

кластеру, чим нижче його значення, тим краще структура кластерів; *індекс Maulik-Bandoyadhyay* – якщо даний показник високий то було отримано правильну кількість кластерів; *індекс Score Function* – вимірює близькість всередині кластеру, високий показник вказує на найкращу структуру; *індекс щільності CDbw* – оптимальне розбиття на кластери те, де показник найвищий; *індекс Девіда Болдуїна* – відображає середню схожість між певним кластером та найбільш близьким до нього кластером [2].

У веб-додатку Zhy&Vor було реалізовано модуль оцінки якості, який можна використовувати для результатів кластеризації, що отримані в різних програмних продуктах. Кластеризацію проводили за допомогою: Zhy&Vor, IBM SPSS Modeler, Knime Analytics Platform. Вхідними даними обиралися показники якості борошна, яке надходить на хлібне виробництво. При однакових умовах кластеризації результати оцінки її якості відрізняються, але в більшості випадків індекси вказують на ефективність Zhy&Vor. Можна зробити висновок, що оцінюючи якість результатів кластеризації певного алгоритму необхідно використовувати всі запропоновані індекси, проводити дослідження при різних умовах. Один або декілька можуть дати неоднозначний результат.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

[1] M.Halkidi, Y. Batistakis, M. Vazirgiannis, “On clustering validation techniques”, *Journal of intelligent information systems*, vol. 17, no.2-3, pp.107-145, 2001.

[2] Е.В. Сивоголовко, “Методы оценки качества чёткой кластеризации”, *Компьютерные инструменты в образовании*, №4, с.14-31, 2011.

UDC 61.616-71

ASSESSING FOR LONG-TERM VARIABILITY OF BLOOD PRESSURE USING INTELLIGENT HOME TONOMETER

L.S. FAINZILBERG (fainzilberg@gmail.com)

International Research and Training Center

for Information Technologies and Systems of the NAS and MES (Ukraine)

The paper shows that the modern intelligent information technologies can implement important additional functions for improving the efficiency of digital blood pressure monitors for home using. Our approach allows to assess the long-term variability of blood pressure indicators for self-measurement at home between visits to the doctor. Such approach can be implemented on the internal processor of a home blood pressure monitor.

Arterial hypertension (high blood pressure) is one of the most common diseases of the cardiovascular system that suffer about 30% of the adult population [1]. Assessment of the dynamics of changes in blood pressure (BP) carries important information in the diagnosis of arterial hypertension. However, even 24-hour monitoring of blood pressure, which is carried out for medical reasons using special devices, does not allow assessing the long-term variability of blood pressure between doctor visits, which is no less important for making correct diagnostic decisions [2, 3].

Analysis of available publications shows that the intellectual capabilities of home blood pressure monitors are far from exhausted. The rapid development of microelectronics and intelligent methods for signal processing against a background of interference make it possible today to realize a number of important additional functions in tonometers.

Let us consider measured by home monitor values SBP_i , $i = 1, 2, \dots$ of systolic blood pressure, which were observed in a particular user over a sufficiently large period of time (weeks, months, years), as the implementation of a random variable P with a probability distribution \mathfrak{R}_{SBP} .

We denote the carrier of this distribution by the set

$$\Omega_{SBP} = \{P : \mathfrak{R}_{SBP} > 0\},$$

and M_{SBP} let be the average value of SBP_i , $i = 1, 2, \dots$.

Let further $\Omega_{SBP}^{(0)} = [100, 120]$ be the range of normal values of SBP accepted in medical practice for healthy people. To simplify the discussion, we will not distinguish between the norm ranges of different age and gender groups.

We consider four options for the mutual arrangement of sets Ω_{SBP} and $\Omega_{SBP}^{(0)}$ relative to the axis of values P (Fig. 1).

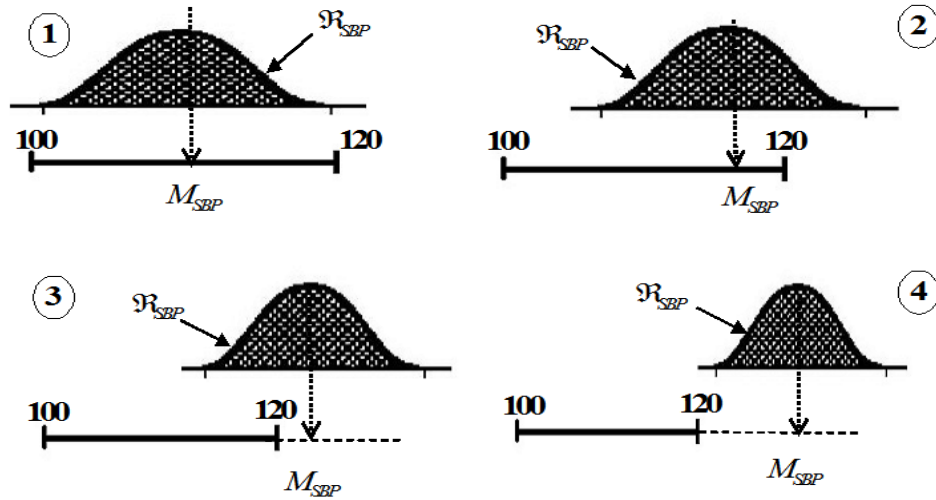


Fig. 1. The relative position of the sets Ω_{SBP} and $\Omega_{SBP}^{(0)}$

Case 1. $\Omega_{SBP} \subset \Omega_{SBP}^{(0)}$, i.e. the range Ω_{SBP} of measured values is *fully* included in the normal range $\Omega_{SBP}^{(0)}$ of systolic blood pressure.

Case 2. $(\Omega_{SBP} \cap \Omega_{SBP}^{(0)}) \neq \emptyset$, $\Omega_{SBP} / (\Omega_{SBP} \cap \Omega_{SBP}^{(0)}) \neq \emptyset$, i.e. the range Ω_{SBP} *partially* enters the region $\Omega_{SBP}^{(0)}$, moreover, the average of the measured values belongs to the normal range $\Omega_{SBP}^{(0)}$ of systolic blood pressure: $M_{SBP} \in \Omega_{SBP}^{(0)}$

Case 3. $(\Omega_{SBP} \cap \Omega_{SBP}^{(0)}) \neq \emptyset$, $\Omega_{SBP} / (\Omega_{SBP} \cap \Omega_{SBP}^{(0)}) \neq \emptyset$, i.e. the range Ω_{SBP} *partially* enters to the region $\Omega_{SBP}^{(0)}$ and the average of the measured values *do not belong* to the normal range $\Omega_{SBP}^{(0)}$ of systolic blood pressure: $M_{SBP} \notin \Omega_{SBP}^{(0)}$

Case 4. $(\Omega_{SBP} \cap \Omega_{SBP}^{(0)}) = \emptyset$, those the range of measured values Ω_{SBP} extends beyond the normal range $\Omega_{SBP}^{(0)}$ of systolic blood pressure.

In the first situation, the patient should be considered as healthy. In the second situation, the results of individual measurements did not correspond to the normal range $\Omega_{SBP}^{(0)}$. But since the average M_{SBP} of the measured values belongs to the region $\Omega_{SBP}^{(0)}$, such a patient can be classified as conditionally healthy with a tendency to hypertension. In the third situation, and especially in the fourth, there is nothing left to do but to attribute the person to a group of patients with varying degrees of arterial hypertension.

Note that for the practical implementation of the proposed approach, it is not necessary to have the entire array of measured values. For each measurement SBP_i it is enough to override the minimum SBP_{\min} and maximum SBP_{\max} of full array by scheme

$$\begin{aligned} SBP_{\min,i} &= SPP_i, & \text{if } SPP_i < SBP_{\min,i-1}, \\ SBP_{\max,i} &= SPP_i, & \text{if } SPP_i > SBP_{\max,i-1} \end{aligned}$$

and refine the current average M_{SBP} using a recurrence formula

$$M_{SBP,i} = M_{SBP,i-1} + \frac{1}{i} [SBP_i - M_{SBP,i-1}],$$

by setting the initial conditions $M_{SBP,0} = 0$ and also $SBP_{\min,0} = SBP_{\max,0} = SBP_0$.

Applying the recurrence formula for calculating the modified variance estimate for a sample of independent random observations proposed in [4], it is also possible for each measurement SBP_i , $i = 1, 2, \dots$

to reevaluate the current value of the mean square (standard) deviation σ_{SBP} of the systolic blood pressure for a particular patient.

To prevent distortion SBP_{min} , SBP_{max} , M_{SBP} and σ_{SBP} is advisable to provide an additional button in the tonometer, with which the user can block the recalculation of these values at the slightest suspicion of an error in the current result due to random artifacts.

With each measurement we can also calculate the current values of Pearson coefficient of variation

$$V_{SBP} = \frac{\sigma_{SBP}}{M_{SBP}} \cdot 100\%$$

and index

$$I_{SBP} = \frac{N_{SBP}^{(E)}}{N} \cdot 100\%$$

characterizing the ratio of the number of measurements at which the systolic blood pressure exceeded the threshold $SBP = 140$ mmHg to the total number of measurements.

In addition, for each measurement, we may calculate the value

$$\Delta_{SBP,i} = SBP_i - M_{SBP}, \quad i = 1, 2, \dots$$

characterizing the deviation of the current result SBP_i from the previously found average value M_{SBP} , and compare the value $\Delta_{SBP,i}$ with the current value of the standard deviation σ_{SBP} .

As a result, with a simple refinement of the internal software, the home blood pressure monitor can additionally display on its screen quality information about the current functional state of the patient in the form of understandable graphic images (emoticons). One of the options for the formation of such information is presented in table 1.

In a similar way, we can calculate the values DBP_{min} , DBP_{max} , M_{DBP} , σ_{DBP} , V_{DBM} , I_{DBM} allowing us to estimate the variability of diastolic blood pressure DBP_i , $i = 1, 2, \dots$.

Table 1.

One of the option for generating quality information (when $SBP > 100$ mmHg)

Sign Δ_{SBP}	Condition	Text message	Emoticon
+	$\Delta_{SBP} > 1,5\sigma_{SBP}$	Dangerous condition!	
+	$0,5\sigma_{SBP} \leq \Delta_{SBP} \leq 1,5\sigma_{SBP}$	Be careful!	
+ or -	$ \Delta_{SBP} < 0,5\sigma_{SBP}$	Stable condition!	
-	$0,5\sigma_{SBP} \leq \Delta_{SBP} \leq 1,5\sigma_{SBP}$	The condition is improving	
-	$\Delta_{SBP} > 1,5\sigma_{SBP}$	You are in good condition	

An example of a visual scale of a *personalized assessment* of the current value of systolic blood pressure, automatically constructed according to 85 measurements for a particular patient [5], is shown in Fig. 2.

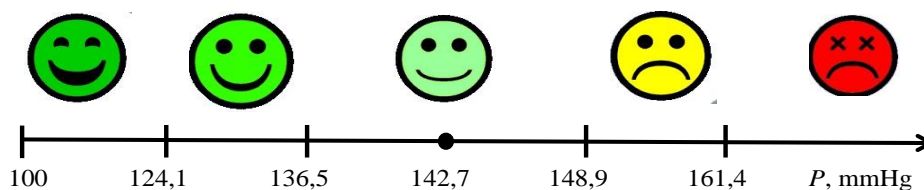


Fig 2. An example of a personalized SBP scale for a particular patient

Conclusions. The proposed approach allows to implement the basic principle of personalized diagnosis: "Treat the patient, not the disease."

A qualitative assessment of the results of blood pressure measurements, implemented in a home blood pressure monitor, helps a user who does not have a medical education make independent decisions aimed at optimizing his lifestyle, a reasonable distribution of the regime of load and rest, determine the need for additional intake of medications prescribed by a doctor, and evaluate possible dangerous situations requiring urgent medical attention. Of course, the proposed approach in no way claims to replace, and even more so to cancel the established medical recommendations for the diagnosis and treatment of hypertension.

1. Dilaveris P.E., Richter D.J., Gialafos J.E. Inadequate blood pressure control in a low risk Mediterranean population // *European Heart Journal*. 1999. Vol. 20. P. 1845.

2. Muntner P., Shimbo D., Tonelli M., Reynolds K., Arnett D.K., Oparil S. The relationship between visit-to-visit variability in systolic blood pressure and all-cause mortality in the general population: findings from NHANES III, 1988 to 1994 // *Hypertension*. 2011. Issue 57. P. 160-166.

3. Stergiou G.S., Parati G., Vlachopoulos C. et al. Methodology and technology for peripheral and central blood pressure and blood pressure variability measurement: current status and future directions - Position statement of the European Society of Hypertension Working Group on blood pressure monitoring and cardiovascular variability // *Journal of Hypertension*. 2016. Issue 34 (9). P. 1665-1677.

4. Zhukovskaya O.A., Glushauskene G.A., Fainzilberg L.S. Investigation of the properties of the modified estimation of the variance by a sampling of independent random observations // *Scientific News of NTU Ukraine KPI*. 2008. № 4. P. 139-145. (in Ukrainian)

5. Fainzilberg L.S. Expanding of intellectual possibilities of digital tonometers for home using // *Control Systems and Computers*. 2020. № 1. P. 60-70.

УДК 004.9

ІГРОВИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ІГРАХ ЖАНРУ *RPG*

ШЕСТОПАЛОВ С.В. (sshestopalo1984@gmail.com),

ГРИГОРІЮК Д. К. (emillio_18@hotmail.com)

Одеська національна академія харчових технологій (Україна)

Представлене поняття ігрового штучного інтелекту. Проаналізовані недоліки ІШІ в іграх жанру role-playing game (RPG). Наведено невдалі дії ІШІ в сучасних AAA проектах при пошуку головного героя ворогами. Зазначена «неадекватна» поведінка ворогів під керівництвом ІШІ при колективній атаці на головного героя, що підтверджує необхідність вдосконалення сучасного ІШІ. Показано історію становлення ІШІ від початкового етапу (на основі правил) до сучасного – адаптивного. Розглянуто основні методи реалізації ІШІ. Зазначено, що гарно спроектований ІШІ дозволяє неігровим персонажам вести себе більш реалістично, що робить більш цікавим геймплей та занурює гравця в гру.

На сьогоднішній день ігри займають чи не перше місце в сфері розваг в світі. Практично кожна людина принаймні пробувала грати в комп'ютерні, консольні або мобільні ігри. Одним із найбільш популярних жанрів сьогодення є жанр *role-playing game (RPG)*. В даному жанрі, окрім «відігравання ролі», чимале значення має ігровий штучний інтелект (ІШІ), який суттєво впливає на сприйняття геймплею в цілому. Основною складовою будь-якої сучасної гри є не надсучасна графіка, фізика а захоплюючий геймплей. Жодна людина не буде грати в гру лише через гарну картинку на моніторі. Для того, щоб геймплей був цікавим, необхідно, щоб були детально пропрацьовані ігрові механіки та поведінка керуємих комп'ютером персонажів (*NPC – Non-Player Character – неігровий персонаж*) була максимально наближеною до поведінки реальних людей, тварин і т.д.

Ігровий штучний інтелект (англ. *Game artificial intelligence*) – набір програмних методів, які використовуються в комп'ютерних іграх для створення **ілюзії інтелекту** в поведінці персонажів, керованих комп'ютером (*NPC*). ІШІ, крім методів традиційного штучного інтелекту, включає також алгоритми теорії управління, робототехніки, комп'ютерних графіків та інформатики в цілому [1].

Останнім часом спостерігають суттєві проблеми з ІШІ як в невеликих іграх, так і в іграх рівня AAA. Невдалу роботу ІШІ можна спостерігати в грі від *Bethesda – The Elder Scrolls V: Skyrim* [2], коли стражники або вороги не реагують ні на рух головного героя (інколи не помічають його навіть при наближенні впритул), ні на звуки. При цьому, навіть, при виявленні головного героя, стражники або вороги перестають його переслідувати, якщо він віддаляється від них буквально на декілька метрів.