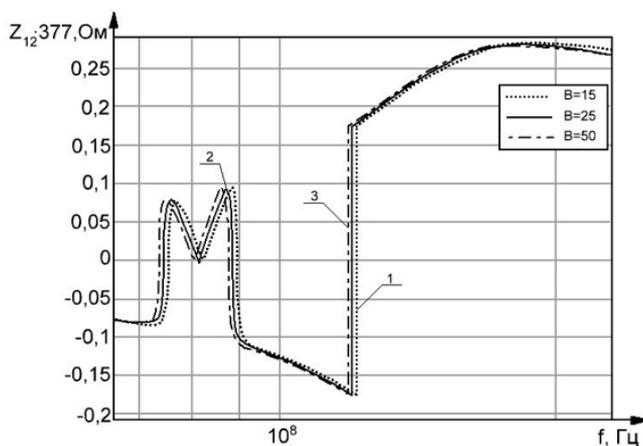


Величина составляющей поверхностного импеданса Z_{12} практически не меняется в диапазоне частот от 10^5 Гц до 10^8 Гц. На частоте в области от 100 МГц до 180 МГц наблюдается резкий всплеск до значений 0,28–0,35. Вариация индекса В сказывается на отрезке частот от 100 КГц до 1 ГГц. Меньшим значениям индекса В соответствует большие значения Z_{12} и большие значения частоты, при которой наблюдается рост поверхностного импеданса.

Величина составляющей поверхностного импеданса $|Z_{12}|$ практически не меняется в диапазоне частот от 10^5 Гц до 10^8 Гц (при $B = 15-50$). На частоте в области 300 МГц наблюдается резкий всплеск до значений 0,17. Вариация индекса В сказывается на отрезке частот от 100 КГц до 1 ГГц.



1 – для $B=15$; 2 – для $B=25$; 3 – для $B=50$

Рисунок 5 – Зависимости $Z_{12} = \psi(f)$

Меньшим значениям индекса В соответствуют большие значения Z_{12} и большие значения частоты, при которой наблюдается рост поверхностного импеданса. Импеданс исследуемого слоя плазмаловидного типа является комплексной величиной. Таким образом, анализ сводится к раздельному исследованию амплитудных и фазовых характеристик поверхностного импеданса. Проведен анализ амплитудных характеристик поверхностного импеданса. Количественные проявления этих эффектов определяют физико-геологическими свойствами месторождений нефти и газа: химическим и минералогическим составом слоев, структурно-текстурными

особенностями скелета, характером пористости и проницаемости, процентным содержанием составляющих веществ, особенностями механических свойств скелета, количеством пластовой воды в порах, ее минерализацией и т. д., поэтому в выражениях (1) необходимо учитывать поправки на эти характеристики.

Заключение. Определены значения компонентов поверхностного импеданса АСПТ, в качестве которой выбрана залежь углеводородов. Рассмотрено распространение ЭМВ над залежью в режиме ЧМ-сигналов. Анализ проведен в импедансно-частотном диапазоне зондирующих сигналов. Рассмотрены различные режимы применения ЧМ-модуляции. Полученные результаты взаимодействия ЧМ-сигналов со средой над УВЗ могут быть применены для разработки радиотехнических систем поиска залежей нефти и газа и качественного повышения производительности геологоразведочных работ.

Осуществлен анализ поверхностного импеданса среды над УВЗ, по величине которого можно проводить оценку характеристик антенн, имеющих фиксированное положение в пространстве, относительно границы раздела сред при изменении свойств подстилающей поверхности, что дает возможность количественной оценки свойств среды, не прибегая к точному расчету изменений электродинамических параметров подстилающей поверхности.

Результаты исследования могут быть использованы для разработки новых электромагнитных методов поиска и оконтуривания УВЗ.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Денисов, С.Б. Высокочастотные электромагнитные методы исследования нефтяных и газовых скважин / С.Б. Денисов. – М: Недра, 1986. – 142 с.
2. Хаскинд, М.Д. Распространение электромагнитных волн над гиротропной средой // Радиотехника и электроника. – М: Наука, 1961. – Т. 6. – № 6. – С. 886–894.
3. Озерков, Э.А. Новая технология компьютерной обработки материалов ЗСБ для прямого прогноза залежей нефти и газа (РЭМИС) / Э.А. Озерков [и др.] // Неклассическая геофизика: тез. докладов науч.-практ. семинара. – Саратов, 1999. – С. 41–43.
4. Mc. Alur, N. Rodar that sus beneath the ground // Pop. Sci. – 1989. – Vol. 234. – P. 113.
5. Янушкевич, В.Ф. Поверхностный импеданс среды над углеводородными залежами в режиме частотно-модулированных сигналов // Д.В. Гололобов, С.В. Калинин // Весці АН Беларусі. – Серия фіз.-тэхн. навук. – № 4. – 2010. – С. 98–101.
6. Черенкова, Е.Л. Распространение радиоволн / Е.Л. Черенкова, О.В. Чернышев. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.

Материал поступил в редакцию 05.01.2017

YANUSHKEVICH V.F., KREMENYA K.I., ZAYAC E.Yu. Distribution of frequency-modulated signals in the type plazmopodobny anisotropic environments

Relevance of the tasks considered in the real work consists in improvement of the existing electromagnetic methods of geoinvestigation and development of new methods of search and identification of oil fields and gas on the basis of frequency F (WC) signals. By means of the software of Matlab the analysis of frequency components of a superficial impedance of the environment over UVZ at change of the WC parameters which variation expands functional dependences of components of resistance on the modes of modulation is carried out and allows to increase informational content of the developed methods of search of UVZ.

In work values of components of a superficial impedance of the anisotropic environment of plazmopodobny type as which the deposit of hydrocarbons was chosen were defined. Distribution of EMV over a deposit in the WC mode – signals is considered. The analysis is carried out in the impedance and frequency range of the probing signals. Various modes of application of World Cup of modulation are considered. The received results of interaction of World Cup of signals with Wednesday over UVZ can be applied to development of RTS of search of deposits of oil and gas and high-quality increase of productivity of prospecting works.

УДК 004.067

Брюхомицкий Ю.А.

ИММУНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД КЛАВИАТУРНОГО МОНИТОРИНГА

Введение. В системах клавиатурного мониторинга (КМ) пользователей компьютерных систем, работающих на произвольных

текстах, решающее значение имеют характеристики точности и времени идентификации фактически работающего пользователя. По-

Брюхомицкий Юрий Анатольевич, к.т.н., доцент, с.н.с., доцент кафедры безопасности информационных технологий Южного федерального университета, г. Таганрог, Россия.

строение систем КМ, удовлетворяющих этим требованиям, тесно связано со способами представления и классификации клавиатурных биометрических параметров пользователей.

Наиболее простым и распространенным способом представления клавиатурных биометрических параметров пользователя является прямое измерение временных характеристик клавиатурного ввода [1]. Как правило, контролируются два типа временных параметров элементарных событий клавиатуры: длительность удержания клавиш и длительность пауз между удержаниями очередных клавиш. В случае перекрытия времени удержаний смежных при наборе клавиш, пауза интерпретируется отрицательным значением длительности перекрытия. При этом постулируется, что распределение временных параметров указанных событий подчиняется нормальному закону с единственным центром распределения.

На этапе аутентификации текущие значения клавиатурных параметров сравниваются с эталонными значениями, предварительно сформированными для данного пользователя в виде статистических оценок вариации каждого параметра. На основании итогового баланса произведенных сравнений принимается определенное решение о личности работающего пользователя.

Недостатком такого метода КМ является низкая точность, обусловленная недостаточной информативностью принятого представления клавиатурных параметров.

Последующие исследования в этой области показали, что для данного пользователя временные параметры одних и тех же событий клавиатуры, встречающиеся в различных сочетаниях, заметно отличаются, что свидетельствует о наличии устойчивых индивидуальных корреляционных зависимостей между временными параметрами последовательно воспроизводимых символов текста. В результате был предложен цепочный метод представления клавиатурных параметров [2], обладающий существенно более высокой точностью идентификации пользователя, но требующий и значительно больших затрат вычислительных ресурсов.

Перспективным подходом к организации КМ является использование принципов искусственных иммунных систем (ИИС) [3]. Иммунологическая система КМ приобретает ряд положительных качеств: устойчивость к вариации клавиатурных параметров, более высокую скорость обнаружения «чужого». Однако используемое в системестроевое представление клавиатурных параметров требует при обучении генерации очень большого числа детекторов.

Целью данной работы является разработка нового метода КМ, сочетающего в себе идею и преимущества цепочного метода представления клавиатурных параметров и иммунологический подход к его реализации, основанный на векторном способе представления клавиатурных данных и вариационном принципе формирования детекторов.

1. Цепочный метод клавиатурного мониторинга. Множество всех возможных событий клавиатуры можно рассматривать как алфавит A , содержащий два подмножества $A = A_y \cup A_n$:

- $A_y \subset A$ – события клавиатуры, состоящие в удержании одной из n клавиш;
- $A_n \subset A$ – события клавиатуры, состоящие в наличии пауз между удержаниями очередных клавиш или перекрытий времени удержаний смежных при наборе клавиш.

Ограниченные последовательности событий клавиатуры множества A , ориентированные слева направо, начинающиеся и оканчивающиеся событиями из подмножества A_y , в терминологии формальных грамматик, можно трактовать как *цепочки событий* T_{i_1, i_2, \dots, i_p} . Длинной r цепочки является общее число событий алфавита A , входящих в эту цепочку:

$$\left| T_{i_1, i_2, \dots, i_p} \right| = r,$$

$i_1, i_2, \dots, i_p = 1, 2, \dots, n$. Поскольку при клавиатурном наборе события из множеств A_y и A_n строго чередуются, в каждой цепочке длины r будет содержаться p событий множества A_y и $q = p - 1$ событий множества A_n . Длина цепочек при использовании цепочного

метода при $q = 1, 2, \dots$ будет равна $r = p + q = 2p - 1 = 2q + 1 = 3, 5, \dots$. Таким образом, для заданного числа контролируемых клавиш n и заданной длины цепочек r суть цепочного метода представления клавиатурных параметров в терминах формальных грамматик состоит в формировании всех возможных цепочек событий алфавита A длины r в пространстве размерности $p = (r+1)/2 = q + 1$.

Для цепочного метода представления и числовой обработки клавиатурных параметров клавиатурных параметров удобно применить аппарат матриц.

При независимой регистрации всех событий клавиатуры длительность удержания всех контролируемых клавиш $i = 1, 2, \dots, n$ отображается одномерной матрицей-строкой $T^1 = [\tau_i]$, $i = 1, 2, \dots, n$, а результат регистрации длительности пауз между удержаниями всех парных сочетаний клавиш $i = 1, 2, \dots, n$ отображается двумерной квадратной матрицей

$$T^2 = \left\| T_{i,j} \right\|, \quad i, j = 1, 2, \dots, n.$$

Для реализации цепочного метода в минимальном варианте ($r = 3, p = 2, q = 1$) в поле действительных чисел P необходимо задать квадратную матрицу $T^2 = \left\| T_{i_1, i_2} \right\|$, каждый элемент которой будет представлен цепочкой T_{i_1, i_2, \dots, i_p} длины $r = 3$, содержащей три временных параметра из числового поля P :

- длительность τ_{i_1} – удержания клавиши i_1 ;
- длительность τ_{i_1, i_2} – паузы между удержаниями клавиш i_1 и i_2 (может принимать положительные и отрицательные значения);
- длительность τ_{i_2} – удержания клавиши i_2 .

В общем случае для реализации цепочного метода в поле действительных чисел P необходимо задать пространственную матрицу размерности p

$$T^p = \left\| T_{i_1, i_2, \dots, i_p} \right\|, \quad i_1, i_2, \dots, i_p = 1, 2, \dots, n, \quad p = 2, 3, \dots;$$

состоящую из n^p элементов, представленных цепочками T_{i_1, i_2, \dots, i_p} , $i_1, i_2, \dots, i_p = 1, 2, \dots, n$. При этом каждая цепочка длины r будет содержать r временных параметров из числового поля P :

- длительность τ_{i_1} – удержания клавиши i_1 ;
- длительность τ_{i_1, i_2} – паузы между удержаниями клавиш i_1 и i_2 ;
- длительность τ_{i_2} – удержания клавиши i_2 ;
- длительность τ_{i_2, i_3} – паузы между удержаниями клавиш i_2 и i_3 ;
-;
- длительность τ_{i_p} – удержания клавиши i_p .

Для описания и последующего использования пространственной матрицы T^p она представляется совокупностью своих сечений с фиксированным значением одного индекса i_α или двух индексов i_α, i_β . В первом случае образуется совокупность *простых* сечений ориентации i_α , являющихся $(p-1)$ -мерными матрицами n -го порядка. Во втором случае образуется совокупность *двукратных* сечений ориентации i_α, i_β , являющихся $(p-2)$ -мерными матрицами n -го порядка [4].

Для конкретной реализации цепочного метода длина цепочки выбирается фиксированной по формуле $r = 3 + 2l$, где $l = 0, 1, 2, \dots$

Нетрудно видеть, что цепочный метод фактически использует многомерное представление связанных между собой событий клавиатуры, при котором каждой цепочке событий соответствует точка $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_p)$ в пространстве мерности p с координатами ξ_k , $k = 1, 2, \dots, p$, определяемыми событиями $i = 1, 2, \dots, n$ из

множества A_y . На рис. 1 приведен пример представления цепочным методом клавиатурного набора слова «почерк» с заданной длиной цепочек $r = 5$.

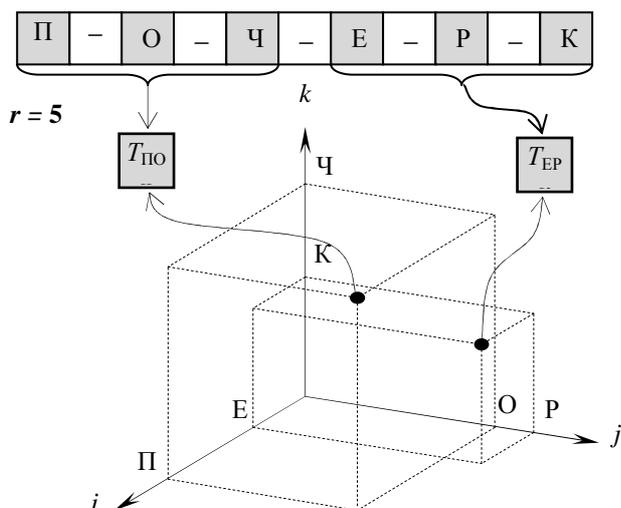


Рисунок 1 – Пример представления цепочным методом клавиатурного набора слова «почерк» с заданной длиной цепочек $r = 5$

Биометрический эталон пользователя получают на основе усреднения l измерений каждого временного параметра, представленного цепочкой T_{i_1, i_2, \dots, i_p} в матрице $T^P = \|T_{i_1, i_2, \dots, i_p}\|$. В результате, в эталоне пользователя каждый элемент матрицы T_{i_1, i_2, \dots, i_p} представлен двумя граничными значениями интервала варируемости: $(T_{i_1, i_2, \dots, i_p})_{\min}$, $(T_{i_1, i_2, \dots, i_p})_{\max}$, что соответствует цепочкам удвоенной длины $R = 2r$.

Экспериментальные исследования подтвердили увеличение точности клавиатурной аутентификации пользователя с переходом от методов анализа усредненных одиночных событий клавиатуры к цепочному методу анализа. В то же время, непосредственная реализация цепочного метода требует на этапе аутентификации больших объемов вычислений, связанных с обработкой пространственных матриц. Это обстоятельство стимулирует попытку реализации цепочного метода на иммунологических принципах.

2. Решение задач распознавания с помощью ИИС. Особенностью подхода ИИС является представление информационных потоков в виде последовательности информационных единиц фиксированного размера с последующей их децентрализованной обработкой. Используются два варианта представления информационных потоков: строковый и векторный. В первом случае за единицу информационного потока принимается строка фиксированной длины l , во втором – вектор в пространстве мерности l .

Основной моделью распознавания «чужих» в ИИС является «отрицательный отбор» (ОО), который приближенно воспроизводит механизм микробиологической защиты организма, реализуемый иммунной системой. ОО содержит две фазы функционирования: обучение и распознавание. Обучение заключается в случайной генерации и последующем отборе информационных единиц – детекторов, содержащих аномальную структуру единиц исследуемого информационного потока. В фазе распознавания исследуемый информационный поток сопоставляется с детекторами по принципу частичного совпадения. Положительные отклики детекторов свидетельствуют о наличии аномальных единиц в исследуемом информационном потоке, что позволяет классифицировать его как «чужой».

При строковом представлении информационного потока сопоставление его строк с детекторами осуществляется по принципу частичного совпадения в r смежных позициях. При векторном представлении информационного потока сопоставление его векторов с детекторами осуществляется с использованием различных мер близости Евклида, Махаланобиса и др. Используемый при этом принцип частичного совпадения имитирует свойство аффинности иммунной системы, определяемое как прочность связи (степень связности) между чужеродным агентом (антигеном) и антителом, вырабатываемым иммунной системой организма.

3. Иммунологический анализ клавиатурных данных. Для применения принципов иммунологического анализа клавиатурных параметров, представленных цепочным методом, параметру аффинности r предлагается содержательно и метрически поставить в соответствие длину цепочки $r = p + q$ лингвистически связанных событий клавиатуры, где p – число событий из множества A_y ; $q = p - 1$ – число событий из множества A_n . Это позволяет использовать векторный способ иммунологической обработки клавиатурных параметров, представленных цепочным методом.

Суть метода состоит в следующем. Задается r -мерное Евклидово пространство E^r . Рабочее подпространство $E_p^r \subset E^r$ событий клавиатуры задается минимаксными значениями координат x_1, x_2, \dots, x_r , которым соответствуют предельные значения вариации временных параметров τ_i и $\tau_{i,j}$, $i, j = 1, 2, \dots, n$ двух видов p и q событий клавиатуры для данного контролируемого пользователя.

На стадии обучения системы КМ создаются детекторы, необходимые для обнаружения отклонения клавиатурного почерка работающего в компьютерной системе пользователя от нормального. Их создание осуществляется на основе прототипа типичного процесса клавиатурного набора, свойственного контролируемому пользователю, представленного его клавиатурным эталоном M .

Клавиатурный эталон M пользователя строится на основе p -мерной матрицы, временных параметров событий клавиатуры, показанной выше. В конечном итоге он будет представлять собой совокупность информационных единиц в виде точек $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N$ в подпространстве $E_p^r \subset E^r$. Каждая точка $\xi_i = (x_1, x_2, \dots, x_r)$, $i = 1, 2, \dots, N$ соответствует цепочке символов длины $r = p + q$, а ее координаты задают значения временных параметров двух видов событий клавиатуры $A_y \subset A$ и $A_n \subset A$. Параметр N определяется размерами текста, необходимого для формирования представительного эталона пользователя на стадии обучения системы КМ. Распределение точек $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N$ в подпространстве $E_p^r \subset E^r$ задает клавиатурный эталон M пользователя.

В ранних реализациях ИИС, основанных на модели ОО [5–6], использовались детекторы, которые генерировались случайно с равномерным законом распределения в заданных диапазонах рабочего подпространства E_p^r . При этом, для получения приемлемой точности классификации количество таких детекторов должно с равномерной плотностью покрывать все рабочее подпространство E_p^r . Для многих приложений, в т. ч. и задачи КМ, требуемое количество детекторов оказывается чрезмерно большим, что затрудняет применение иммунологического подхода. Поэтому в данной работе предлагается использовать более позднюю разновидность детекторов – т. н. V -детекторы (variable-sized detectors) [7–9].

Процесс формирования каждого V -детектора содержит две фазы. В первой фазе производится случайная генерация детектора в виде r -мерной точки $\xi_i = (x_1, x_2, \dots, x_r)$, $i = 1, 2, \dots$ с координатами, соответствующими временным параметрам событий клавиатуры

$A_y \subset A$ и $A_n \subset A$. Генерация детектора осуществляется с равномерным законом распределения в рабочем подпространстве E_p^r .

Во второй фазе сформированный детектор увеличивает свой r -мерный объем, заполняя свободное от точек эталона подпространство E_p^r . Для этого первоначально сгенерированная точка

$\xi_i = (x_1, x_2, \dots, x_r)$ принимается в качестве центра (a_1, a_2, \dots, a_r) гиперсферы S^r , которая формируется путем равномерного увеличения ее радиуса R . Процесс осуществляется в пошаговом режиме, в дискретные моменты времени:

$$\left. \begin{aligned} [x_1(t_i) - a_1]^2 + [x_2(t_i) - a_2]^2 + \dots + [x_r(t_i) - a_r]^2 &= R(t_i)^2; \\ R(t_i) &= R(t_{i-1}) + \Delta R, \\ x_j(t_i) &= x_j(t_{i-1}) + \Delta R, \quad j = 1, 2, \dots, r, \\ t_i &= t_{i-1} + \Delta t, \quad i = 1, 2, \dots \end{aligned} \right\} (1)$$

Процесс увеличения гиперсферы S^r –

$$\left. \begin{aligned} S^r(t_i) < S^r(t_{i+1}) < S^r(t_{i+2}), \\ t_i &= t_{i-1} + \Delta t, \quad i = 1, 2, \dots \end{aligned} \right\}$$

продолжается до тех пор, пока в момент времени $t = t_k$ на ее поверхности или внутри нее (зависит от выбранного размера шага увеличения гиперсферы) не окажется ближайшая к ней точка $\xi_l = (x_{1l}, x_{2l}, \dots, x_{rl}) \in M$ клавиатурного эталона пользователя M :

$$[x_{1l}(t_k) - a_1]^2 + [x_{2l}(t_k) - a_2]^2 + \dots + [x_{rl}(t_k) - a_r]^2 \leq R(t_k)^2. (2)$$

Гиперсфера $S^r(t_k)$, зафиксированная в момент времени $t = t_k$, является прототипом детектора. Во избежание ошибки первого рода, конечный объем детектора целесообразно принять равным тому, который был получен на предыдущем шаге итерационного процесса (1).

По указанной процедуре осуществляется формирование всей необходимой совокупности детекторов. Распределение в подпространстве E_p^r гиперсфер детекторов различных радиусов зависит от распределения точек $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N$ эталона M . В общем случае, в процессе генерации детекторов для одного пользователя по мере покрытия ими подпространства E_p^r будет повышаться частота выполнения условия (2), а, следовательно, частота отбраковки генерируемых детекторов. Повышение частоты отбраковки генерируемых детекторов будет наблюдаться также и по мере уменьшения конечных радиусов R гиперсфер S^r . Эта тенденция является следствием постепенного заполнения рабочего подпространства E_p^r детекторами, и ее можно использовать в качестве условия для останова процедуры формирования детекторов. Такое условие можно задать двояко:

- путем сравнения частоты отвергаемых детекторов f с заданным пороговым значением частоты f_0 ;
- путем сравнения усредненного значения текущего радиуса $R_{ср}$ детекторов, сформированных за несколько последних шагов, с заданным пороговым значением R_0 .

Это позволит определить эффективное количество детекторов, необходимых для распознавания «чужого». Величины f_0 и R_0 целесообразно увязать с ошибками 1–2 рода.

Рис. 2 иллюстрирует процедуру формирования детекторов в двумерном пространстве E_p^2 . Следует заметить, что минимальная длина цепочки для цепочного метода $r = 3$. Поэтому пространство

E_p^2 использовано исключительно для наглядности принципа его заполнения детекторами.

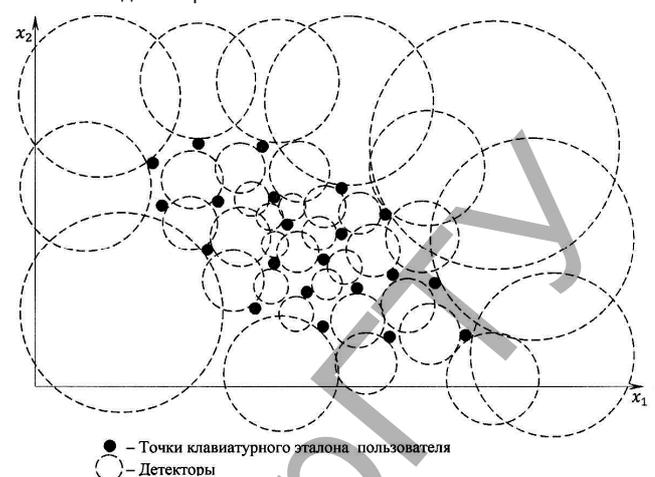


Рисунок 2 – Процедура формирования детекторов в двумерном пространстве E_p^2

Биометрический эталон пользователя получают на основе усреднения l измерений каждого временного параметра, представленного цепочкой T_{i_1, i_2, \dots, i_p} в матрице $T^p = \left\| T_{i_1, i_2, \dots, i_p} \right\|$. В результате, в эталоне пользователя каждый элемент матрицы T_{i_1, i_2, \dots, i_p} будет представлен двумя граничными значениями интервала вариативности: $\left(T_{i_1, i_2, \dots, i_p} \right)_{\min}$, $\left(T_{i_1, i_2, \dots, i_p} \right)_{\max}$, что соответствует цепочкам удвоенной длины $R = 2r$.

В рабочем режиме, в процессе клавиатурной работы контролируемого пользователя формируется некоторая последовательность событий клавиатуры, представленная точками $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N$, где $\xi_i = (x_1, x_2, \dots, x_r)$, $i = 1, 2, \dots, N$. Процесс распознавания «свой-чужой» реализуется путем пошаговой проверки каждой очередной точки ξ_i последовательности на попадание ее координат x_1, x_2, \dots, x_r в гиперсферы S^r сформированных детекторов. Математические операции проверки при этом те же, что и на этапе создания детекторов. Срабатывание детектора свидетельствует о том, что данная точка не принадлежит эталону «своего». Возрастание частоты срабатывания детекторов увеличивает вероятность того, что на клавиатуре работает «чужой».

Статистическая вероятность клавиатурного присутствия в системе «чужого» $\hat{P}^ч$ определяется частотой срабатывания детекторов f :

$$\hat{P}^ч \approx f = \frac{n_0^+}{n_0}, (3)$$

где n_0^+ – число срабатываний детекторов в проведенных операциях проверки;

n_0 – общее число проведенных операций проверки.

Принятие решения о наличии подмены «своего» пользователя «чужим» считается правомерным при превышении частоты f срабатываний детекторов некоторого порогового значения f^n

$$\hat{P}^x \equiv \begin{cases} \hat{P}^c, & \text{если } f < f^n; \\ \hat{P}^ч, & \text{если } f \geq f^n. \end{cases} (4)$$

При выборе длины цепочек r полезно иметь в виду, что объем гипершара единичного радиуса оказывается максимальным для размерности пространства $r = 5$. Из этого следует, что при $r = 5$

желаемая степень заполнения рабочего подпространства E_p^r детекторами, представленными r -мерными гипершарами S^r , будет достигнута сравнительно меньшим числом детекторов. Указанное обстоятельство хорошо согласуется с лингвистическими особенностями клавиатурного набора. В частности, исследования цепочного метода КМ показали, что устойчивые корреляционные зависимости между смежными событиями клавиатуры в наибольшей степени проявляются при длине цепочек $r = 5$.

Заключение. Предложенный иммунологический метод КМ потенциально обладает рядом преимуществ. По сравнению с общепринятым методом КМ, основанным на прямых измерениях временных интервалов событий клавиатуры, он обладает большей точностью идентификации контролируемого пользователя, за счет учета индивидуальных корреляционных зависимостей между временными параметрами последовательно воспроизводимых символов текста. По сравнению с методом КМ, реализованным на принципах ИИС со строковым представлением данных, предложенный метод обладает как большей точностью идентификации, так и меньшим временем, необходимым для принятия достоверного решения о наличии «чужого». Кроме того, замена строковых детекторов векторными с варьируемым пространственным объемом позволяет существенно снизить вычислительные затраты на реализацию КМ.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Широкин, В.П. Динамическая аутентификация на основе анализа клавиатурного почерка / В.П. Широкин, А.В. Кулик, В.В. Марченко. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.masters.donntu.edu.ua / 2002 / fvti / aslamov / files / bio_authentication.htm.

2. Брюхомицкий, Ю.А. Цепочный метод клавиатурного мониторинга // Известия ЮФУ. Технические науки. Информационная безопасность. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – № 11. – С. 135–145.
3. Брюхомицкий, Ю.А. Иммунологические принципы организации клавиатурного мониторинга пользователей компьютерных систем / Материалы XII Международной научно-практической конференции «Информационная безопасность». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2012. – Ч. I. – С. 10–19.
4. Соколов, Н.П. Пространственные матрицы и их приложения. – М.: Физматгиз, 1960. – 229 с.
5. Forrest, S. Self-nonsel discrimination in a computer / S. Forrest, A.S. Perelson, L. Allen, R. Cherukuri // Proc. of IEEE symposium on research in security. – Oakland: CA, 16–18 May 1994. – P. 202–212.
6. Dasgupta, D. Tool breakage detection in milling operations using a negative-selection algorithm / D. Dasgupta, S. Forrest // Technical report CS95-5, Department of computer science. – University of New Mexico, 1995.
7. Ji Z., Dasgupta D. Real-valued negative selection algorithm with variable-sized detectors // Genetic and Evolutionary Computation (GECCO 2004): Proceedings. – Berlin–Heidelberg: Springer-Verlag, 2004. – Ser. LNCS 3102. – Part I. – P. 287–298.
8. Ji Z., Dasgupta D. Revisiting negative selection algorithm // Evolutionary Computation. – 2007. – Vol. 15. – № 2 (Summer). – P. 223–251.
9. Ji Z. V-Detector: An Efficient Negative Selection Algorithm with «Probably Adequate» Detector Coverage / Z. Ji, D. Dasgupta // Information Sciences. – 2009. – Vol. 179. – P. 1390–1406.

Материал поступил в редакцию 12.01.2017

BRYUHOMITSKYI.A. Immunological methods keyboard monitoring

The work is devoted to development of a method of monitoring the keyboard, based on the principles of functioning of artificial immune systems. The essence of the proposed method is to construct a learning immunological pattern recognition model with two classes of "friend or foe" combines: account correlations between the individual time parameters consistently reproducible text characters.

УДК 517.9

Кожух И.Г.

ПРИБЛИЖЁННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРИ КАЧЕСТВЕННОМ ИССЛЕДОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Введение. Как известно, до настоящего времени не существует регулярных методов интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений в общем виде, а вместе с тем и строгих методов построения фазового портрета исследуемой нелинейной динамической системы. Поэтому для исследования конкретной динамической системы часто наиболее простым, а иногда и единственным, является метод приближенного графического интегрирования, т. е. метод построения приближенного фазового портрета в конкретном частном случае [1, 2].

Использование численных методов интегрирования конечно требует задания определённых численных значений для всех параметров системы или, в лучшем случае, задания численных значений комбинации из этих параметров [4]. Такие численные методы становятся наиболее актуальными в связи с развитием в последние десятилетия электронно-вычислительной техники [5].

Между тем, в динамические системы, которые возникают из приложений, входит то или другое число параметров, которые могут принимать различные значения. Необходимость задания параметров затрудняет обозрение всей задачи в целом. Потому там, где возможно применение аналитических методов, может быть даже и сложных, их всегда следует предпочитать методам приближенного численного интегрирования. Однако в некоторых случаях использование приближенного интегрирования является единственным воз-

можным методом получения сведений о топологической структуре разбиения на траектории данной динамической системы. При этом представляет интерес не приближенное вычисление траектории на том или ином промежутке значений времени t , что само по себе, несомненно, имеет смысл, а то, как такое приближенное вычисление служит для установления качественной структуры разбиения на траектории или хотя бы для получения тех и других качественных характеристик разбиения на траектории. Однако любой метод численного интегрирования ограничивает общность результатов и затрудняет обозрение всей проблемы в целом.

Наиболее подходящим из методов приближенного вычисления для определения качественности структуры разбиения на траектории является метод изоклин, который заключается в приближенном построении "сетки" траекторий [3].

Метод изоклин. Суть этого метода заключается в следующем. Рассматривается динамическая система

$$\frac{dx}{dt} = P(x, y), \quad \frac{dy}{dt} = Q(x, y). \quad (1)$$

После истечения времени эту систему можно свести к другому нелинейному дифференцируемому уравнению первого порядка