболевания в сторону ухудшения или улучшения.



3. Нейросетевая кластеризация позволяет эффективно и объективно распределить пациентов в соответствующие категории по уровню средних показателей результатов обследования. Анализ кластерных портретов обнаружил, что сочетание именно высоких показателей артериального давления (при первом и повторном обследовании) дает основание прогнозировать ухудшение состояния пациентов, в то же время сочетание высоких показателей возраста и пульса (тахикардия) имеют существенное, однако не первостепенное значение для прогноза.

### References

1. Концепция информатизации здравоохранения в Украине /О.П. Минцер, Ю.В. Вороненко, Л.Ю. Бабинцева [и др.] // Медична інформатика та інженерія. – 2012. - № 3. - С. 5-29.
2. Мінцер О.П. Інформаційно-технологічні проблеми організації телемедичних консультацій / О.П. Мінцер, В.В. Краснов, Г. Тахере // Медична інформатика та інженерія. – 2011. - №4. – С. 32-37.
3. Measuring patient-centered communication in patient-physician consultations: theoretical and practical issues / R.M. Epstein, P. Franks, K. Fiscella [et al.] // Soc. Sci. Med. – 2005. – Vol. 61, P. 1516-1528.
4. Марценюк В.П. О программной среде проектирования интеллектуальных медицинских баз данных / В.П. Марценюк, Н.О. Кравец // Клиническая информатика и телемедицина – 2004. – №1. – С. 47–53.
5. Востров Г.Н. Інформаційна модель надання дистанційних медичних послуг населенню. Перше повідомлення / Г.Н. Востров, О.П. Мінцер, О.О. Павлов [та ін.] // Медична інформатика та інженерія. – 2010. - № 3. – С. 37-47.
6. Ковальчук Л.Я. Результати реалізації новітніх методик навчального процесу в Тернопільському державному медичному університеті імені І.Я. Горбачевського та плани на майбутнє / Л.Я. Ковальчук. // Медична освіта. – 2012. - № 2. – С. 11-17.
7. Марценюк В.П. Нейромережеве прогнозування складання студентами-медиками ліцензійного інтегрованого іспиту "Крок 1" на основі результатів поточної успішності та

семестрового комплексного тестового іспиту / В.П.Марценюк, А.В.Семенець,  
О.О.Стаханська // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С. 57–62.