



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **158151** (13) **U**
(51) МПК (2024.01)
G01L 23/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

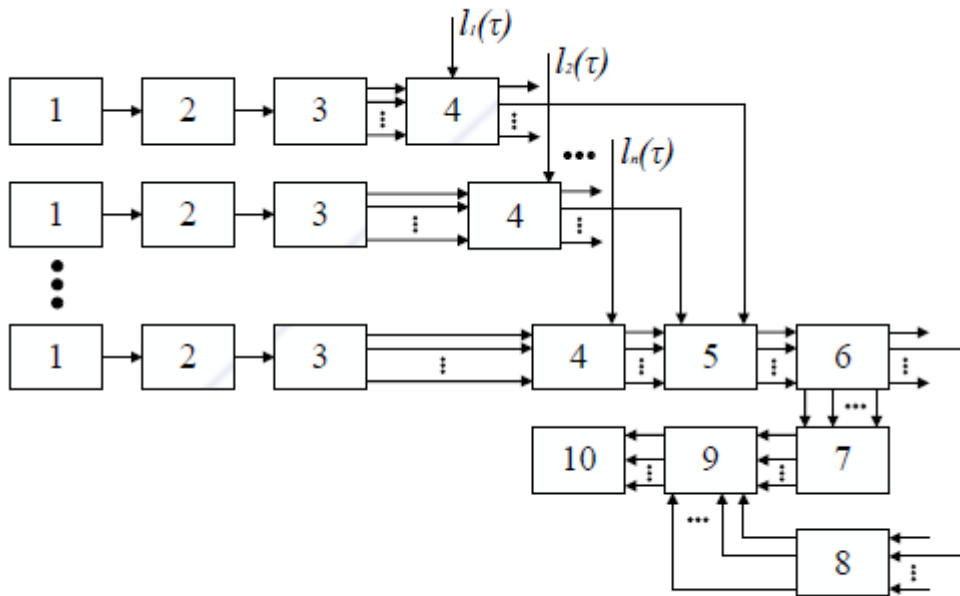
(21) Номер заявки: u 2023 01546	(72) Винахідник(и): Полярус Олександр Васильович (UA), Лебединський Андрій Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 10.04.2023	(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 09.01.2025	(74) Представник: Азарова Алла Володимирівна
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 08.01.2025, Бюл.№ 2	

(54) СПОСІБ ВІЗУАЛЬНОГО ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛЬНОГО ЗМІНЮВАННЯ ТИСКУ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

(57) Реферат:

Спосіб візуального виявлення аномального змінювання тиску на технічних об'єктах в багатоканальних вимірювальних інформаційних системах, в яких отримують реалізації випадкового тиску в кожному каналі від датчиків тиску, підсилюють сигнали в підсилювачах і надсилають їх на аналого-цифрові перетворювачі, дискретизують з тривалістю однієї дискрети, що приблизно дорівнює інтервалу часової кореляції сигналу, значення тиску для кожної дискрети множать в кожному каналі на ортогональну функцію Лежандра або іншу подібну функцію, порядок якої співпадає з номером вимірювального каналу, і сигнали у вигляді цих добутків з усіх каналів подають на багатоканальний перший суматор, а з його виходів сигнали у вигляді узагальнених функцій, кількість яких дорівнює кількості часових дискрет, надсилають на перший формувач візуального образу, в якому реалізують операцію побудови графіків, сукупність яких створює візуальний образ реалізації багатовимірного випадкового процесу тиску. У вимірювальній інформаційній системі сигнали у вигляді узагальнених функцій осереднюють в пристрої визначення середніх значень на часових інтервалах нормального штатного функціонування технічного об'єкта і подають на перші входи багатоканального другого суматора, на другі входи якого з виходів першого формувача візуального образу через багатоканальний інвертор надсилають неосереднені сигнали узагальнених функцій, а з виходів другого суматора сигнали направляють на другий формувач візуального образу, в якому будують сукупність графіків, що створюють єдиний візуальний образ багатовимірного випадкового процесу, який використовують для візуального виявлення аномального змінювання тиску.

UA 158151 U



Фиг. 4

Корисна модель належить до методів візуалізації результатів вимірювання параметрів реалізації багатовимірних випадкових процесів і може застосовуватися при експлуатації багатоканальних вимірювальних систем, що встановлюються, як правило, на складних технічних об'єктах.

5 На окремих об'єктах, наприклад, на атомних електростанціях для візуального контролю за роботою обладнання широко використовуються вимірювальні прилади, кількість яких може бути великою. До таких приладів належать, зокрема, манометри, які мають високу надійність при роботі у важких умовах високої температури, вібрацій тощо. Оператор станції повинен слідувати за показниками багатьох приладів і його втома може негативно впливати на якість рішень щодо стану об'єкта. Набагато складнішою є ситуація, коли параметри процесів, що вимірюються багатьма приладами, змінюються з часом непередбачено, тобто являють собою багатовимірні випадкові процеси. В такому випадку людина не спроможна слідувати за показаннями приладів навіть нетривалий час. Отже, виникає доцільність візуалізації багатовимірних даних, що передбачає постановку у відповідність багатьом випадковим процесам одного двовимірного візуального образу, вид якого буде щось означати для оператора середньої кваліфікації. Це є задачею візуалізації інформації, яка може здійснюватися різними методами [Pak Chung Wong, R. Daniel Bergeron. 30 Years of Multidimensional Multivariate Visualization. - Scientific Visualization, Overviews, Methodologies, and Techniques, 1994, pp. 3-33].

10 Візуалізація інформації здійснюється при обробці експериментальних даних, що вимагає дотримання вимог точності вимірювання відповідних фізичних величин. Кінцевою метою візуалізації є отримання розуміння стану технічного об'єкта на основі ментальної моделі явищ. Оскільки поняття "розуміння" нерозривно пов'язано з людиною, то реально може існувати багато ментальних моделей. Щоб цього не було, необхідно створювати еталонну модель людини-оператора з наперед заданими фізичними і психофізіологічними характеристиками і тоді можливе поняття "еталонне сприйняття інформації", що аналогічне поняттю еталона в метрології. Перехід від вимірювання параметрів фізичних величин до розуміння неможливе без введення абстракції, яка дозволяє зробити висновок про характеристичні особливості отриманого візуального образу, що повинні описуватись шаблоном чи шаблонами. Їх форма, як правило, залежить від структури вимірюваних даних та завдання візуалізації.

20 В [Daniel Asimov. The grand tour: A tool for viewing multidimensional data. - SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing, 6 (1): 128-143, 1985] проведено аналіз методів створення проєкцій багатовимірних даних на двомірні площини, а також розроблено методи дослідження багатоваріантних статистичних даних засобами анімації. Для сприйняття складної абстрактної структури об'єкта запропоновано її огляд з усіх боків. Це приводить до створення в мозку людини послідовності двомірних зображень. В статті розглядається сукупність реалізацій багатьох випадкових процесів, що описують, в загальному випадку, різні фізичні величини. Для одного моменту часу маємо n значень цих величин, де n співпадає з кількістю випадкових процесів. Набір n значень (чисел) описує деякий абстрактний об'єкт або точку. Реалізації цих процесів для інших моментів часу характеризуються іншим набором значень. Нехай кількість моментів часу дорівнює m . Тоді інформацію про реалізації випадкових процесів можна описати з допомогою n точок у m -мірному евклідовому просторі. Через деякий час проводяться інші вимірювання і отримують іншу сукупність реалізацій процесів, що вже описується новою точкою в m -мірному просторі. Цей простір не піддається уявленню мозком людини і тому необхідна його візуалізація з допомогою різних методів. Азімов Д. запропонував огляд послідовності проєкцій на двомірні площини. Цим створюється ефект фільму, коли будь-яка багатовимірна сукупність даних (одна точка у m -мірному евклідовому просторі) перетворюється на послідовність двовимірних площин. Потім вибираються напрямки в площинах, що відповідають горизонтальному та вертикальному напрямкам на моніторі. Кожний кадр анімації є ортогональною проєкцією даних на двомірний простір.

30 40 45 50 55 60 Методи проєктування багатовимірних даних на двомірну площину розглянуті в багатьох роботах. Основні проблеми візуалізації великих даних сформульовані в [Zongben Xu, Yong Shi. Exploring Big Data Analysis: Fundamental Scientific Problems. - Ann. Data Sci. (2015), 2 (4), pp. 363-372]. Візуалізація даних дозволяє приймати рішення досліднику навіть з невисоким рівнем математичної підготовки. В [Yau Nathan. Visualize This: The Flowing Data Guide to Design, Visualization, and Statistics. - John Wiley & Sons, 2011, 384 с.] проведено аналіз подання багатомірних даних у вигляді піктографії, наприклад, на основі обличь Чернова [Herman Chernoff. The Use of Faces to Represent Points in K-Dimensional Space Graphically. - Journal of the American Statistical Association, Vol. 68, No. 342. (Jun., 1973), pp. 361-368.]. Багато прикладів ілюстрації результатів візуалізації наведено в [Jeffrey Heer, Michael Bostock, and Vadim Ogievetsky, Stanford University. A Tour through the Visualization Zoo. A survey of powerful

visualization techniques, from the obvious to the obscure. // Communications of the ACM. 2010. Vol. 53, iss. 6. P. 59-67. DOI: 10.1145/1743546.1743567]. В [Vadim Ogievetsky, Jeffrey Heer. D3: Data-Driven Documents. - IEEE Trans. Visualization & Comp. Graphics, 2011.] представлено новий прозорий підхід до візуалізації в інтернеті, коли дизайнери вибірково прив'язують вхідні дані до довільних елементів документа, застосовуючи динамічні перетворення як для створення, так і для зміни вмісту. В [Mohsen Marjani, Fariza Nasaruddin, Abdullah Gani, Ahmad Karim, Ibrahim Abaker Targio Hashen, Aisha Siddiqa and Ibrar Yaqaob. Big Data Analytics: Architecture, Oppotunities, and Open Research Challenges. - IEEE Access, 2017, vol. 5, pp. 5247 - 5261] розглянуто застосування візуалізації великих даних для інтернету. Візуалізація багатомірних даних може здійснюватися на основі нейронних мереж з використанням "principal sensitivity analysis" [Sotetsu Koymada, Yumi Shikauchi, Ken Nakae, Masanori Koyama, Shin Ishii. Deep Learning of fMRI big data: a novel approach to subject-transfer decoding. - arXiv: 1502.00093v1 [stat ML] 31 January 2015]. Автори [Laurens van der Maaten, Geoffrey Hinton. Visualizing Data using t-SNE. - Journal of Machine Learning Research, 2008, vol. 9, pp. 2579-2605] створили новий метод t-SNE, що візуалізує багатомірні дані на двомірних чи тривимірних площинах. Для спрощення візуалізації розмірність даних може зменшуватись [Amy Genender-Feltheimer. Visualizing High Dimensional and Big Data. - Complex Adaptive Systems Conference with Theme: Cyber Physical Systems and Deep Learning, CAS, 2018, 5 November-7 November 2018, Chicago, Illinois, USA, pp. 112-121]. Методи зменшення розмірності приведені в [Katy Börner, Chaomei Chen, Kewin W. Boyack. Visualizing knowledge domains. - Annual Review of Information Science & Technology, vol. 37, 2003, Medford, NJ: Information Today, Inc./American Society for Information Science and Technology, chapter 5, pp. 179-255].

На практиці для візуального опису багатомірного набору даних часто використовують двовимірні зв'язки між усіма парами змінних, які можуть бути кількісними і категоріальними. Матриця розсіювання є природним інструментом для графічного дослідження цих зв'язків. В [John W. Emerson, Walton A. Green, Barret Schloerke, Jason Crowley, Dianne Cook, Heike Hofmann, and Hadley Wickham. The Generalized Pairs Plot. - Journal of Computational and Graphical Statistics, 2013, vol. 22(1), pp. 79-91] запропоновано використовувати узагальнений матричний метод, який дозволяє одночасно використовувати як кількісні, так і категоріальні змінні. В статті [Jean-François Im, Michael J. McGuffin. and Rock Leung. GPLOM: The Generalized Plot Matrix for Visualizing Multidimensional Multivariate Data. - IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2013, 19 (12), pp. 2606-2614] вдосконалено цей метод шляхом впровадження інтерактивних підходів. Детально метод HyperSlice описано в [Jarke J. van Wijk, Robert van Liere. HyperSlice: Visualization of Scalar Functions of Many Variables, 1998. - www.researchgate.net/publication/2660434_HyperSlice]. Візуалізація функцій двох і трьох змінних робиться традиційними методами. При більшій кількості змінних необхідно зафіксувати значення ряду змінних так, щоб число вільних змінних було менше чотирьох, а потім використовувати стандартну техніку візуалізації. Отже, спочатку вибираються зрізи багатомірних даних, які послідовно візуалізуються. Геометричні координати позначають дві змінні, а сіре або кольорове значення позначає значення функції. Однак, один зріз показує лише дуже обмежену підмножину багатомірного простору. Тому був розроблений метод гіперзрізів (HyperSlice), в якому функція представлена простим і зрозумілим способом і усі параметри обробляються однаково. Центральним поняттям є подання багатомірної функції як матриці ортогональних двовимірних зрізів.

Найбільш близьким аналогом до корисної моделі є спосіб, що приведений у статті [Oleksandr Poliarus, Andrii Lebedynskyi, Yevhenii Chepusenko, Nina Lyubymova. Visualization method for multidimensional random processes. - Measuring equipment and metrology. Vol. 84, No. 1, 2023, pp. 5-10].

Суть цього методу візуалізації вимірювальної інформації, що міститься в багатомірних даних, зводиться до наступного. В реальних об'єктах вимірювальні системи можуть включати не тільки канали тиску, але і канали вимірювання інших параметрів технологічного процесу. Реалізація кожного випадкового процесу нормується для усунення залежності від розмірності фізичної величини і дискретизується в часі. Отже, маємо n реалізацій нормованих випадкових процесів і m нормованих значень кожного процесу для дискретизованих моментів часу, тобто матрицю розмірністю $n \times m$. В дискретний момент часу k нормоване числове значення i -го вимірюваного параметра в i -тому процесі становить a_{ik} . Для цього моменту часу всім реалізаціям БВП ставиться у відповідність узагальнена функція

$$\rho_k(\tau) = \sum_{i=0}^{n-1} a_{ik}(\tau), \quad (1)$$

де τ є деяким узагальненим безрозмірним параметром, а $l_i(\tau)$ - довільна ортогональна функція i -го порядку, наприклад, функція Лежандра. Сукупність функцій $\rho_k(\tau)$ для всіх $k=1, 2, \dots, m$ створює візуальний узагальнений образ $\rho(\tau)$ всіх реалізацій багатовимірного випадкового процесу, що отриманий в окремий період часу. Для іншого періоду часу цей образ може змінитись. Нормальному режиму функціонування технічного об'єкта відповідає деякий стандартний візуальний образ, який може осереднюватись за деякий час. При аномальному режимі візуальний образ буде відрізнятись від стандартного.

Недолік найближчого аналогу обумовлений тим, що при виникненні аномалій в одному чи іншому вимірювальному каналі, наприклад, швидких змінювань амплітуди тиску, тобто стрибків його амплітуди, на візуальному образі вони можуть бути непомітними, особливо коли процесів багато і їх часова поведінка суттєво відрізняється. Це означає, що оператор може пропустити якісь важливі зміни в стані об'єкта, наприклад, несправності. На фіг. 1 та фіг. 2 показані візуальні образи багатомірного процесу, що отримані в найближчому аналогу: фіг. 1 відповідає реальним процесам, а фіг. 2 - тим же процесам, з яких штучно вилучені стрибки однієї з реалізацій. Видно, що візуальний образ дещо змінився, але в загальному випадку наявність стрибків реалізацій не завжди можна помітити.

В основу корисної моделі поставлено задачу зменшення трудомісткості та витрат часу на прийняття рішення оператором за рахунок зменшення обсягу контрольованої візуальної інформації.

Поставлена задача вирішується тим, що запропонований спосіб візуального виявлення аномального змінювання тиску на технічних об'єктах за допомогою багатоканальної вимірювальної інформаційної системи, в якій отримують реалізації випадкового тиску в кожному каналі від датчиків тиску, підсилюють сигнали в підсилювачах і надсилають їх на аналого-цифрові перетворювачі, дискретизують з тривалістю однієї дискрети, що приблизно дорівнює інтервалу часової кореляції сигналу, значення тиску для кожної дискрети множать в кожному каналі на ортогональну функцію Лежандра або іншу подібну функцію, порядок якої співпадає з номером вимірювального каналу, і сигнали у вигляді цих добутків з усіх каналів подають на багатоканальний перший суматор, а з його виходів сигнали у вигляді узагальнених функцій, кількість яких дорівнює кількості часових дискрет, надсилають на перший формувач візуального образу, в якому реалізують операцію побудови графіків, сукупність яких створює візуальний образ реалізацій багатомірного випадкового процесу тиску, відрізняється тим, що у вимірювальній інформаційній системі сигнали у вигляді узагальнених функцій осереднюють в пристрої визначення середніх значень на часових інтервалах нормального штатного функціонування технічного об'єкта і подають на перші входи багатоканального другого суматора, на другі входи якого з виходів першого формувача візуального образу через багатоканальний інвертор надсилають неосереднені сигнали узагальнених функцій, а з виходів другого суматора сигнали направляють на другий формувач візуального образу, в якому будують сукупність графіків, що створюють єдиний візуальний образ багатомірного випадкового процесу, який використовують для візуального виявлення аномального змінювання тиску.

В корисній моделі візуальний образ багатомірного випадкового процесу для реальної ситуації будемо називати $\rho(\tau)$. Щоб розрізнити цей образ від образу для модельної ситуації, позначимо модельний образ як $F(\tau)$. Для відмови від аналізу складних візуальних образів будемо оцінювати не узагальнену функцію $F(\tau)$, а різницю $\chi(\tau)=F_1(\tau)-F_2(\tau)$ узагальнених функцій $F_1(\tau)$ без стрибка амплітуди та $F_2(\tau)$ зі стрибком або стрибками амплітудних значень реалізацій БВП. Різниця узагальнених функцій $\chi(\tau)$ (фіг. 3) отримана для експериментальних процесів без стрибків і випадку, коли в одному з процесів в один із моментів часу з'явився стрибок амплітуди реалізації з 0,1548 до 0,6. Тут стрибку амплітуди поставлена у відповідність деяка крива, форма якої залежить від вибраних ортогональних функцій (в даному випадку, функцій Лежандра), а також від часового розподілу реалізацій багатомірного випадкового процесу. При відсутності стрибків амплітуди реалізацій процесу значення кривих $\chi(\tau)$ в ідеальному випадку будуть дорівнювати нулю. В реальній ситуації для умов нормальної роботи технічного об'єкта функцію $F_1(\tau)$ осереднюють за деякий попередній період часу, а функція $F_2(\tau)$ співпадає з функцією $\rho(\tau)$, яка отримана на даний час і може містити стрибки амплітуди реалізацій процесу або інші аномалії. В окремих випадках при наявності сумнівів у оператора про стан процесу присутність стрибків амплітуди та їх ймовірність можна перевірити на основі алгоритму, що розроблено в [Poliarus O. V., Poliakov Ye. O., Lindner L. Determination of landmarks by mobile robot's vision system based on detecting abrupt changes of echo signals parameters. - The 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. - Washington D. C., USA, October 21-23, 2018, pp. 3165...3170].

Запропонований спосіб може бути реалізованим з допомогою багатоканальної вимірювальної інформаційної системи, схема якої приведена на фіг. 4. Число каналів дорівнює числу випадкових процесів n , реалізації яких вимірюються. Для поточної діагностики об'єкта на нього встановлюються різні типи датчиків, серед яких домінуюче значення мають датчики тиску.

5 Вихідні сигнали з n датчиків тиску 1 через підсилювачі 2 подають в кожному каналі на аналого-цифрові перетворювачі 3, які дискретизують аналоговий сигнал в часі на m значень. Кількість часових дискрет m залежить від виду сигналу: якщо сигнал не змінюється з часом, то достатньо однієї дискрети ($m=1$), оскільки візуальний образ буде являти собою одну криву лінію незалежно від вибраного числа m . Навпаки, якщо сигнал близький до білого шуму, то кількість

10 дискрет повинна бути великою. Отже, для практичних завдань необхідно вибирати m як відношення тривалості сигналу до інтервалу його часової кореляції. В кожному i -тому каналі, де $i=1, 2, \dots, n$ з виходу аналого-цифрового перетворювача 3 каналу знімають m цифрових значень a_{ik} , ($k=1, 2, \dots, m$), які подають на перші входи багатоканальних помножувачів 4, на другі входи яких надсилають ортогональні функції $l_i(\tau)$ відповідного порядку i , тобто, на перший помножувач

15 - функцію першого порядку $l_1(\tau)$, на другий - другого $l_2(\tau)$ і т. д. Якщо вибрана функція має нульовий порядок, то її подають на перший помножувач, функцію першого порядку - на другий і т. д. Ортогональні функції по формі аналогічні деякому сигналу, що залежить від узагальненого параметра τ . З виходів кожного помножувача 4 m значень $a_{ikl_i}(\tau)$, де $k=1, 2, \dots, m$, надсилають на відповідні входи першого багатоканального суматора 5 з числом каналів n , на виході якого

20 формують m функцій $\rho_k(\tau)$, які, по суті, є деякими сигналами, що залежать від τ . З виходу суматора 5 m сигналів $\rho_k(\tau)$ відправляють на перший формувач візуального образу 6, в якому будують сукупність m графіків $\rho_k(\tau)$ в одній системі координат на одному екрані монітора. Формувач 6 легко реалізується в комп'ютері і на цей час графіки можуть створюватись в багатьох математичних пакетах, або реалізуватись програмно, наприклад, на мові

25 програмування Python. Ці графіки отримують для різних проміжків часу в різні дні, коли об'єкт функціонує нормально в штатному режимі і заносять в пам'ять комп'ютера. Після цього знаходять середні значення $\overline{\rho_k(\tau)}$ в пристрої визначення середнього значення 7. Воно є стабільним для деякого тривалого часу і періодично повинно обновлятись. З цього моменту часу багатоканальна вимірювальна інформаційна система готова до роботи. Набір середніх

30 функцій $\overline{\rho_k(\tau)}$ для кожного k -го часу надсилають на перші входи другого суматора 9, а на другі його входи подають через багатоканальний інвертор 8 поточні сигнали $\rho_k(\tau)$, які можуть містити або не містити стрибкоподібні змінювання параметрів випадкових процесів, зокрема, тиску. На виході другого суматора 9 формують різницю узагальнених функцій $\chi_k(\tau)$ для кожного k -го часу, яку подають на другий формувач візуального образу 10. Він є аналогічним формувачу 6 і реалізується однаково. Якщо аномальних змінювань параметрів випадкових процесів немає, то

35 тоді всі різниці $\chi_k(\tau) \approx 0$, а найчастіше вони є малими і візуальний образ процесу є схожим на "шумову доріжку". При наявності хоча б одного стрибкоподібного змінювання реалізацій тиску чи іншого параметра процесу на екрані формувача 10 з'являється крива, форма якої залежить від форми реалізацій багатовимірного випадкового процесу, а також від вибору ортогональних функцій. Наявність такої кривої є ознакою для оператора про наявність аномальних змінювань параметрів випадкового процесу, зокрема, тиску.

40 Головною перевагою запропонованої корисної моделі є зменшення обсягу контрольованої візуальної інформації, тобто оператор слідує не за багатьма приладами, що дають інформацію про стан багатьох процесів (як наведено у найближчому аналогу), а тільки за одним узагальненим зображенням на моніторі, яке в закодованому вигляді описує інформацію про зазначені процеси для вибраного моменту часу. Звичайно, оператор не може по одному зображенню аналізувати результати вимірювання в усіх каналах. Його завдання - визначити істотні відхилення показань хоча б одного приладу в багатоканальній вимірювальній системі. Істотні відхилення означають, що результати вимірювань в одному з вимірювальних каналів

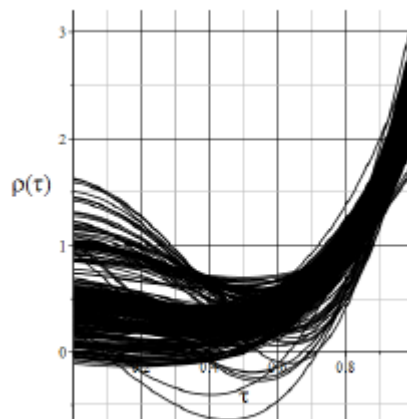
50 вийшли за встановлені межі за відносно короткий час. Після візуального виявлення відхилення показань приладу або приладів оператор здійснює детальний аналіз процесів наявними засобами, що встановлені на технічному об'єкті (якщо вони є). Для надійного виявлення стрибків амплітуди процесів встановлюється певний поріг середнього абсолютного значення різницевої функції. Він встановлюється на основі попереднього статистичного вивчення багатовимірних випадкових процесів для конкретного технічного об'єкта. Тоді, якщо абсолютне

55 значення різницевої функції перевищує поріг, то людина-оператор приймає рішення про наявність аномальних стрибків амплітуди в деякому вимірювальному каналі. Цим забезпечується первинне виявлення аномалій в багатовимірному випадковому процесі.

Технічний результат корисної моделі полягає у забезпеченні оператора можливістю візуально виявити стрибкоподібні або швидкі змінювання параметрів багатомірного випадкового процесу на технічному об'єкті на основі єдиного отриманого візуального образу процесів, що може бути критично важливо для забезпечення безпеки та надійності технічних систем та запобігання аварійним ситуаціям.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб візуального виявлення аномального змінювання тиску на технічних об'єктах в багатоканальних вимірювальних інформаційних системах, в яких отримують реалізації випадкового тиску в кожному каналі від датчиків тиску, підсилюють сигнали в підсилювачах і надсилають їх на аналого-цифрові перетворювачі, дискретизують з тривалістю однієї дискрети, що приблизно дорівнює інтервалу часової кореляції сигналу, значення тиску для кожної дискрети множать в кожному каналі на ортогональну функцію Лежандра або іншу подібну функцію, порядок якої співпадає з номером вимірювального каналу, і сигнали у вигляді цих добутоків з усіх каналів подають на багатоканальний перший суматор, а з його виходів сигнали у вигляді узагальнених функцій, кількість яких дорівнює кількості часових дискрет, надсилають на перший формувач візуального образу, в якому реалізують операцію побудови графіків, сукупність яких створює візуальний образ реалізацій багатовимірного випадкового процесу тиску, який **відрізняється** тим, що у вимірювальній інформаційній системі сигнали у вигляді узагальнених функцій осереднюють в пристрої визначення середніх значень на часових інтервалах нормального штатного функціонування технічного об'єкта і подають на перші входи багатоканального другого суматора, на другі входи якого з виходів першого формувача візуального образу через багатоканальний інвертор надсилають неосереднені сигнали узагальнених функцій, а з виходів другого суматора сигнали направляють на другий формувач візуального образу, в якому будують сукупність графіків, що створюють єдиний візуальний образ багатовимірного випадкового процесу, який використовують для візуального виявлення аномального змінювання тиску.



Фіг. 1

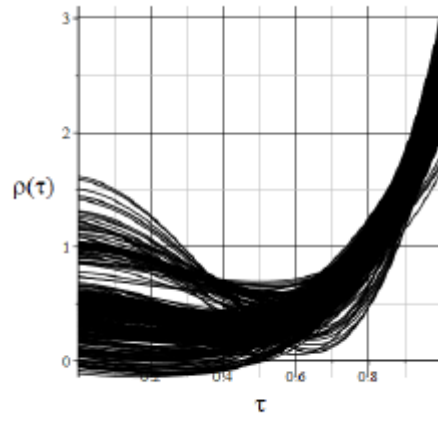


Fig. 2

6

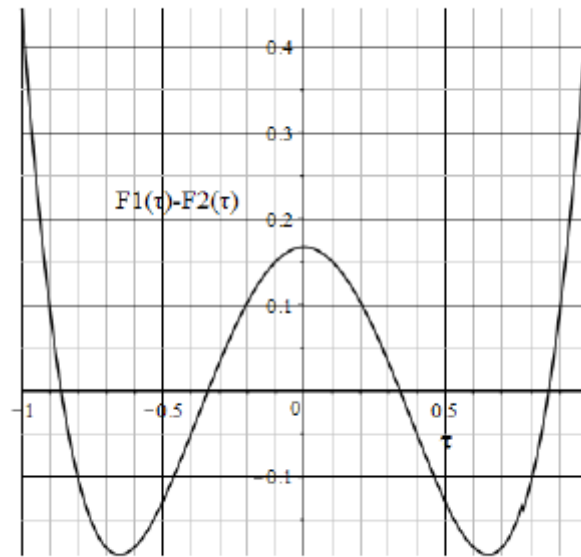
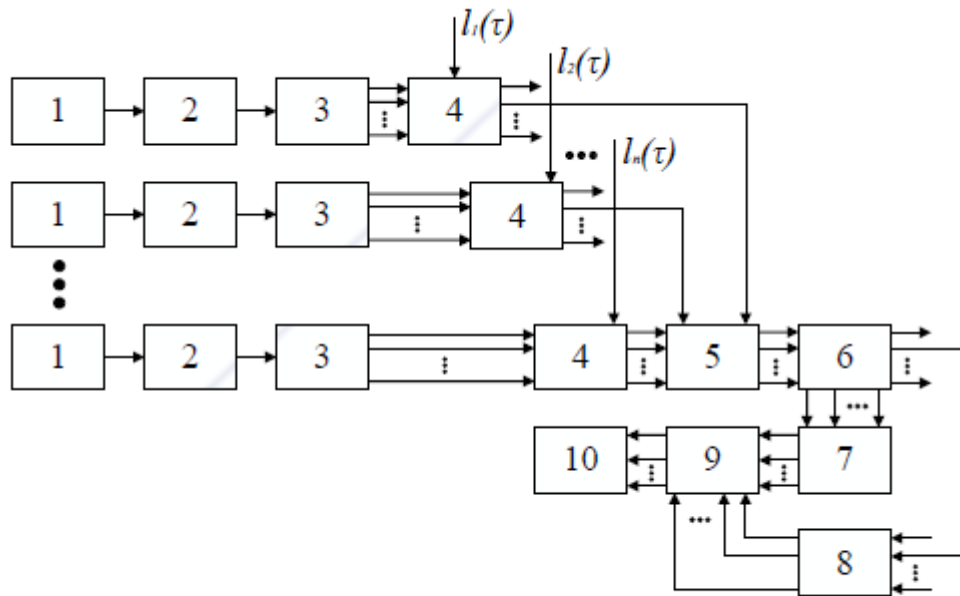


Fig. 3



Фиг. 4