

**АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД КОМП'ЮТЕРНИХ ПОЛІГРАФІВ ТА МЕТОДІВ ОБРОБКИ  
БІОЛОГІЧНИХ СИГНАЛІВ ЛЮДИНИ  
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР КОМПЬЮТЕРНЫХ ПОЛИГРАФОВ И МЕТОДОВ  
ОБРАБОТКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ЧЕЛОВЕКА  
STAT-OF-THE-ART REVIEW OF COMPUTER POLIGRAPHS AND METHODS OF  
PROCESSING OF BIOLOGICAL SIGNALS OF THE PERSON**

**Анотація.** Поліграф є комплексом, що складається з датчиків, сенсорного блоку, комп'ютера та сучасного програмного забезпечення, яким керує поліграфолог. Поліграф забезпечує прийом біосигналів від датчиків по 7-12 незалежних каналах, дозволяє реєструвати фотоплетизмограму, шкірно-гальванічну реакцію, верхнє та нижнє дихання, зміни кров'яного тиску, мовний сигнал, автоматичне оцінювання загальної напруженості обстежуваного, психологічну складову в реальному масштабі часу.

**Аннотация.** Полиграф является комплексом, который состоит из датчиков, сенсорного блока, компьютера и современного программного обеспечения, которым руководит полиграфолог. Полиграф обеспечивает прием биосигналов от датчиков по 7-12 независимым каналам, позволяет регистрировать фотоплетизмограмму, кожно-гальваническую реакцию, верхнее и нижнее дыхание, изменения кровяного давления, языковой сигнал, автоматическое оценивание общей напряженности обследуемого, психологическую составляющую, в реальном масштабе времени.

**Abstract.** A lie-detector is a complex, that consists of sensors, sensory block, computer and modern software that is managed by to the lie-detector. a lie-detector provides taking of biosignals over sensors on 7-12 independent channels, allows to register the photoplethysmogram, leather-galvanic reaction, overhead and lower breathing, changes of piosis, language signal, automatic evaluation of general tension of inspected, psychological constituent real-time.

**Ключові слова.** Поліграф, датчики, методи обробки психофізіологічних сигналів, програмне забезпечення.

**Ключевые слова.** Полиграф, датчики, методы обработки психофизиологических сигналов, программное обеспечение.

**Key words.** A lie-detector, sensors, methodology of the obfuscation of psychophysiological signals, software.

**Вступ.** Функціонування організму людини як біофізичної системи супроводжується генеруванням електричних, магнітних, механічних полів, змінами дихання, тиску, шкірно-гальванічної реакції, оптичної густини тканин, що у своїй просторово-часовій структурі відображають функціональний стан психофізіологічної системи людини і дають змогу проводити її діагностику та тестування.

Ідеї застосування обстеження на поліграфі ґрунтуються на факті, що коли людина говорить неправду, змінюються характеристики біосигналів, внаслідок неузгодженості реальної дійсності і модульованої неправдивої інформації.

Методи обробки психофізіологічних сигналів ґрунтуються на математичних моделях у вигляді вектора випадкових величин, стаціонарного випадкового процесу та стохастичного періодичного процесу. Однак у цих математичних моделях не враховуються важливі властивості досліджуваних біосигналів – мінливість та спільність їх ритму.

Наведені вище аргументи вказують на актуальність розробки нової математичної моделі, методів сумісної статистичної обробки та імітації біосигналів на основі теорії випадкових процесів та випадкових полів, для потреб комплексного комп'ютерного обстеження на поліграфі.

**Мета доповіді і постановка досліджень.** Провести аналітичний огляд існуючих комп'ютерних поліграфів, методів обробки біологічних сигналів, психофізіологічної інформації людини.

**Основний текст статті.** Комп'ютерні поліграфи (КП) та їх основні характеристики. КП складається з трьох обов'язкових компонентів: це-апаратна частина («Сенсорний блок» з комплектом датчиків), операційна частина спеціалізованої комп'ютерної програми, що забезпечує оператору поліграфа представлення і зберігання психофізіологічних даних, а також зручність роботи з КП і система оцінки даних (друга частина спеціалізованої комп'ютерної програми, що здійснює об'єктивний, кількісний аналіз реакцій, зареєстрованих за допомогою КП).

Основними характеристиками КП є:

1) кількість каналів реєстрації, які дають можливість оператору поліграфа більш (або, навпаки, менш) повно стежити за динамікою фізіологічних процесів людини, яка обстежується на поліграфі;

2) наявність надійної та апробованої системи кількісної оцінки зареєстрованих в ході перевірки на КП біосигналів;

3) вигляд інтерфейсу обміну даними з комп'ютером: інтерфейс або змушує купляти КП разом з конкретною моделлю комп'ютера, або дозволяє підключати КП до будь-якого комп'ютера (не нижче певного класу);

4) вид операційної системи, в якій працює спеціалізоване програмне забезпечення КП.

Ефективність використання КП цілком залежить від професіоналізму оператора, який, серед іншого, повинен чудово знати і адекватно застосовувати численні методики перевірок і досконало володіти експертною оцінкою психофізіологічних реакцій людини. Саме оператор визначає підсумкову результативність методу.

У наведеній таблиці 1, яка складена на підставі офіційної документації фірм-виробників, представлені деякі характеристики КП та аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП), які в них використовуються.

**Таблиця 1.** Основні характеристики КП

Назви КП поліграфів	Основні характеристики КП					
	інтерфейс обміну з комп'ютером	джерело живлення	кількість незалежних каналів	програмне забезпечення (ПЗ)	параметри АЦП	
					частота дискретизації, Гц	розрядність АЦП
Рубікон	USB	USB	7	Sheriff 6, Sheriff 6m, Рубікон	50	256*
Бар'єр-14	RS-232, USB	USB	9	Sheriff 6	50	256*
Крис	RS-232, USB	USB	11	Sheriff-7M	50	256*
Риф	RS-232, USB	USB	11	Sheriff-7M	50	256*
Епос-7	USB	USB	7	Нове ПЗ	8 (23 ФПГ)	256*
ПК-01,02	USB	USB	11	Архонт, ПКП «Пік-02»	20	4096 (2 <sup>12</sup> )
Арсенал (KARDi2-NP)	USB (HID)	USB	12	Конкорд Арсенал	125, 250, 500, 2000...8000	1048576 (2 <sup>20</sup> )
LX-4000	USB	USB	7	LXSOFTWARE (Version 11.0)	120	65536 (2 <sup>16</sup> )

\*Ручне управління підсиленням і зміщенням

Усі комп'ютерні поліграфи, які наведені в таблиці, можуть працювати в операційній системі Windows 98/ME/NT/2000/XP.

Особливість моделі поліграфа «Крис» в тому, що крім реєстрації основних реакцій людського організму, вперше у світовій практиці вирішена задача об'єктивної оцінки функціонального стану людини. При обстеженні фахівець - поліграфолог за допомогою цієї системи оцінки отримує можливість у буквальному сенсі бачити внутрішній світ підозрюваного, прогнозувати та виявляти факти протидії процедурі тестування, визначати

його функціональний стан, тобто ступінь готовності обстежуваного до відвертого діалогу і навіть подання свідчень. Для цього використовуються шкали “Самоконтроль”, “Внутрішня агресія”, “Порушення”.

Останні дослідження показують, що точність нових КП «Рубікон», «Кріс», «Риф», «Арсенал», «LX4000-SW» становить 95-98 відсотків [1] та у разі проведення компетентним поліграфологом, перевірка на поліграфі є найточнішим доступним засобом визначення прихованої інформації.

**Відомі методи обробки психофізіологічних сигналів.** В основі всіх існуючих методик обробки психофізіологічної інформації лежить реєстрація трьох основних фізіологічних компонент: дихальної, електро-дермальної та кардіологічні компоненти. Для цього використовують від чотирьох до дванадцяти датчиків, за допомогою яких можна безперервно реєструвати різні фізіологічні характеристики людини, і, що дуже важливо, їх зміни в часі.

Основне завдання, що стоїть перед поліграфологом в процесі тестування, - якісно і кількісно оцінити зміну психофізіологічних сигналів, що реєструються та викликані реакцією на запропоновані питання (стимул), і на цій підставі скласти об'єктивний висновок. Крайнощі в стані обстежуваного (спокій, високий рівень збудження) однаково не сприяють підвищенню надійності результатів перевірки. Поліграфічні перевірки найбільш ефективні при «зоні рівня напруги» обстежуваного. Причина цього явища полягає в особливостях регуляції психофізіологічних реакцій нашого організму, що сформувалися в процесі розвитку людини на землі.

Обробка результатів тестування із застосуванням комп'ютерного поліграфа, вирішує дві самостійні проблеми: відбір сигналів для подальшого аналізу; використання методів для отримання достовірних результатів. З метою підвищення інформативності та надійності створюються програми, що дозволяють виключити з подальшої обробки сигналів, в яких виявляються протидії поліграфа, або є інші спотворення інформації (чхання, рухання під час тестування, чухання, рух тіла, тощо). Це здійснюється повторенням питань тестування для отримання точних сигналів для подальшої їх обробки.

На етапі аналізу результатів тестування можна виключити з обробки будь-які канали реєстрації, міняти способи обробки по кожному з них, окремо або разом. Можливо підсумовування будь-яких вимірів і отримання підсумкового результату з 6-10 тестів.

Всі поліграфні системи у світі, в основному, влаштовані за одним принципом: фіксується фон психо-фізіологічних реакцій людини і зміни фону після отримання відповідної інформації (пред'явлення стимулу, питання тестових методик). Комп'ютерна програма в автоматичному режимі порівнює та аналізує отримані результати, видаючи достовірність психофізіологічного стресу при відповідях на ті чи інші питання.

Складність обробки результатів тестування полягає ще й у тому, що доводиться оперувати різними величинами. Наприклад: опір шкіри вимірюється в кілоомах, амплітуда фотоплетизмограми в мілівольтах або в кубічних міліметрах. З метою адекватного порівняння всі показники, які враховуються у використовуваних методиках, приводять до єдиної системи вимірювання, наприклад, переведення їх у відсотки. Для цього всі вихідні (фонові) дані беруться за 100 %. У процесі тестування отримані сигнали фізіологічних реакцій порівнюються з “фоном” у відсотках.

Спосіб перетворення вимірюваних величин у відсотки дозволяє значно підвищити точність кінцевих результатів обстеження на поліграфі. Виявлення можливих реакцій людини можна проводити за готовими “шаблонами-тестами”. Вони розроблені для кожного каналу і мають список параметрів, за якими відстежується зміна сигналу обстежуваного.

#### **Функціональні можливості програмного забезпечення (ПЗ) сучасних поліграфів.**

ПЗ сучасних поліграфів дає змогу зберігати понад 100 файлів обстеження. У одному файлі може зберігатися понад 20 поліграм кожного обстежуваного, також передбачена можливість архівації файлів поліграфа і перенесення їх на інші носії.

ПЗ забезпечує можливість створення і зберігання шаблонів тестів з питань, що найчастіше ставляться, що дозволяє уникнути зайвого набору тексту оператором поліграфа. ПЗ передбачає використання тестів наступних типів: метод контрольних питань; модифікований метод загальних питань; метод порівняння зон; тест пікової напруги, пошукові блоки, тощо.

На підставі шаблонів можна створювати тести для конкретних завдань. Питання, включені в шаблон, можуть пред'являтися в довільній послідовності; допускається пропуск або повторне пред'явлення питань. На поліграмах питання відображаються в тій послідовності, в якій вони були поставлені.

Фізіологічні реакції відображаються на моніторі в режимі реального часу. ПЗ поліграфів передбачено одночасне виведення поліграм на друк. На поліграмі фіксується послідовність питань, початок і кінець пред'явлення кожного питання, зміст питання і відповідь на нього.

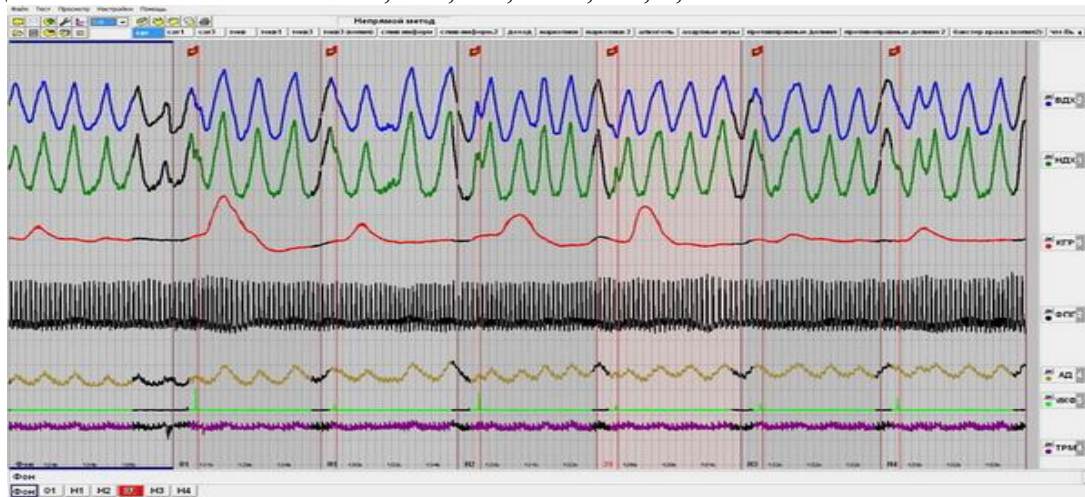
Управління системою здійснюється за допомогою клавіатури або миші (або іншого пристрою-показчика на портативному комп'ютері). Під час тесту можна змінювати порядок пред'явлення питань, робити позначки на поліграмі, проводити центрування кривих, налаштовувати коефіцієнти підсилення кожного каналу, які відзначаються на поліграмі.

Записані поліграми можуть відображатися або в тому масштабі, в якому проводився запис, або в стислому: 25 %, 33 % і 100 % поліграмі. ПЗ поліграфів дозволяє здійснювати відображення на екрані декількох поліграм для порівняння реакцій на одне і те ж питання.

Оператор поліграфа може запрограмувати фіксацію різних типів артефактів, таких подій як, наприклад, рухів, кашлю, глибокого вдиху обстежуваного, шуму всередині або поза приміщенням і позначати їх на поліграмі натисненням певної клавіші.

ПЗ поліграфів забезпечує вивід поліграм в режимі реального часу або після завершення тесту. На роздрукованих поліграмах вказуються початок і кінець пред'явлення питань, відповіді обстежуваного, зміни коефіцієнтів підсилення каналів і центрування кривих, відмітки про особливі події.

Поставляема в комплекті з приладами «Рубікон», «Бар'єр», «Кріс», «Риф» програма «Sheriff» для реєстрації і обробки сигналів має надійний інтерфейс і працює під управлінням операційних систем Windows 98se, ME, NT, 2000, XP, 7, 8.



Програма дозволяє в режимі реального часу візуально контролювати хід процедури дослідження на поліграфі, вести архів отриманих сигналів, результатів тестувань, проводити сукупний і порівняльний аналіз тестів [3].

У жовтні 2017 року в Українським виробником представлена друга модель поліграфа Рубікон. Цікавість до особливостей другої моделі вже понад рік охоплювала багатьох поліграфологів. Друга модель поліграфа «РУБІКОН» стала проривом у підході до компонування складових поліграфа та рішень їх виконання.

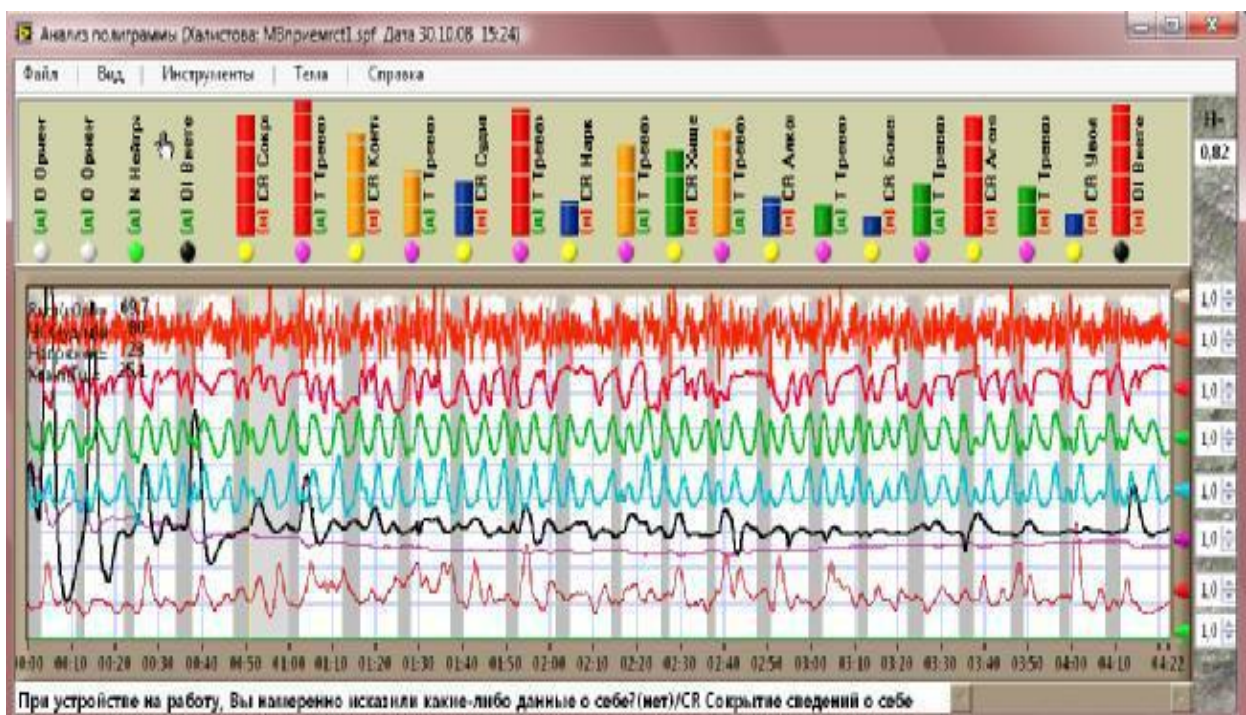


Для комп'ютерної обробки отриманих сигналів в поліграфі Рубікон застосовується програмне забезпечення, розроблене українським виробником "RUBICON-v1". Це програмне забезпечення реалізує алгоритм аналізу фізіологічної інформації на основі методу статистичних порівнянь. Логістичний алгоритм забезпечує достовірність інтерпретації не менше 95 %. Система дозволяє проводити автоматичну обробку поліграм за допомогою наступних методик: порівняння зон; модифікованого методу загальних питань; методу ранжування та тесту стимуляції [3].

В даний час багатьма науковцями та дослідниками психофізіологічних сигналів ведуться дослідження у напрямі застосування спектрального аналізу при обробці поліграм. При цьому припускається, що всі зміни фізіологічних процесів в людському організмі представляються у вигляді суми гармонік з частотою від нуля до безкінечності, тоді, застосовуючи методи спектрального аналізу, можна набути чисельних значень внеску кожної частотної складової в часовий генезис вимірюваних параметрів. Дослідження показують, що при прояві неправди тестованого змінюються характеристики за рахунок зміни енергії або величини амплітуди в дуже вузькому частотному діапазоні. За допомогою застосування різних фільтрів виділяються сигнали певних частот, аналізуючи які можна з більшою вірогідністю робити висновки про причетність або непричетність тестованого. Отримані результати говорять про можливість мінімізації помилки, навіть в дуже складних випадках, однозначному трактуванні результатів.

У 2008 році іноземна компанія «Поліграф Т» розробила програмне забезпечення (ПЗ) «Конкорд АРСЕНАЛ» [4], яке сумісне з багатьма сучасними поліграфами.

ПЗ «Конкорд АРСЕНАЛ» дозволяє провести аналіз особливостей показників плетизмограми і кривих дихання. Порівнюючи біосигнали грудного і діафрагмального дихання можна відстежити зсув фаз між каналами зовнішнього дихання, а також виміряти середні частоти досліджуваних психофізіологічних сигналів (рис. 1, 2).



Поліаналізатор дозволяє отримати спільну класифікацію емоційного реагування обстежуваного за матеріалами тестування. Результатом класифікації є ймовірність невідповідного виникнення емоційного напруження випробуваного на пред'явлені питання у дослідженнях теми.

Звіт за класифікацією представляється у вигляді документа звіту за результатами психофізіологічного тестування, що зберігається у форматі файлів Office Word. Документ містить у собі установчі дані випробуваного (анкета), матеріал тестування з оцінками значущості впливу на випробуваного. Крім оцінок впливу кожного питання з стимульного матеріалу, документ містить оцінку надійності всього звіту в цілому.

Комп'ютерні поліграфи LX4000-SW, LX5KM-SW, LX5000-SW працюють із програмним забезпеченням для поліграфів серії LX, модель LXSoftware. Нова версія LXSoftware (версія 11.0) є гнучким, досить точним, надійним, зручним та простим у використанні, на основі якого створюються прогресивні, валідні алгоритми обрахунку поліграм [5].

При класифікації біосигналів використовується ітераційний алгоритм покрокової регресії. Здійснюється пошук функції найкращого поділу реакцій на впливи нейтрального і контрольного характеру. Критерієм оптимальності (збіжності системи рівнянь) служить вираженість і стійкість (невипадковість) реакцій на питання кожної теми. Значення критерію можна розглядати як відношення сигналу емоційної напруги до фізіологічного шуму. Дана оцінка сигнал / шум відображається на екрані та вказує на «надійність звіту», під якою розуміють повторюваність результату класифікації при збереженні рівних умов проведення подібних досліджень на поліграфі.

Функція поділу реакцій нейтрального і контрольного характерів є багатовимірною, її розмірність визначає сукупність ознак системи методу дослідження. Побудова функції зводиться до обчислення вагових коефіцієнтів ознак системи. Вагові коефіцієнти об'єднуються в групу залежно від методу дослідження, яка називається патерном.

Патерн представляє собою перелік вагових коефіцієнтів ознак у системі, пов'язаної з методом дослідження. Значення коефіцієнтів вказують на інформативність ознаки при описі емоційної реакції досліджуваного. Іншими словами, патерни описують індивідуальний характер реагування обстежуваної людини в обраній системі ознак (пов'язаної з методом дослідження). Вибір методу класифікації за апріорною значущістю припускає, що матеріал тестування в обов'язковому порядку містить нейтральні і контрольні теми (крім шуканих - перевірочних)[6].

**Заклучна частина.** У роботі було проведено огляд існуючих поліграфів, методів обробки біологічних сигналів людини, розглянуто функціональні можливості програмного забезпечення сучасних поліграфів.

У подальших наукових дослідженнях необхідно розробити нову математичну модель, методи сумісної статистичної обробки та імітації біологічних сигналів людини на основі теорії випадкових процесів та випадкових полів, для потреб комплексного, високоінформативного та достовірного комп'ютерного обстеження на поліграфі.

#### **Список використаних джерел.**

1. Norman Ansley, "The Validity and Reliability of Polygraph Decisions in Real Cases," Polygraph, v.19, 1990, pp. 169-181.
2. П. Экман. Психология лжи : пер. с англ. / Экман П. – СПб.:Питер, 2001. – 272 с.
3. <http://www.poligrafcentr.com>.
4. <http://www.poligraft.ru>.
5. <http://www.chicagopolygraphinstitute.com.ua>
6. Оглоблин С. И. Инструментальная "детекция лжи": академический курс/ С. И. Оглоблин, А. Ю. Молчанов. – Ярославль: Ньюанс, 2004. – 464 с.