

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ЭВРИСТИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЕ
"КОНСИЛИУМ" А-АВТОМАТОВ

И.И.Дзегеленок, В.Кубера, В.Г.Попов,
А.Л. Сыркин, А.Г. Шигин.

1. Состояние вопроса и исходные предпосылки

Предлагаемая эвристическая программа в некотором смысле универсальна, т.к. позволяет решать довольно широкий класс прикладных задач, так или иначе связанных с проблемой прогнозирования.

В настоящей работе рассматриваются вопросы организации активного поведения автомата с недетерминированной структурой для решения задач прогнозирования. Такие автоматы получили название: "А-автоматы" [6]. В общетеоретическом плане постановка настоящей задачи является конкретизацией работы [6]. В отличие от предложенного в [6] способа построения решающего правила в форме аппроксимирующего полинома, в данной работе обходится путь повышения достоверности прогнозирования из-за введения нелинейных составляющих в аппроксимирующий полином. Построение решающего правила ограничивается лишь вычислением линейных составляющих полинома, а повышение достоверности прогнозирования осуществляется за счет введения коллектива А-автоматов. Окончательное решение выносится на основании голосования "консилиума" А-автоматов в этом коллективе.

Разработанный метод был апробирован при решении конкретной задачи прогнозирования исходов заболевания при повторных инфарк-

тах миокарда.

В связи с выбранным примером, подтверждающим целесообразность применения предлагаемого метода, в статье используется терминология и ход рассуждений применительно к медицинской практике, что не исключает возможности применения такого метода к процедурам конструирования ЦВМ [6].

Учитывая перспективность применения этого метода во многих других областях техники, такой стиль изложения также может облегчить понимание сущности принятого подхода.

Начнем построение всех наших исходных предпосылок и положений с иллюстрации тех трудностей, которые существенно осложняют работу врача-кардиолога при решении настоящей задачи. Эти трудности не только усложняют условия постановки объективного отдаленного прогноза врачом-кардиологом, но и существенно затрудняют применение строгих математических методов. Надеемся, что предлагаемые ниже образные иллюстрации не нарушат общности наших рассуждений.

Недостаточный индивидуальный подход при лечении больных инфарктом миокарда, клинические формы и варианты течения которого чрезвычайно разнообразны, во многом объясняется именно отсутствием достоверных прогностических критериев. Действительно, за исключением некоторых наиболее грозных симптомов (особо тяжелые нарушения ритма сердца, разрыв сердечной мышцы, необратимые явления отека легких и кардиогенного шока), предвещающих летальный исход в ближайшие минуты, часы или сутки, врач сегодня не располагает достаточно надежными прогностическими критериями при определении исхода инфаркта миокарда.

Кроме этого, имеются принципиальные трудности, которые не позволяют с успехом применить классический вероятностно-статистический подход при решении настоящей задачи. Эти трудности состоят в следующем:

1. наличие большого многообразия признаков и их сочетаний, влияющих на прогноз;
2. недостаточная длина статистического ряда;
3. наличие больших информационных пробелов при представлении данных анализа;
4. недостаточно высокая достоверность представляемой информации о результатах лабораторного и электрокардиографического исследования (во входной информации);

5. полное отсутствие каких-либо строгих численных оценок состояния больного (в выходной информации).

Сложность решения задачи усугубляется трудностью использования классических методов теории обучения распознающих автоматов с недетерминированной структурой. Как известно, при нахождении решающего правила распознающим автоматом с помощью адаптивных методов, результаты вычислений бывают неоднозначными. Это зависит от порядка представления ситуаций в обучающей последовательности (ОП) (см., например, [1]). В то же время применение адаптивных методов теории восстановления аппроксимирующего полинома (см. например, [2]) также невозможно в силу выполнения 5-го ограничения. В этом смысле условие необходимости решения нашей задачи о вычислении предсказывающего полинома напоминает нам игру вслепую [3]. При игре вслепую (см. [3]) платежная матрица игрокам заранее неизвестна, известен только лишь результат после окончания игры. Поэтому, не зная еще того пути, который мы выберем для решения нашей задачи, мы уже можем присвоить качественную характеристику процессу её решения: "аппроксимация вслепую". Даже, если бы врачу апостериори были известны все численные значения оценок состояния больных, для решения задачи "чистой аппроксимации" потребовалось бы, в силу 1-го ограничения, громадное количество числений.

Перечисленные затруднения привели нас к идее разработки эвристических принципов для построения нашей программы. По своей природе эти принципы должны быть сходными с теми, которыми руководствуется врач или группа врачей при постановке прогноза в реальных клинических условиях. Интересно отметить, что такой подход был использован при построении многих эвристических программ принятия решений в других областях человеческих знаний. Примером использования эвристики в игровых задачах может служить программа А. Ньюэлла, Д. Шоу и Г. Саймона для игры в шахматы, а также программа игры в вали А. Самуэля [4]. Общая формальная схема построения подобных игровых задач была разработана К. Шенноном еще в 1949 г. При построении этих же программ их авторы стремились описать и понять процесс мышления и процесс принятия решения человеком. Известна также эвристическая модель "процесса доверительной инвестиции" Д. Кларксона, которая выбирает наиболее перспективный портфель с

ценными бумагами [4]. Много общего по принципам построения содержит эвристическая программа Ф. Тонга для балансирования работы сборочного конвейера [4]. Характерно то обстоятельство, что все эти программы имеют такую математическую модель, которая строится на основании предварительного изучения "хитростей профессии". Как правило, такие математические модели не укладываются в рамки классических дедуктивных математических методов. Такие модели обладают высоким скороедействием при обработке достаточно больших массивов информации. Вполне понятно, что с помощью подобного рода эвристических программ можно получить не оптимальное, а удовлетворительное решение. Теперь перейдем непосредственно к принципам построения нашей программы.

При анализе деятельности врача или группы врачей были замечены некоторые общие принципы построения решающих правил.

Принцип А. По мере накопления опыта врач обычно строит как-то гипотезы и с целью их подтверждения на каждом следующем этапе своих рассуждений старается в первую очередь осмыслить самые непохожие, самые атипичные ситуации, т.е. такие, которые ранее в его практике не встречались. Образно можно сказать, что врач обучается на патологии (Часто можно услышать фразу: "В моей практике это первый случай").

Принцип Б. С каждым годом объем информации в историях болезни увеличивается. Это естественный процесс, который сопровождается все более углубленным анализом врача при изучении того или иного заболевания. Как правило, те признаки, которые были известны врачу на самом раннем этапе обучения имели наиболее фундаментальные свойства по своему проявлению. Те признаки, которые были обнаружены в результате более поздних исследований могут быть менее фундаментальными, но важными в том смысле, что позволяют установить врачу тончайшие изменения и отклонения в истории болезни пациента. Вполне понятно, что этот процесс фиксации все более новых признаков отражается и на архивных материалах представления информации. Поэтому, прибегая к помощи ЭЦВМ, целесообразно восстановить этот процесс и обрабатывать историю болезни по приоритету. Естественным следует считать такой приоритет, который является максимальным для ситуаций с минимальной информационной мощностью и минимальным - для ситуаций с максимальной информационной мощностью.

Принцип В: Врач по мере повышения квалификации (и по возможности используя принцип А) старается каким-то образом сбалансировать свою деятельность во времени. Точнее говоря, решение врача о том, какую историю болезни имеет смысл изучить, зависит от результатов изучения предыдущих историй болезни (конечно, в том случае, если такое "своеволие" врача допустимо в конкретных условиях клинической практики). Этот принцип напоминает нам известную в кибернетике лабиринтную задачу, заключающуюся в том, как скорее выйти из лабиринта, получив при этом наиболее ценную информацию. Эффективно эта задача решается путем реализации принципа самоорганизации [4]. Применительно к нашему случаю ЭЦВМ сама "подбирает картинки" (истории болезни) при заданной цели обучения.

Эти три принципа и были положены в основу эвристической программы "электронный консилиум". Вычисление решающего правила программой происходит в два этапа. На первом этапе обучения достигается верная сегментация ситуаций одного из подмножеств при минимально возможном числе ошибок на другом подмножестве - реализуется программа "оптимист". На втором этапе, напротив, реализуется программа "пессимист". Окончательный прогноз вычисляется впоследствии на основании "консилиума" обеих программ. Достоверными считаются лишь такие прогнозы, которые удовлетворяют условиям сегментации ситуаций обеих программ. Решение выдается как результат численного взвешивания ситуаций оценочным полиномом. Оценочный полином вычисляется усредненно на основании результатов обеих программ либо в более простом случае является результатом вычислений той программы, которая обрабатывала наибольшее число ситуаций. Таким образом, налицо реализация принципа "аппроксимации вслепую": ситуации на ОП были заданы по условию их сегментации на два подмножества, а в результате обучения мы получили возможность производить взвешивание.

Важно также отметить, что описываемая эвристическая программа помимо своих особенностей (принципы А, Б и В) имеет общие черты с уже известными нам программами. Точно так же, как и в программе игры в шашки А. Уэмбеля, производится вычисление аппроксимирующего полинома для последовательных оценок ситуаций. При этом заранее ситуации в ОП никоим образом не взвешиваются. Точно так же, как и в программе игры в шахматы А. Ньюлла, Л. Жау и П. Савона, выбирается ход, предлагаемый в качестве

наилучшего, более чем одним решающим правилом. Иначе говоря, в этой программе также реализуется "консилиум" генераторов ходов.

П. Алгоритм "идентификации вслепую"

В работе [5] был предложен специальный алгоритм, который позволяет реализовать принцип "идентификации вслепую". Этот алгоритм был назван "релаксационным" (РА). С помощью РА имеется возможность по мере вычисления весовых коэффициентов (ВК) решающего правила осуществлять процедуру математического планирования ОП. В отличие от всех известных алгоритмов обучения автоматов распознаванию образов, процедура математического планирования ОП является новой. В результате такого целенаправленного обучения автомата (самообучения) образуется сокращенная ОП. Сохраняя основную символику и терминологию формального описания РА, рассмотрим операторную схему процесса отыскания решения. Первоначально РА получает решение на подмножестве ОП $t_i \in T$ ($i = 1, 2, \dots, P$) следующим образом:

$$\begin{aligned} PA := & F_7(J_1, \dots, J_\mu, \dots, J_M) \downarrow F_2(\mu := \mu + 1) \\ & \uparrow \uparrow F_3(\check{J}_\mu^v \in J_\mu) F_4(\check{i} := i) P_5(\check{J}_\mu^v \neq \emptyset) \uparrow \\ & P_6(\mu \neq M) \uparrow A_7(\Delta \check{z}^v) P_8(\Delta \check{z}^v \neq 0) \uparrow \\ & A_9(\check{z}^{v+1} = \check{z}^v + \Delta \check{z}^v) F_{10}(\check{v} := \check{v} + 1) \uparrow \\ & \uparrow F_{11}(S_{\check{t}\check{t}-1} \leq S_{g\check{g}-1}; \min_g S_{g\check{g}-1}; g = (\check{i}+1) \div \check{p}) \\ & A_{12}(\xi_{\check{t}+\check{r}}^v = \xi_{\check{t}\check{r}}^v + \Delta \xi_{\check{t}\check{r}}^v; r = 1 \div n) \\ & F_{13} \uparrow \uparrow F_{14}. \end{aligned} \quad (I)$$

Раскроем содержание каждого из операторов, входящих в конструкцию выражения (I):

Оператор F_7 — реализует статическое упорядочивание элементов ОП по ярусам $J_1, \dots, J_\mu, \dots, J_M$. Каждому J_μ соответствуют такие элементы $t_i^\mu \in J_\mu$, для которых выполняется условие $\sum_{r=1}^n t_{ir}^\mu = \alpha_\mu = \text{const}$. Иначе говоря, реализуется эвристический принцип Б.

Оператор F_2 производит выделение текущего яруса J_μ .

Оператор F_3 осуществляет проверку всех элементов $t_i \in J_\mu$

на условие

$$\text{sign} \left(\sum_{r=1}^n t_{ir} \xi_{ir}^v - \check{z}^v \right) = 0, \quad (2)$$

где v — индекс при пороге $\check{z}^v = \text{const}$, ξ_{ir} — r -й ВК, вычисленный на i -м элементе.

Если условие (2) выполняется, то оператор F_3 включает каждый новый элемент $t_i \in J_\mu$ в подмножество $\check{J}_\mu^v \in J_\mu$.

Оператор F_4 производит переиндексацию элементов $t_i^\mu \in \check{J}_\mu^v$ по индексу $\check{i} := i$ ($\check{i} = 1, 2, \dots, \check{p}$; $\check{p} \leq p$).

Оператор F_{10} производит организацию нового итерационного цикла (индекс $v := v + 1$).

Оператор F_{11} выбирает следующий элемент подмножества по условию организации динамического приоритета. Принцип динамического приоритета устанавливает такие бинарные отношения $Stg = \sum_{r=1}^n t_{ir} \cdot t_{gr}$ между элементами яруса J_μ^v , чтобы имело место упорядочивание вида $S_{\check{t}\check{t}-1} \leq S_{g\check{g}-1}$ для всех $g = (\check{i}+1), (\check{i}+2), \dots, \check{p}$. Динамический приоритет соответствует воплощению эвристического принципа А.

Оператор F_{13} реализует безусловную передачу управления на оператор F_3 .

Оператор F_{14} — конец работы алгоритма, формирование решающего правила $\sigma_T(X)$.

Операторы P_5, P_6, P_8 — условные — производят проверку выполнения условий $\check{J}_\mu^v \neq \emptyset$, $\mu \neq M$ и $\Delta \check{z}^v \neq 0$.

Операторы A_7, A_9, A_{12} — арифметические — реализуют вычисления приращения порога $\Delta \check{z}^v$, значения порога $\check{z}^v$ и величины ВК ξ_{ir} .

Совместная работа операторов F_7 и F_{11} организует планирование элементов ОП и тем самым осуществляет реализацию эвристического принципа В.

Результатом работы РА является нахождение таких коэффициентов решающего правила $\langle \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n, \dots, \xi_n \rangle$, которым соответствует минимум функционала

$$\varphi(F) = \sum_{i=1}^q \text{sign} \left(\sum_{r=1}^n f_{ir} \xi_r - \check{z} \right) \quad (3)$$

Таким образом реализуется программа "оптимист".

Алгоритм реализации программы "пессимист" аналогичен. В этом случае РА работает на подмножестве $f_j \in F$ ($j=1,2,\dots,q$). Окончанием работы программы "пессимист" является вычисление решения $\sigma_F(X)$ по критерию $\varphi(T)$:

$$\varphi(T) = \sum_{i=1}^p \left[1 - \text{sign} \left(\sum_{r=1}^n \xi_r \cdot \epsilon_{ir} - \gamma \right) \right]. \quad (4)$$

Формально организация "консилиума" имеет вид:

$$\frac{PA_1 [T] \quad PA_2 [F] \quad F_3 [\text{КОНСИЛИУМ}]}{\text{обучение}} \quad \frac{A_4 [\text{ПРОГНОЗ}]}{\text{тест}} \quad (5)$$

Оператор F_3 [КОНСИЛИУМ] - выделяет только такие ситуации, для которых справедливо:

$$\text{sign} \sigma_T(X) = \text{sign} [-\sigma_F(X) - 1]. \quad (6)$$

Оператор A_4 [ПРОГНОЗ] - для всех ситуаций X выносит окончательное решение $\sigma_0(X)$ по правилу:

$$\sigma_0(X) = \begin{cases} \frac{\sigma_T + \sigma_F}{2}, & \text{если } \hat{p} = \hat{q}; \\ \sigma_T, & \text{если } \hat{p} > \hat{q}; \\ \sigma_F, & \text{если } \hat{p} < \hat{q}. \end{cases} \quad (7)$$

III. Экспериментальное исследование "консилиума"

Решалась конкретная задача прогнозирования исхода повторного инфаркта миокарда в сравнительно отдаленном периоде (2 месяца). Статистический материал был представлен I-м ММИ им. Сеченова И.М. Для получения математической формулы прогноза были взяты группы больных, перенесших второй инфаркт миокарда: больные, которые были выписаны из клиники через 2-3 месяца, и больные, у которых в эти же сроки наступил летальный исход. В рассматриваемую группу не были включены больные, погибшие в остром периоде инфаркта миокарда от тяжелых нарушений ритма, разрыва сердца, необратимого кардиогенного шока и отека легких, т.к. прогнозирование у этой группы с большой достоверностью осуществляется квалифицированным врачом на основании упомянутых неблагоприятных симптомов. Кроме того, прогнозирование у крайне тяжелых больных в остром периоде инфаркта миокарда не имеет существенного значения, т.к. они, как правило, находятся под тщательным наблюдением и все доступные врачу средства применяются весьма энергично.

Кодированная карта включала сведения об анамнезе, данных объективного электрокардиографического и лабораторного обследования и исхода заболевания. Всего использовалось 178 двоичных признаков (см. рис.1). Первые 10 признаков были отведены под индексацию перфокарт. Признаки 181-184 соответствовали исходу болезни. Всего было взято 200 историй болезни, из которых с летальным исходом было 37 (18,5%). Эксперименты проводились на ЭЦВМ "Минск-22" с использованием перфокартного ввода и алфавитно-цифрового печатающего устройства АЦПУ-128. На рис.1-4 представлены результаты решения задачи программой "оптимист". Программа "оптимист" из 140 ситуаций ($t_i \in T$) отобрала в процессе вычисления решающего правила 28 историй болезни (см. рис.2 $\gamma=1$). Всего было реализовано 5 итераций за 10 мин. Наибольшее время приходится на I-ю итерацию - около 7,5 мин. На рис.2 все номера, которым соответствовали атипичные случаи (по мнению программы "оптимист") напечатаны АЦПУ-128 в вертикальной колонке. Звездочка, стоящая напротив каждой из таких ситуаций, соответствует также достигнутому при выборе данной ситуации % классификации из элементов $t_i \in T$. С точки зрения анализа этих историй болезни врачами все они были атипичными. Различия касались, в основном, возраста больных, клинической картины приступа, степени тяжести недостаточности кровообращения, наличия или отсутствия гипертонической болезни, сердечной астмы и т.д. На рис.3 представлены результаты тестирования группы больных $t_i \in T$. На рис.4 представлены результаты тестирования группы больных $f_j \in F$. Несмотря на сравнительно небольшое количество историй болезни, использованных для обучения, удалось выделить основные прогностически значимые признаки, а также выделить больных с наилучшим и наихудшим прогнозом. Наиболее важными прогностически значимыми признаками были следующие: тяжелая недостаточность кровообращения, наличие сердечной астмы, короткий интервал между первым и вторым инфарктами. В то же время было выяснено, что не имеют существенного значения для прогноза ряд признаков, которые обычно привлекают внимание кардиолога: наличие стенокардии, размеры зоны инфаркта и другие. Представляет интерес анализ группы больных, у которых был, согласно оценки ЭЦВМ, наихудший и наилучший прогноз. Так, например, у трех умерших больных с наихудшим прогнозом 186, 170, 160 (рис.4) имело место сочетание атипичной формы инфаркта миокарда с тяжелой недостаточностью кровообращения, сердечной астмой и коротким межинфарктным интервалом; во всех трех случаях

это были женщины пожилого возраста, страдавшие гипертонической болезнью. У трех больных с наилучшим прогнозом I39, III, 29 (рис.3) все существенные прогностически неблагоприятные признаки отсутствовали: межинфарктный интервал составлял более 5 лет, возраст не превышал 60 лет, все они были мужчинами и не страдали гипертонической болезнью.

Мы не имели возможности оценить прогностическое значение кардиогенного шока и отека легких, купированных в остром периоде инфаркта миокарда, а также некоторые нарушения сердечного ритма (пароксизмальная тахикардия, мерцательная аритмия, полная атриовентрикулярная блокада и некоторые другие) в связи с малочисленностью этих признаков в историях болезни, использованных для обучения машины.

Выводы, сделанные на основе приведенного анализа, подтвердили в целом достаточно хорошее совпадение их с оценками тех же историй болезни врачами-кардиологами.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г.С. СЕБЕСТИАН. Процессы принятия решений при распознавании образов. Киев, 1965 г.
2. А.Г. ИВАХНЕНКО, В.Г. ЛАПА. Кибернетические предсказывающие устройства. Киев, Наукова думка, 1965.
3. В.И. КРИНСКИЙ, В.А. ПОНОМАРЕВ. Об играх вслепую. Сб. "Самообучающиеся автоматические системы", М., Наука, 1966, стр. 170-173.
4. Вычислительные машины и мышление. Под ред. Э. Фейгенбаума и Дж. Фельдмана. Пер. с англ. М., Мир, 1967.
5. И.И. ДЗЕГЕЛЕНКО. Релаксационный алгоритм нахождения порогового отделителя в n -мерном единичном кубе. Сб. "Теория дискретных систем", М., МЭИ, 1967.
6. И.И. ДЗЕГЕЛЕНКО, А.Г. ШИГИН. Порождение прогнозирующего фильтра на программной модели ЦВМ. Настоящий сборник, стр. 114-128.

Поступила в редакцию
19.УД.1968 г.

ВАРИАНТ НОМЕР.....

ИЧЛХ = 65535

ИТЕРАЦИЯ НОМЕР 5

ПОРОГ Т = 1396,337

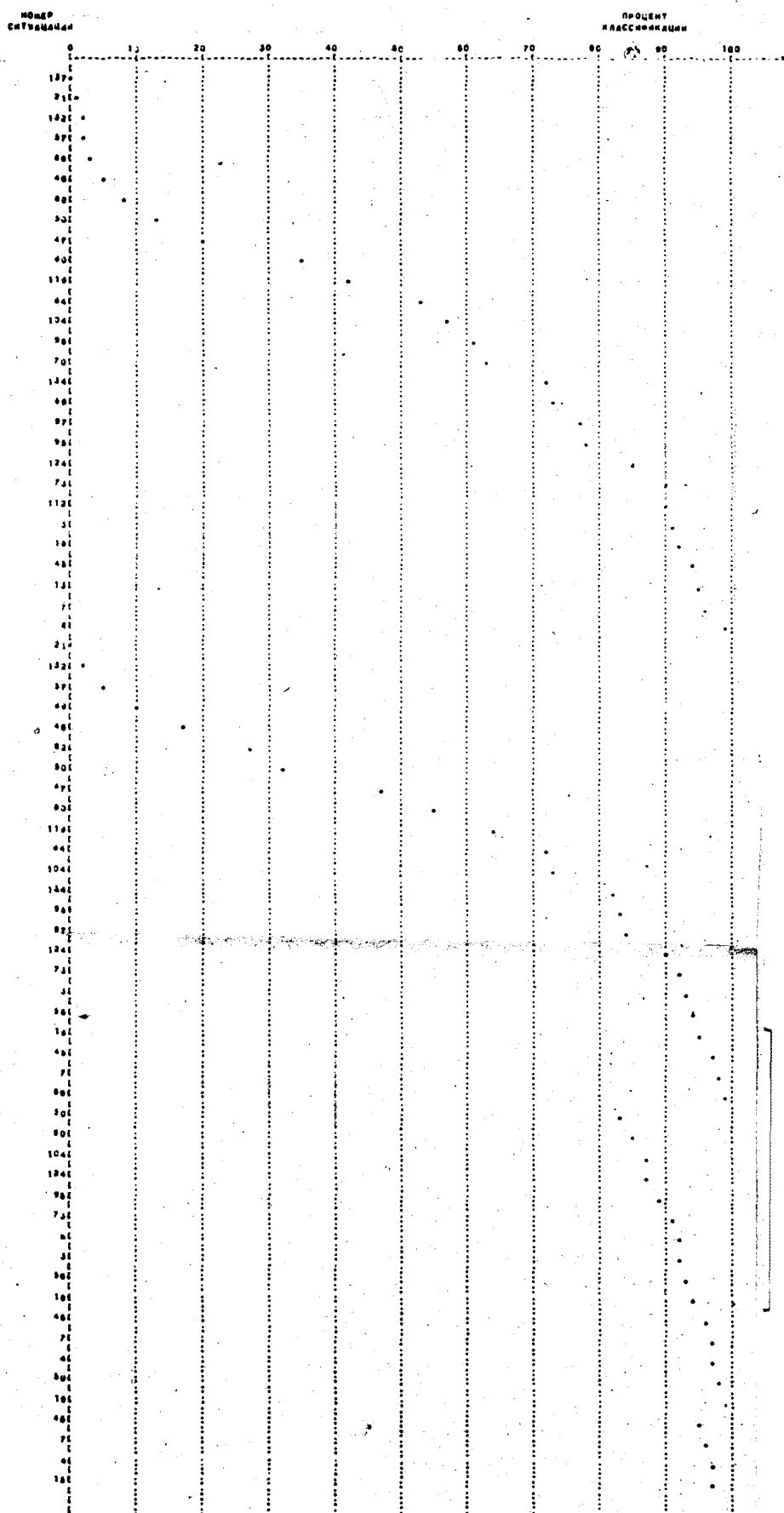
ВЕСОМЫЕ КОЭФИЦИЕНТЫ :

W(1) =	0	W(2) =	0	W(3) =	0
W(4) =	0	W(5) =	0	W(6) =	0
W(7) =	0	W(8) =	0	W(9) =	0
W(10) =	0	W(11) =	-46697	W(12) =	65535
W(13) =	65535	W(14) =	-16218	W(15) =	-41877
W(16) =	65535	W(17) =	8046	W(18) =	-30342
W(19) =	-42536	W(20) =	18093	W(21) =	65535
W(22) =	18975	W(23) =	-5020	W(24) =	65535
W(25) =	54195	W(26) =	33390	W(27) =	-16480
W(28) =	65535	W(29) =	65535	W(30) =	65535
W(31) =	65535	W(32) =	65535	W(33) =	-17754
W(34) =	-63497	W(35) =	65535	W(36) =	1671
W(37) =	65535	W(38) =	65535	W(39) =	45355
W(40) =	24164	W(41) =	-30339	W(42) =	-16699
W(43) =	32353	W(44) =	65535	W(45) =	-13471
W(46) =	13228	W(47) =	62320	W(48) =	-26878
W(49) =	-37493	W(50) =	10155	W(51) =	0
W(52) =	-63497	W(53) =	0	W(54) =	-10373
W(55) =	65535	W(56) =	65535	W(57) =	65260
W(58) =	-3724	W(59) =	65535	W(60) =	65383
W(61) =	61577	W(62) =	-4968	W(63) =	65535
W(64) =	65535	W(65) =	-30335	W(66) =	5405
W(67) =	5974	W(68) =	-3102	W(69) =	65535
W(70) =	65535	W(71) =	-35147	W(72) =	-30342
W(73) =	65535	W(74) =	65535	W(75) =	65535
W(76) =	26629	W(77) =	-19967	W(78) =	-49381
W(79) =	65535	W(80) =	63329	W(81) =	53131
W(82) =	65535	W(83) =	65535	W(84) =	44465
W(85) =	65535	W(86) =	-42837	W(87) =	22585
W(88) =	-16413	W(89) =	0	W(90) =	-7279
W(91) =	65535	W(92) =	30736	W(93) =	-17597
W(94) =	-23821	W(95) =	-31008	W(96) =	-55504
W(97) =	65535	W(98) =	-1020	W(99) =	53870
W(100) =	65535	W(101) =	9924	W(102) =	65535
W(103) =	65535	W(104) =	-14299	W(105) =	0
W(106) =	-43022	W(107) =	65535	W(108) =	-35276
W(109) =	0	W(110) =	65535	W(111) =	44268
W(112) =	-50353	W(113) =	0	W(114) =	-24950
W(115) =	65535	W(116) =	41886	W(117) =	46602
W(118) =	-21233	W(119) =	21658	W(120) =	39212
W(121) =	65535	W(122) =	-40221	W(123) =	83258
W(124) =	65535	W(125) =	45571	W(126) =	-46221
W(127) =	-20012	W(128) =	42479	W(129) =	48844
W(130) =	34640	W(131) =	63382	W(132) =	65535
W(133) =	65535	W(134) =	-56743	W(135) =	-2154
W(136) =	10657	W(137) =	28836	W(138) =	65535
W(139) =	-2960	W(140) =	22508	W(141) =	0
W(142) =	-23168	W(143) =	-2360	W(144) =	-58743
W(145) =	-45535	W(146) =	-65193	W(147) =	-25878
W(148) =	-10238	W(149) =	0	W(150) =	-43522
W(151) =	0	W(152) =	-15238	W(153) =	0
W(154) =	-63193	W(155) =	16490	W(156) =	65535
W(157) =	35721	W(158) =	62050	W(159) =	-27508
W(160) =	-56729	W(161) =	21109	W(162) =	65535
W(163) =	-56003	W(164) =	-42407	W(165) =	0
W(166) =	65535	W(167) =	-28029	W(168) =	65535
W(169) =	0	W(170) =	-65535	W(171) =	23811
W(172) =	-13845	W(173) =	-35238	W(174) =	0
W(175) =	-35413	W(176) =	0	W(177) =	0
W(178) =	0	W(179) =	0	W(180) =	-56173
W(181) =	0	W(182) =	0	W(183) =	0
W(184) =	0	W(185) =	65535	W(186) =	-15995
W(187) =	10911	W(188) =	65535	W(189) =	-52954
W(190) =	-64347	W(191) =	12483	W(192) =	0

ВАРИАНТ НОМЕР.....

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЙ НОМЕР.....

ГРАФИК СХОДИМОСТИ АЛГОРИТМА



ВАРИАНТ НОМЕР.....

WMAX = 65535

ТЕСТ ДЛЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ПОДМНОЖЕСТВА

$$S = W[1] \cdot X[1] + W[2] \cdot X[2] + \dots + W[N] \cdot X[N] - T$$

НОМЕР СИТУАЦИИ	S	НОМЕР СИТУАЦИИ	S
1	270518	2	372626
3	20069	4	1387
5	377092	6	43550
7	5304	8	221812
9	435256	10	62607
11	236582	12	538263
13	149751	14	372132
15	28	16	441787
17	460705	18	239628
19	9122	20	302594
21	142517	22	406291
23	179675	24	274638
25	365023	26	420943
27	67963	28	139702
29	642060	30	411770
31	441022	32	599082
33	194467	34	570015
35	496814	36	404075
37	414767	38	346947
39	403648	40	89775
41	539624	42	566501
43	230478	44	560230
45	3582	46	508433
47	73111	48	93843
49	271400	50	3202
51	186339	52	116765
53	239592	54	346787
55	414713	56	16867
57	82813	58	537287
59	42643	60	339765
61	502620	62	627559
63	835208	64	233912
65	404972	66	268038
67	573299	68	35409
69	109112	70	123248
71	416920	72	351893
73	68610	74	358088
75	266676	76	367119
77	464304	78	447391
79	556243	80	6396
81	419317	82	273259
83	430317	84	119496
85	494927	86	447592
87	562097	88	537438
89	11415	90	190576
91	432188	92	403124
93	105143	94	125092
95	50417	96	567619
97	143223	98	227623
99	460777	100	336007
101	334292	102	427726
103	304833	104	66838
105	480824	106	482520
107	599572	108	418923
109	679139	110	265479
111	778327	112	79637
113	143242	114	452523
115	334496	116	137089
117	418065	118	628930
119	87429	120	513469
121	370311	122	389080
123	77750	124	41466
125	404851	126	215909
127	467114	128	315143
129	307459	130	451439
131	169557	132	139421
133	572217	134	100812
135	558821	136	239239
137	0	138	292778
139	763058	140	349811

