

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

В.А. Хромушин, К.Ю. Китанина, О.В. Хромушин

АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ

Тула 2017

УДК 61:002; 311:614; 519.22

Рецензенты:

Доктор медицинских наук, профессор А.Г. Ластовецкий (ЦНИИ организации и информатизации здравоохранения).

Доктор биологических наук, доктор технических наук, профессор А.А. Яшин (Тульский государственный университет).

Хромушин В.А., Китанина К.Ю., Хромушин О.В. Алгебраическая модель конструктивной логики: монография. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. 245 с.

ISBN 978-5-7679-3960-2

В монографии освещены алгоритмы построения алгебраической модели конструктивной логики для задач многофакторного анализа в здравоохранении и биологии. Приведена методология многофакторного анализа алгебраической модели конструктивной логики. Изложены различные методы подготовки данных для анализа, выполнения аналитических расчетов и оценки результата. Приведены особенности алгоритма алгебраической модели конструктивной логики и его использования в многофакторном анализе.

Монография подготовлена коллективом авторов в рамках реализации мероприятий стратегического проекта «Инновационная модель подготовки и непрерывного профессионального развития специалистов в сфере здравоохранения» Программы развития опорного университета ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» на период 2017–2021 гг.»

ISBN 978-5-7679-3960-2

© Коллектив авторов, 2017

© Издательство ТулГУ, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Обработка данных при многофакторном анализе с целью выявления закономерностей, способствующих достижению результата, всегда считалась сложной аналитической задачей. С этой целью используются не только нейронные сети, но и *алгебраическая модель конструктивной логики* (АМКЛ).

АМКЛ создана в России в 1983 году и предназначена для построения многофакторной нелинейной математической модели [73, 79]. В последние 20 лет она успешно используется для многофакторного анализа в медицине и биологии [5, 7-9, 18, 21, 22, 24, 27, 29, 30, 32, 33, 35, 38, 42-44, 53, 56, 65, 66, 77-83, 85-86].

АМКЛ является нелинейной математической моделью. В своей основе она является моделью интуитивистского исчисления предикатов, отображающей индуктивную часть мышления - формулирование сравнительно небольшого набора кратких выводов из массивов информации большой размерности. С общей точки зрения АМКЛ можно применять как средство, согласующее информационные каналы исследуемого объекта и пользователя [31, 35, 40, 45, 46, 57 - 59, 73, 84]. С философской точки зрения АМКЛ обеспечивает отыскание закономерностей в хаосе.

АМКЛ позволяет выполнить многофакторный анализ с представлением результата в виде результирующих составляющих, ранжированных по убыванию степени влияния их на результат достижения (или не достижения) цели исследования. Результирующие составляющие (импликанты), представляют собой переменные (факторы) с указанием пределов значений (объединенные через знак конъюнкции с другими факторами, в случае их совместного воздействия) и с указанной результирующей мощностью (W), по которой можно судить о степени их влияния на результат.

Алгоритм АМКЛ отдаленно напоминает синтез цифровых автоматов с нахождением тупиковой дизъюнктивной формы и по этой причине использует её терминологию. Только в данном случае факторы X_1, X_2, \dots, X_n представлены любыми числовыми значениями, а не только 0 или 1 [67, 73].

Входной массив данных представлен таблицей со столбцами X_1, X_2, \dots, X_n (включая дробные числа), из которых один является целевым. Значение целевого столбца является результатом сочетанного воздействия всех задействованных факторов. Часто цель представлена значениями 0 или 1 (достижение цели и не достижение цели). Допускается целевое значение представлять любым числом, но для выполнения аналитического расчета обычно в таких случаях эти значения квантуют по нескольким уровням (например, слабое, умеренное, сильное влияние).

Результат представлен набором результирующих составляющих, в которых факторы с пределами определения объединены через знак конъюнкции «&» с другими факторами (в случае соче-

танного воздействия) с указанием мощности (W) этого воздействия на результат. Каждая результирующая составляющая объединена с другими результирующими составляющими через знак дизъюнкции «+» и в таком виде образуют тупиковую дизъюнктивную форму (в виде, не допускающем ее дальнейшее упрощение).

Пример расчета (24 результирующие составляющие):

1. $W = 56. (1 \leq X_6 < 3) \& (1 < X_4 \leq 2)$
2. $W = 56. (1 < X_4 \leq 2) \& (3 \leq X_6 < 5)$
3. $W = 56. (1 < X_4 \leq 2) \& (1 \leq X_3 < 2) \& (1 \leq X_2 < 2)$
4. $W = 32. (6 < X_6 \leq 8) \& (1 \leq X_2 < 2) \& (1 < X_{22} \leq 2)$
5. $W = 30. (4 < X_6 < 8) \& (1 \leq X_4 < 2) \& (1 \leq X_3 < 2) \& (1 \leq X_{42} < 2)$
6. $W = 28. (1 < X_4 \leq 2) \& (5 < X_6 < 7)$
7. $W = 24. (5 < X_6 \leq 6) \& (1 \leq X_3 < 2) \& (1 \leq X_{10} < 2)$
8. $W = 24. (6 < X_6 < 8) \& (1 < X_4 \leq 2) \& (1 \leq X_{14} < 2)$
9. $W = 24. (1 \leq X_3 < 2) \& (1 \leq X_6 < 3) \& (3 < X_1 \leq 6)$
10. $W = 16. (2 < X_6 < 4) \& (3 < X_1 < 6)$
11. $W = 16. (3 < X_6 < 5) \& (1 < X_1 < 4)$
12. $W = 12. (7 < X_6 \leq 8) \& (1 \leq X_3 < 2) \& (1 < X_7 \leq 2)$
13. $W = 10. (4 < X_6 \leq 5) \& (1 \leq X_3 < 2) \& (1 \leq X_4 < 2) \& (1 \leq X_{42} < 2)$
14. $W = 8. (1 < X_6 < 3) \& (1 < X_2 \leq 2) \& (1 < X_1 < 4)$
15. $W = 8. (1 \leq X_6 < 3) \& (1 \leq X_2 < 2) \& (1 \leq X_1 < 2)$
16. $W = 8. (3 < X_6 < 7) \& (1 < X_3 \leq 2) \& (5 \leq X_6 < 6) \& (1 < X_1 < 4)$
17. $W = 8. (5 < X_6 < 7) \& (1 < X_2 \leq 2) \& (2 \leq X_1 < 4)$
18. $W = 8. (1 \leq X_6 < 3) \& (1 < X_3 \leq 2) \& (2 < X_1 < 4)$
19. $W = 8. (6 < X_6 < 8) \& (1 \leq X_1 < 2)$
20. $W = 8. (7 < X_6 \leq 8) \& (1 < X_4 \leq 2) \& (1 < X_{51} \leq 2)$
21. $W = 8. (6 < X_6 \leq 8) \& (1 \leq X_4 < 2) \& (1 < X_2 \leq 2) \& (4 < X_1 \leq 6)$
22. $W = 8. (6 < X_6 \leq 8) \& (1 < X_2 \leq 2) \& (6 < X_1 \leq 7)$
23. $W = 6. (3 < X_6 < 5) \& (1 < X_3 \leq 2) \& (1 < X_2 \leq 2) \& (1 \leq X_1 < 4)$
24. $W = 2. (5 \leq X_6 < 6) \& (1 < X_4 \leq 2) \& (1 < X_2 \leq 2) \& (5 < X_1 < 7)$

Результирующие логические выражения характеризуют сочетанные факторы (с указанием пределов определения каждого из них) по их мощности как степени влияния на результат. Алгоритм АМКЛ позволяет строить математическую модель с минимальным числом результирующих составляющих, дизъюнктивно объединенных между собой.

Машинный интеллект алгебраической модели позволяет в определённой степени учесть скрытые (неучтённые) факторы [84].

АМКЛ является тем методом, который принципиально отличается от всех известных методов и по этой причине ценен для использования. Сравнительные аналитические расчеты с нейросетевыми алгоритмами часто показывают совпадение по основополагающим составляющим результата. Использование АМКЛ нельзя рассматривать как альтернативу к использованию других методов многофакторного анализа. Наилучшим является результат анализа, подтвержденный принципиально разными методами.

ГЛАВА I

АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ

В создании алгоритма построения АМКЛ есть два направления:

- традиционный, основанный на формировании алгебраической модели конструктивной логики (АМКЛ) в едином (не разделяемом) цикле вычислений (созданный задел);

- двухэтапный, основанный на первоначальном формировании множественного точечного пространства результирующих точек с последующим «склеиванием» их в результирующие составляющие, что является перспективным, но трудно реализуемым [38, 58].

В настоящее время первое направление представлено двумя вариантами:

- классический вариант (исходный с учетом усовершенствований) [18, 45, 84];

- модернизированный вариант [15, 73].

Классический вариант АМКЛ включают в себя исключение противоречивых записей (строк в таблице), когда цель достигается и не достигается при одних и тех же значениях факторов [40]. При этом удаляются строки соответствующие как достижению цели, так и ее не достижению, в том числе при значительных пропорциях. Эта особенность требует предварительной оценки, как это показано в работе [13].

Другой особенностью алгоритма являются случаи частичного перекрытия интервалов определения факторов в результирующих составляющих при достижении цели и ее не достижении несмотря на исключение противоречивых записей. Объясняется это тем, что классический алгоритм формирует пределы определения факторов в результирующих составляющих с некоторым захватом значений, относящихся в строкам не достижению цели (до нецелевого значения). Это в некоторой степени снижает точность математической модели [45].

Следующей особенностью алгоритма является необходимость оптимизации полученной математической модели путем исключения повторных покрытий строк, что является допустимым, но не оптимальным с позиций получения тупиковой формы [60]. Это обстоятельство требует дополнительной процедуры по конечном этапе формирования математической модели.

Наиболее значимым недостатком классической АМКЛ является излишнее обобщение отсутствующих комбинаций значений факторов, которых алгоритм воспринимает как невозможные состояния и за счет этого отображает результат в более компактном виде.

Классический вариант АМКЛ больше ориентирован на достаточную полноту предъявляемых исходных данных.

Модернизированный вариант АМКЛ предполагает наличие в исходных данных других комбинаций, которые не предъявили на данном этапе анализа, что свойственно для медицины и биологии. По этой причине результирующие составляющие математические модели имеют более детальное представление [73].

1.1. Классический вариант алгоритма

1.1.1. Алгоритм построения алгебраической модели конструктивной (интуитивистской) логики

Вход: массивы $X[1...m, 1...n]$, $Y[1...m, 1...l]$ вещественных чисел (в частности целых) и строка-цель $Y[0...l]$ целых чисел (в частности булевых 0 и 1), указывающие для каждого столбца $Y[1..m]$ классы эквивалентности Y^ε , в частности Z , которые кодируются, например, как 0 или 1, относительно которых далее будут вычисляться модели. Строки X , Y упорядочены естественным образом, например, по времени (т. е. в частности $i=t$).

Выход: тупиковая дизъюнктивная нормальная форма относительно всех классов эквивалентности для Z , в данном алгоритме эта форма обозначается как АМКЛ; распознавание принадлежности новой строки $m+1$ к одному из классов Z ; вычисление “контекста” - интервалов $[\min x, \max x]$, $[\min y, \max y]$ для каждого вывода (импликации K) по указанию пользователя.

Таблица 1

Табличное представление входных и выходных массивов данных

	1 ... j ... n	1 ... l	1 ... l	t
1	X	Y	Y^ε	Z
·				
i				
·				
M				
m+1		?	?	?

Основные блоки:

I. Вычисление квантованного на $\varepsilon=0, 1, \dots$ классов эквивалентности массивов Y и Z .

II. Вычисление импликаций $K_i = x_{j_1}^0 \& x_{j_2}^0 \& \dots \& x_{j_r}^0 = Z$, где x^0 - область определения для K и \supset - импликация (“если... , то...”).

III. Минимизация покрытия всех строк i и вычисление АМКЛ.

IV. Вычисление контекста АМКЛ.

V. Распознавание принадлежности новой строки $m+1$ к одному из классов Z .

Начало блока I:

- 1) задать l, m, n, Y_0 ;
 - 2) вычислить среднее y_j^0 по всем j ;
 - 3) если $y[i, j] \leq y_j^0$, то $y^\varepsilon[i, j]=0$, иначе $y^\varepsilon:=1$;
 - 4) если строка $Y^\varepsilon[i]=Y_0$, то $Z[i]=1$, иначе $Z:=0$;
 - 5) вычислить сумму S единиц в столбце Z ;
 - 6) если $\text{abs}(m/2 - S) \leq 0,05m$, то перейти к блоку II;
 - 7) иначе упорядочить $y[i, j]$ по каждому столбцу по возрастанию;
 - 8) если $S > m/2$ и если $y_0[j]=0$, тогда
 - 9) выбрать в качестве точки разбиения y_j^0 среднее между предыдущим значением y_j^0 и ближайшим к нему значением $y_j \leq y_j^0$, взятого из списка упорядоченных y_j ;
 - 10) если $y_0[j]=1$, тогда
 - 11) выбрать в качестве точки разбиения y_1^0 среднее между предыдущим значением y_j^0 и ближайшим к нему значением $y_j > y_j^0$, взятого из списка упорядоченных y_j ;
 - 12) если $S \leq m/2$ и $y_{0j}=0$, тогда аналогичным образом y_j^0 выбирается как среднее между предыдущим y_j^0 и ближайшим элементом $y_j > y_j^0$, если же $y_{0j}=1$, то y_j^0 выбирается как среднее между предыдущим y_j^0 и ближайшим элементом $y_j \leq y_j^0$, взятого из упорядоченного списка y_j ;
 - 13) подсчитать общее число обращений к п. 3, если это число "сдвигов" точек разбиения $y^0 > m/2$, то перейти к блоку II, иначе перейти к п. 3;
 - 14) предусмотреть непосредственное задание y_j^0 .
- Конец блока I.
- Начало блока II:
- 15) выбрать первую (при последующих обращениях - очередную)

строку X_i , для которой $Z=1$;

16) ввести локальную точку отсчета времени $t=0$ для этой строки, упорядочить все строки $X_i|Z \neq 1$ в порядке возрастания $|t|$ (удаления от $X_i|Z=1$);

17) сравнить $X_i|Z=1$ с ближайшей $X_i|Z \neq 1$, выбираемой из упорядоченного списка и построить интервалы $\alpha_j < x_{ij} < \beta_j$, где x_{ij} берутся из $X|Z=1$, а α, β - ближайшие к x_{ij} значения этого же X_i , но взятые из $X_i|Z=0$, по ходу формирования интервалов они могут лишь сжиматься, если $x_{ij}=x_{i+k,j}$, где $k=1,2,\dots$ - номер строки сравнения ($Z \neq 1$), выбираемой из упорядоченного списка, то соответствующий интервал вычеркивается и в дальнейших сравнениях не принимает участия (только для данной целевой строки $X_i|Z=1$);

18) если исчезают все интервалы, то следует восстановить интервал, исчезающий позднее всех;

19) после исчерпания всего упорядоченного списка строк сравнения подсчитать, сколько раз $|W|$ включаются x_{ij} для всех целевых строк в соответствующие интервалы и выбрать единственный интервал с максимальным $|W|$, при одинаковых оценках $|W|$ выбирается первый по списку интервал (здесь возможно усложнение алгоритма - каждый из таких интервалов последовательно участвует в последующих операциях с целью получения формулы K с максимальной оценкой $|W|$, см. п.24);

20) если все интервалы исчезают одновременно, выдать сообщение "строка i совпадает со строкой $i+k$ и перейти к п. 15;

21) сформулировать гипотезу: "если $\alpha_j < X_j < \beta_j$, то $Z=1$ " и проверить ее по всем $X_j|Z \neq 1$, если формула истинная, то запомнить (α_j, β_j) , ее оценку $|W|$ и перейти к п. 15, если ложная - пометить строки $X|Z \neq 1$, где наблюдались противоречия;

22) удалить из упорядоченных строк сравнения все, кроме помеченных, вычеркнуть столбец X_i , элемент которого x_{ij} уже вошел в импликацию $x_{ij1}^0 \supset Z=1$ и перейти к п. 17;

23) после выделения каждого последующего интервала x_{ij2}^0 строится усложненная гипотеза $x_{ij1}^0 \& x_{ij2}^0 \& \dots x_{ijr}^0 \supset Z=1$, где r - ранг соответствующей конъюнкции, при проверке гипотезы достаточно проверить лишь очередной новый интервал x_{ij}^0 на невхождение в $X_j|Z \neq 1$, затем перейти к п. 17;

24) запись импликации K_i , множества W_i включенных в эту область номеров строк i и оценки $|W|$, перейти к п. 15.

Конец блока II.

Начало блока III:

25) упорядочить все K_i по убыванию $|W|$;

26) выбрать первый K_i ;

27) выбрать K_2 : если $M_2 \subset W_1$, то K_2 вычеркивается, иначе выбираются следующие K_i , причем W_i сравниваются с объединенным множеством $\bigcup W_i$ ранее выбранных K_i , для каждого из них $W_{i+1} \not\subset \bigcup W_i$;

28) запись АМКЛ, т. е. интервалов x_j^0 для каждой конъюнкции K , их W и $|W|$ и далее записать $K_1 \vee K_2 \vee \dots \supset Z_1$;

29) задать иные ($\varepsilon \neq 1$) значения Z и вычислить иные (обратные в случае $\varepsilon \neq (0,1)$) АМКЛ.

Конец блока III.

Начало блока IV:

30) вычислить $(\min x, \max x)$ и $(\min y, \max y)$ для K_i , входящих в АМКЛ, исходя из W_i (по требованию пользователя);

31) предусмотреть вычисление $(\min x, \max x)$, $(\min y, \max y)$ по всем X, Y ;

32) запись АМКЛ с новыми интервалами.

Конец блока IV.

Начало блока V:

33) записать строку $X[m+1, 1..n]$, предъявленную для распознавания класса Z ;

34) если $\forall x | K_i \in K_i$, то записать $|W_i|$, если эти включения в прямую АМКЛ (Z_1), то оценки W_i положительные, если включения в K для иных АМКЛ ($\varepsilon \neq 1$), то оценки W_i отрицательные;

35) вычислить алгебраическую сумму оценок $\sum W^\varepsilon$, если она положительна, то $X[m+1, 1..n]$ относится к Z_1 , если отрицательна - к $Z^{\varepsilon \neq 1}$;

36) вычислить $\min Y, \max Y$ для этой X по тем K_i для распознанного ε , которые участвовали в распознавании Z ;

37) аналогичным образом все вышеприведенные вычисления провести для иных значений ε .

Конец блока V.

Учитывая сложность восприятия алгоритма, поясним его построение на тестовом примере.

Вычисления с помощью АМКЛ сводятся к построению совокупности тупиковых дизъюнктивных нормальных форм. Программа обрабатывает входные данные в виде прямоугольной таблицы показателей размера $[m \times n]$:

$$\begin{array}{cccc} x[1,1] & x[1,2] & \dots & x[1,n] \\ x[2,1] & x[2,2] & \dots & x[2,n] \\ (1) & & & \\ & \dots & \dots & \dots \\ & x[m,1] & x[m,2] & \dots & x[m,n] \end{array}$$

где показатели - это вещественные числа;

$$n = 1, 2, 3, \dots;$$

$$m = 1, 2, 3, \dots$$

Желательно (но не обязательно) выполнение условия $m > 2n$.

Для удобства в работе столбец (столбцы) целей включен в таблицу показателей.

Если в качестве примера взять реакционную смесь компонентов в химическом реакторе, то столбцы показателей могут отражать концентрацию исходных компонентов в течение времени, а целевые столбцы наличие в конечном продукте того или иного свойства (или его отсутствие). Идя по столбцу компонента сверху вниз, мы видим изменение его концентрации во времени. Столбец цели отражает изменение во времени конкретного свойства выходного продукта.

Итак, один или несколько столбцов исходной таблицы являются целевыми. Остальные - столбцы показателей.

Для удобства дальнейших вычислений несколько целевых столбцов преобразуются в один содержащий только нули и единицы.

Делается это следующим образом. Каждый целевой столбец сортируется по возрастанию и находится его среднее арифметическое. Все числа столбца выше или равные среднему полагаются равными единице, ниже – равными 0. Пусть набор из 3-х неких гипотетических свойств конечного продукта выглядит так: 1, 0, 1. Тогда при просмотре 3-х целевых столбцов, встречая такой набор параметров в одной строке, мы называем такую строку целевой. Пользователь по своему желанию может присвоить единицы целевым величинам в определенном диапазоне вещественных значений.

Другие строки – нецелевые. На практике число целевых строк много меньше числа нецелевых. Это, как мы увидим ниже, дает возможность АМКЛ более корректно вычислять диапазоны допустимых изменений переменных в модели.

Для удобства формируется одна колонка цели из 0 и 1. Пусть, например, в просматриваемой строке целевые переменные находятся в комбинации 1, 0, 1, то в колонке цели для данной строки пишут 1, если не такая комбинация – пишут 0. Таким путем формируется весь конечный целевой столбец.

Иногда имея в исходной таблице только один целевой столбец из вещественных чисел полезно его разбить с помощью медианы на 1 и 0. Эта процедура назовем квантованием цели. Можно проквантовать цель на большее, чем 2 число ступеней.

После получения одного конечного столбца цели нужно исключить из дальнейших расчетов столбцы, послужившие источником для ее получения. Эта процедура называется маскированием. Программа при получении нескольких переменных в качестве цели автоматически формирует одну колонку и маскирует выбранные переменные. Пользователь может замаскировать и некоторые столбцы показателей, если они несут служебную нагрузку (например, идентификационный номер пациента) или необходимо выяснить, как влияет отсутствие данного параметра на конечный результат вычислений.

Рассмотрим на примере вычисление АМКЛ. Пусть таблица показателей и целей имеет вид (см. также рис. 38):

Строка	Показатели				Цель	
	x1	x2	x3	x4	z	
1	5	4	2	0	0	
2	5	5	4	4	1	
3	2	6	3	3	0	(2)
4	2	5	7	4	0	
5	2	6	4	4	1	
6	5	5	2	6	1	
7	0	3	4	6	0	

Столбец с номерами строк принят для удобства. Будем вычислять *прямую* АМКЛ, где целевые значения приведены в колонке цели. При вычислении *обратной* АМКЛ значения целей инвертируют. Вычисления прямой и обратной АМКЛ не отличаются.

Строки 2, 5, 6 – целевые. Строки 1, 3, 4, 7 – нецелевые.

1. Начинаем с целевой строки 2 с переменными $x_1(5)$ $x_2(5)$ $x_3(4)$ $x_4(4)$. Сравниваем последовательно значения переменных в этой строке с аналогичными: в первой не целевой, ниже – 3-ей. Наша задача найти наименьший интервал изменения переменных целевой строки при просмотре не целевых строк. Выбор не целевых строк для просмотра будем делать следующим образом. Вначале вниз, потом вверх, увеличивая амплитуду “шагов”, просматривая, таким образом, все не целевые строки. Этот прием повторяем для всех целевых строк. Еще одно правило: интервал у переменной всегда должен сужаться. Это означает, что значения границ интервала должны располагаться, возможно, ближе на числовой оси к значению рассматриваемой переменной из целевой строки. Такой колебательный порядок сканирования устраняет влияние “длинных волн” шума, возможно наложившегося на входные данные. Сопоставление целевой строки со своей окрестностью позволяет частично избежать влияния скрытых переменных, которые медленно эволюционируют во времени.

2. Условно изобразим полученные интервалы для первого сканирования:

$$(2 < x_1(5) \leq 5); \quad (5 = x_2(5) < 6); \quad (3 < x_3(4) \leq 4); \quad (3 < x_4(4) \leq 4).$$

Величина переменной в скобках не дает забыть, с какой стороны нужно писать знак неравенства при изображении интервала. Как видим, некоторые границы интервалов, которые пока неизвестны на данной стадии расчета, мы приравняли величине самой переменной (знак \leq у переменной x_1) и т. д.

3. Теперь перемещаемся вверх на первую верхнюю нецелевую строку (номер 1). Получаем интервалы:

$$(2 < x_1(5) = 5); \quad (4 < x_2(5) < 6); \quad (3 < x_3(4) \leq 4); \quad (3 < x_4(4) \leq 4)$$

У переменной x_1 правый интервал равен самой переменной. Не путайте этот случай с условным присвоением значения границе, о котором говорилось выше. В этом случае действует правило (а): весь

столбец с переменной x_1 вычеркивают и для данной целевой строки он в расчетах на данном этапе не используется. У переменной x_3 левый интервал не изменился, т.к. число 2 в верхней нецелевой строке отстоит дальше на числовой оси от 4, чем прежнее значение 3.

4. На очереди внизу нецелевая строка 4. Имеем следующие интервалы:

$$x_1 - \text{вычеркнута}; \quad (4 < x_2(5) = 5); \quad (3 < x_3(4) < 7); \quad (3 < x_4(4) = 4).$$

По правилу (а) столбцы x_2 и x_4 вычеркиваем.

5. При сканировании вверх нет очередной нецелевой строки.

6. Сканируем вниз на нецелевую строку 7.

$$x_1 - \text{вычеркнута}; \quad x_2 - \text{вычеркнута}; \quad (3 < x_3(4) = 4); \quad x_4 - \text{вычеркнута}.$$

По правилу (а) нужно вычеркнуть столбец x_3 , но тут действует другое правило (б): если вычеркиваемый интервал последний для данной целевой строки, то он остается таким, каким был до этого шага.

Итак, остался только интервал для целевой строки 2:

$$(3 < x_3(4) < 7).$$

7. Проверяем утверждение (в): если значения переменной x_3 во всех нецелевых столбцах лежат *вне* интервала $3 < x_3 < 7$, то наша гипотеза (пока не полученная) верна. Заметим для себя, что границы интервала для x_3 при проверке гипотезы полагаются закрытыми, т.е. $(3 \leq x_3(4) \leq 7)$.

Рассматриваем колонку x_3 сверху вниз по нецелевым строкам. Видим, что в 7-ой строке 4 лежит внутри данного интервала. Значит - пока гипотеза не верна. Помечаем 7-ую строку (ниже увидим зачем). Проверяем, каким целевым строкам удовлетворяет интервал изменения x_3 . Это строки 2 и 5. Итак, целевая строка 2, пока дала результат:

$$3 < x_3 < 7; \quad W=2; \quad \text{строки 2, 5} \quad (3)$$

Это означает, что интервал изменения x_3 "покрывает" две целевые строки: 2-ую и 5-тую. В таком случае говорят, что *мощность* $|W|$ импликации (3) равна 2.

8. Далее продолжаем работать со следующими данными:

Строка	Показатели				Цель
	x_1	x_2	x_3	x_4	
2	5	5	4	4	1
7	0	3	4	6	0

Она состоит из целевой строки 2 исходной таблицы и, помеченной нами ранее, 7-ой не целевой строки, где не выполнилось утверждение (в). Если было бы помечено несколько нецелевых строк, то эта таблица их содержала бы.

Интервалы, полученные по уже известной методике, имеют вид:

$$(0 < x_1(5) \leq 5); \quad (3 < x_2(5) \leq 5); \quad x_3 - \text{вычеркиваем}; \quad (4 = x_4(4) < 6)$$

Мощности – соответственно равны:

$$3 \text{ (max)}; \quad 2; \quad 2.$$

Обратите еще раз внимание на вычеркивание x_3 . Эта переменная уже вошла в импликацию (3) и это является причиной вычеркивания.

Случайное равенство чисел в целевой $x_3(4)$ и не целевой $x_3(4)$ строках, и служившее ранее причиной вычеркивания столбца, в данном случае не имеет значения.

9. Для второй строки окончательно имеем:

$$\begin{aligned} 3 < x_3 < 7; \quad W=2; \quad \text{строки } 2, 5; \\ 0 < x_1 \leq 5; \quad W=3; \quad \text{строки } 2, 5, 6; \end{aligned} \quad (3)$$

В данном случае выполнено еще одно правило (д): в выражении (3) оставили интервал с переменной x_1 имеющий \max мощность 3. Если таких интервалов несколько, то оставляем самый левый. Это упрощение сокращает время выполнения программы.

Повторим все эти вычисления для следующей целевой строки 5. Получим:

$$\begin{aligned} 5 < x_2 \leq 6; \quad W=1; \quad \text{строка } 5; \\ 3 < x_3 \leq 4; \quad W=2; \quad \text{строки } 2, 5; \end{aligned} \quad (4)$$

Для целевой строки 6:

$$\begin{aligned} 2 = < x_3 < 3; \quad W=1; \quad \text{строка } 6; \\ 0 < x_4 \leq 6; \quad W=3; \quad \text{строки } 2, 5, 6; \end{aligned} \quad (5)$$

Теперь проведем процедуру упорядочивания полученных импликаций.

Запишем выражения (3), (4), (5) в виде настоящих импликаций:

Из (3) получим:

$$(3 < x_3 < 7) \& (0 < x_1 \leq 5); \quad W=2; \quad \text{строки } 2, 5; \quad (6)$$

Видим, что строка 6 исчезла, так как конъюнкция из двух интервалов покрывает только целевые строки 2 и 5.

Из (4) получим:

$$(5 < x_2 \leq 6) \& (3 < x_3 \leq 4); \quad W=1; \quad \text{строка } 5; \quad (7)$$

Эта конъюнкция удовлетворяет только целевой строке 5, поэтому отбросили строку 2.

Из (5) получим:

$$(2 = < x_3 < 3) \& (0 < x_4 \leq 6); \quad W=1; \quad \text{строка } 6; \quad (8)$$

Здесь отбросили целевые строки 2 и 5.

Вычеркивание переменных на этапе 7, уже вошедших в импликацию, не дает появляться одинаковым переменным в конъюнкциях.

Таким образом, упорядочивание заключается в сортировке импликаций по убыванию мощности.

Затем каждую следующую импликацию сравнивают с предыдущей по номерам строк, покрываемых ими. Если в следующей импликации все номера строк включены в номера предыдущей, то эта (следующая) импликация отбрасывается.

В нашем примере импликации (6), (7), (8), уже случайно расположились в порядке убывания мощности. Сравним (7) и (6). Строка 5 из (7) входит во множество строк импликации (6). Отбрасываем импликацию (7). Рассматриваем импликацию (8). Строка 6 не входит во множество строк (6). Оставляем импликацию (8).

На этом работа завершена. Получена АМКЛ из таблицы (2). Ее окончательный вид:

$$\begin{aligned} &(3 < x_3 < 7) \& (0 < x_1 \leq 5); & W=2; & \text{строки 2, 5;} \\ &(2 = < x_3 < 3) \& (0 < x_4 \leq 6); & W=1; & \text{строка 6.} \end{aligned} \quad (9)$$

Читать это выражение необходимо следующим образом: при указанных диапазонах колебаний переменных x_3 и x_1 мощность импликации равна 2 и она покрывает строки 2 и 5. Аналогично читается вторая импликация из выражения (9). В выражении (9) имеются 2 неравенства, объединенные через дизъюнкцию. Говорят, что *ранг* каждой импликации равен 2. Если после вычислений получается только одна импликация “покрывающая” все целевые строки, то можно подозревать наличие в исходной таблице колонки показателей, совпадающей или сильно коррелирующей с целевой колонкой. Импликации в хвосте списка с малой мощностью являются шумом, который порожден шумом исходных данных.

Процесс получения импликаций можно уподобить созданию “сита” для переменных. Ячейки “сита” могут только уменьшаться в процессе просмотра не целевых строк. Об этом напоминает правило о границах интервала, которые на числовой оси должны приближаться возможно ближе к значению переменной при просмотре очередной не целевой строки. В конце процесса мы получаем избирательное сито, пропускающее вначале только самые значимые переменные, характеризующиеся мощностью и местом в упорядоченном списке импликаций. Из этого понятна необходимость наличия в исходной таблице возможно большего числа нецелевых строк. В этом случае размеры ячеек “сита” подбираются из большего набора альтернатив и поэтому более достоверны.

Для пользователя иногда требуется изучить задачу от обратного. При выборе этой опции все целевые значения считаются нецелевыми.

1.1.2. Программное обеспечение [40, 45]

Характеристика:

Число переменных анализируемого массива данных 254.

Число анализируемых записей без ограничений.

Алгоритм – алгебраическая модель конструктивной (интуитивистской) логики (АМКЛ).

Язык программирования Visual C++.

Режимы – прямой (достижение цели) и обратный (не достижение цели).

Имеется возможность:

- исключать переменные при повторных расчетах;
- выводить результат в отдельный файл.

Порядок работы с программой:

ИСХОДНЫЙ ТЕСТОВЫЙ МАССИВ ДАННЫХ

Номер строки	X1	X2	X3	X4	Результат (цель) X5
1	5	4	2	0	0
2	5	5	4	4	1
3	2	6	3	3	0
4	2	5	7	4	0
5	2	6	4	4	1
6	5	5	2	6	1
7	0	3	4	6	0

Вид тестового файла
test.txt:

```
5;4;2;0;0
5;5;4;4;1
2;6;3;3;0
2;6;4;4;1
5;5;2;6;1
0;3;4;6;0
```

Рис. 1. Пример входного тестового массива данных

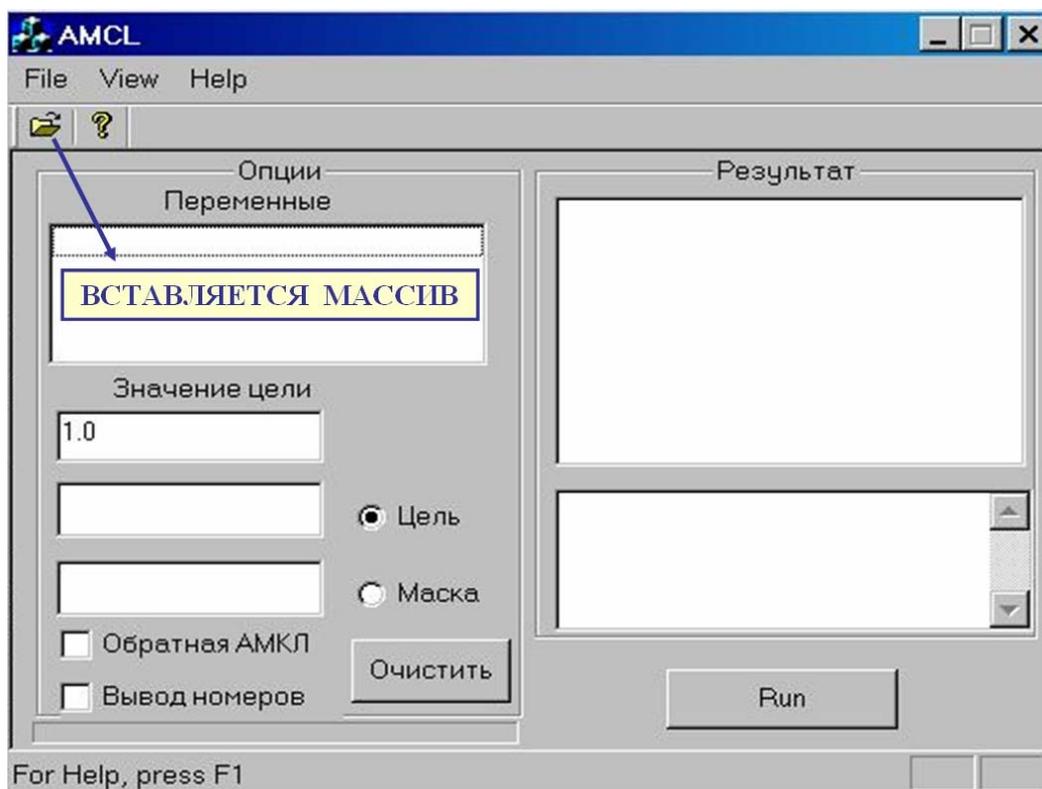


Рис. 2. Переход к загрузке входного массива данных

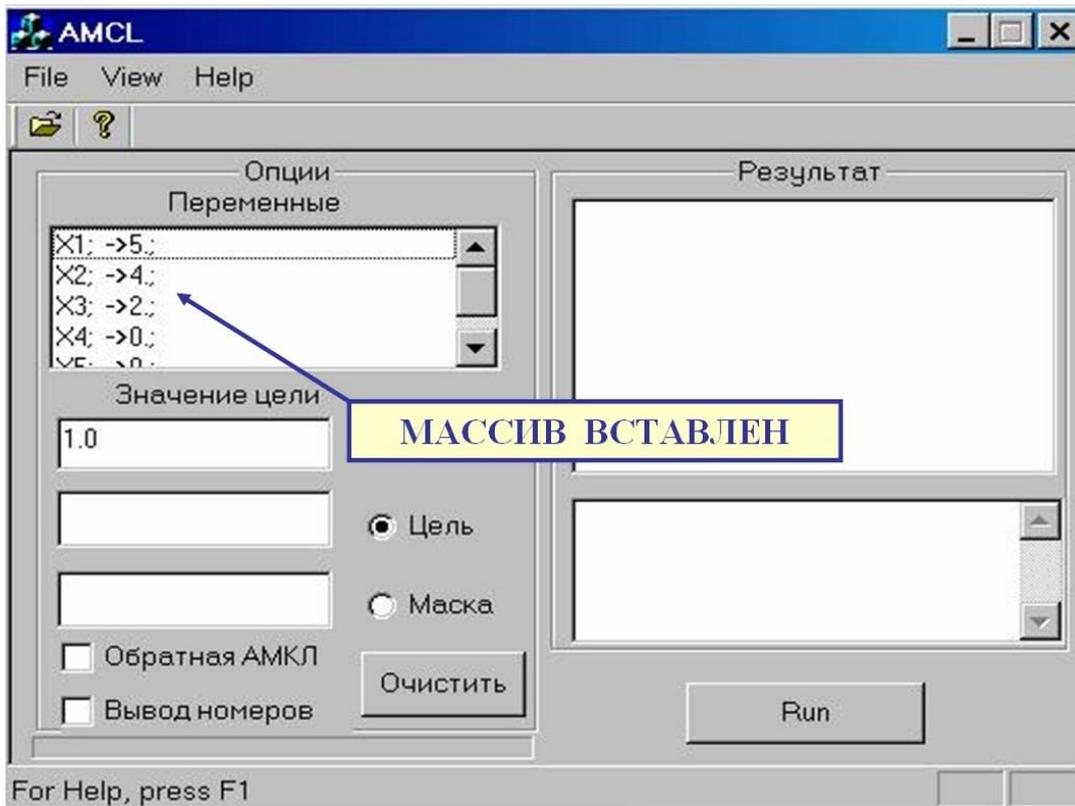


Рис. 3. Состояние программы после загрузки входного массива данных

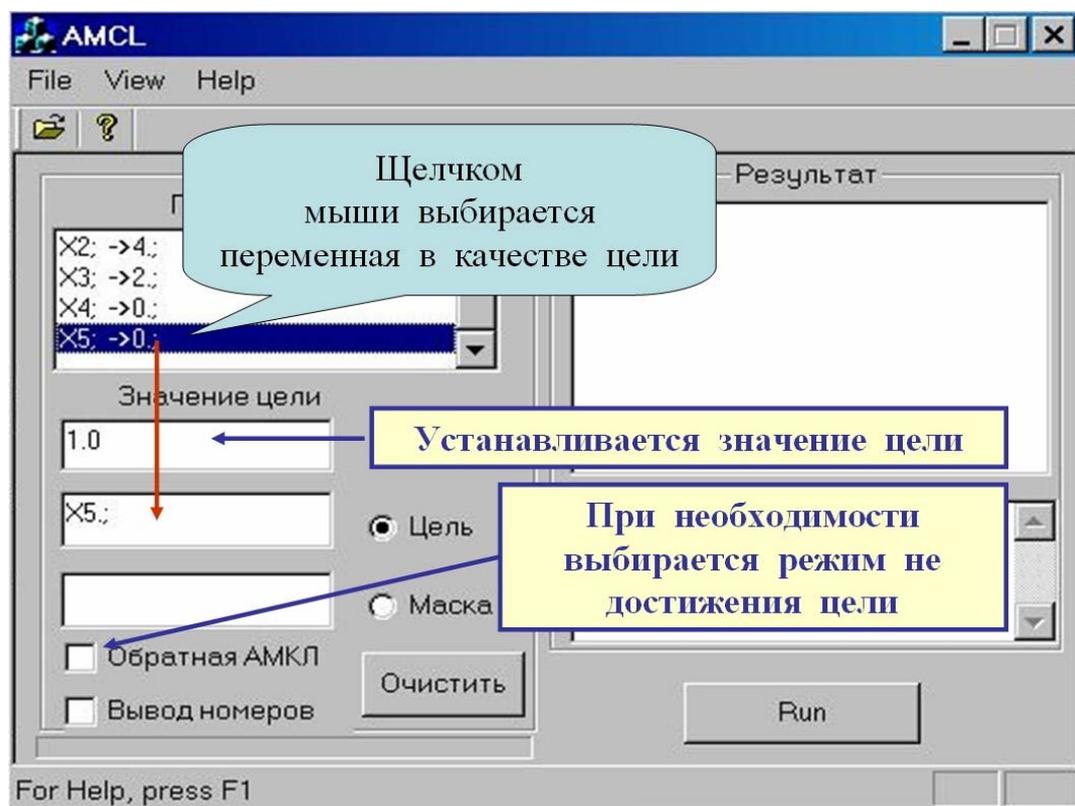


Рис. 4. Ввод цели анализа

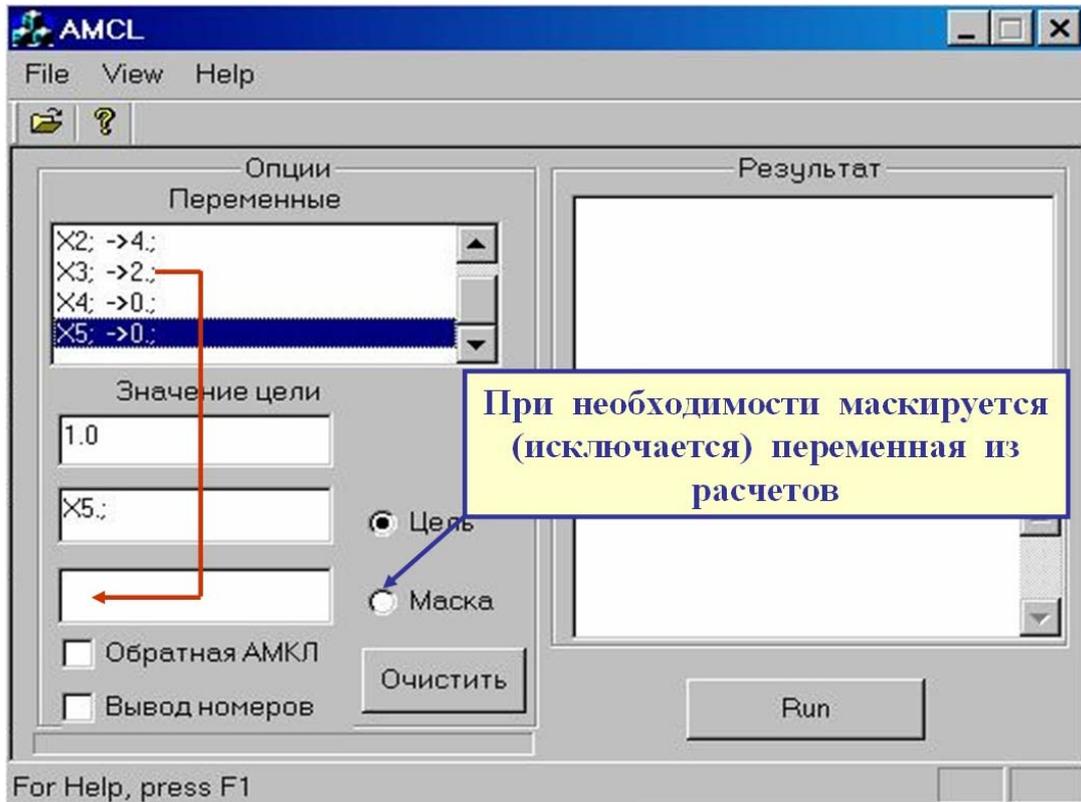
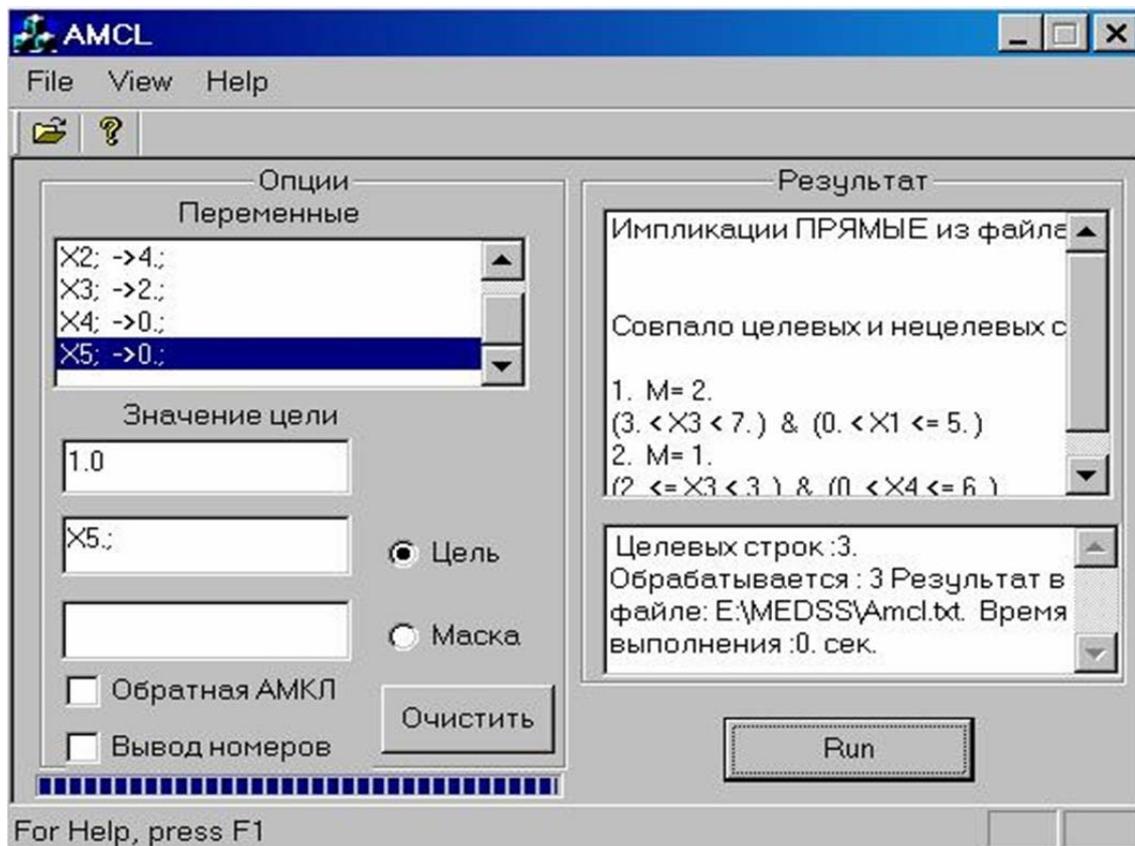


Рис. 5. Исключение переменной из расчета

Рис. 6. Состояние программы после нажатия кнопки **Run**

После загрузки массива и нажатия кнопки **Run** выполняется расчет (рис. 1-6), который выводится в окна программы и одновременно формируется результирующий файл, который помещается программой по месту расположения входного массива данных.

В результате проведенных расчетов исследователь имеет набор логических выражений, каждое из которых представлено набором переменных (или одной переменной) с указанием области определения и мощности или оценки, т. е. общего числа выводов определенного вида, вычисленных из массива данных. Эти выводы непротиворечиво соответствуют заданной цели исследования. Чем больше оценка, тем чаще встречается данный вывод; с точки зрения теории управления такие выводы более устойчивы (надежнее).

Указанные логические выражения ранжированы по мере убывания мощности.

Если в полученных выражениях исследователь увидит мощность, которая выделяется на фоне других, то тогда это воздействие наиболее существенно во столько раз, во сколько его мощность больше других.

Наличие в результате малых оценок чаще всего указывает на отрицательный результат, хотя в природе могут встречаться такие процессы, которые зависят понемногу от многих факторов.

1.1.3. Сравнительный анализ классического алгоритма

Поскольку факторы X_1, X_2, \dots, X_n могут быть представлены значениями 0 или 1, то представляется возможным сравнить результаты синтеза цифровой комбинационной схемы с расчетом АМКЛ, что позволит убедиться в работоспособности алгоритма, программного обеспечения и оценить оптимальность результата.

С этой целью выполним синтез комбинационной схемы (что используется для построения цифровых устройств) и по этим же данным построим АМКЛ.

В качестве данных будем использовать последовательный ряд двоичных чисел от 1 до 16 (табл. 2), где X_1 – старший разряд, а X_4 – младший разряд. Покрытие целевых значений будем осуществлять для единичных значений Y для строк 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14.

Выполним синтез комбинационной схемы с помощью диаграммы Вейча (рис. 1), на которой цветом выделено покрытие целевых строк. Для удобства анализа в диаграмме Вейча кроме значений 0 или 1 показаны строки табл. 1.

Результат синтеза представлен выражением (1) в виде тупиковой дизъюнктивной формы (не допускающей дальнейшего упрощения).

Таблица 2
Исходные данные

N	Y	X1	X2	X3	X4
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1
3	0	0	0	1	0
4	0	0	0	1	1
5	1	0	1	0	0
6	1	0	1	0	1
7	1	0	1	1	0
8	1	0	1	1	1
9	0	1	0	0	0
10	1	1	0	0	1
11	1	1	0	1	0
12	0	1	0	1	1
13	0	1	1	0	0
14	1	1	1	0	1
15	0	1	1	1	0
16	0	1	1	1	1

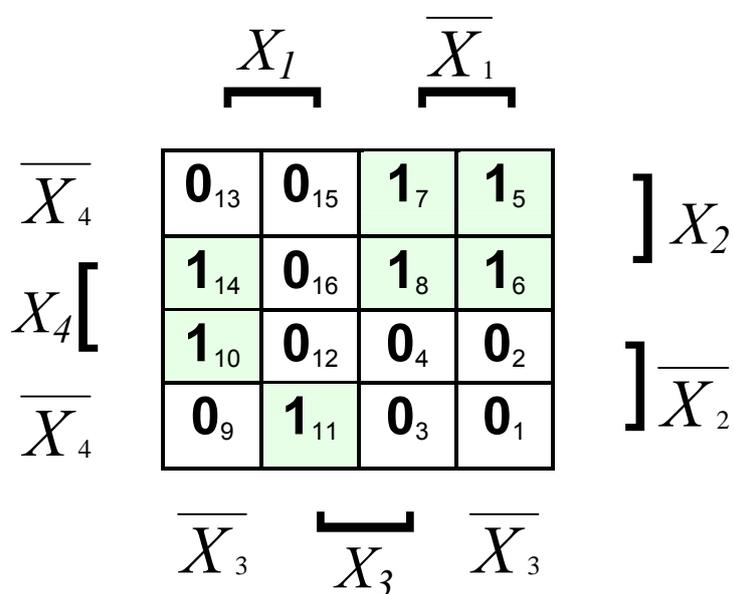


Рис. 7. Диаграмма Вейча

$$\overline{X_1}X_2 + X_1\overline{X_3}X_4 + X_1\overline{X_2}X_3\overline{X_4} \quad (1)$$

Как видно из полученного выражения (1) и диаграммы (рис.7) первая результирующая составляющая $\overline{X_1}X_2$ покрывает че-

тыре целевые строки 5 - 8, вторая результирующая составляющая $X_1 \bar{X}_3 X_4$ покрывает две целевые строки 10 и 14, а третья результирующая составляющая $X_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4$ только одну строку 11.

Построим АМКЛ по тем же данным (табл. 1), используя программное обеспечение без оптимизации результата, выполняемого на конечном этапе формирования математической модели. В результате получаем следующую математическую модель:

Переменная цели: Y .

Значение цели: 1.

Маска: нет

Совпало целевых и нецелевых строк: 0.

1. $M=4$.

$(0 < X_2 \leq 1) \& (0 \leq X_1 < 1)$

Строки: 5; 6; 7; 8.

2. $M=2$.

$(0 < X_4 \leq 1) \& (0 \leq X_3 < 1) \& (0 < X_1 \leq 1)$

Строки: 10; 14.

3. $M=2$.

$(0 < X_4 \leq 1) \& (0 \leq X_3 < 1) \& (0 < X_2 \leq 1)$

Строки: 6; 14.

4. $M=1$.

$(0 \leq X_4 < 1) \& (0 < X_3 \leq 1) \& (0 \leq X_2 < 1) \& (0 < X_1 \leq 1)$

Строки: 11.

В полученной модели мощность результирующей составляющей, равная числу строк, обозначена через M .

Для упрощения сопоставления результатов соответствующие друг другу результирующие составляющие сведены в табл. 3.

Таблица 3

Соответствие результирующих составляющих

Номера результирующих составляющих	АМКЛ	Результат синтеза
1	$(0 < X_2 \leq 1) \& (0 \leq X_1 < 1)$	$\bar{X}_1 X_2$
2	$(0 < X_4 \leq 1) \& (0 \leq X_3 < 1) \& (0 < X_1 \leq 1)$	$X_1 \bar{X}_3 X_4$
3	$(0 < X_4 \leq 1) \& (0 \leq X_3 < 1) \& (0 < X_2 \leq 1)$	нет
4	$(0 \leq X_4 < 1) \& (0 < X_3 \leq 1) \& (0 \leq X_2 < 1) \& (0 < X_1 \leq 1)$	$X_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4$

Результат синтеза является оптимальным результатом, поскольку результирующая тупиковая дизъюнктивная форма содержит наименьшее число составляющих и ее невозможно дальше упро-

стить. Результат АМКЛ (без процедуры оптимизации) имеет дополнительную составляющую 3, покрывающую строки 6 и 14, как это показано на рис. 8.

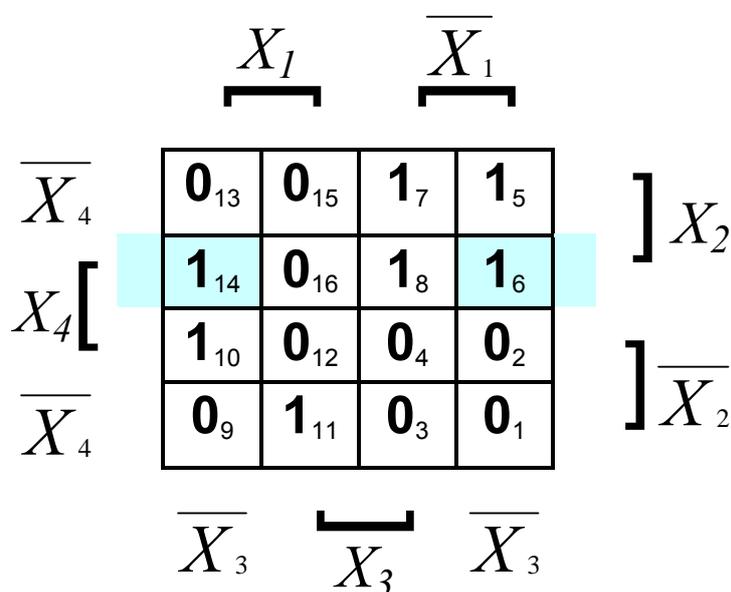


Рис. 8. Дублирующее покрытие целевых строк через «склеенные» левую и правую грани диаграммы

Для обеспечения идентичного синтезу результата АМКЛ необходимо формирование модели заканчивать процедурой оптимизации. Для этого необходимо:

- просматривать результирующие составляющие АМКЛ сверху вниз, сравнивая номера строк текущей результирующей составляющей с номерами строк всех вышестоящих результирующих составляющих;
- если в просматриваемой текущей результирующей составляющей номера строк повторяют номера строк в других результирующих составляющих, то такую результирующую составляющую необходимо удалить.

В приведенном примере результирующая составляющая №3 имеет строки 6 и 14. Строка 6 входит в результирующую составляющую 1, а строка 14 – в результирующую составляющую 2. Это позволяет нам исключить результирующую составляющую №3 как избыточную (дублирующую покрытие целевых строк).

В результате оптимизации получим следующую математическую модель:

Переменная цели: Y .

Значение цели: 1.

Маска: нет

Совпало целевых и нецелевых строк: 0.

1. $M = 4$.

$(0 < X_2 \leq 1) \& (0 \leq X_1 < 1)$

Строки: 5; 6; 7; 8.

2. $M=2$.

$(0 < X_4 \leq 1) \& (0 \leq X_3 < 1) \& (0 < X_1 \leq 1)$

Строки: 10; 14.

3. $M=1$.

$(0 \leq X_4 < 1) \& (0 < X_3 \leq 1) \& (0 \leq X_2 < 1) \& (0 < X_1 \leq 1)$

Строки: 11.

Созданное и используемое для многофакторного анализа в биологии и медицине программное обеспечение предусматривает процедуру оптимизации на конечном этапе построения математической модели [71].

Выводы:

1. Построение математической модели с процедурой оптимизации позволяет обеспечить оптимальный результат, полностью идентичный синтезу цифровой комбинационной логической схемы.

2. АМКЛ можно использовать не только для многофакторного анализа, но и для синтеза комбинационных логических выражений.

1.2. Модернизированный вариант алгоритма

1.2.1. Алгоритм построения модернизированного варианта алгебраической модели конструктивной логики [73]

1. Подготавливаем массив исходных данных, используя один из вариантов:

- алгоритм с отбором целевых случаев по задаваемой кратности частоты их превышения над нецелевыми случаями;

- алгоритм с отбором целевых случаев, частота которых превышает доверительный интервал частоты таких же нецелевых случаев.

В результате имеем исходную таблицу (k строк и n факторов):

Таблица 4

Исходная таблица

N	Y	W	X₁	X₂	...	X_n
N ₁	Y ₁	W ₁	X ₁₁	X ₁₂	...	X _{1n}
N ₂	Y ₂	W ₂	X ₂₁	X ₂₂	...	X _{2n}
...				
N _k	Y _k	W _k	X _{k1}	X _{k2}	...	X _{kn}

где

W – исходное значение мощности (число строк с одинаковыми значениями факторов).

N – номер строки.

Y – целевое значение (1 – цель достигается, 0 – цель не достигается).

$X_{11}, X_{12} \dots X_{kn}$ – целые или дробные значения факторов.

Примечание: Нецелевые строки, не удовлетворяющие условию отбора удаляются из таблицы.

2. Исходная таблица сортируется по возрастанию или убыванию значений $X_1, X_2, \dots X_n$ в зависимости от выбранного режима.

3. Удаляем данные из промежуточной таблицы с дополнительными полями:

Таблица 5

Промежуточная таблица

N	mb	ud	K	W	Y	X₁	X₂	...	X_n
N ₁				W ₁	Y ₁	X ₁₁	X ₁₂	...	X _{1n}
N ₂				W ₂	Y ₂	X ₂₁	X ₂₂	...	X _{2n}
...							
N _k				W _k	Y _k	X _{k1}	X _{k2}	...	X _{kn}

где **mb** – мера близости, **ud** - удаленность, **K** - номер строки для сортировки.

4. Добавляем данные с выбранной сортировкой строк в промежуточную таблицу.

5. Задаем степень близости **ks** (по умолчанию равной единице).

6. Выполняем процедуру нумерации строк, для чего создаем цикл от единицы до значения, равного числу строк в промежуточной таблице. На каждом шаге созданного цикла осуществляем следующие действия:

6.1. Создаем еще один аналогичный цикл от единицы до значения, равного числу строк в промежуточной таблице. Объявляем вспомогательные переменные, равные числу факторов: $X X_1, X X_2, \dots X X_n$. На первом цикле номеру строки для сортировки присваиваем значение **K=1**. Вводим вспомогательную переменную для вычисления удаленности **Flag** и присваиваем ей исходное значение, равное единице.

6.2. Запоминаем значение исходной точки, для чего просматриваем промежуточную таблицу сверху вниз. Если цикл первый и строка промежуточной таблицы первая или значение номера строки для сортировки **K** равен максимальному своему значению в промежуточной базе, то присваиваем каждому значению вспомогательной переменной $X X$ фактическое значение фактора $X X_i = X_i$.

6.3. Вычисляем меру близости, для чего просматриваем промежуточную таблицу сверху вниз. Вычисляем суммарное отклонение **sm** как сумму абсолютного значения разности запомненного значения $X X$ и текущего, деленного на их сумму и возведенное в степень **ks** для каждого фактора. Если текущему **K** присвоено значение и **sm** не равно нулю, то мере близости **mb** присваиваем значение **sm**.

6.4. Вычисляем удаленность, для чего просматриваем промежуточную таблицу сверху вниз. Если цикл не первый и в промежуточной таблице не заполнено текущее значение **K**, а также **mb** равно его минимальному значению в промежуточной базе, то **ud** будет равно абсолютной разности номера просматриваемой строки и удаленности **Flag**. В противном случае **ud** остается не заполненным.

6.5. Осуществляем сравнение с минимальным значением и присваиваем номер записи, для чего просматриваем промежуточную таблицу сверху вниз. Если цикл не первый и в промежуточной таблице не заполнено текущее значение **K**, а также **ud** равно своему минимальному значению в промежуточной таблице, то **K** будет равно номеру цикла, а удаленность **Flag** будет равно номеру строки.

6.6. Осуществляем удаление данных из таблицы значения **mb** и **ud**.

7. Добавляем последнюю строку с $Y_{k+1}=0$ и $W_{k+1}=0$ с отсутствующими значениями факторов.

8. Осуществляем удаление данных из таблицы результирующих составляющих, имеющей следующий вид:

Таблица 6

Результирующие составляющие математической модели

W	Rz	NumStr
Суммарная мощность	Результирующая составляющая с пределами определения факторов	Перечисляемые через запятую строки
	...	

9. Выполнением процедуру формирования результирующих составляющих с добавлением их в результирующую табл. 3, для чего:

9.1. Создаем цикл просмотра отсортированных по возрастанию значения **K** в таблице данных $X_{11}, X_{12} \dots X_{k+1,n}$ с первой строки до $k+1$ строки, для чего вводим следующие вспомогательные переменные:

$a_1, a_2 \dots a_n$ – минимальные значения факторов $X_1, X_2 \dots X_n$ в группе строк каждой результирующей составляющей;

$b_1, b_2 \dots b_n$ – максимальные значения факторов $X_1, X_2 \dots X_n$ в группе строк каждой результирующей составляющей;

NN – номера строк (перечисляются через запятую) каждой результирующей составляющей;

WW – суммарная мощность каждой результирующей составляющей;

YY – предыдущее значение (на предыдущей строке) значение цели (для первой строки оно равно нулю);

Rez – результирующая составляющая.

На каждой строке цикла осуществляются следующие действия:

9.2. Если $YY=0$ и $Y=0$, то сохраняется исходное значение $WW=0$ и не заполненное значение $NN=""$.

9.3. Если $YY=0$ и $Y=1$, то

$WW = W$,

$a_1, a_2 \dots a_n$ равны соответственно $X_1, X_2 \dots X_n$,

$b_1, b_2 \dots b_n$ также равны соответственно $X_1, X_2 \dots X_n$,

YY присваивается значение 1, а $NN = N - N_{\min} + 1$, где N_{\min} – минимальное значение в исходной таблице.

9.4. Если $YY=1$ и $Y=1$, то

к предыдущему значению мощности прибавляется значение мощности текущей строки (т.е. $WW = WW + W$),

к NN добавляется через запятую номер строки $N - N_{\min} + 1$, если значение b меньше значения фактора, то b принимает значение самого фактора (выполняется для каждого фактора),

если значение a больше значения фактора, то a принимает значение самого фактора (выполняется для каждого фактора).

9.5. Если $YY=1$ и $Y=0$, то

а) если X_1 не является пустым значением или $W = 0$ и при этом значение a_1 не равно минимальному значению X_1 или значение b_1 не равно минимальному значению X_1 , то Rez присваивается текстовое значение ($a_1 \leq X_1 \leq b_1$);

б) если X_2 не является пустым значением или $W = 0$ и при этом значение a_2 не равно минимальному значению X_2 или значение b_2 не равно минимальному значению X_2 , то к предыдущему значению Rez п. 3.4а добавляется текстовое значение ($a_2 \leq X_2 \leq b_2$) через знак конъюнкции, в результате чего Rez будет равно $(a_1 \leq X_1 \leq b_1) \& (a_2 \leq X_2 \leq b_2)$;

в) аналогично п. 3.4б формируем результат для каждого последующего фактора;

д) добавляем в пустую итоговую таблицу значения WW (первая колонка табл. 3), Rez (вторая колонка табл. 3), NN (третья колонка табл. 3), формируя тем самым одну из результирующих составляющих математической модели;

е) присваиваем вспомогательным переменным их исходное значение $YY = 0$, $WW = 0$, $NN = ""$, $Rez = ""$.

10. Формирование математической модели заканчивается на последней строке цикла. В результате в строках итоговой таблицы будут находиться все результирующие составляющие математические модели, которые необходимо сортировать по убыванию мощности. В представленном виде следует считать, что каждая строка

(каждая результирующая составляющая) дизъюнктивно объединена с другими.

Пояснения процедуры нумерации строк [73]

Процедура нумерации строк показана на контрольном примере в таблице из 16 строк с отображением в точке выполнения пункта 6.5 алгоритма (перед удалением **mb** и **ud**).

Таблица 7

Исходная таблица baseP

	Имя поля	Тип данных	
▶	N	Счетчик	Счетчик
	mb	Числовой	Мера близости
	ud	Числовой	Удаленность
	K	Числовой	Номер строки для сортировки
	W	Числовой	Мощность
	Y	Числовой	Цель (1 - достигается, 0 - не достигается)
	X1	Числовой	Фактор X1
	X2	Числовой	Фактор X2
	X3	Числовой	Фактор X3
	X4	Числовой	Фактор X4

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16				1	0	0	0	0	0
	15				1	0	0	0	0	1
	14				1	0	0	0	1	0
	13				1	0	0	0	1	1
	12				1	1	0	1	0	0
	11				1	1	0	1	0	1
	10				1	1	0	1	1	0
	9				1	1	0	1	1	1
▶	8				1	0	1	0	0	0
	7				1	1	1	0	0	1
	6				1	1	1	0	1	0
	5				1	0	1	0	1	1
	4				1	0	1	1	0	0
	3				1	1	1	1	0	1
	2				1	0	1	1	1	0
	1				1	0	1	1	1	1
*	Счетчик)									

Рис. 9. Исходный вид таблицы

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15	1			1	0	0	0	0	1
	14	1			1	0	0	0	1	0
	13	2			1	0	0	0	1	1
	12	1			1	1	0	1	0	0
	11	2			1	1	0	1	0	1
	10	2			1	1	0	1	1	0
	9	3			1	1	0	1	1	1
	8	1			1	0	1	0	0	0
	7	2			1	1	1	0	0	1
	6	2			1	1	1	0	1	0
	5	3			1	0	1	0	1	1
	4	2			1	0	1	1	0	0
	3	3			1	1	1	1	0	1
	2	3			1	0	1	1	1	0
	1	4			1	0	1	1	1	1
▶	Счетчик)									

Рис. 10. Результат цикла 1

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
▶	15	1	1	2	1	0	0	0	0	1
	14	1	2		1	0	0	0	1	0
	13	2			1	0	0	0	1	1
	12	1	4		1	1	0	1	0	0
	11	2			1	1	0	1	0	1
	10	2			1	1	0	1	1	0
	9	3			1	1	0	1	1	1
	8	1	8		1	0	1	0	0	0
	7	2			1	1	1	0	0	1
	6	2			1	1	1	0	1	0
	5	3			1	0	1	0	1	1
	4	2			1	0	1	1	0	0
	3	3			1	1	1	1	0	1
	2	3			1	0	1	1	1	0
	1	4			1	0	1	1	1	1
*	Счетчик)									

Рис. 11. Результат цикла 2

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14	2			1	0	0	0	1	0
▶	13	1	2	3	1	0	0	0	1	1
	12	2			1	1	0	1	0	0
	11	1	4		1	1	0	1	0	1
	10	3			1	1	0	1	1	0
	9	2			1	1	0	1	1	1
	8	2			1	0	1	0	0	0
	7	1	8		1	1	1	0	0	1
	6	3			1	1	1	0	1	0
	5	2			1	0	1	0	1	1
	4	3			1	0	1	1	0	0
	3	2			1	1	1	1	0	1
	2	4			1	0	1	1	1	0
	1	3			1	0	1	1	1	1
* Счетчик)										

Рис. 12. Результат цикла 3

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
▶	14	1	1	4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
	12	3			1	1	0	1	0	0
	11	2			1	1	0	1	0	1
	10	2			1	1	0	1	1	0
	9	1	4		1	1	0	1	1	1
	8	3			1	0	1	0	0	0
	7	2			1	1	1	0	0	1
	6	2			1	1	1	0	1	0
	5	1	8		1	0	1	0	1	1
	4	4			1	0	1	1	0	0
	3	3			1	1	1	1	0	1
	2	3			1	0	1	1	1	0
	1	2			1	0	1	1	1	1
* Счетчик)										

Рис. 13. Результат цикла 4

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14			4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
	12	2			1	1	0	1	0	0
	11	3			1	1	0	1	0	1
▶	10	1	4	5	1	1	0	1	1	0
	9	2			1	1	0	1	1	1
	8	2			1	0	1	0	0	0
	7	3			1	1	1	0	0	1
	6	1	8		1	1	1	0	1	0
	5	2			1	0	1	0	1	1
	4	3			1	0	1	1	0	0
	3	4			1	1	1	1	0	1
	2	2			1	0	1	1	1	0
	1	3			1	0	1	1	1	1
* Счетчик)										

Рис. 14. Результат цикла 5

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14			4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
	12	1	2		1	1	0	1	0	0
	11	2			1	1	0	1	0	1
	10			5	1	1	0	1	1	0
▶	9	1	1	6	1	1	0	1	1	1
	8	3			1	0	1	0	0	0
	7	4			1	1	1	0	0	1
	6	2			1	1	1	0	1	0
	5	3			1	0	1	0	1	1
	4	2			1	0	1	1	0	0
	3	3			1	1	1	1	0	1
	2	1	8		1	0	1	1	1	0
	1	2			1	0	1	1	1	1
* Счетчик)										

Рис. 15. Результат цикла 6

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14			4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
	12	2			1	1	0	1	0	0
▶	11	1	2	7	1	1	0	1	0	1
	10			5	1	1	0	1	1	0
	9			6	1	1	0	1	1	1
	8	4			1	0	1	0	0	0
	7	3			1	1	1	0	0	1
	6	3			1	1	1	0	1	0
	5	2			1	0	1	0	1	1
	4	3			1	0	1	1	0	0
	3	2			1	1	1	1	0	1
	2	2			1	0	1	1	1	0
	1	1	8		1	0	1	1	1	1
* Счетчик)										

Рис. 16. Результат цикла 7

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14			4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
▶	12	1	1	8	1	1	0	1	0	0
	11			7	1	1	0	1	0	1
	10			5	1	1	0	1	1	0
	9			6	1	1	0	1	1	1
	8	3			1	0	1	0	0	0
	7	2			1	1	1	0	0	1
	6	4			1	1	1	0	1	0
	5	3			1	0	1	0	1	1
	4	2			1	0	1	1	0	0
	3	1	8		1	1	1	1	0	1
	2	3			1	0	1	1	1	0
	1	2			1	0	1	1	1	1
* Счетчик)										

Рис. 17. Результат цикла 8

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14			4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
	12			8	1	1	0	1	0	0
	11			7	1	1	0	1	0	1
	10			5	1	1	0	1	1	0
	9			6	1	1	0	1	1	1
	8	2			1	0	1	0	0	0
	7	3			1	1	1	0	0	1
	6	3			1	1	1	0	1	0
	5	4			1	0	1	0	1	1
▶	4	1	8	9	1	0	1	1	0	0
	3	2			1	1	1	1	0	1
	2	2			1	0	1	1	1	0
	1	3			1	0	1	1	1	1
* Счетчик)										

Рис. 18. Результат цикла 9

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14			4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
	12			8	1	1	0	1	0	0
	11			7	1	1	0	1	0	1
	10			5	1	1	0	1	1	0
	9			6	1	1	0	1	1	1
	8	1	4		1	0	1	0	0	0
	7	2			1	1	1	0	0	1
	6	2			1	1	1	0	1	0
	5	3			1	0	1	0	1	1
	4			9	1	0	1	1	0	0
▶	3	1	1	10	1	1	1	1	0	1
	2	1	2		1	0	1	1	1	0
	1	2			1	0	1	1	1	1
* Счетчик)										

Рис. 19. Результат цикла 10

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14			4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
	12			8	1	1	0	1	0	0
	11			7	1	1	0	1	0	1
	10			5	1	1	0	1	1	0
	9			6	1	1	0	1	1	1
	8	2			1	0	1	0	0	0
	7	1	4		1	1	1	0	0	1
	6	3			1	1	1	0	1	0
	5	2			1	0	1	0	1	1
	4			9	1	0	1	1	0	0
	3			10	1	1	1	1	0	1
	2	2			1	0	1	1	1	0
▶	1	1	2	11	1	0	1	1	1	1
* Счетчик)										

Рис. 20. Результат цикла 11

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14			4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
	12			8	1	1	0	1	0	0
	11			7	1	1	0	1	0	1
	10			5	1	1	0	1	1	0
	9			6	1	1	0	1	1	1
	8	3			1	0	1	0	0	0
	7	2			1	1	1	0	0	1
	6	2			1	1	1	0	1	0
	5	1	4		1	0	1	0	1	1
	4			9	1	0	1	1	0	0
	3			10	1	1	1	1	0	1
▶	2	1	1	12	1	0	1	1	1	0
	1			11	1	0	1	1	1	1
* Счетчик)										

Рис. 21. Результат цикла 12

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3
	16			1	1	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0
	14			4	1	0	0	0	0
	13			3	1	0	0	0	0
	12			8	1	1	0	1	
	11			7	1	1	0	1	
	10			5	1	1	0	1	
	9			6	1	1	0	1	
	8	2			1	0	1	0	
	7	3			1	1	1	0	
▶	6	1	4	13	1	1	1	0	
	5	2			1	0	1	0	
	4			9	1	0	1	1	
	3			10	1	1	1	1	
	2			12	1	0	1	1	
	1			11	1	0	1	1	
* Счетчик)									

Рис. 22. Результат цикла 13

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14			4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
	12			8	1	1	0	1	0	0
	11			7	1	1	0	1	0	1
	10			5	1	1	0	1	1	0
	9			6	1	1	0	1	1	1
	8	1	2		1	0	1	0	0	0
	7	2			1	1	1	0	0	1
	6			13	1	1	1	0	1	0
▶	5	1	1	14	1	0	1	0	1	1
	4			9	1	0	1	1	0	0
	3			10	1	1	1	1	0	1
	2			12	1	0	1	1	1	0
	1			11	1	0	1	1	1	1
* Счетчик)										

Рис. 23. Результат цикла 14

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14			4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
	12			8	1	1	0	1	0	0
	11			7	1	1	0	1	0	1
	10			5	1	1	0	1	1	0
	9			6	1	1	0	1	1	1
	8	2			1	0	1	0	0	0
▶	7	1	2	15	1	1	1	0	0	1
	6			13	1	1	1	0	1	0
	5			14	1	0	1	0	1	1
	4			9	1	0	1	1	0	0
	3			10	1	1	1	1	0	1
	2			12	1	0	1	1	1	0
	1			11	1	0	1	1	1	1
*	Счетчик)									

Рис. 24. Результат цикла 15

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	16			1	1	0	0	0	0	0
	15			2	1	0	0	0	0	1
	14			4	1	0	0	0	1	0
	13			3	1	0	0	0	1	1
	12			8	1	1	0	1	0	0
	11			7	1	1	0	1	0	1
	10			5	1	1	0	1	1	0
	9			6	1	1	0	1	1	1
▶	8	1	1	16	1	0	1	0	0	0
	7			15	1	1	1	0	0	1
	6			13	1	1	1	0	1	0
	5			14	1	0	1	0	1	1
	4			9	1	0	1	1	0	0
	3			10	1	1	1	1	0	1
	2			12	1	0	1	1	1	0
	1			11	1	0	1	1	1	1
*	Счетчик)									

Рис. 25. Результат цикла 16

Далее по полю **K** осуществляется сортировка от **A** до **Я** с последующим формированием подряд идущих строк с $Y=1$ в результирующие составляющие.

Таблица 8

Результирующие составляющие с сортировкой исходных данных по возрастанию

W	Rz	NumStr
4	$(0 \leq X1 \leq 0) \ \& \ (1 \leq X2 \leq 1)$	7, 8, 6, 5
1	$(1 \leq X1 \leq 1) \ \& \ (0 \leq X2 \leq 0) \ \& \ (0 \leq X3 \leq 0) \ \& \ (1 \leq X4 \leq 1)$	10
1	$(1 \leq X1 \leq 1) \ \& \ (0 \leq X2 \leq 0) \ \& \ (1 \leq X3 \leq 1) \ \& \ (0 \leq X4 \leq 0)$	11
1	$(1 \leq X1 \leq 1) \ \& \ (1 \leq X2 \leq 1) \ \& \ (0 \leq X3 \leq 0) \ \& \ (1 \leq X4 \leq 1)$	14

Рассмотрим вариант, отличающийся тем, что исходная таблица отсортирована не по возрастанию, а по убыванию.

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2	1			1	0	1	1	1	0
	3	1			1	1	1	1	0	1
	4	2			1	0	1	1	0	0
	5	1			1	0	1	0	1	1
	6	2			1	1	1	0	1	0
	7	2			1	1	1	0	0	1
	8	3			1	0	1	0	0	0
	9	1			1	1	0	1	1	1
	10	2			1	1	0	1	1	0
	11	2			1	1	0	1	0	1
	12	3			1	1	0	1	0	0
	13	2			1	0	0	0	1	1
	14	3			1	0	0	0	1	0
	15	3			1	0	0	0	0	1
	16	4			1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 26. Результат цикла 1

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2	1	1	2	1	0	1	1	1	0
	3	1	2		1	1	1	1	0	1
	4	2			1	0	1	1	0	0
	5	1	4		1	0	1	0	1	1
	6	2			1	1	1	0	1	0
	7	2			1	1	1	0	0	1
	8	3			1	0	1	0	0	0
	9	1	8		1	1	0	1	1	1
	10	2			1	1	0	1	1	0
	11	2			1	1	0	1	0	1
	12	3			1	1	0	1	0	0
	13	2			1	0	0	0	1	1
	14	3			1	0	0	0	1	0
	15	3			1	0	0	0	0	1
	16	4			1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 27. Результат цикла 2

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3	2			1	1	1	1	0	1
	4	1	2	3	1	0	1	1	0	0
	5	2			1	0	1	0	1	1
	6	1	4		1	1	1	0	1	0
	7	3			1	1	1	0	0	1
	8	2			1	0	1	0	0	0
	9	2			1	1	0	1	1	1
	10	1	8		1	1	0	1	1	0
	11	3			1	1	0	1	0	1
	12	2			1	1	0	1	0	0
	13	3			1	0	0	0	1	1
	14	2			1	0	0	0	1	0
	15	4			1	0	0	0	0	1
	16	3			1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 28. Результат цикла 3

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3	1	1	4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5	3			1	0	1	0	1	1
	6	2			1	1	1	0	1	0
	7	2			1	1	1	0	0	1
	8	1	4		1	0	1	0	0	0
	9	3			1	1	0	1	1	1
	10	2			1	1	0	1	1	0
	11	2			1	1	0	1	0	1
	12	1	8		1	1	0	1	0	0
	13	4			1	0	0	0	1	1
	14	3			1	0	0	0	1	0
	15	3			1	0	0	0	0	1
	16	2			1	0	0	0	0	0
▶ Счетчик)										

Рис. 29. Результат цикла 4

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5	2			1	0	1	0	1	1
	6	3			1	1	1	0	1	0
	7	1	4	5	1	1	1	0	0	1
	8	2			1	0	1	0	0	0
	9	2			1	1	0	1	1	1
	10	3			1	1	0	1	1	0
	11	1	8		1	1	0	1	0	1
	12	2			1	1	0	1	0	0
	13	3			1	0	0	0	1	1
	14	4			1	0	0	0	1	0
	15	2			1	0	0	0	0	1
	16	3			1	0	0	0	0	0
▶ Счетчик)										

Рис. 30. Результат цикла 5

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5	1	2		1	0	1	0	1	1
	6	2			1	1	1	0	1	0
	7			5	1	1	1	0	0	1
	8	1	1	6	1	0	1	0	0	0
	9	3			1	1	0	1	1	1
	10	4			1	1	0	1	1	0
	11	2			1	1	0	1	0	1
	12	3			1	1	0	1	0	0
	13	2			1	0	0	0	1	1
	14	3			1	0	0	0	1	0
	15	1	8		1	0	0	0	0	1
	16	2			1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 31. Результат цикла 6

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5	2			1	0	1	0	1	1
	6	1	2	7	1	1	1	0	1	0
	7			5	1	1	1	0	0	1
	8			6	1	0	1	0	0	0
	9	4			1	1	0	1	1	1
	10	3			1	1	0	1	1	0
	11	3			1	1	0	1	0	1
	12	2			1	1	0	1	0	0
	13	3			1	0	0	0	1	1
	14	2			1	0	0	0	1	0
	15	2			1	0	0	0	0	1
	16	1	8		1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 32. Результат цикла 7

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5	1	1	8	1	0	1	0	1	1
	6			7	1	1	1	0	1	0
	7			5	1	1	1	0	0	1
	8			6	1	0	1	0	0	0
	9	3			1	1	0	1	1	1
	10	2			1	1	0	1	1	0
	11	4			1	1	0	1	0	1
	12	3			1	1	0	1	0	0
	13	2			1	0	0	0	1	1
	14	1	8		1	0	0	0	1	0
	15	3			1	0	0	0	0	1
	16	2			1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 33. Результат цикла 8

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5			8	1	0	1	0	1	1
	6			7	1	1	1	0	1	0
	7			5	1	1	1	0	0	1
	8			6	1	0	1	0	0	0
	9	2			1	1	0	1	1	1
	10	3			1	1	0	1	1	0
	11	3			1	1	0	1	0	1
	12	4			1	1	0	1	0	0
	13	1	8	9	1	0	0	0	1	1
	14	2			1	0	0	0	1	0
	15	2			1	0	0	0	0	1
	16	3			1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 34. Результат цикла 9

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5			8	1	0	1	0	1	1
	6			7	1	1	1	0	1	0
	7			5	1	1	1	0	0	1
	8			6	1	0	1	0	0	0
	9	1	4		1	1	0	1	1	1
	10	2			1	1	0	1	1	0
	11	2			1	1	0	1	0	1
	12	3			1	1	0	1	0	0
	13			9	1	0	0	0	1	1
	14	1	1	10	1	0	0	0	1	0
	15	1	2		1	0	0	0	0	1
	16	2			1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 35. Результат цикла 10

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5			8	1	0	1	0	1	1
	6			7	1	1	1	0	1	0
	7			5	1	1	1	0	0	1
	8			6	1	0	1	0	0	0
	9	2			1	1	0	1	1	1
	10	1	4		1	1	0	1	1	0
	11	3			1	1	0	1	0	1
	12	2			1	1	0	1	0	0
	13			9	1	0	0	0	1	1
	14			10	1	0	0	0	1	0
	15	2			1	0	0	0	0	1
	16	1	2	11	1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 36. Результат цикла 11

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5			8	1	0	1	0	1	1
	6			7	1	1	1	0	1	0
	7			5	1	1	1	0	0	1
	8			6	1	0	1	0	0	0
	9	3			1	1	0	1	1	1
	10	2			1	1	0	1	1	0
	11	2			1	1	0	1	0	1
	12	1	4		1	1	0	1	0	0
	13			9	1	0	0	0	1	1
	14			10	1	0	0	0	1	0
	15	1	1	12	1	0	0	0	0	1
	16			11	1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 37. Результат цикла 12

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5			8	1	0	1	0	1	1
	6			7	1	1	1	0	1	0
	7			5	1	1	1	0	0	1
	8			6	1	0	1	0	0	0
	9	2			1	1	0	1	1	1
	10	3			1	1	0	1	1	0
	11	1	4	13	1	1	0	1	0	1
	12	2			1	1	0	1	0	0
	13			9	1	0	0	0	1	1
	14			10	1	0	0	0	1	0
	15			12	1	0	0	0	0	1
	16			11	1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 38. Результат цикла 13

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5			8	1	0	1	0	1	1
	6			7	1	1	1	0	1	0
	7			5	1	1	1	0	0	1
	8			6	1	0	1	0	0	0
	9	1	2		1	1	0	1	1	1
	10	2			1	1	0	1	1	0
	11			13	1	1	0	1	0	1
	12	1	1	14	1	1	0	1	0	0
	13			9	1	0	0	0	1	1
	14			10	1	0	0	0	1	0
	15			12	1	0	0	0	0	1
	16			11	1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 39. Результат цикла 14

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5			8	1	0	1	0	1	1
	6			7	1	1	1	0	1	0
	7			5	1	1	1	0	0	1
	8			6	1	0	1	0	0	0
	9	2			1	1	0	1	1	1
	10	1	2	15	1	1	0	1	1	0
	11			13	1	1	0	1	0	1
	12			14	1	1	0	1	0	0
	13			9	1	0	0	0	1	1
	14			10	1	0	0	0	1	0
	15			12	1	0	0	0	0	1
	16			11	1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 40. Результат цикла 15

	N	mb	ud	K	W	Y	X1	X2	X3	X4
	1			1	1	0	1	1	1	1
	2			2	1	0	1	1	1	0
	3			4	1	1	1	1	0	1
	4			3	1	0	1	1	0	0
	5			8	1	0	1	0	1	1
	6			7	1	1	1	0	1	0
	7			5	1	1	1	0	0	1
	8			6	1	0	1	0	0	0
	9	1	1	16	1	1	0	1	1	1
	10			15	1	1	0	1	1	0
	11			13	1	1	0	1	0	1
	12			14	1	1	0	1	0	0
	13			9	1	0	0	0	1	1
	14			10	1	0	0	0	1	0
	15			12	1	0	0	0	0	1
	16			11	1	0	0	0	0	0
▶	Счетчик)									

Рис. 41. Результат цикла 16

После формирования подряд идущих строк с $Y=1$ в результирующие составляющие получаем три результирующие строки в табл. 9 по сравнению с четырьмя строками в табл. 8. Это обстоятельство подтверждает необходимость двух режимов сортировки (по возрастанию и убыванию) с целью выбора результата с наименьшим числом результирующих составляющих.

Таблица 9

Результирующие составляющие с сортировкой исходных данных по убыванию

W	Rz	NumStr
4	$(0 \leq X1 \leq 0) \& (1 \leq X2 \leq 1)$	6, 5, 7, 8
2	$(1 \leq X1 \leq 1) \& (0 \leq X3 \leq 0) \& (1 \leq X4 \leq 1)$	14, 10
1	$(1 \leq X1 \leq 1) \& (0 \leq X2 \leq 0) \& (1 \leq X3 \leq 1) \& (0 \leq X4 \leq 0)$	11

1.2.2. Программное обеспечение

Предназначено для оценки работоспособности предложенного модернизированного алгоритма построения АМКЛ и для многофакторного анализа с относительно небольшим числом анализируемых случаев и числом факторов не более 60.

Внешний вид программы показан на рис. 42.

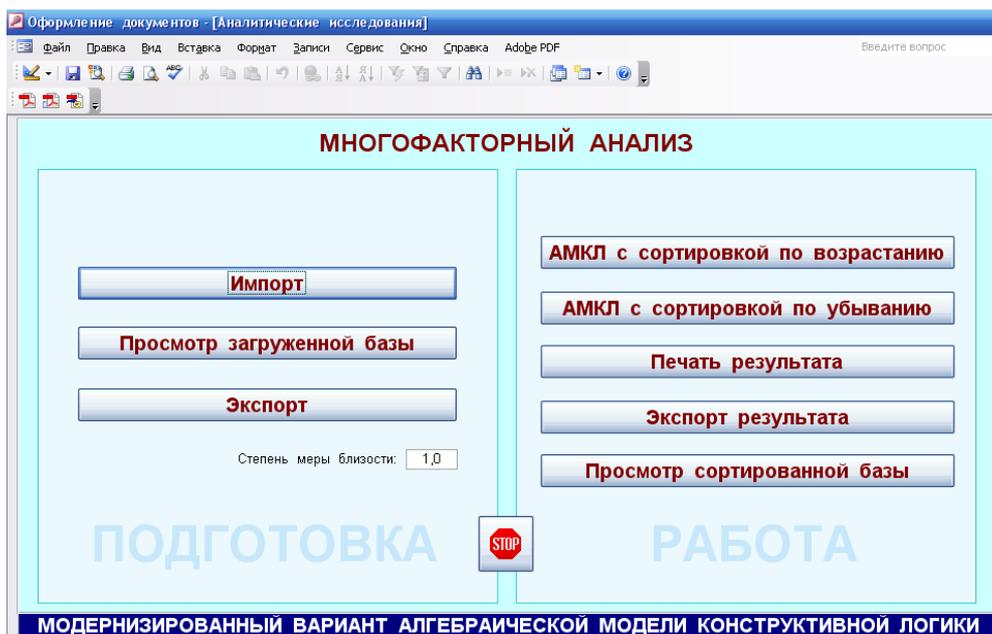


Рис. 42. Внешний вид программы

Программа позволяет строить АМКЛ в двух видах: с предварительной сортировкой массива данных по возрастанию и по убыванию. Один из двух результатов пользователь выбирает исходя из поставленной задачи анализа (чаще всего по наименьшему числу результирующих составляющих). Оба результата не противоречат друг другу и отличаются, прежде всего, компактностью представления.

1.2.3. Сравнительный анализ модернизированного алгоритма [73]

Полученный результат (табл. 9) полностью совпадает с результатом синтеза цифрового автомата по тем же исходным данным (рис. 43).

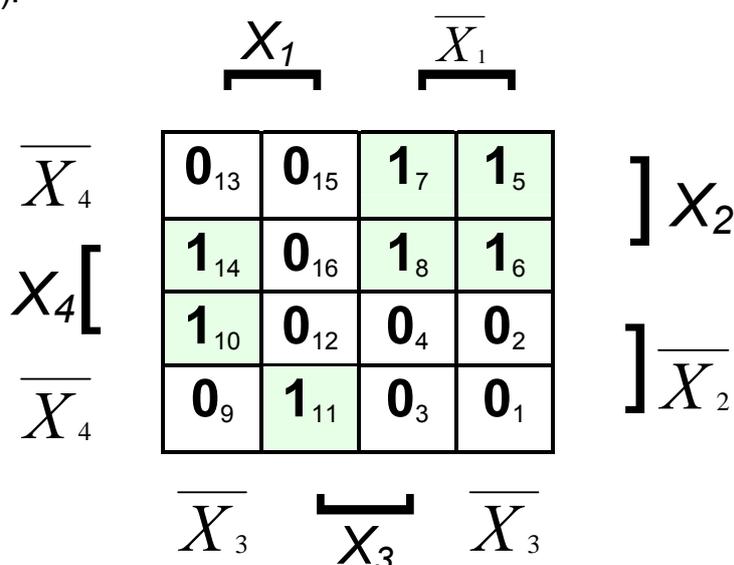


Рис. 43. Диаграмма Вейча

$$\overline{X_1}X_2 + X_1\overline{X_3}X_4 + X_1\overline{X_2}X_3\overline{X_4} \quad (1)$$

Как видно из полученного выражения (1) и диаграммы (рис. 43) первая результирующая составляющая $\overline{X_1}X_2$ покрывает четыре целевые строки 5 - 8, вторая результирующая составляющая $X_1\overline{X_3}X_4$ покрывает две целевые строки 10 и 14, а третья результирующая составляющая $X_1\overline{X_2}X_3\overline{X_4}$ только одну строку 11.

Результат синтеза является оптимальным результатом, поскольку результирующая тупиковая дизъюнктивная форма содержит наименьшее число составляющих и ее невозможно дальше упростить.

Аналогичный результат достигается классическим вариантом АМКЛ, но после процедуры оптимизации [67]. Модернизированный вариант АМКЛ не требует этой дополнительной процедуры оптимизации на конечном этапе построения математической модели.

ГЛАВА II

МЕТОДОЛОГИЯ МНОГОФАКТОРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ

Методология многофакторного исследования предусматривает правильный выбор средств и методов анализа, что играет решающую роль в успехе и определяет наилучший результат. Рассматриваемая методология многофакторного исследования здоровья населения предполагает использование алгебраической модели конструктивной логики и по этой причине должна учитывать особенности этого математического аппарата. Она предусматривает накопление данных, их верификацию, предварительный анализ, выбор цели исследования, оценку размерности массива данных, оптимизацию данных и последующее использование АМКЛ. Для накопления данных рекомендуются использовать мониторинг на основе регистра по проблемному направлению здравоохранения или сплошное наблюдение ограниченного объема. Возможно использование региональной медицинской информационной системы. Верификация данных предполагает тестирование с выявлением ошибок ввода, аналитическое тестирование и контроль причинно-следственных связей при необходимости. Выбор цели исследования предусматривает использование одного из факторов в качестве цели с разбивкой значений этого фактора на целевые уровни и установки порядка чередования дискретных значений анализируемых факторов. Если целевого фактора нет, то рекомендуется использовать метод обобщенной оценки, способ сравнения произведения долевых значений факторов с пороговым значением или использования функционала. Оценка размерности массива данных предполагает выбор факторов, характерных для решаемой задачи, оценку независимости и правильности выбора фактора, необходимость дискретизации значений факторов и оценку достаточности числа записей. Оптимизация данных предусматривает решение проблемы противоречивости данных. Использование АМКЛ заключается в анализе факторов, выявлении наиболее характерных отличий, оценке правильности выбора факторов, оценке достаточности объема сплошного наблюдения, оценке ограничений в выборе лечения, построении экспертной системы.

Использование рассматриваемой методологии позволяет решить проблему качества многофакторных исследований с использованием АМКЛ [17].

На рис. 44 представлены цели, методы и средства методологии многофакторного исследования с использованием АМКЛ, каждый аспект которого подробно рассмотрен в публикациях:

- накопление данных для аналитических исследований [48, 63, 64, 65];

- верификация данных [48, 64, 65, 66];
- предварительный анализ [67, 68];
- выбор цели исследования [7, 48];
- оценка размерности массива данных [16, 48];
- оптимизация данных [8];
- использование АМКЛ [9, 10, 12, 28, 33, 43 - 46, 48].

Накопление данных для многофакторного анализа (рис. 45) требует сплошного наблюдения в виде:

- мониторинга по проблемному направлению здравоохранения, примером которого может служить региональный регистр смертности [62 - 65];
- наблюдения с ограниченным объемом, достаточным для проведения аналитических исследований [16];
- массива из региональной медицинской информационной системы.

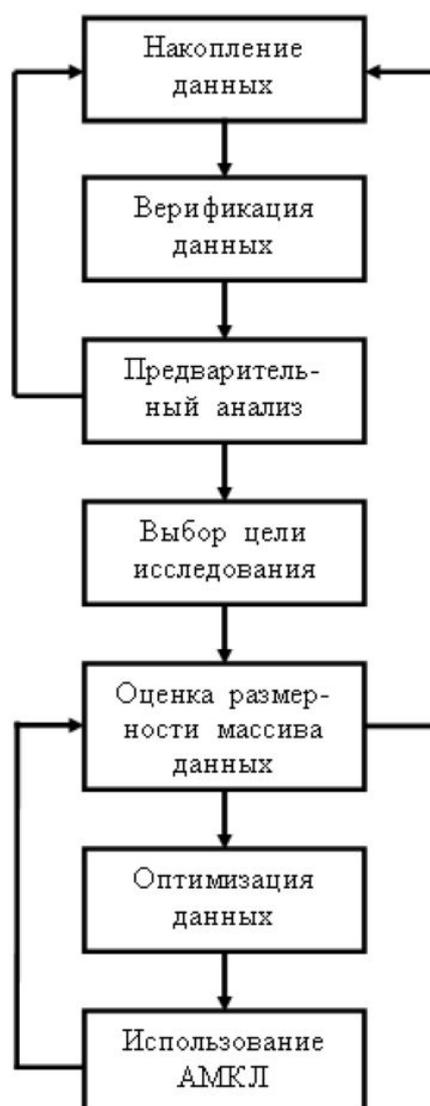


Рис. 44. Цели, методы и средства методологии многофакторного исследования с использованием АМКЛ

С накоплением информации тесно связан процесс верификации данных (рис. 46), предусматривающий:

- тестирование с выявлением ошибок ввода [64, 65];
- аналитическое тестирование, с выявлением часто встречающихся ситуаций [66];
- контроль причинно-следственных связей (например, при кодировании множественных причин смерти) [64, 65].



Рис. 45. Накопление данных для аналитических исследований



Рис. 46. Верификация данных

Имея верифицированные данные можно приступать к предварительному анализу, позволяющему оценить проблемную ситуацию, уточнить задачи и цель исследований [48, 67, 68]. В отдельных случаях после проведения предварительного анализа может возникнуть необходимость возврата к этапу накопления информации для уточнений факторов и числа целевых и нецелевых случаев.

В выборе цели исследования (рис. 47) могут быть два варианта [7, 16, 48]:

1. В качестве цели выбирается один из факторов. При необходимости значения выбранного фактора разбиваются на 2 или более целевых уровней. Чем больше целевых уровней, тем больше необходимо иметь записей [48].

2. Цель в явном виде не задана. В этом случае необходимо выбрать один из способов:

- способ обобщенной оценки [16];
- способ сравнения произведения долевых значений факторов с пороговым значением [7];
- использовать функционал (математическое выражение в виде сложных логических рассуждений и/или вычислений).

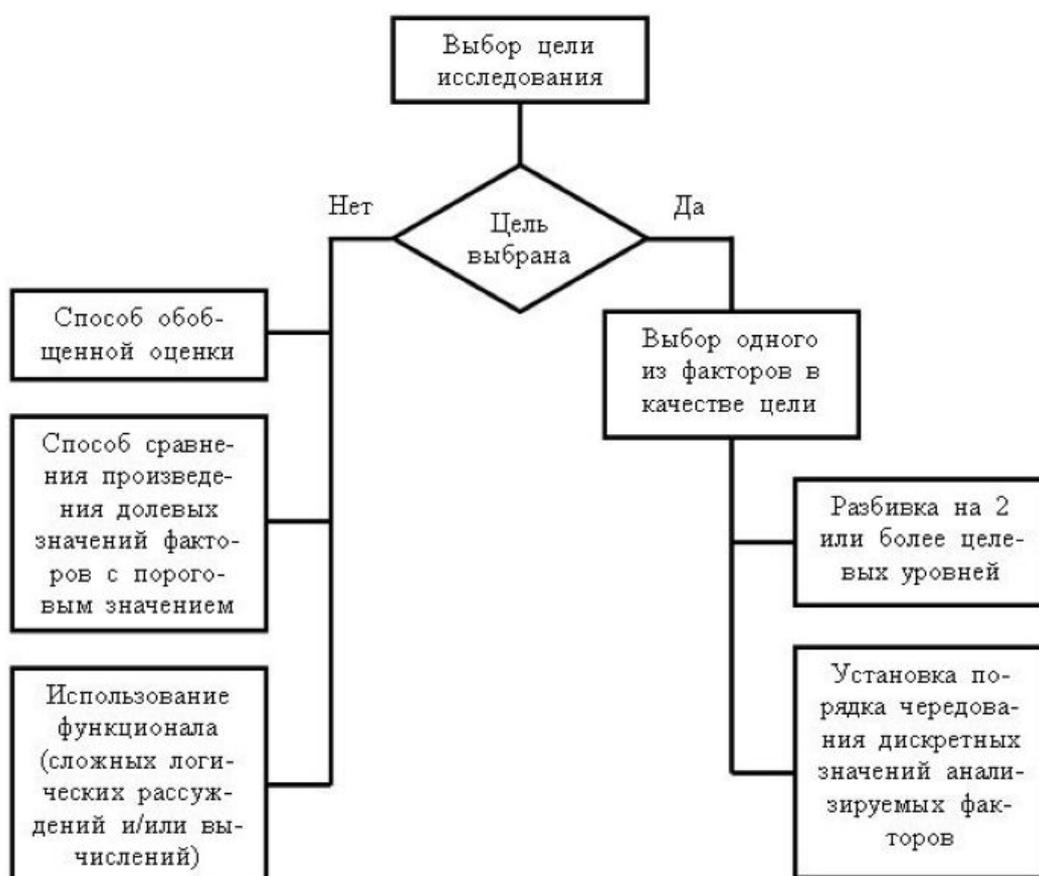


Рис. 47. Выбор цели исследования.

Оценка размерности анализируемого массива данных предусматривает выбор необходимого числа факторов и числа записей (рис. 48). Для этого необходимо выбирать характерные и независимые для решаемой задачи факторы, оценить правильность их выбора и необходимость в дискретизации их значений [48]. Кроме того, целесообразно оценить достаточность числа записей [16]. На рис. 48 показаны способы выбора и оценки.

В отдельных случаях может возникнуть необходимость возврата к этапу накопления данных.

Оценивая размерность массива данных необходимо помнить [48]:

- чем больше факторов, тем больше должен быть массив данных;
- чем больше значений у фактора, тем больше должен быть массив данных;
- излишнее уменьшение числа факторов может увеличить число противоречий (когда цель достигается и не достигается с одинаковыми значениями анализируемых факторов).

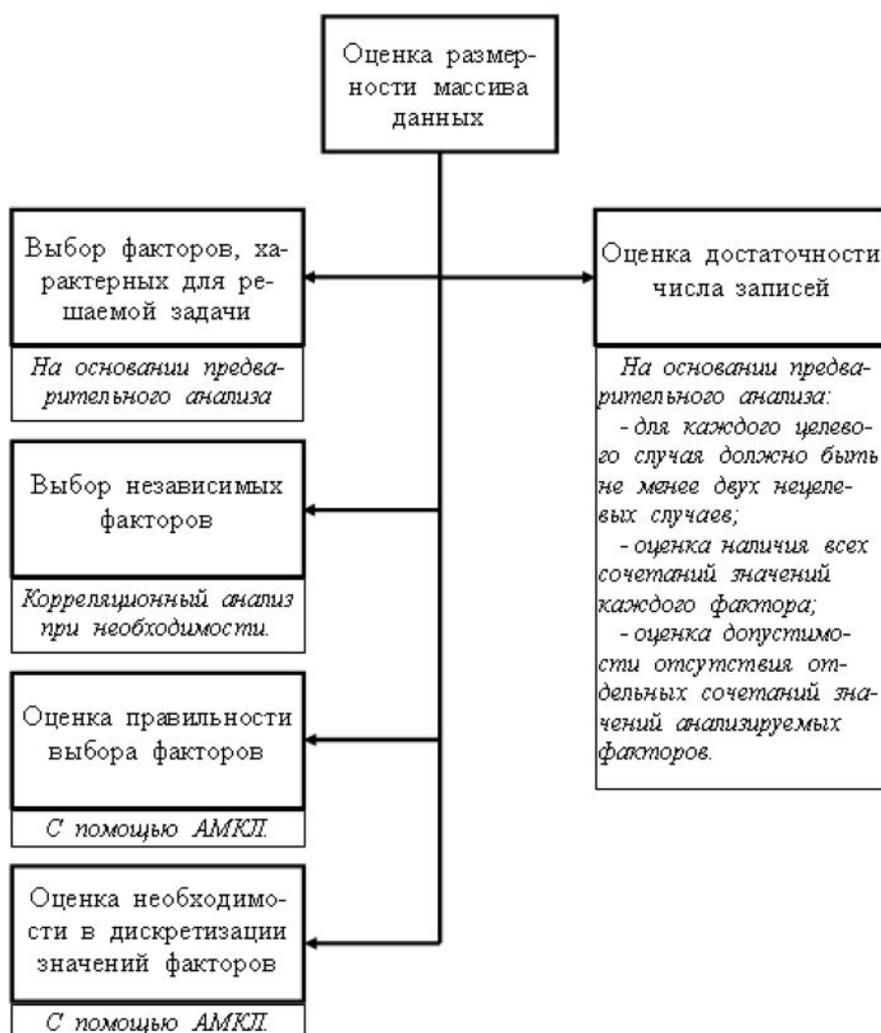


Рис. 48. Оценка размерности анализируемого массива данных

Важным аспектом подготовки данных для анализа является исключение противоречивых случаев (рис. 49) [8]. Таблица исходных данных не должна содержать противоречий (когда цель достигается и не достигается при одних и тех же значениях факторов). С этой целью в компьютерной программе предусмотрено исключение тех целевых строк, которые совпадают с нецелевыми строками [46, 58]. Однако это не всегда является приемлемым в случаях большого числа совпадающих целевых строк и единичного числа нецелевых строк или наоборот, поскольку исключается большое число случаев из-за единичных нецелевых строк или единичных целевых строк. Эти противоречия возникают, прежде всего, из-за вероятностного характера случаев, что хорошо просматривается в мониторинге смертности населения.

Существует три способа оптимального исключения противоречивых исходных данных основанных на превышении кратности частот совпадающих целевых и нецелевых случаях и на оценки доверительных интервалов [8]. Применение этих способов оптимального исключения противоречивых исходных данных является необходимостью, которая не только улучшает математическую модель, но и в ряде случаев является единственным способом выполнить многофакторный анализ [8].



Рис. 49. Оптимизация данных путем исключения противоречивых случаев

Использование АМКЛ позволяет строить математическую модель с использованием двух алгоритмов:

1. Классического варианта, который целесообразно применять в аналитических исследованиях при высокой достоверности данных или весьма большом числе записей, что характерно для регистров по проблемным направлениям здравоохранения [12, 58].

2. Модернизированного варианта для выполнения аналитических исследований при ограниченном (но достаточном) объеме данных [10, 46]. В этом случае можно воспользоваться способом накопления данных с промежуточным контролем [16].

После построения математической модели необходимо выделить главные результирующие составляющие. Для этого можно воспользоваться двумя способами и программным обеспечением, реализующих их [44].

Все результирующие составляющие построенной математической модели являются отличиями целевых случаев от нецелевых случаев, но главными из них являются самые мощные результирующие составляющие.

Для анализа факторов необходимо построить график изменения суммарной мощности результирующих составляющих, в которых анализируемый фактор присутствует, от изменения его от минимального до максимального значения при заданных значениях остальных факторов [12]. Изменяя условия (заданные значения остальных факторов) можно построить семейство различных графиков, характеризующих анализируемый фактор.

Кроме того, АМКЛ позволяет:

- оценивать правильность выбора факторов для анализа по размытости математической модели (наличия большого числа результирующих составляющих с малой мощностью);

- оценивать достаточность объема сплошного наблюдения, используя способ накопления данных с промежуточным контролем [16];

- оценивать ограничения в выборе лечения, как это показано в работах [1, 16].

Важным аспектом использования АМКЛ является использование построенной математической модели для построения экспертной системы [9, 28, 41]. Точность экспертной системы, построенной на базе АМКЛ, зависит от точности подсчета максимальной суммарной мощности. Ее подсчет усложнен тем, что числовые множества результирующих составляющих могут не пересекаться [9]. Это обстоятельство не позволяет в качестве максимальной суммарной мощности взять простую сумму мощностей каждой результирующей составляющей. В настоящее время существует два способа подсчета максимальной суммарной мощности, которые можно использовать для построения экспертной системы [9, 41].

Зная максимальную суммарную мощность, можно легко вы-

числить отношение суммарной мощности анализируемого случая к максимальной суммарной мощности [9, 28, 41].

Важными аспектами применения АМКЛ также являются:

- наличие нецелевых случаев, количество которых должно превышать анализируемые целевые случаи в 2 раза [12, 46];

- возможности алгоритма АМКЛ строить математические модели при сканировании строк таблицы сверху вниз и наоборот, что позволяет выбрать наиболее компактную модель [45].

В тех случаях, когда количество нецелевых случаев не превышает целевые случаи в 2 раза, рекомендуется строить две математические модели: прямую (достижение цели) и обратную (не достижение цели). При этом выводы необходимо делать только после сравнения этих двух моделей и исключения перекрывающихся (в отдельных случаях) областей определения одинаковых в прямой и обратной математической модели результирующих составляющих.

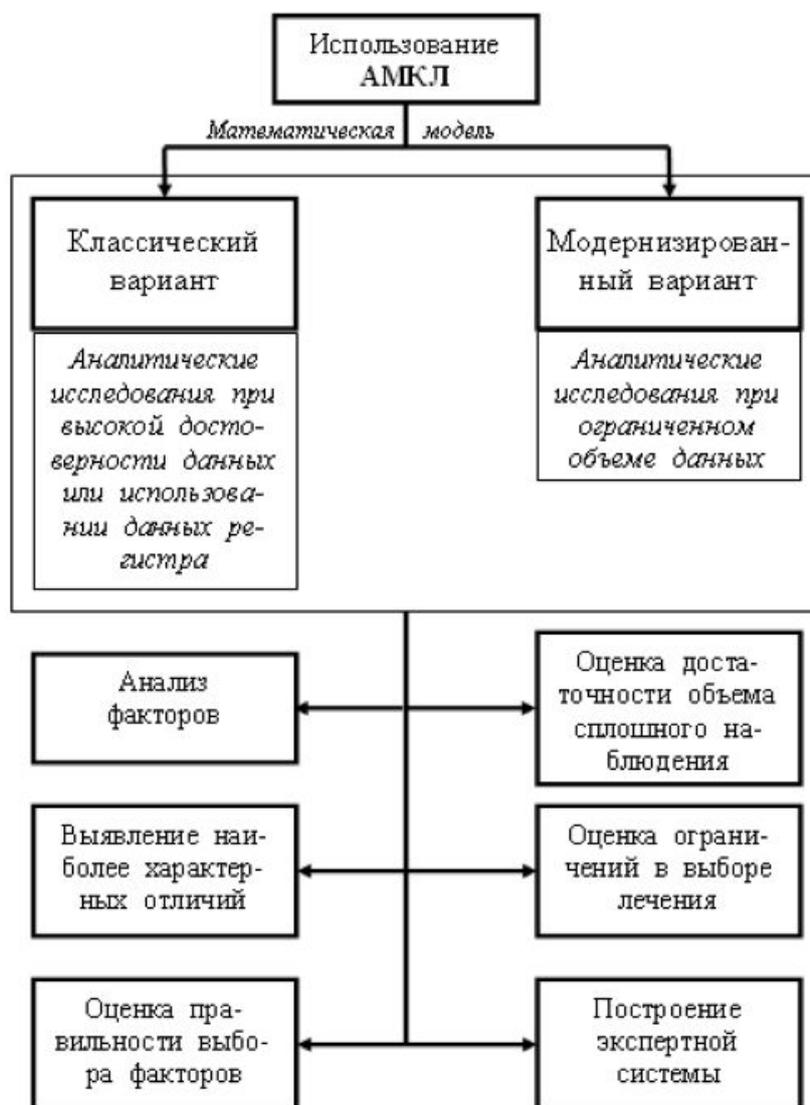


Рис. 50. Использование АМКЛ в аналитических исследованиях.

Оценка основных методов анализа

Формирование аналитических массивов [8].

Таблица исходных данных не должна содержать противоречий (когда цель достигается и не достигается при одних и тех же значениях факторов). С этой целью в компьютерной программе АМКЛ предусмотрено исключение тех целевых строк, которые совпадают с нецелевыми строками. Однако это не всегда является приемлемым в случаях большого числа совпадающих целевых строк и единичного числа нецелевых строк или наоборот, поскольку исключается большое число случаев из-за единичных нецелевых строк или единичных целевых строк. Разработаны два способа оптимального исключения противоречивых случаев:

1. По задаваемой кратности превышения частот (два варианта).

2. С оценкой по доверительным интервалам.

Для применения этих способов разработаны специальные компьютерные программы.

Выделение главных результирующих составляющих.

Разработаны два способа выделения главных результирующих составляющих:

1. Первый из них основан на определении минимальной разности между нарастающими суммами мощностей результирующих составляющих сверху и снизу [28].

2. Второй способ основан на определении точки перегиба кривой убывающих мощностей результирующих составляющих [50].

С целью автоматизации этого процесса создана специальная программа [44].

Метод аналитического тестирования массива исходных данных.

В основе предлагаемого алгоритма верификации исходных данных лежит набор не сложных аналитических расчетов с заранее известным причинно-следственным результатом. Если один из расчетов дает противоположный причинно-следственный результат, то все записи, относящиеся к рассматриваемому случаю, объявляются сомнительными.

Набор таких точечных аналитических расчетов (назван реперным анализом) должен в достаточной степени и желательно равномерно покрывать все информационное пространство.

Для упрощения такой процедуры целесообразно иметь специальную программу, облегчающую выполнение точечных аналитических расчетов, что реализовано в мониторинге смертности в Тульской области [62, 63, 64].

Целевая направленность многофакторного анализа.

В практике аналитических расчетов встречаются случаи, когда целевое значение в явном виде задать не удастся. В этом случае правомерным является стремление узнать значения соче-

таных факторов самых наихудших случаев (например, в мониторинге смертности).

Разработанный способ основан на подсчете числа случаев каждого значения каждого фактора и их доли в общем числе случаев. Произведение долевых значений каждого задействованного фактора сравненное с задаваемым пороговым значением определяет значение, соответствующее достижению цели [7].

Другой способ основан на адаптивном алгоритме расчета обобщенной оценки отклонений от значения сочетанных факторов в норме для использования в многофакторном анализе в медицине для оценки эффективности предлагаемых новых лечебных и диагностических технологий. Предлагаемый алгоритм отличается от прототипа: обобщенной оценки показателей здравоохранения. В него заложен иной принцип нормирования значений факторов. Также предлагается этот адаптивный алгоритм использовать совместно с логическим блоком сравнения разностных значений. При превышении этой разности порогового значения, случай оценивается как не достигший цели. Предполагается, что логические условия могут одновременно охватывать несколько факторов. Таким образом, логические условия начинают действовать только при превышении разностных значений факторов от нормы, а в случае их не превышения - оценивается по алгоритму обобщенной оценки [16].

Способ сравнительного многофакторного анализа.

В практике аналитических исследований в медицине достаточно часто встречаются задачи сравнения случаев до и после лечения для оценки эффективности новых медицинских технологий.

Предлагаемый способ сравнительного многофакторного анализа в медицине с использованием алгебраической модели конструктивной логики предусматривает следующую последовательность действий:

- сплошное наблюдение с формированием массива ограниченного объема;
- количественную и качественную оценку массива данных;
- построение алгебраической модели конструктивной логики для сравнения данных до и после лечения и выявление тех факторов, которые входят в мощные результирующие составляющие;
- продолжение сплошного наблюдения до количественного покрытия факторов, входящих в мощные результирующие составляющие алгебраической модели конструктивной логики;
- вычисление целевого значения для каждого случая с использованием алгоритма обобщенной оценки путем сравнения со значениями в норме;
- сравнение массивов до лечения и после лечения с использованием мер сходств с оценкой по большинству достоверных различий;

▪ построение алгебраической модели конструктивной логики на массиве после лечения для выявления ограничений предлагаемой новой медицинской технологии.

Разработанный способ сравнительного многофакторного анализа позволяет существенно сократить трудоемкий процесс сплошного наблюдения, но не является универсальным из-за наличия ряда ограничений [16].

Построение экспертной системы.

Разработанный способ построения экспертной системы на базе алгебраической модели конструктивной логики позволяет достаточно просто оценивать вероятность исхода анализируемого события путем суммирования мощностей тех результирующих составляющих математической модели, которые удовлетворяют пределам определения входящих в них факторов. Чтобы получить вероятность достаточно разделить полученную сумму на максимально возможную величину. При этом точность экспертной системы зависит от точности подсчета максимально возможной суммарной мощности. Возможен вариант вычисления максимально возможной суммарной мощности математическая модель используется в качестве фильтра, через который необходимо пропустить все случаи. При этом способе суммируются мощности тех результирующих составляющих, которые удовлетворяют условиям определения входящих в них факторов [41]. Этот способ применим тогда, когда математическая модель построена на весьма большом массиве данных. Однако в практической работе часто встречаются аналитические исследования с ограниченным числом случаев. Для этого предлагается использовать другой способ подсчета максимально возможной суммарной мощности, основанный на сравнении пределов определения факторов [9]. Последний способ определения максимальной мощности позволяет повысить точность экспертной системы, если имеются ограничения по количеству случаев исходного массива данных, но он более сложен в реализации.

Оптимизация результата.

Для получения математической модели с наименьшим числом результирующих составляющих необходимо формирование модели заканчивать процедурой оптимизации. Для этого разработаны два варианта оптимизации математической модели [42]:

1. Просматриваем результирующие составляющие (импликанты) сверху вниз (начиная с самой мощной). Сравниваем номера просматриваемой импликанты последовательно сверху вниз с номерами строк других импликант. Если все номера просматриваемой импликанты будут присутствовать в других просматриваемых импликантах, то ее удаляют как избыточную. Перемещаясь дальше сверху вниз (начиная с первой) мы также сравниваем номера строк просматриваемой импликанты с номерами строк других импликант, но в этом просмотре не участвует удаленная импликанта. Выявляя таким способом избыточное

покрытие целевых строк, мы уменьшаем число результирующих составляющих.

2. Поступаем аналогично, просматривая снизу вверх (начиная с самой маломощной составляющей). При наличии всех номеров просматриваемой импликанты в других импликантах, просматриваемая импликанта удаляется и далее не участвует в процедуре исключения дублирующего покрытия целевых строк.

Способ выявления ограничений анализируемого метода лечения.

В основе предлагаемого способа лежит двухэтапный анализ с помощью алгебраической модели конструктивной логики с разными задаваемыми целями и последующим анализом результирующих составляющих итоговой математической модели. В результате удастся выявить ограничения и количественно оценить контингент пациентов, которым показан анализируемый способ лечения.

Разработанный способ выявления ограничений анализируемого метода лечения с помощью АМКЛ заключается в следующем [1]:

1. Строится математическая модель. В качестве цели выбирается предлагаемый метод лечения в сравнении с противопоставляемым известным методом.

2. С помощью анализа математической модели оценивается эффективность предлагаемого метода лечения по числу отличительных признаков (много результирующих составляющих со значительной суммарной мощностью свидетельствуют о возможности выявления того контингента, которым предлагаемый метод показан).

3. Из исходного массива анализируемых данных удаляются противопоставляемого метода лечения.

4. Задается из имеющихся в исходном массиве данных критерий положительного исхода.

5. Подсчитывается процент положительного исхода как отношение разности числа случаев в базе, которые соответствуют условию положительного исхода минус число совпавших целевых и нецелевых строк в математической модели к общему числу случаев в базе с учетом удаления данных по пункту 3.

6. С помощью АМКЛ строится математическая модель относительно цели по пункту 4. При необходимости выделяются главные результирующие составляющие.

7. Оценивается доля каждой результирующей составляющей, вносимой в общую долю по пункту 5, по результатам анализа результирующих составляющих на предмет их взаимного пересечения.

8. Ожидаемый результат оценивается отдельно по каждой результирующей составляющей.

ГЛАВА III

МЕТОДЫ РАБОТЫ С АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬЮ
КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ

3.1. Выделение главных результирующих составляющих

В практике анализа с помощью АМКЛ используются два способа выделения главных результирующих составляющих:

1. Первый из них основан на определении минимальной разности между нарастающими суммами мощностей результирующих составляющих сверху и снизу [42].

2. Второй способ основан на определении точки перегиба кривой убывающих мощностей результирующих составляющих [76].

Рассмотрим **первый способ** обобщенной оценки на простом примере, в котором факторы X_i представлены в не сочетанном виде.

Таблица 10

Аналитический материал по гестозам
(Хадарцева К.А., 2009)

Части	Сумма с накоплением снизу вверх	Результирующие импликаны	Сумма с накоплением сверху вниз
I	190	1. $M= 24. (2.22 \leq X7 < 3.2)$	24
	166	2. $M= 22. (77 < X4 \leq 106.2)$	46
	144	3. $M= 17. (28.9 \leq X13 < 30)$	63
	127	4. $M= 16. (39.1 < X13 \leq 47.2)$	79
	111	5. $M= 15. (13.4 < X2 < 15.2)$	94
II	96	6. $M= 11. (6 < X12 < 10)$	105
	85	7. $M= 11. (131 < X8 < 137)$	116
	74	8. $M= 10. (246 < X14 < 268)$	126
	64	9. $M= 9. (4.35 < X10 < 4.59)$	135
	55	10. $M= 9. (209 < X14 < 217)$	144
	46	11. $M= 9. (4.05 < X10 < 4.17)$	153
	37	12. $M= 8. (12.4 < X2 < 13.4)$	161
	29	13. $M= 7. (154 < X14 < 186)$	168
	22	14. $M= 6. (10.7 < X2 < 11.5)$	174
	16	15. $M= 6. (3.4 < X7 < 3.6)$	180
	10	16. $M= 6. (220 < X14 < 229)$	186
	4	17. $M= 4. (69.1 < X4 < 70)$	190

В данном способе обобщенная оценка результата в виде отношения числа результирующих импликант, ранжированных по убыванию мощности, второй части к числу первой части. Для выбран-

ного примера она будет равна $12/5 = 2,4$. Рекомендуется оценивать результат как положительный при двукратном их превышении, а импликанты первой части как наиболее значимые.

Разделение на части представлено как пересечение накопительного ряда снизу вверх с накопительным рядом сверху вниз, показанный в табл. 10 утолщенной линией.

В другом примере приведены результирующие импликанты в виде сочетанных факторов (табл. 11), отдельные из которых имеют одинаковые мощности, что затрудняет их ранжирование. Одновременно возникает вопрос о разделении на части, поскольку значения сравниваемых накопленных сумм перекрываются.

Таблица 11

Аналитический материал по шунгиту
(Серегина Н.В., 2008)

Части	Сумма с накоплением снизу вверх	Результирующие импликанты	Сумма с накоплением сверху вниз
I	383	1. $M = 108 (68 < X_2 < 73) \& (2 < X_1 < 5)$	108
	275	2. $M = 50 (2.3 < X_3 < 4) \& (69 < X_2 < 75) \& (0 < X_1 < 5)$	158
	225	3. $M = 50 (1 \leq X_5 < 2) \& (0 < X_4 < 2) \& (2 < X_1 \leq 5)$	208
II	175	4. $M = 50 (1 < X_4 \leq 2) \& (1 \leq X_5 < 2) \& (3 < X_1 \leq 5)$	258
	125	5. $M = 45 (68 < X_2 < 71) \& (1 < X_4 \leq 2) \& (0 < X_1 < 5)$	303
	80	6. $M = 40 (74 < X_2 < 78) \& (1 \leq X_4 < 2) \& (0 < X_6 \leq 1) \& (0 \leq X_{10} < 1)$	343
	40	7. $M = 40 (1.15 < X_3 < 2) \& (1 \leq X_5 < 2) \& (68 < X_2 < 80)$	383

Для ответа на поставленный вопрос необходимо:

1. Сравнить разности перекрывающихся накопленных сумм. Для выбранного примера: $225 - 158 = 67$ и $208 - 175 = 33$. Линию раздела провести по наименьшей разности.

2. Ранжирование результирующих импликант провести с учетом приоритета наибольшего числа перекрывающихся факторов по области их определения всех результирующих импликант. Для выбранного примера сравнение 3 и 4 импликант даст следующий результат:

Сравнение импликант

Импликанта N 3		
3. (1 ≤ X5 < 2)	3. (0 < X4 < 2)	1. (2 < X1 < 5)
4. (1 ≤ X5 < 2)	6. (1 ≤ X4 < 2)	2. (0 < X1 < 5)
7. (1 ≤ X5 < 2)		3. (2 < X1 ≤ 5)
		4. (3 < X1 ≤ 5)
		5. (0 < X1 < 5)
Общее число с перекрывающимися областями определения факторов равно 10		
Импликанта N 4		
3. (1 ≤ X5 < 2)	4. (1 < X4 ≤ 2)	1. (2 < X1 < 5)
4. (1 ≤ X5 < 2)	5. (1 < X4 ≤ 2)	2. (0 < X1 < 5)
7. (1 ≤ X5 < 2)		3. (2 < X1 ≤ 5)
		4. (3 < X1 ≤ 5)
		5. (0 < X1 < 5)
Общее число с перекрывающимися областями определения факторов равно 10		

Следовательно, сравниваемые результирующие импликанты 3 и 4 равноценны.

Далее аналогичным образом необходимо сравнить 2 и 3 импликанты и 2 и 4 импликанты, после чего можно делать окончательный выбор в ранжировании результирующих импликант с одинаковой мощностью в области разделения на части.

Предложенная обобщенная оценка позволяет оценить полученный результат и внести определенность в определении наиболее значимых результирующих составляющих.

Основополагающая идея **второго способа** заключается в нахождении максимальной абсолютной величины разности, показанной на рис. 1 ($81 - 40 = 41$), при рассмотрении сверху вниз, как границы, отделяющей главные составляющие (слева на рис. 1) от прочих составляющих (справа на рис. 51) [14].

Таким образом, необходимо вычислить минимальное значение разности:

$$W_i - \left[W_1 - \frac{W_1 - W_n}{n-1} (i-1) \right] = W_i - \frac{(n-i)W_1 + (i-1)W_n}{n-1}. \quad (1)$$

Практика выполнения аналитических расчетов с помощью АМКЛ, что в большинстве случаев предлагаемый способ можно применять для выделения главных результирующих составляющих.

Обозначения:

1. W_i – мощность результирующей составляющей, где $W_1 = W_{\max}$, $W_n = W_{\min}$ (показано на графике синим цветом).

2. n – число результирующих составляющих (на графике $n=7$).
3. S_i – мощность результирующих составляющих, которые могли бы быть при линейном характере их убывания, где $S_1 = W_1$, $S_n = W_n$ (показано на графике коричневым цветом).
4. i – номер результирующей составляющей ($i = 1, 2, 3...n$).

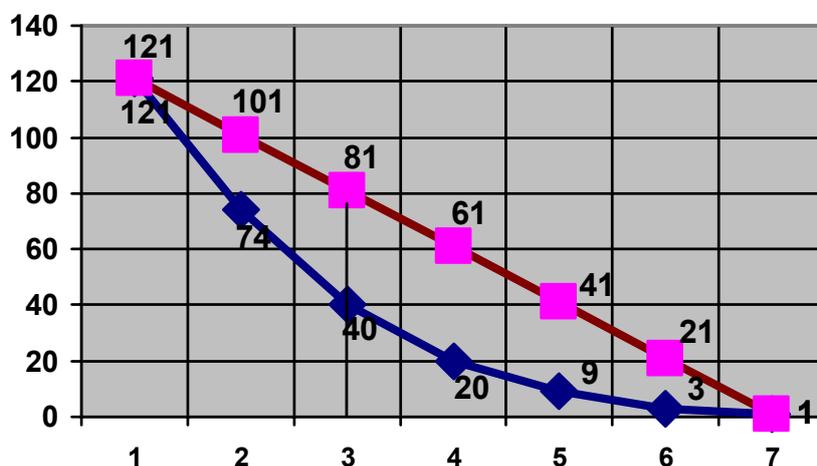


Рис. 51. Иллюстрация способа выделения главных результирующих составляющих

Особенности второго способа:

Ситуация 1: График мощностей результирующих составляющих имеет более одной точки перегиба. В результате могут быть положительные значения разности (1), которые не могут исказить результат, поскольку предусмотрено нахождение максимальной разности. Если положительная область на графике будет преобладать, то надо вводить ограничения на использование предлагаемого метода.

Ситуация 2: График мощностей результирующих составляющих представлен линейной функцией. Теоретически результат может быть представлен составляющими с единичной мощностью, что обычно свидетельствует об отрицательном результате вычислений. В этих случаях данный способ не применим.

Ситуация 3: График мощностей результирующих составляющих имеет одну точку перегиба и соответствует рис. 51. Практика выполнения аналитических расчетов показывает, что такая ситуация чаще всего соответствует удачно выполненным аналитическим расчетам с большим числом случаев, соответствующих достижению цели, и достаточно большой базой сравнения (случаев, где цель не достигается).

Учитывая особенности этих двух алгоритмов определение главных результирующих составляющих представляется достаточно трудоемким процессом при большом числе результирующих составляющих.

С целью автоматизации этого процесса создана программа, внешний вид которой представлен на рис. 52 [70].

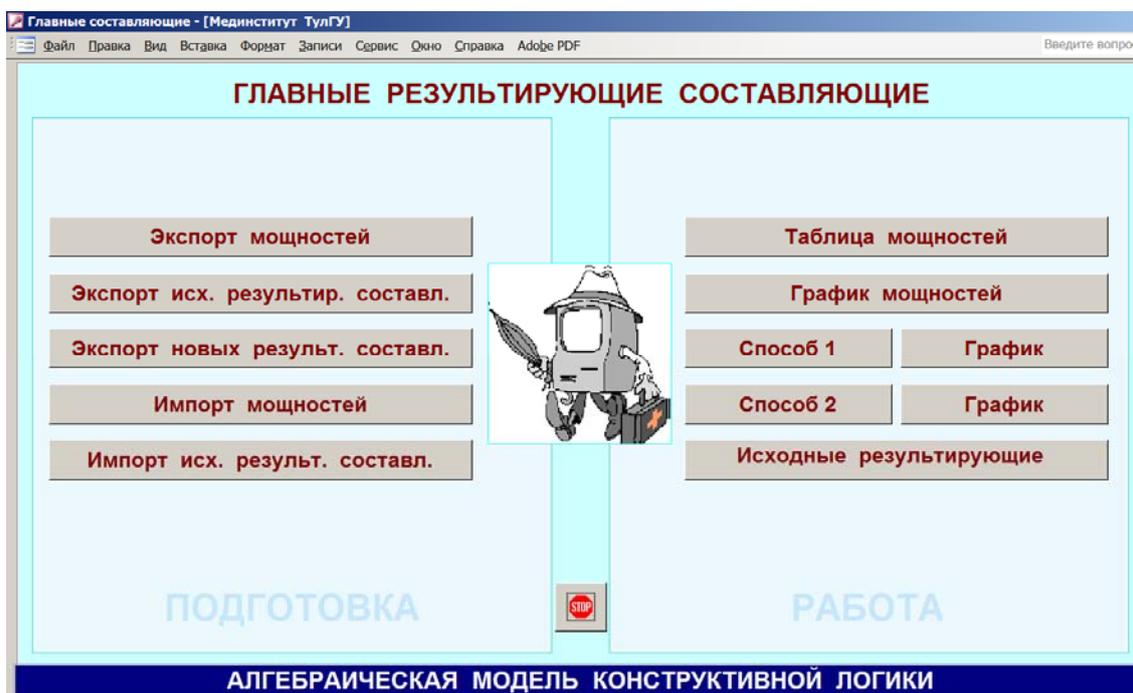


Рис. 52. Внешний вид программы

Номер	Результирующая составляющая	Нарастающая сумма сверху	Нарастающая сумма снизу	Разница
	1 $W = 142; 1 < X24 \leq 3$	142	939	797
	1 $W = 142; 0 \leq X26 < 1$	142	939	797
	1 $W = 142; 0 \leq X2 < 2$	142	939	797
	2 $W = 74; 0 < X22 \leq 1$	216	797	581
	2 $W = 74; 2 < X24 \leq 3$	216	797	581
	2 $W = 74; 0 \leq X26 < 1$	216	797	581
	3 $W = 67; 2 < X24 \leq 3$	283	723	440
	3 $W = 67; 0 \leq X26 < 1$	283	723	440
	3 $W = 67; 0 < X23 \leq 1$	283	723	440
	4 $W = 63; 2 < X19 \leq 5$	346	656	310
	4 $W = 63; 2 \leq X24 < 3$	346	656	310
	4 $W = 63; 0 < X10 < 2$	346	656	310
	5 $W = 50; 6 < X3 < 10$	396	593	197
	5 $W = 50; 1 < X24 < 3$	396	593	197
	5 $W = 50; 0 \leq X27 < 18$	396	593	197
	6 $W = 49; 1 < X24 \leq 3$	445	543	98
	6 $W = 49; 37 < X27 < 45$	445	543	98
	6 $W = 49; 0 \leq X7 < 2$	445	543	98
▶	7 $W = 45; 0 \leq X22 < 1$	490	494	4
	7 $W = 45; 1 < X24 \leq 2$	490	494	4
	7 $W = 45; 0 \leq X20 < 1$	490	494	4
	8 $W = 44; 7 < X3 < 9$	534	449	85
	8 $W = 44; 3 \leq X19 < 6$	534	449	85
	9 $W = 41; 0 \leq X10 < 1$	575	405	170
	9 $W = 41; 2 < X24 \leq 3$	575	405	170
	9 $W = 41; 8 < X3 < 10$	575	405	170

.....

Рис. 53. Граница выделения наиболее мощных результирующих составляющих по способу 1

Программа позволяет:

1. Определять наиболее мощные результирующие составляющие по способу 1 с учетом специальных процедур перестановки составляющих с равной мощностью [42].
2. Определять наиболее мощные результирующие составляющие по способу 2 по максимальной разности между значениями кривой убывания мощностей и прямой линией, проведенной между крайними точками этой кривой [76].
3. Осуществлять экспорт и импорт данных.
4. Просматривать таблицу и график мощностей результирующих составляющих.
5. Просматривать исходные результирующие составляющие для сравнения с полученными в результате расчета.

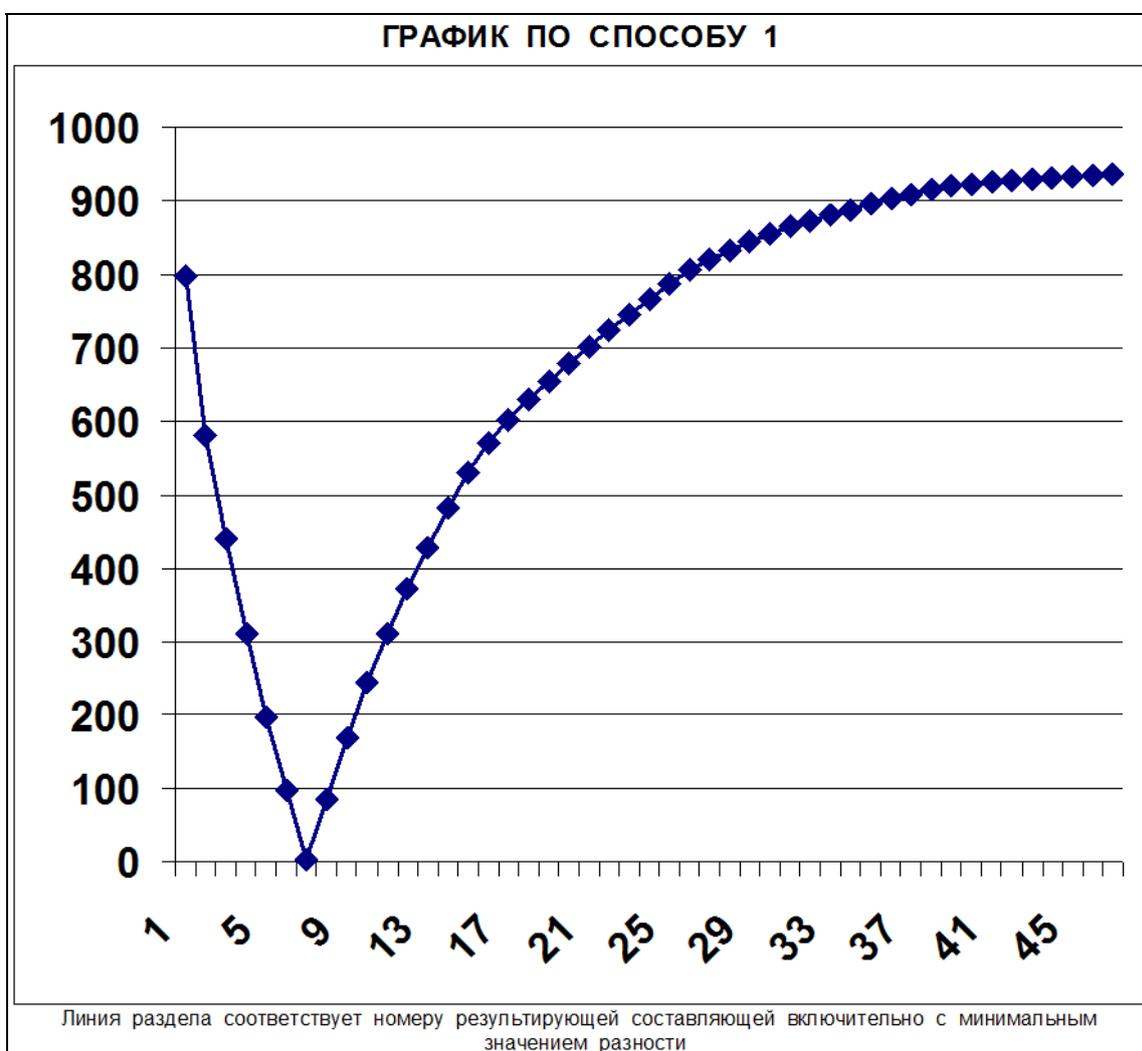


Рис. 54. Линия раздела мощных результирующих составляющих по способу 1

	Номер	Мощность	Разность
	1	142	0
	2	74	64,9347826086957
	3	67	68,8695652173913
	4	63	69,804347826087
	5	50	79,7391304347826
	6	49	77,6739130434783
	7	45	78,6086956521739
	8	44	76,5434782608696
	9	41	76,4782608695652
	10	34	80,4130434782609
	11	31	80,3478260869565
	12	30	78,2826086956522
	13	27	78,2173913043478
	14	27	75,1521739130435
	15	22	77,0869565217391
	16	17	79,0217391304348
	17	15	77,9565217391304
	18	13	76,8913043478261
	19	12	74,8260869565217
	20	12	71,7608695652174
	21	11	69,695652173913
	22	11	66,6304347826087
	23	11	63,5652173913043
	24	10	61,5

.....

Рис. 55. Граница выделения наиболее мощных результирующих составляющих по способу 2

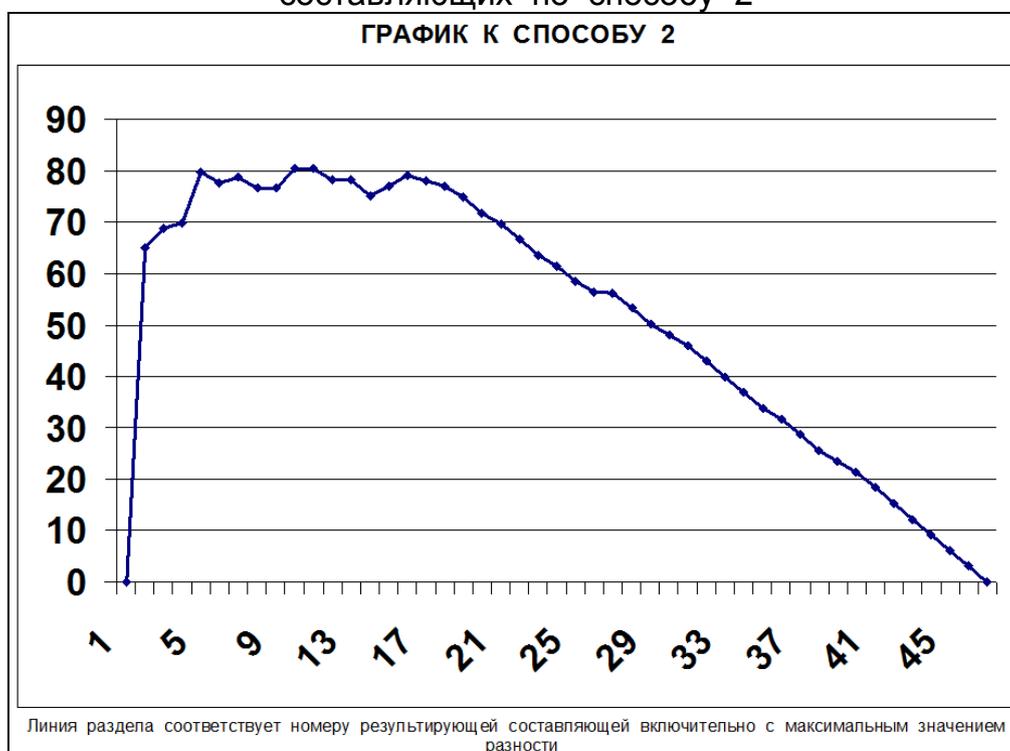


Рис. 56. Линия раздела мощных результирующих составляющих по способу 2

Для работы с программой необходимо:

1. Загрузить исходные данные в формате программы построения АМКЛ.
2. Определить наиболее мощные результирующие составляющие по способам 1 и 2.
3. Просматривая график и необходимости таблицу изменения мощностей результирующих составляющих, выбрать один из двух полученных результатов.
4. Выгрузить данные при необходимости.

Представленную программу целесообразно использовать в составе пакета аналитических программ АМКЛ при выполнении сложных аналитических расчетов.

В заключение следует отметить, что кроме рассмотренных двух способов выделения главных результирующих составляющих можно и другие варианты. Например, вместо накапливаемой суммы по первому способу можно использовать дисперсию.

3.2. Анализ и исключение противоречивых случаев при формировании данных для многофакторного анализа с использованием алгебраической модели конструктивной логики

Исходный массив данных не должен содержать противоречий (когда цель достигается и не достигается при одних и тех же значениях факторов). С этой целью в компьютерной программе предусмотрено исключение тех целевых строк, которые совпадают с нецелевыми строками [40]. Однако это не всегда является приемлемым в случаях большого числа совпадающих целевых строк и единичного числа нецелевых строк или наоборот, поскольку исключается большое число случаев из-за единичных нецелевых строк или единичных целевых строк [68, 73]. Эти противоречия возникают, прежде всего, из-за вероятностного характера случаев, что хорошо просматривается в мониторинге смертности населения [1, 2, 69].

Применение способов оптимального исключения противоречивых исходных данных является необходимостью, которая не только улучшает математическую модель, но и в ряде случаев является единственным способом выполнить многофакторный анализ.

Рассмотрим предлагаемые способы на примере анализа массива данных о смертности лиц за 2007 – 2014 годы в возрасте 18 лет и старше, постоянно проживавших в Тульской области (всего **208269** случаев) [2]. В качестве цели принята возрастная когорта **45-54** года, которая, как показывает многолетний опыт, характеризуется повышенной смертностью [35, 38]. Эта когорта нарушает гладкость кривой зависимости числа случаев смерти от возраста. Также следует отметить, что на примере мониторинга смертности населения наилучшим образом просматривается проблема подго-

товки исходного массива данных с целью оптимального исключения противоречивых случаев.

Таблица 13

Принятые обозначения

Название	Значения
W (кол-во)	Мощность (число одинаковых строк в таблице)
Цель	0 – цель не достигается (случай не входит в возрастную когорту 45-54)
	1 – цель достигается (случай входит в возрастную когорту 45-54)
Класс МКБ-Х	Номер класса МКБ-Х
Пол	1 – мужской
	2 – женский
Семья	1 – состоял(а) в зарегистрированном браке
	2 – не состоял(а) в зарегистрированном браке
	3 – неизвестно
Образование	1 – профессиональное: высшее
	2 – профессиональное: не полное высшее
	3 – профессиональное: среднее
	4 – профессиональное: начальное
	5 – общее: среднее (полное)
	6 – общее: основное
	7 – общее: начальное
	8 – общее: не имеет начального образования
	9 – неизвестно

Исходный массив данных в объеме медицинского свидетельства о смерти был верифицирован разнообразными способами, в том числе с использованием режима автоматического определения первоначальной причины смерти [25, 34, 36, 54, 61, 84].

Рассматриваемые способы оптимального исключения противоречивых случаев заключаются в следующем.

Способ 1 по задаваемой кратности превышения частот. В основе этого способа положен следующий принцип отбора противоречивых случаев:

- целевые случаи с превышением частоты оставляем, а нецелевые случаи – удаляем;
- нецелевые случаи с превышением частоты оставляем, а целевые случаи – удаляем;
- не совпадающие целевые и нецелевые случаи оставляем.

Для реализации этого способа необходим алгоритм, с помощью которого можно вычислить величину кратности превышения частот. Предлагаются следующие варианты:

Вариант А.

1. По каждому из факторов (в рассматриваемом случае их четыре) находим кратность превышения частот целевых случаев **F1** над совпадающими нецелевыми случаями **F0** (табл. 14-17):

Таблица 14

Кратность превышения частот целевых случаев над нецелевыми случаями по фактору «Класс МКБ-Х»

Кол-во	Класс МКБ	F1/F0
4019	20	2,5836
3487	2	1,1681
1999	11	2,1889
1197	10	1,5604
972	18	1,7378
565	1	2,7763
84	5	1,4620
36	17	2,5510
32	13	1,1074
22	12	1,6789
6	8	3,3482

Таблица 15

Кратность превышения частот целевых случаев над нецелевыми случаями по фактору «Пол»

Кол-во	Пол	F1/F0
15425	1	1,5809

Таблица 16

Кратность превышения частот целевых случаев над нецелевыми случаями по фактору «Семья»

Кол-во	Семья	F1/F0
1536	3	1,5659

Таблица 17

Кратность превышения частот целевых случаев над нецелевыми случаями по фактору «Образование»

Кол-во	Образование	F1/F0
7835	3	1,5904
6520	5	1,5337
1971	9	1,2411
174	2	1,0804

2. В каждой таблице находим максимальное значение **F1/F0**.

3. Среди полученных максимальных значений находим наибольшее (в рассматриваемом примере 3,348).

4. Округляем полученное значение в большую сторону (в рассматриваемом примере **3,5**).

В результате вычислений из совпадающих целевых и нецелевых случаев для кратности превышения частот 3,5 остаются 2131 целевых случая, показанных в табл. 18

Таблица 18

Целевые случаи, оставленные для формирования аналитического массива данных, с кратностью превышения частот равной 3,5 для всех анализируемых факторов

Кол-во	Класс МКБ	Пол	Семья	Образование	F1/F0
599	20	1	1	3	3,7850
260	20	1	3	9	4,4386
187	18	1	2	5	3,7435
187	10	1	2	5	3,9848
153	18	1	2	3	3,8372
131	20	2	1	3	3,8602
125	18	1	3	9	3,5207
93	11	1	3	9	3,9353
71	1	1	1	3	3,5023
62	1	1	1	5	3,7152
33	1	1	3	9	4,3329
18	18	1	2	4	5,0223
17	1	2	1	3	3,9943
10	1	2	3	9	4,9602
10	5	1	2	5	3,8819
9	1	1	2	1	4,0178
7	20	1	3	5	4,4642
7	5	1	3	9	6,9443

6	1	1	3	3	10,7141
6	12	2	1	3	4,8701
6	20	2	1	9	3,8265
6	6	1	2	9	4,1208
6	1	1	1	9	4,8701
6	17	1	2	5	53,5707
5	5	2	2	5	4,0584
5	10	1	2	2	4,4642
5	17	2	2	3	3,7202
5	5	1	1	1	3,7202
4	5	1	2	1	5,9523
4	20	1	3	6	3,9682
4	10	1	3	3	4,4642
4	1	2	1	1	3,9682
4	17	1	1	5	3,9682
3	12	1	1	5	6,6963
3	20	2	1	2	3,8265
3	11	1	2	8	4,4642
3	18	1	3	5	6,6963
3	11	1	3	5	5,3571
3	17	1	2	3	4,4642
3	11	2	3	3	4,4642
3	13	2	2	1	3,8265
3	3	1	1	5	4,4642
2	1	1	2	8	3,5714
2	5	1	2	4	4,4642
2	1	2	1	4	8,9284
2	1	2	3	5	5,9523
2	4	1	2	2	17,8569
2	11	1	1	8	8,9284
2	10	2	3	5	8,9284
2	1	1	1	2	8,9284
2	17	2	1	1	8,9284
2	17	1	1	6	17,8569
2	14	1	3	3	17,8569
2	10	1	3	5	3,5714
1	3	1	2	3	8,92845
1	13	1	2	5	4,4642
1	2	2	3	4	4,4642
1	2	1	3	8	4,4642
1	1	2	3	6	4,4642
1	5	1	2	2	4,4642
1	17	1	1	9	8,9284

1	17	2	1	9	8,9284
1	18	1	3	3	8,9284
1	18	2	3	5	8,9284
1	20	1	3	1	8,9284
1	20	1	3	2	4,4642
1	14	2	2	2	4,4642
1	20	2	3	3	4,4642
1	8	1	2	1	8,9284
1	8	1	1	5	4,4642
1	6	1	3	3	8,9284
1	4	1	3	5	4,4642
1	5	2	1	9	4,4642
1	12	1	1	7	8,9284
1	5	1	3	5	4,4642
1	5	1	2	8	8,9284
1	12	2	1	1	4,4642
1	12	2	1	5	4,4642
1	6	1	3	5	4,4642
Всего 2131 случай					

Для реализации изложенного способа и формирования аналитического массива данных была создана специальная программа **AMCLMedSSDk**. С помощью этой программы сформирован массив из **184638** случая, из которых **2148** случая являются целевыми.

Вариант Б.

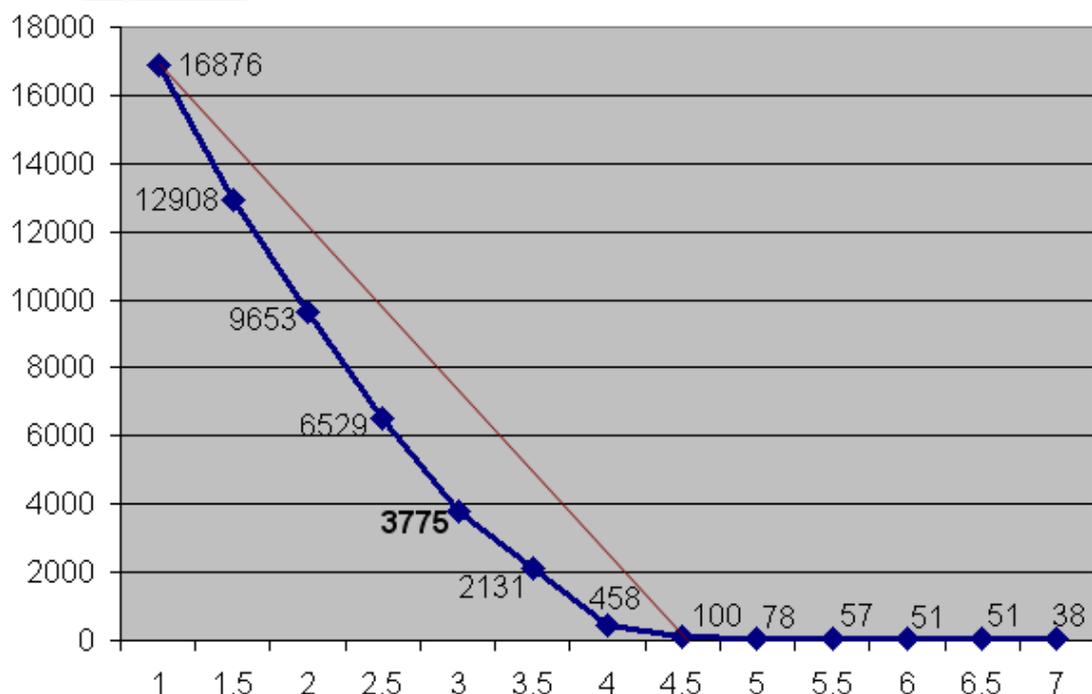


Рис. 57. Зависимость числа отфильтрованных случаев от кратности превышения частот

1. Вычисляется суммарное число оставляемых целевых случаев для различной кратности превышения частот и всех анализируемых факторов. По полученным значениям строится график (рис. 57).

2. Выделяется участок крутого спада (выделен прямой линией на рис. 57), на котором находится точка перегиба. Этой точке соответствует кратность превышения частот, которую следует использовать для формирования аналитического массива (для рассматриваемого примера кратность превышения частот равна 3).

Для реализации этого варианта можно воспользоваться программным обеспечением и принципом определения главных результирующих составляющих АМКЛ, изложенных в публикациях [18, 70, 73, 76].

Способ 2 с оценкой по доверительным интервалам. В основе этого способа положен следующий принцип отбора противоречивых случаев:

- целевые и нецелевые случаи при пересечении доверительных интервалов удаляем;

- целевые случаи, нижняя граница доверительного интервала которых выше верхней границы доверительного интервала нецелевых случаев, – оставляем, а нецелевые случаи – удаляем;

- нецелевые случаи, нижняя граница доверительного интервала которых выше верхней границы доверительного интервала целевых случаев, – оставляем, а целевые случаи – удаляем;

- не совпадающие целевые и нецелевые случаи оставляем.

Для реализации данного способа было создано специальная программа **AMCLMedSSDm**, с помощью которой были вычислены оставляемые для формирования аналитического массива данных целевые случаи (табл. 19).

Таблица 19

Целевые случаи, оставленные для формирования аналитического массива данных, по не пересекающимся доверительным интервалам для всех анализируемых факторов

W	Класс МКБ	Пол	Семья	Образование
1378	9	1	1	3
1021	9	1	1	5
898	9	1	2	3
836	9	1	2	5
645	2	1	1	3
599	20	1	1	3
596	20	1	2	5
544	20	1	2	3
541	20	1	1	5

447	2	1	1	5
411	2	2	1	3
332	9	1	3	9
260	20	1	3	9
244	2	2	2	3
232	20	1	2	6
232	11	1	1	3
217	11	1	1	5
204	2	1	2	3
187	18	1	2	5
187	10	1	2	5
185	11	1	2	3
174	2	2	1	1
169	11	1	2	5
169	2	1	2	5
159	20	2	2	3
155	10	1	2	3
153	18	1	2	3
151	10	1	1	3
145	11	2	1	3
131	20	1	1	6
131	20	2	1	3
128	20	1	1	1
125	18	1	3	9
124	10	1	1	5
123	20	2	2	5
119	11	2	2	3
111	20	2	1	5
107	11	2	1	5
101	10	1	2	6
99	2	2	2	1
98	10	1	3	9
96	1	1	2	5
95	11	2	2	5
93	11	1	3	9
92	11	1	2	6
92	2	1	2	6
85	18	1	1	5
81	18	1	2	6
80	20	1	2	1
78	11	1	1	1
76	11	1	1	6
72	1	1	2	3

71	1	1	1	3
65	2	1	3	9
62	1	1	1	5
58	9	1	2	4
57	1	1	2	6
56	6	1	1	3
56	18	1	1	3
54	20	2	3	9
52	6	1	2	3
46	11	1	1	9
42	10	2	2	3
35	6	1	3	9
33	1	1	3	9
33	20	1	2	4
33	11	1	2	1
31	20	2	1	1
31	20	2	1	6
30	6	1	2	5
30	20	1	2	9
30	6	1	2	6
30	18	2	3	9
28	1	1	1	6
28	20	1	1	4
26	18	1	2	1
24	11	2	1	9
23	11	2	1	1
21	1	2	2	3
20	14	2	2	3
18	18	1	2	4
18	20	1	1	9
17	1	2	1	3
15	11	1	2	9
14	20	1	1	2
14	5	1	1	3
14	18	1	2	9
10	1	2	3	9
10	5	1	2	5
7	5	1	3	9
6	1	1	3	3
6	17	1	2	5
Всего 15062 случая				

В результате расчета был сформирован аналитический массив из **119645** случая, из которых целевых случаев **15079**.

Из представленных расчетов видно, что без применения предложенных способов оптимального исключения противоречивых исходных данных построение математической модели с помощью АМКЛ был бы невозможно из-за малого числа не противоречивых целевых случаев:

- по способу 1 (вариант А) $2148 - 2131 = 17$;
- по способу 2 $15079 - 15062 = 17$.

Выбор одного из способа исключения противоречивых исходных данных зависит от многих факторов, главным из которых является степень верификации исходных данных. Чем выше уверенность в достоверности исходных данных, тем больше склонность в применении способа с большим числом целевых случаев.

Для рассматриваемого примера (мониторинга смертности) степень уверенности в достоверности достаточно высокая из-за применения различных эффективных способов верификации данных [25, 38, 36, 54, 61]. Это позволяет воспользоваться способом 2, для которого в аналитическом массиве данных будет представлено 15079 целевых случаев, вместо 2148 в способе 1 (вариант А).

В выборе способа необходимо также обращать внимание на число нецелевых случаев. Опыт использования АМКЛ для многофакторного анализа указывает на необходимость иметь нецелевых случаев не менее двукратного числа целевых случаев. В рассматриваемом примере это условие соблюдается для способа 2, несмотря на заметно меньшее число нецелевых случаев по сравнению со способом 1 (вариант А).

Другими факторами в выборе способа исключения противоречивых исходных данных может быть качественный анализ целевых случаев. Для рассматриваемом примере с мониторингом смертности использование способа 1 привело бы к исключению целевых случаев с классом 9 (болезни системы кровообращения) в качестве первоначальной причины смерти, в то время как они стоят в России на первом месте. Это обстоятельство также указывает на необходимость тщательной верификации исходных данных по смертности населения [69].

Выводы:

1. Из предложенных способов оптимального исключения противоречивых исходных данных нельзя выделить только один для применения. Все способы имеют свою область применения в зависимости от обстоятельств.

2. Применение способов оптимального исключения противоречивых исходных данных является необходимостью, которая не только улучшает математическую модель, но и в ряде случаев является единственным способом выполнить многофакторный анализ.

Важным аспектом удаления совпадений целевых и нецелевых строк со значительной диспропорцией является степень его влияния на результирующую математическую модель. Для оценки такого влияния рассмотрим механизм анализа совпадений целевых и нецелевых строк на примере массива в 420 случаев по использованию магниевой терапии с факторами, представленными в табл. 20 [68].

Таблица 20

Факторы, используемые в анализе дисплазии соединительной ткани с магниевой терапией

Обозначение	Название фактора	Значения фактора	Кол-во
X1	Магниевая терапия	0 – дисплазия соединительной ткани без магниевой терапией	185
		1 – дисплазия соединительной ткани с магниевой терапией	190
		2 – без признаков дисплазии соединительной ткани и без магниевой терапией	45
X2	Возраст (в годах)	Число лет (целое число)	
X3	O21.0 – Рвота беременных легкая или умеренная	0 - нет	305
		1 - есть	115
X4	O20.0 – Угрожающий аборт (Кровотечение, уточненное как проявление угрожающего аборта)	0 - нет	311
		1 - есть	109
X5	O45.0 – Преждевременная отслойка плаценты с нарушением свертываемости крови	0 - нет	402
		1 - есть	18
X6	O34.3 – Истмико-цервикальная недостаточность, требующая предоставления медицинской помощи матери	0 - нет	344
		1 - есть	76
X7	O11 – Существовавшая ранее гипертензия с присоединившейся протеинурией	0 - нет	272
		1 - есть	148

X8	O99.0 – Туберкулез, осложняющий беременность, деторождение или послеродовой период	0 - нет	319
		1 - есть	101
X9	P20 – Внутриутробная гипоксия	0 - нет	313
		1 - есть	107
X10	P05 – Замедленный рост и недостаточность питания плода	0 - нет	375
		1 - есть	45
X11	N96 – Привычный выкидыш	0 - нет	415
		1 - есть	5
X12	O80 – Роды одноплодные, самопроизвольное родоразрешение	0 - нет	91
		1 - есть	329
X13	O60 – Преждевременные роды	0 - нет	385
		1 - есть	35
X14	O63 – Затяжные роды	0 - нет	395
		1 - есть	25
X15	O62.0 – Первичная слабость родовой деятельности	0 - нет	332
		1 - есть	88
X16	O20.8 – Другие кровотечения в ранние сроки беременности	0 - нет	364
		1 - есть	56
X17	O72 – Послеродовое кровотечение	0 - нет	390
		1 - есть	30

Математическая модель, построенная с помощью АМКЛ, представлена следующими результирующими поставляющими [43]:

Импликация ПРЯМЫЕ из файла: E:\АналитРасчеты\base.txt

Переменная цели: X1.

Значение цели: 1.

Маска: нет

Совпало целевых и нецелевых строк: 36.

1. W= 59.

(0 <= X3 < 1) & (0 <= X4 < 1) & (21 < X2 < 25)

Строки: 197; 198; 203; 204; 205; 215; 220; 221; 226; 227; 228; 232; 237; 238; 243; 244; 249; 250; 251; 255; 260; 261; 277; 278; 283; 284; 289; 290; 291; 295; 297; 298; 303; 304; 305; 309; 314; 315; 320; 321; 326; 327; 328; 332; 334; 335; 340; 341; 342; 346; 351; 352; 357; 358; 363; 364; 365; 369; 375

2. W= 30.

(0 < X12 <= 1) & (20 <= X2 < 22)

Строки: 210; 211; 212; 213; 233; 234; 235; 256; 257; 258; 259; 273;

274; 275; 276; 296; 310; 311; 312; 313; 333; 347; 348; 349; 350; 370; 371;
372; 373; 374

3. W= 22.

$(0 < X6 \leq 1) \& (0 < X12 \leq 1) \& (0 \leq X8 < 1) \& (0 \leq X4 < 1)$

Строки: 196; 197; 198; 199; 229; 230; 231; 232; 233; 234; 235; 237;
238; 246; 247; 248; 249; 250; 251; 252; 253; 254

4. W= 16.

$(22 < X2 < 25) \& (0 < X12 \leq 1) \& (0 \leq X7 < 1) \& (0 \leq X3 < 1)$

Строки: 205; 227; 250; 251; 267; 268; 290; 291; 304; 305; 327; 328;
341; 342; 364; 365

5. W= 14.

$(0 \leq X15 < 1) \& (27 < X2 < 29) \& (0 \leq X8 < 1) \& (0 \leq X13 < 1) \& (0 \leq X4 < 1)$

Строки: 196; 202; 219; 225; 242; 248; 265; 282; 288; 302; 319; 325;
339; 356

6. W= 10.

$(0 < X3 \leq 1) \& (0 \leq X4 < 1) \& (0 < X12 \leq 1)$

Строки: 196; 206; 207; 208; 209; 210; 211; 212; 213; 214

7. W= 9.

$(0 < X17 \leq 1) \& (0 \leq X3 < 1)$

Строки: 362; 363; 364; 365; 366; 367; 368; 369; 370

8. W= 6.

$(0 < X8 \leq 1) \& (25 \leq X2 < 26) \& (0 \leq X15 < 1) \& (0 \leq X13 < 1) \&$
 $(0 \leq X14 < 1)$

Строки: 194; 206; 207; 208; 360; 366

9. W= 6.

$(0 \leq X15 < 1) \& (0 < X9 \leq 1) \& (0 \leq X8 < 1) \& (0 \leq X13 < 1) \&$
 $(24 < X2 < 27) \& (0 \leq X5 < 1)$

Строки: 199; 200; 222; 223; 230; 231

10. W= 5.

$(23 < X2 < 26) \& (0 \leq X7 < 1) \& (0 \leq X12 < 1) \& (0 \leq X15 < 1) \&$
 $(0 \leq X5 < 1)$

Строки: 286; 308; 331; 343; 354

11. W= 4.

$(0 < X3 \leq 1) \& (0 < X8 \leq 1) \& (28 < X2 \leq 30) \& (0 \leq X5 < 1)$

Строки: 187; 188; 189; 190

12. W= 4.

$(0 < X10 \leq 1) \& (24 < X2 < 26) \& (0 \leq X16 < 1) \& (0 \leq X5 < 1)$

Строки: 193; 194; 208; 240

13. W= 4.

$(20 \leq X2 < 22) \& (0 < X9 \leq 1) \& (0 \leq X16 < 1)$

Строки: 233; 234; 235; 236

14. W= 3.

$(0 < X10 \leq 1) \& (26 < X2 < 30) \& (0 \leq X16 < 1)$

Строки: 195; 241; 242

15. W= 3.

$(0 \leq X_{15} < 1) \& (0 < X_9 \leq 1) \& (0 \leq X_8 < 1) \& (25 < X_2 < 28) \&$
 $(0 \leq X_4 < 1)$
 Строки: 201; 218; 224
 16. $W = 3.$
 $(0 < X_4 \leq 1) \& (24 < X_2 < 27) \& (0 \leq X_3 < 1)$
 Строки: 269; 270; 271
 17. $W = 3.$
 $(0 < X_{10} \leq 1) \& (0 < X_8 \leq 1) \& (0 \leq X_6 < 1) \& (22 \leq X_2 < 23) \&$
 $(0 \leq X_5 < 1)$
 Строки: 191; 192; 209
 18. $W = 2.$
 $(0 < X_{13} \leq 1) \& (0 \leq X_8 < 1) \& (0 < X_{12} \leq 1) \& (25 \leq X_2 < 28)$
 Строки: 216; 217
 19. $W = 1.$
 $(0 < X_8 \leq 1) \& (0 \leq X_9 < 1) \& (0 < X_{12} \leq 1) \& (0 \leq X_{16} < 1) \& (25 < X_2 < 28) \&$
 $(0 \leq X_7 < 1) \& (0 \leq X_{15} < 1) \& (0 \leq X_3 < 1)$
 Строки: 361
 20. $W = 1.$
 $(0 < X_4 \leq 1) \& (0 < X_{13} \leq 1) \& (0 \leq X_3 < 1)$
 Строки: 186

В представленной математической модели имеет место 36 совпадений целевых и нецелевых строк. В результате программа исключила 36 целевых строк из расчета, что привело к уменьшению мощностей отдельных результирующих составляющих.

С помощью специальной программы были также выделены главные результирующие составляющие (выделены жирным шрифтом). При этом был использован первый способ (из двух имеющихся в программе), который дает компактное представление главных результирующих составляющих, поскольку второй способ имеет не ярко выраженный перегиб функции распределения мощностей [43].

Предлагаемый механизм анализа совпадений целевых и нецелевых строк реализован шестью последовательно выполняемыми запросами в специальной программе **AnSvpAmcl**, с помощью которой совпадения представлены в табл. 21.

Таблица 21

Совпадающие целевые и нецелевые строки

Повторы	X	Цель
3	22010000000100000	0
3	22010000000100000	1
3	22010000000100000	1
27	25000000000100000	0
27	25000000000100000	1
27	25000000000100000	1

Анализ осуществляется просмотром совпадений больше 2 (выделены цветом) и выявления случаев не достижения цели (цель равна 0) по количеству значительно меньше, чем число случаев достижения цели (цель равна 1).

Наличие сильных диспропорций требует корректировки базы путем исключения случаев не достижения цели в таком повторе.

После удаления выделенных цветом повторов совпадения будут представлены следующим образом:

Таблица 22

Совпадающие целевые и нецелевые строки после оптимизации базы

Повторы	X	Цель
3	22010000000100000	0
3	22010000000100000	1
3	22010000000100000	1

Построим математическую модель на массиве в 418 случаев (после исключения двух нецелевых случаев) [43].

Импликации ПРЯМЫЕ из файла: E:\АналитРасчеты\Base.txt

Переменная цели: X1.

Значение цели: 1.

Маска: нет.

Совпало целевых и нецелевых строк: 2.

1. M= 59.

(0 <= X3 < 1) & (0 <= X4 < 1) & (21 < X2 < 25)

Строки: 195; 196; 201; 202; 203; 213; 218; 219; 224; 225; 226; 230; 235; 236; 241; 242; 247; 248; 249; 253; 258; 259; 275; 276; 281; 282; 287; 288; 289; 293; 295; 296; 301; 302; 303; 307; 312; 313; 318; 319; 324; 325; 326; 330; 332; 333; 338; 339; 340; 344; 349; 350; 355; 356; 361; 362; 363; 367; 373

2. M= 47.

(0 <= X15 < 1) & (23 < X2 < 26) & (0 < X12 <= 1) & (0 <= X3 < 1)

Строки: 197; 198; 214; 215; 220; 221; 227; 228; 229; 237; 238; 243; 244; 250; 251; 252; 260; 261; 267; 268; 269; 277; 278; 283; 290; 291; 292; 297; 298; 304; 305; 314; 315; 320; 321; 327; 328; 334; 335; 342; 343; 351; 357; 358; 364; 365; 366

3. M= 45.

(23 < X2 < 26) & (0 <= X7 < 1) & (0 <= X15 < 1) & (0 <= X3 < 1)

Строки: 220; 221; 237; 238; 243; 244; 250; 251; 252; 260; 261; 267; 268; 269; 277; 278; 283; 284; 290; 291; 292; 297; 298; 304; 305; 306; 314; 315; 320; 321; 327; 328; 329; 334; 335; 341; 342; 343; 351; 352; 357; 358; 364; 365; 366

4. M= 30.

(20 <= X2 < 22) & (0 < X12 <= 1)

Строки: 208; 209; 210; 211; 231; 232; 233; 254; 255; 256; 257; 271;
272; 273; 274; 294; 308; 309; 310; 311; 331; 345; 346; 347; 348; 368; 369;
370; 371; 372

5. M= 27.

(26 < X2 < 29) & (0 <= X15 < 1) & (0 <= X8 < 1) & (0 <= X13 < 1) & (0 <= X4 < 1)

Строки: 194; 199; 200; 216; 217; 222; 223; 239; 240; 245; 246; 262;
263; 279; 280; 285; 286; 299; 300; 316; 317; 322; 323; 336; 337; 353; 354

6. M= 16.

(22 < X2 < 25) & (0 < X12 <= 1) & (0 <= X7 < 1) & (0 <= X3 < 1)

Строки: 203; 225; 248; 249; 265; 266; 288; 289; 302; 303; 325; 326;
339; 340; 362; 363

7. M= 10.

(0 < X3 <= 1) & (0 <= X4 < 1) & (0 < X12 <= 1)

Строки: 194; 204; 205; 206; 207; 208; 209; 210; 211; 212

8. M= 6.

(0 < X17 <= 1) & (0 < X8 <= 1) & (0 <= X5 < 1)

Строки: 188; 360; 361; 362; 363; 364

9. M= 4.

(0 < X10 <= 1) & (24 < X2 < 26) & (0 <= X16 < 1) & (0 <= X5 < 1)

Строки: 191; 192; 206; 238

10. M= 4.

(0 < X3 <= 1) & (0 < X8 <= 1) & (28 < X2 <= 30) & (0 <= X5 < 1)

Строки: 185; 186; 187; 188

11. M= 4.

(20 <= X2 < 22) & (0 < X9 <= 1) & (0 <= X16 < 1)

Строки: 231; 232; 233; 234

12. M= 3.

(0 < X10 <= 1) & (0 < X8 <= 1) & (0 <= X6 < 1) & (22 <= X2 < 23) & (0 <= X5 < 1)

Строки: 189; 190; 207

13. M= 3.

(0 < X10 <= 1) & (26 < X2 < 30) & (0 <= X16 < 1)

Строки: 193; 239; 240

14. M= 1.

(0 < X8 <= 1) & (0 <= X9 < 1) & (0 < X12 <= 1) & (0 <= X16 < 1) & (25 < X2 < 28) & (0 <= X7 < 1) & (0 <= X15 < 1) & (0 <= X3 < 1)

Строки: 359

15. M= 1.

(0 < X4 <= 1) & (0 < X13 <= 1) & (0 <= X3 < 1)

Строки: 184

Главные результирующие составляющие выделены жирным цветом. При этом был использован второй способ, поскольку

функция распределения мощностей имеет ярко выраженный перегиб [50].

Сравнивая две математические модели до и после оптимизации базы можно оценить результат:

1. Изменились в сторону увеличения мощности результирующих составляющих.
2. Уменьшилось число результирующих составляющих.
3. Число совпадений целевых и нецелевых строк уменьшилось до двух.
4. Ряд результирующих составляющих изменились в части сочетанности и пределов определения факторов.

В целом указанные изменения следует оценивать как положительные, позволяющие улучшить математическую модель. Главным в этом является значительное увеличение числа анализируемых целевых случаев за счет незначительной потери нецелевых случаев, которыми можно пренебречь.

Таким образом, предлагаемый механизм анализа исходных данных может в ряде случаев существенно улучшить математическую модель, построенную на основе АМКЛ.

Для анализа исходных данных создан алгоритм (табл. 23) и программа **AnSvpAmcl** (рис. 58), позволяющие решать следующие задачи:

1. Выявление совпадений целевых и нецелевых строк в базе данных.
2. Формирование базы без совпадений целевых и нецелевых строк.
3. Формирование базы для АМКЛ (модернизированный вариант [73]).

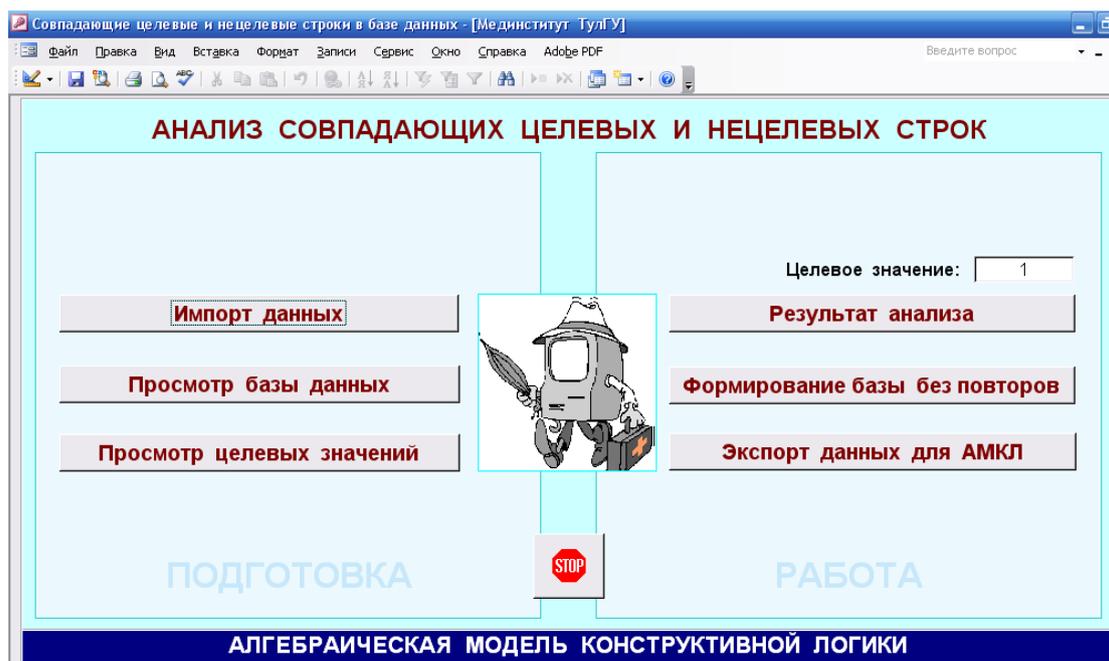


Рис. 58. Общий вид программы

Алгоритм

NN	Действия
Выявление совпадений целевых и нецелевых строк в базе данных:	
1	Представляем факторы в виде сигнатуры, объединяющей все факторы, кроме первого целевого фактора: X: [X2] & [X3] & [X4] &.... & [X100]. Одновременно с этим для заданного целевого значения находим равенство XX1 с целевым значением первого фактора, присваивая этому равенству значение 1, а в остальных случаях – 0.
2	Подсчитываем и выделяем (фильтруем) повторяемые сигнатуры.
3	Объединяем массивы данных по результатам действий по пунктам 1 и 2 по принципу «один к одному» по сигнатурному фактору. В группировке из сигнатурного фактора и вычисленного по п.1 равенства XX1 находим их суммы для одинаковых сигнатур с одновременным подсчетом их числа. При этом фильтруем (оставляем) только те, которые по своей сумме больше нуля.
4	Объединяем массивы данных по результатам действий по пунктам 1 и 3 по принципу «один к одному» по сигнатурному фактору. В группировке из сигнатурного фактора, вычисленной суммы по п.3 и подсчитанного числа одинаковых сигнатур по п.3 вычисляем выражение, имеющее значение 0 при равенстве вычисленной суммы по п.3 и подсчитанного числа одинаковых сигнатур по п.3, а при их неравенстве – значение 1.
5	Из массива по п. 4 оставляем только те, которые имеют вычисленное по п.4 выражение равное 1.
6	На базе полученного массива по п.5 формируем форму для отображения и выбора для удаления при необходимости тех повторений, которые имеют значительное число одинаковых целевых или нецелевых случаев.
Формирование базы без совпадений целевых и нецелевых строк:	
7	Удаляем старые данные из базы данных, предназначенной для хранения данных без совпадений целевых и нецелевых строк.
8	Объединяем массивы данных по результатам действий по пунктам 1 и 5 по принципу «все записи по п.1 и только те

	записи, которые совпадают с записями по п.5» по сигнатурному фактору. При этом отображаем все факторы. Из полученного массива оставляем только записи, которые не имеют сигнатурного представления.
9	Добавляем данные массива по п.8 в подготовленную базу по п.7.
Формирование базы для АМКЛ:	
10	В дополнительном поле выбранному целевому значению присваивается значение 1, а остальным – 0, с отображением всех факторов.
11	Подсчитываем число одинаковых записей по значениям дополнительного поля по п.10. На основе полученного массива данных формируем массив для АМКЛ путем добавления этого массива в пустую базу.

Программа имеет три базы данных:

Base – исходная база данных;

FBase – база данных, свободная от совпадающих целевых и нецелевых строк;

BaseAMCL – база для построения алгебраической модели конструктивной логики.

Максимальное число анализируемых факторов – 100, из которых первый фактор является целевым.

Выгружаемый из программы массив предназначен для модернизированного варианта АМКЛ [73].

Разработанный алгоритм позволяет выявлять противоречивые случаи, корректировать их и формировать массив данных для построения алгебраической модели конструктивной логики (модернизированный вариант), что существенно облегчает работу исследователя.

3.3. Подготовка данных для многофакторного анализа в медицине и биологии с помощью алгебраической модели конструктивной логики

Важным этапом построения АМКЛ является подготовка данных [3, 36, 38, 54, 69]. Им во многом определяется качество аналитических исследований.

По мнению авторов и с учетом опыта и специфики использования АМКЛ в аналитических исследованиях необходимо выполнять пять требований [16].

Первым требованием является оптимальный выбор числа анализируемых факторов.

Чаще всего в практической работе встречается стремление исследователя задействовать как можно большее число факторов, что является типичной ошибкой медицинского работника. Необходимо выбирать только те факторы, которые характерны для ре-

шаемой задачи и ими в значительной степени определяется результат. Чем больше число факторов, тем больше нужно иметь данных и труднее анализировать построенную математическую модель. Небольшое число факторов упростит решаемую задачу построения математической модели, но может привести к построению довольно грубой (приближенной) модели. В связи с этим стоит задача оптимального выбора числа анализируемых факторов. При этом целесообразно выбирать только те факторы, которые отвечают целям исследований.

Выбранные факторы должны быть независимыми. Под этим понимается их физическая независимость. Нельзя выбирать фактор, который является составной частью другого анализируемого фактора. В ряде случаев, когда есть сомнения, можно вычислить коэффициент корреляции между факторами. Высокое значение коэффициента корреляции будет подсказывать исследователю о возможном неправильном выборе фактора.

Алгоритм АМКЛ способен исключить отдельные факторы из результирующей математической модели, что наблюдается в основном тогда, когда массив исходных данных является достаточно полным [1, 18, 38, 39, 45, 65, 79]. Однако эту специфику АМКЛ не рекомендуется использовать на начальном этапе подготовки данных, поскольку для большого числа факторов исследователю придется использовать увеличенное число анализируемых случаев, что не всегда возможно в практической работе.

В выборе факторов нужно помнить, что для построения АМКЛ можно использовать как непрерывные, так и дискретные величины. Также важно иметь в виду, что чем меньше используется факторов, тем более компактная получается математическая модель. Такую модель легче анализировать, выявляя особенности исследуемого процесса [65, 73, 79].

Вторым требованием является верификация данных.

Одним из аспектов этого вопроса является выявление и исправление ошибок на этапе ввода информации в базу данных. Программисты не в достаточной степени знакомые в медицинскими аспектами поставленной задачи не предусматривают каких-либо средств, выявляющих и исправляющих ошибки пользователя.

Характерным примером такого подхода является ввод информации о смертности. Если не предусматривать автоматическое определение первоначальной причине смерти, то ошибок кодирования, как показывает многолетний опыт работы с регистром смертности, будет много [1, 23, 39, 43, 45, 61, 66, 73]. Для реализации такой задачи требуется время, смежные знания, тесное сотрудничество с медицинскими работниками и по этой причине не всегда находит воплощение в создаваемых современных региональных информационных системах.

Другим аспектом верификации является использование средств дополнительной верификации данных с использованием специальных приемов, например, метода аналитического тестирования записей в базе [3, 18, 36, 38, 54, 61, 62, 69]. Необходимость в этом появляется в тех случаях, когда, например, пользователь правильно кодирует случай, однако такой случай не может часто быть (в частности старость как первоначальная причина смерти). Возможны случаи использования кодов не предназначенных для кодирования смертности. В практике встречаются случаи неправильного ввода пола, что также можно выявлять за счет анализа фамилии, имени и отчества.

Верификация данных является трудоемким процессом, от которого в значительной степени зависит точность математической модели и достоверность результатов ее анализа.

Третьим требованием является выбор цели исследования.

Чаще всего в качестве цели выбирают один из факторов. Целевые значения должны быть представлены в дискретном виде. При этом цель может быть представлена не только двумя дискретами (цель достигается или не достигается), но и большим их числом. Надо также иметь ввиду, чем больше дискретов тем больше должен быть объем базы [18].

Другим вариантом представления целевого значения является использование вычисляемого значения цели с применением различных критериев. Примером такого варианта является принцип обобщенной оценки показателей здравоохранения (модернизированный вариант) как для статистических данных, так и для конкретных случаев [7, 9]. Такое представление целевого значения заключается в превышении порогового значения функции разности фактического и нормативного значения фактора, выбранного в качестве цели.

Возможен также вариант представления целевого значения с учетом важности фактора (чем чаще встречается случай, тем он важнее), что можно использовать при сплошном наблюдении. Примером такого использования является работа по анализу смертности населения Тульской области [12].

Можно также использовать иные варианты, в том числе гибридные варианты.

Четвертым требованием является наличие необходимого числа записей для полноценного анализа.

Опыт работы в АМКЛ свидетельствует о необходимости иметь для каждого целевого случая (соответствующий достижению цели) не менее двух нецелевых случаев (соответствующий не достижению цели). С этой целью целесообразно делать предварительный анализ данных с подсчетом числа целевых и нецелевых случаев для каждого сочетания значений анализируемых факторов [18, 19, 38, 65]. Затем необходимо принять решение по допустимости отсутствия отдельных сочетаний значений анализируемых фак-

торов находящихся в окружении предшествующих и последующих значений рассматриваемого фактора.

Примером отсутствия ряда сочетаний значений анализируемых факторов в медицине является наличие болезней, характерных только для мужчин и женщин. Наличие в базе, как мужчин, так и женщин неизбежно приведет к отсутствию некоторых сочетанных значений анализируемых факторов, что является допустимым.

В ряде случаев у исследователя могут отсутствовать такие сочетания значений анализируемых факторов, которые могут быть. Если эти отсутствующие случаи будут находиться в окружении предшествующих и последующих значений рассматриваемого фактора, то алгоритм АМКЛ их поглотит (учтет как реально имеющиеся в базе данных). Это обстоятельство необходимо учитывать при принятии решения о полноте базы данных.

Пятым требованием является выбор программного обеспечения адекватно имеющимся данным.

В выборе варианта АМКЛ необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

- при сплошном наблюдении классический и модернизируемые варианты будут давать очень близкие математические модели (по главным результирующим составляющим);

- при ограниченном объеме данных целесообразно использовать модернизированный вариант АМКЛ;

- в отдельных случаях при большой уверенности в степени верификации данных можно использовать классический вариант при ограниченном объеме данных.

Выполнение изложенных требований позволит выполнить аналитические исследования с требуемой достоверностью.

3.4. Алгоритм и программа анализа результирующих импликант алгебраической модели конструктивной логики

Основополагающая идея анализа факторов на результат заключается в подсчете суммарной мощности результирующих импликант при изменении выбранного фактора от минимального до максимального значения при заданных значениях остальных факторов.

Алгоритм анализа влияния факторов на результат заключается в следующем [46]:

1. Выбирают фактор для анализа и задают число дискретов для изменения выбранного фактора от минимального до максимального значения.

2. Задают значения остальным факторам (например, среднее арифметическое значение).

3. Формируют первый набор факторов, состоящий из минимального значения выбранного фактора и фиксированных значений

остальных факторов.

4. Подставляют значения факторов в результирующие импликанты математической модели. Отмечают те результирующие импликанты, где предельные условия соблюдаются.

5. Суммируют мощность отмеченных импликант.

6. Прибавляют дискрет к минимальному значению выбранного фактора и повторяют с измененным значением выбранного фактора и фиксированным значением остальных факторов выполняют действия по пп. 4-5 до тех пор, пока значение выбранного фактора достигнет максимального значения.

7. По значениям суммарной мощности, полученным по п.5, строят график изменения суммарной мощности при изменении выбранного фактора от минимального до максимального значения.

Исследователь имеет возможность менять значения остальных факторов и оценивать характер изменения графика, выявляя особенности сочетанного влияния факторов на результат.

Одновременно с этим программа позволяет находить максимальную суммарную мощность, что необходимо для построения экспертных систем. С этой целью полученной модели конструктивной логики последовательно предъявляют входные данные и фиксируют мощность тех результирующих импликант, для которых предельные условия соблюдаются. Суммарную мощность отмеченных импликант суммируют и фиксируют значение для последующего сравнения с результатом, полученных со следующими входными данными. В случае превышения следующей суммарной мощности зафиксированного значения его заменяют на новое, которое после предъявления всех данных принимается за максимальное значение.

Программа (шифр **AnAMCL**, 2010 г.) выполнена в среде **Access** (рис. 59) и позволяет:

1. Вводить данные (рис. 60) в базу, режим которого показан на рис. 61.

2. Контролировать ошибки ввода (рис. 62).

3. Вводить результирующие импликанты (рис. 63).

4. Вводить мощности результирующих импликант (рис. 64).

5. Выполнять операции экспорта и импорта данных (рис. 65).

6. Выводить диаграмму мощностей результирующих импликант (рис. 66).

7. Осуществлять просмотр переменных в базе с вычислением их средних арифметических значений (рис. 67) и вычисление по этим данным суммарной результирующей мощности (рис. 68).

8. Задавать значения переменных с выбором одной из них для анализа ее влияния на суммарную мощность результирующих импликант (рис. 69) и заданием числа точек отображения графика (рис. 70).

9. Выводить график изменения суммарной мощности при изменении выбранной переменной от минимального до максимального значения (рис. 71 – 73).

10. Вычислять максимальную мощность результирующих составляющих (рис. 74).

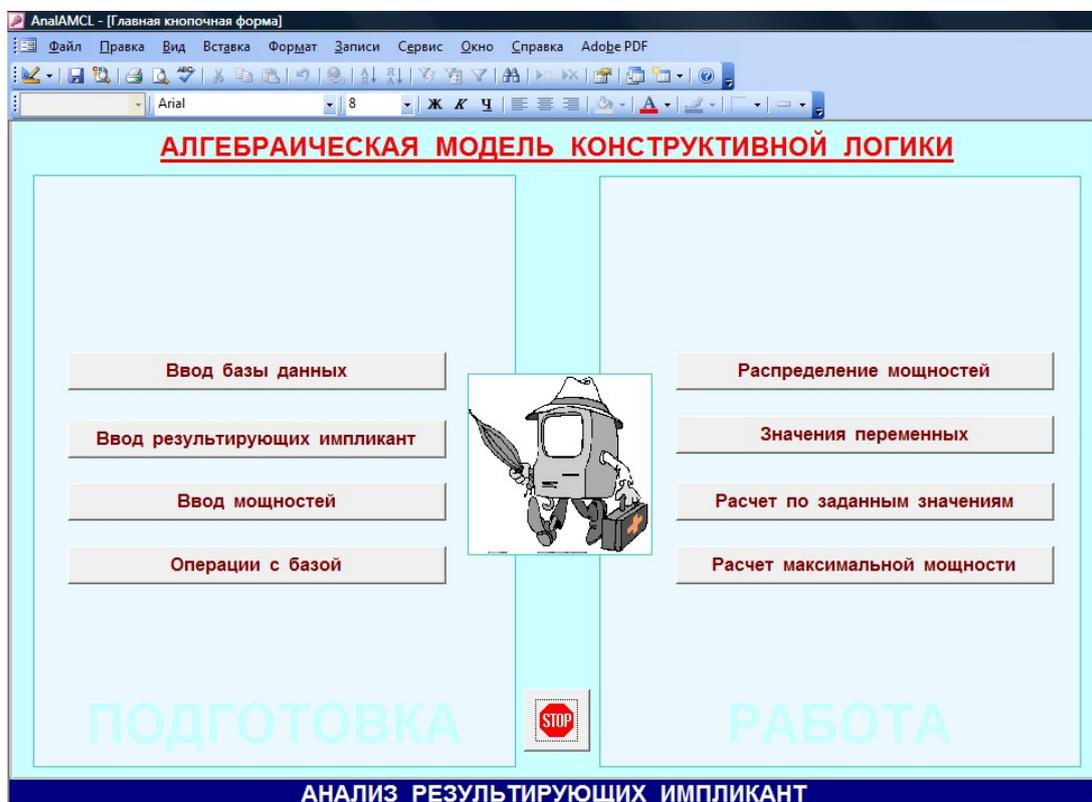


Рис. 59. Внешний вид программы **AnAMCL**

В качестве исходных данных приняты тестовые данные (показаны в левой части рис. 60 в формате *txt*), по которым была построена алгебраическая модель, показанная на рис. 60 (правая часть).

5;4;2;0;3;0	Импликации ПРЯМЫЕ из файла: E:\AMKL\Test.TXT. Переменная цели: X6. Значение цели: 1.0. Маска: отсутствует. Совпало целевых и нецелевых строк: 0. 1. M= 5. $(1 < X2 < 4) \& (0 < X5 < 5)$ 2. M= 4. $(1 < X4 < 4) \& (2 < X1 < 6)$ 3. M= 4. $(2 < X1 < 4)$
5;5;4;4;1;1	
2;6;3;3;4;0	
2;5;7;4;3;0	
2;6;4;4;2;1	
5;5;2;6;2;1	
0;3;4;6;5;0	
1;4;5;7;6;0	
7;5;3;1;2;0	
3;2;1;2;4;1	
4;1;0;0;1;0	
1;3;4;6;5;0	
4;2;1;1;0;0	
4;4;5;3;2;1	

3;3;2;1;3;1	4. $M = 4.$
7;6;4;2;4;1	$(3 < X_5 < 5) \ \& \ (2 < X_1 \leq 7)$
1;1;2;5;2;0	5. $M = 4.$
1;6;6;5;2;0	$(1 < X_5 < 3) \ \& \ (1 < X_2 < 5)$
6;5;3;1;4;1	6. $M = 2.$
2;6;5;4;1;0	$(2 \leq X_5 < 3) \ \& \ (3 < X_3 < 5)$
3;4;2;2;4;1	7. $M = 2.$
2;5;5;3;2;0	$(5 < X_4 \leq 6) \ \& \ (2 \leq X_5 < 5)$
0;2;5;5;3;1	8. $M = 1.$
0;1;4;5;6;0	$(1 \leq X_5 < 2) \ \& \ (3 < X_3 < 5)$
7;4;4;2;3;0	
1;3;4;6;2;1	
2;4;3;5;2;1	
6;4;3;2;1;0	
3;3;3;2;2;1	

Рис. 60. Массив данных и результат расчета

The screenshot shows the 'ВВОД БАЗЫ ДАННЫХ' (Data Entry) window of the AnalAMCL software. The window title is 'AnalAMCL - [Ввод значений в базу данных]'. The menu bar includes 'Файл', 'Правка', 'Вид', 'Вставка', 'Формат', 'Записи', 'Сервис', 'Окно', 'Справка', and 'Adobe PDF'. The toolbar contains various icons for file operations and data manipulation. The main area is a table with the following structure:

Ошибки		ВВОД БАЗЫ ДАННЫХ		Выход
Номер в базе	Номер переменной	Значение переменной	Цель	
1	1	5		<input type="checkbox"/>
2	1	5		<input checked="" type="checkbox"/>
3	1	2		<input type="checkbox"/>
4	1	2		<input type="checkbox"/>
5	1	2		<input checked="" type="checkbox"/>
6	1	5		<input checked="" type="checkbox"/>
7	1	0		<input type="checkbox"/>
8	1	1		<input type="checkbox"/>
9	1	7		<input type="checkbox"/>
10	1	3		<input checked="" type="checkbox"/>
11	1	4		<input type="checkbox"/>
12	1	1		<input type="checkbox"/>
13	1	4		<input type="checkbox"/>
14	1	4		<input checked="" type="checkbox"/>
15	1	3		<input checked="" type="checkbox"/>
16	1	7		<input checked="" type="checkbox"/>
17	1	1		<input type="checkbox"/>
18	1	1		<input type="checkbox"/>
19	1	6		<input checked="" type="checkbox"/>
20	1	2		<input type="checkbox"/>

At the bottom, there is a status bar with navigation buttons and the text 'Запись: 20 из 145' and 'Введите значение переменной'.

Рис. 61. Ввод массива данных

Ввод данных (рис. 61) предусматривает указание номера переменной, ее значения и принадлежности к цели. Такой формат представления позволяет предъявлять программе данные с неопределенным числом переменных, но требует преобразований из используемого при построении алгебраической модели формата.

Номер переменной	Число не заполненных полей	Общее кол-во заполненных полей
1	0	29
2	0	29
3	0	29
4	0	29
5	0	29

Рис. 62. Контроль ошибок в базе данных

Контроль ошибок в базе (рис. 62) осуществляется по числу не заполненных полей (все поля должны быть заполнены) и общему количеству заполненных полей по каждой переменной (должны быть одинаковые количества).

Номер результирующей импликанты	Нижний предел	Нижний знак	Номер переменной	Верхний знак	Верхний предел
1	1	<	2	<	4
1	0	<	5	<	5
2	1	<	4	<	4
2	2	<	1	<	6
3	2	<	1	<	4
4	3	<	5	<	5
4	2	<	1	<=	7
5	1	<	5	<	3
5	1	<	2	<	5
6	2	<=	5	<	3
6	2	<	3	<	5
7	5	<	4	<=	6
7	2	<=	5	<	5
8	1	<=	5	<	2
8	3	<	3	<	5
*					

Рис. 63. Ввод результирующих импликант

Ввод результирующих импликант осуществляется отдельно по каждой переменной (рис. 63), что позволяет вводить результирующие импликанты с любой сочетанностью.



The screenshot shows a window titled "AnaAMCL - [Ввод мощностей результирующих импликант]". The main area contains a table with two columns: "Номер результирующей импликанты" and "Мощность результирующей импликанты". The table has 8 rows, with the 8th row containing the number 1 in the power column. A "Выход" button is located in the top right corner of the table area.

Номер результирующей импликанты	Мощность результирующей импликанты
1	5
2	4
3	4
4	4
5	4
6	2
7	2
8	1

Рис. 64. Ввод мощностей результирующих импликант

Ввод мощностей результирующих импликант осуществляется отдельно от их ввода в программу.

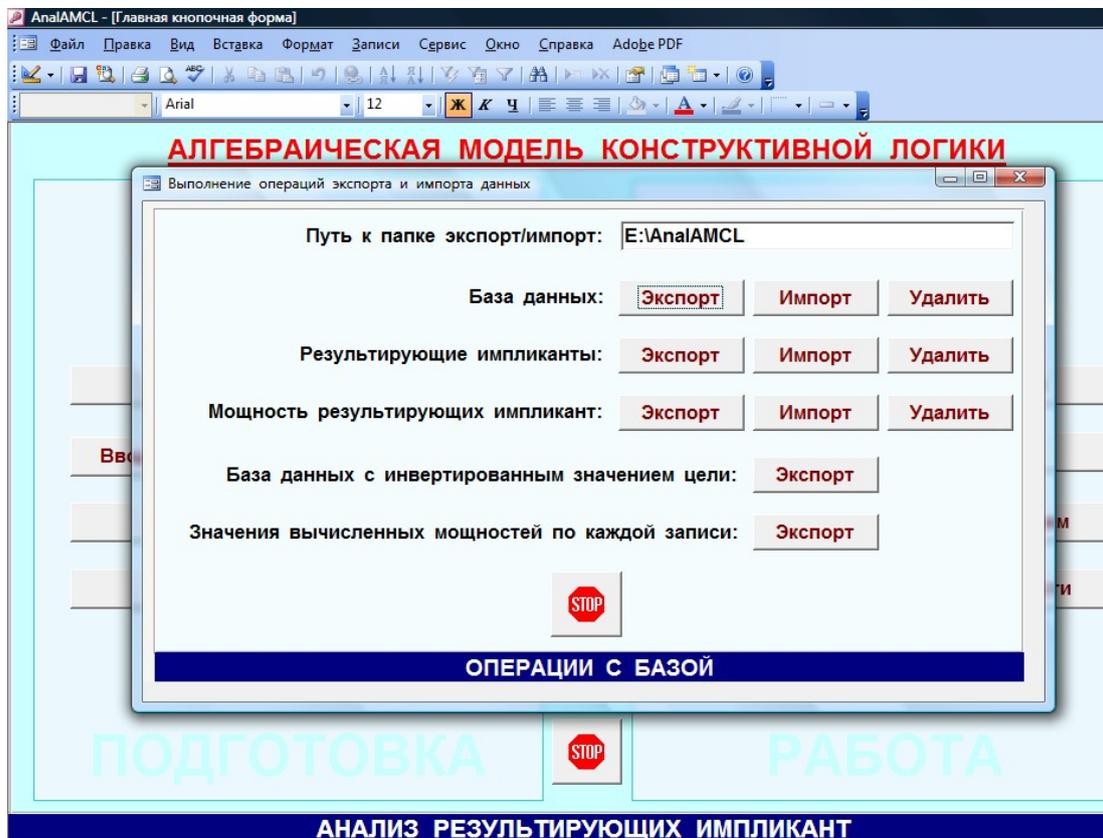


Рис. 65. Режим операций с базой

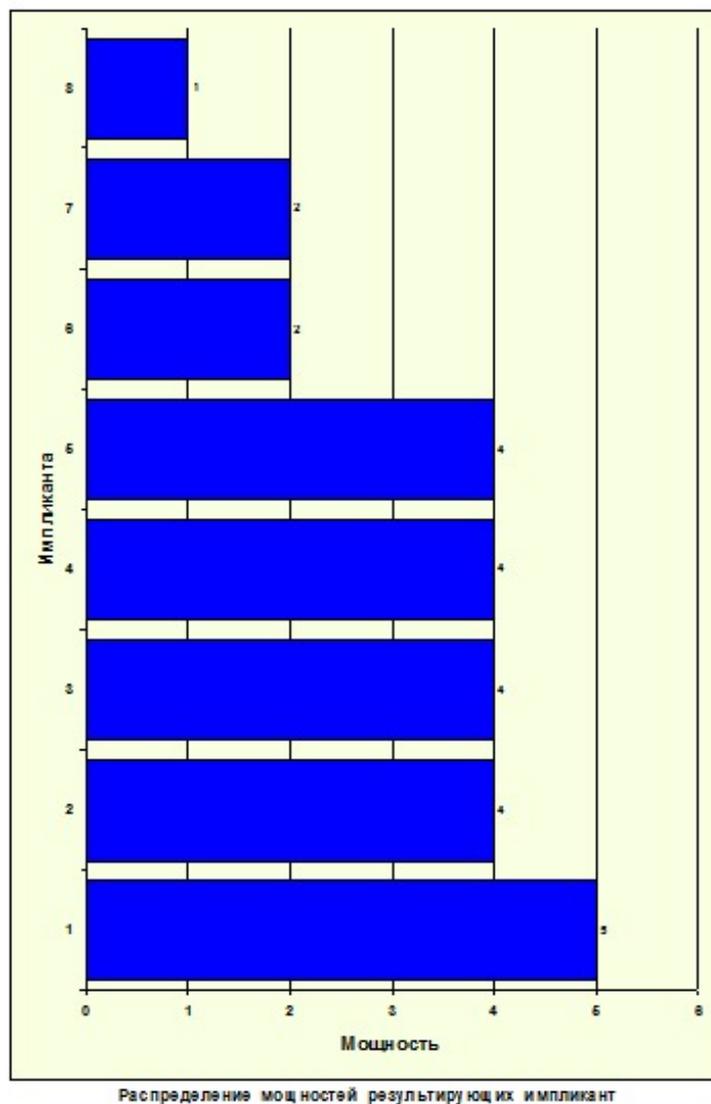


Рис. 66. Диаграмма мощностей результирующих импликант

Режим операций с базой позволяет удалять, осуществлять экспорт и импорт данных, результирующих составляющих и их мощностей.

АнаМАС - [Просмотр средних значений переменных в базе]			
ПРОСМОТР ЗНАЧЕНИЙ ПЕРЕМЕННЫХ В БАЗЕ			
Номер переменной в базе	Минимальное значение	Среднее арифметическое значение	Максимальное значение
1	0	3,385	7
2	2	4,000	6
3	1	3,231	5
4	1	3,308	6
5	1	2,692	4

Рис. 67. Вычисление средних арифметических значений переменных

Режим вычисления средних арифметических значений (рис. 67) позволяет исследователю определиться в выборе значений переменных (рис. 69). При этом кнопкой «W» выводится значение суммарной мощности (рис. 68).

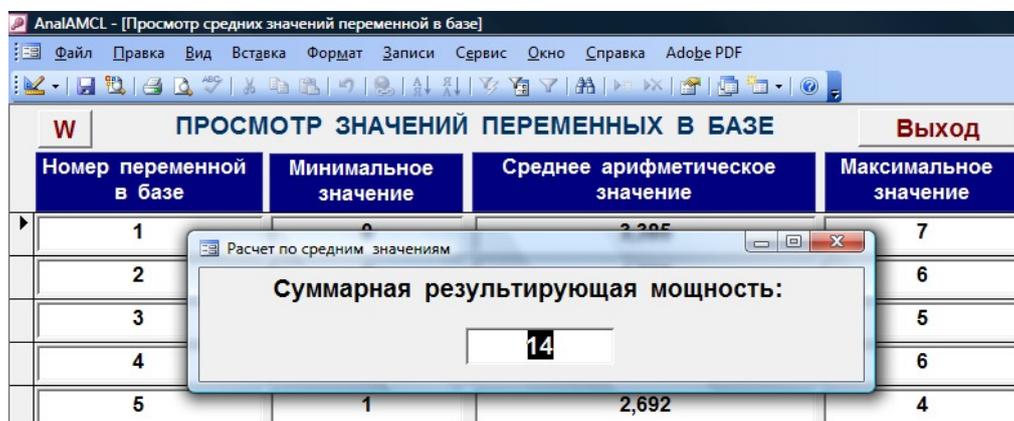


Рис. 68. Вывод результата суммарной мощности по средним арифметическим значениям переменных

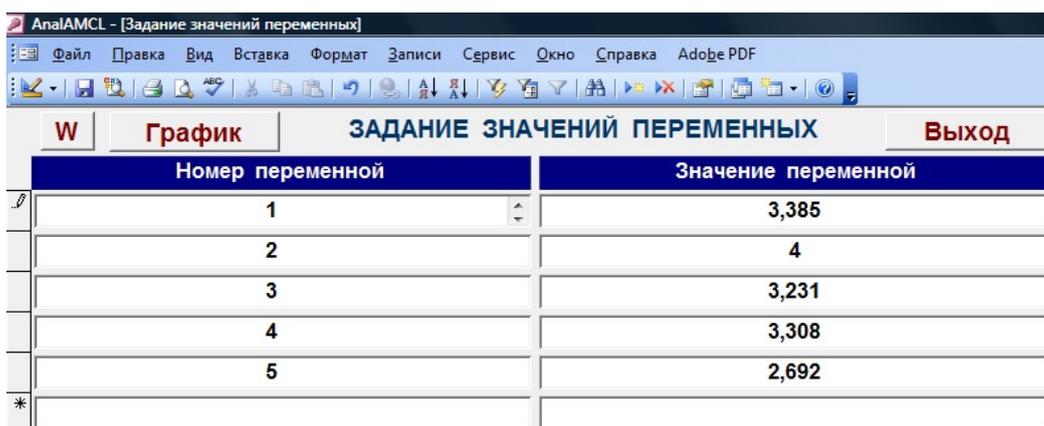


Рис. 69. Выбор переменной для построения графика

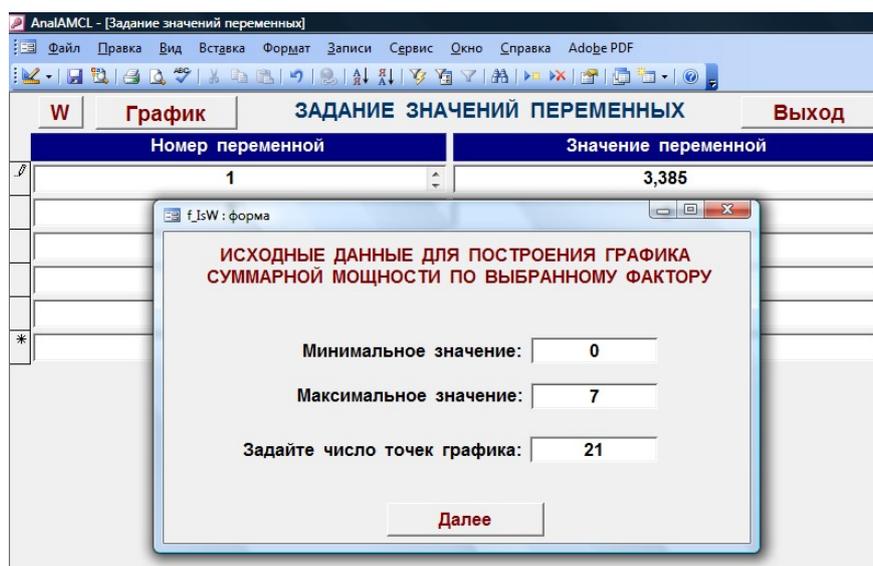


Рис. 70. Задание числа точек графика

Для построения графика изменения суммарной мощности результирующих импликант в диапазоне изменения выбранного фактора от минимального до максимального значения необходимо задать значения переменных (первоначально рекомендуется взять средние арифметические значения), выбрать курсором номер переменной (рис. 69), задать число точек отображения графика (рис. 70) и нажать кнопку «График» (рис. 69).

На рис. 71 - 73 показаны графики для первой, второй и пятой переменной.

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

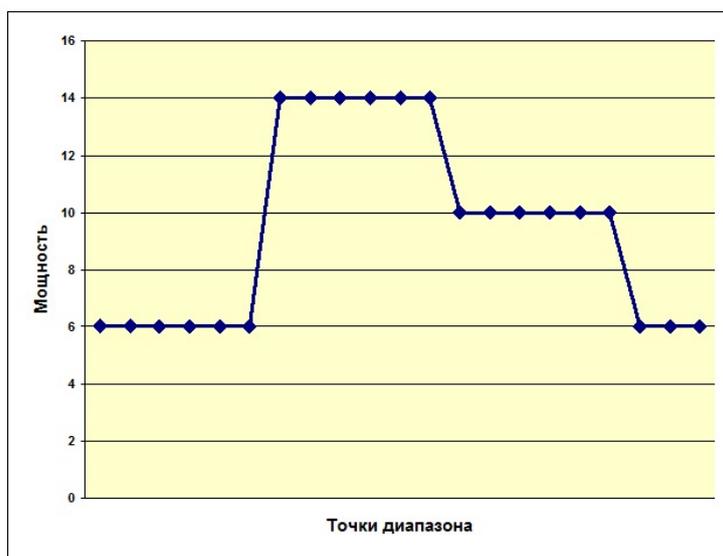


Рис. 71. Влияние первой переменной на результат

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

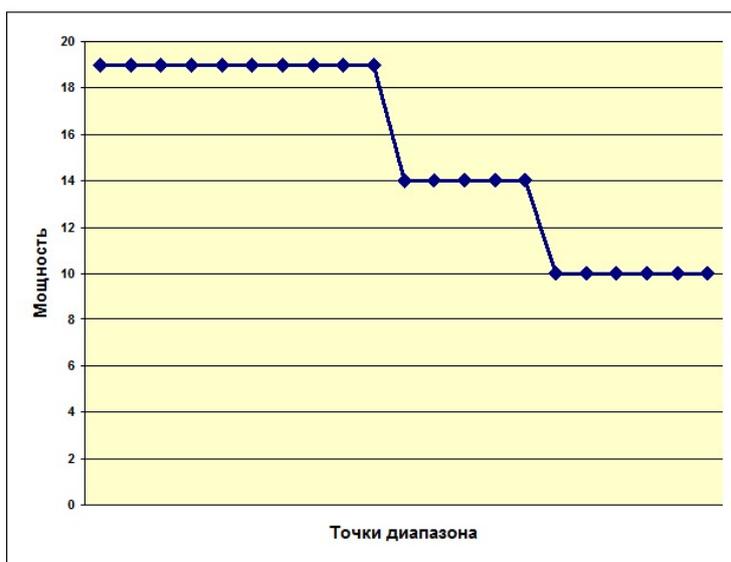


Рис. 72. Влияние второй переменной на результат

**ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ
ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ
МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ**

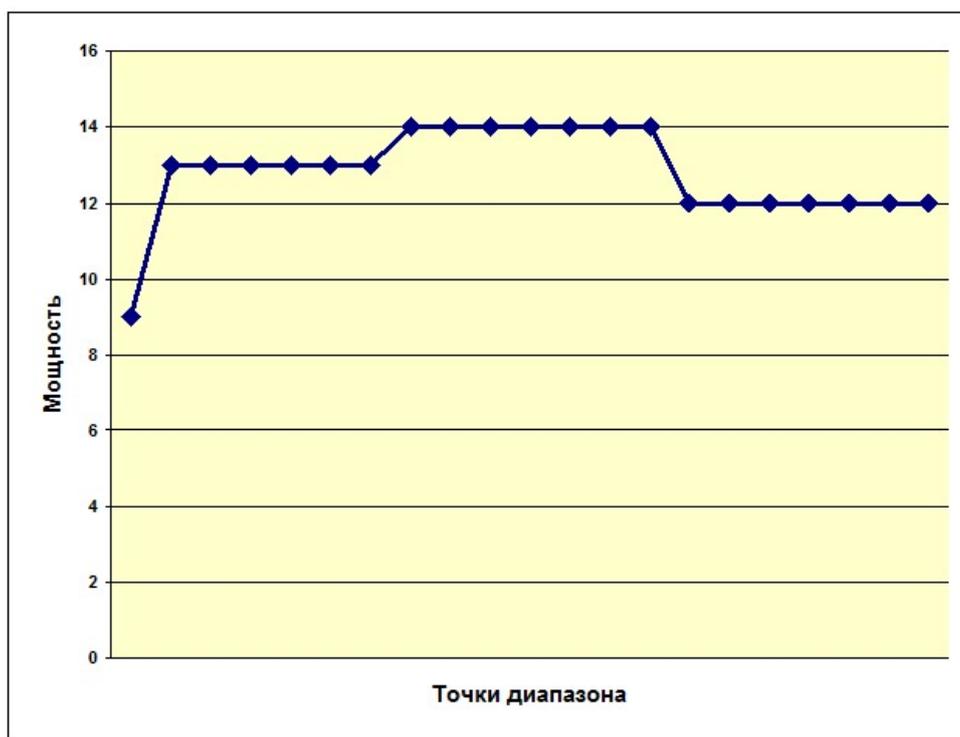


Рис. 73. Влияние пятой переменной на результат

Изменяя значения переменных (рис. 69) можно построить другое семейство графиков, выявляя особенности их взаимного влияния.

Число переменных:

Число строк каждой переменной:

Вычислить

Результат:

Просмотр результата по каждой записи:

в естественном порядке: **Просмотр** по убыванию: **Просмотр**

STOP

ВЫЧИСЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ

Рис. 74. Вычисление максимальной мощности результирующих составляющих

Вычисление максимальной мощности результирующих импликант осуществляется нажатием кнопки «Вычислить» (рис. 74). Одновременно с этим имеется возможность просмотра мощности по каждой записи.

3.5. Целевая направленность многофакторного анализа с использованием алгебраической модели конструктивной логики

В практике медицинских и биологических исследований часто используют многофакторный анализ, для которого необходим массив исходной информации (анализируемых случаев) и цель, в качестве которой чаще всего выбирают одно из значений одного из факторов. В тоже время в практике аналитических расчетов встречаются случаи, когда целевое значение в явном виде задать не удастся. Примером этому может служить обобщенная оценка показателей здравоохранения как процедура вычисления значения цели, которая была использована в аналитических исследованиях инвалидности [9, 10, 64]. Такой прием вычисления значения цели ограничен в применении, поскольку итоговые статистические показатели с одной стороны ограничены по числу анализируемых периодов времени, а с другой – не применимы для конкретных случаев заболеваемости, смертности, рождаемости.

Рассмотрим способ задания цели на примере анализа массива данных о смертности лиц за 2007 – 2014 годы в возрасте 18 лет и старше, постоянно проживавших в Тульской области (всего **208269** случаев) [1, 2, 69]. В этом исследовании требуется оценить с помощью математической модели чаще всего встречающиеся случаи смерти [12].

Таблица 24

Принятые обозначения

Название	Значения
W (кол-во)	Мощность (число одинаковых строк в таблице)
X1 - Возраст	1 – Возрастная когорта 18-24
	2 – Возрастная когорта 25-34
	3 – Возрастная когорта 35-44
	4 – Возрастная когорта 45-54
	5 – Возрастная когорта 55-64
	6 – Возрастная когорта 65-74
	7 – Возрастная когорта 75-84
	8 – Возрастная когорта >=85
X2 - Класс МКБ-Х	Номер класса МКБ-Х
X3 - Пол	1 – мужской

	2 – женский
X4 - Семья	1 – состоял(а) в зарегистрированном браке
	2 – не состоял(а) в зарегистрированном браке
	3 – неизвестно
X5 - Образование	1 – профессиональное: высшее
	2 – профессиональное: не полное высшее
	3 – профессиональное: среднее
	4 – профессиональное: начальное
	5 – общее: среднее (полное)
	6 – общее: основное
	7 – общее: начальное
	8 – общее: не имеет начального образования
	9 – неизвестно

Исходный массив данных в объеме медицинского свидетельства о смерти был верифицирован разнообразными способами, в том числе с использованием режима автоматического определения первоначальной причины смерти [25, 36, 37, 54, 61]. Для построения математической модели была использована модернизированный вариант АМКЛ [73, 75].

Рассматриваемый способ вычисления целевого значения для конкретных случаев заболеваемости и смертности заключается в следующем.

1. Вычисляется общее число случаев (для данного примера 208269).

2. Для каждого значения каждого фактора вычисляем число случаев и их долю в общем числе случаев (делим на общее число случаев):

Таблица 25

Число случаев

Фактор	Значение фактора	Число случаев	Доля в общем кол-ве
Возраст	1 - Возрастная когорта 18-24	1905	0,00914682453941777
	2 - Возрастная когорта 25-34	7262	0,0348683673518383
	3 - Возрастная когорта 35-44	10149	0,0487302479005517
	4 - Возрастная когорта 45-54	20977	0,100720702552948
	5 - Возрастная когорта 55-64	32462	0,155865731337837
	6 - Возрастная когорта 65-74	42189	0,202569753539893

	7 - Возрастная когорта 75-84	63743	0,306060911609505	
	8 - Возрастная когорта >=85	29582	0,142037461168009	
Класс МКБ-Х	1	2382	0,0114371317862956	
	2	30141	0,144721489996111	
	3	130	0,000624192750721423	
	4	5964	0,0286360428100197	
	5	597	0,00286648517062069	
	6	4920	0,0236232948734569	
	8	22	0,000105632619352856	
	9	119852	0,575467304303569	
	10	8046	0,0386327297869582	
	11	10153	0,0487494538313431	
	12	139	0,000667406095002137	
	13	290	0,00139242998237856	
	14	1583	0,00760074711070779	
	15	7	3,36103788849997E-05	
	17	162	0,00077784019705285	
	18	5966	0,0286456457754154	
	20	17915	0,0860185625321099	
	Пол	1 - мужской	102539	0,492339234355569
		2 - женский	105729	0,507655964161733
	Семья	1	107508	0,516197801881221
2		90467	0,434375735227038	
3		10294	0,049426462891741	
Образование	1	16079	0,0772030402988443	
	2	1612	0,00773999010894564	
	3	51821	0,248817634885653	
	4	6411	0,0307823055759619	
	5	44476	0,213550744469892	
	6	36029	0,172992620121093	
	7	34217	0,164292333472576	
	8	1474	0,00707738549664136	
	9	16150	0,0775439455703921	

3. Вычисляем целевое значение:

$$R = K \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n,$$

где

K – масштабирующий коэффициент (для данного примера выбран равным 1000);

d – долевое значение, соответствующее значению фактора;

n – номер фактора.

4. Задаем пороговое значение (для выбранного примера - 6, что примерно будет соответствовать наихудшей половине случаев). Сравниваем вычисленное целевое значение и пороговым значением. Если вычисленное целевое значение больше или равно пороговому значению, то цели присваивается значение 1, в остальных случаях – 0.

Полученный массив данных подвергается процедуре исключения противоречивых исходных данных [68]. Для данного примера таких противоречивых данных нет. В результате мы имеем 46286 целевых случаев и 161983 нецелевых случаев.

Используя модернизированный вариант АМКЛ строим математическую модель [73]:

W=4412; (X1=7) & (X2=9) & (X3=1) & (X4=1) & (6<=X5<=7)
W=4199; (X1=7) & (X2=9) & (X3=2) & (X4=2) & (X5=6)
W=3903; (X1=7) & (X2=9) & (X3=2) & (X4=1) & (X5=7)
W=3685; (6<=X1<=7) & (X2=9) & (X3=2) & (X4=2) & (X5=3)
W=3321; (6<=X1<=7) & (X2=9) & (X3=2) & (X4=1) & (X5=5)
W=2564; (X1=6) & (X2=9) & (X3=1) & (X4=1) & (X5=3)
W=2376; (X1=7) & (X2=9) & (X3=2) & (X4=2) & (X5=5)
W=2301; (X1=7) & (X2=9) & (X3=2) & (X4=1) & (X5=3)
W=2236; (X1=7) & (X2=9) & (X3=2) & (X4=1) & (X5=6)
W=2108; (X1=7) & (X2=9) & (X3=1) & (X4=1) & (X5=3)
W=1981; (X1=6) & (X2=9) & (X3=1) & (X4=1) & (X5=5)
W=1585; (X1=7) & (X2=9) & (X3=1) & (X4=1) & (X5=5)
W=1418; (X1=6) & (X2=9) & (X3=2) & (X4=1) & (X5=3)
W=1266; (X1=7) & (X2=9) & (X3=1) & (X4=2) & (X5=7)
W=1088; (X1=7) & (X2=9) & (X3=1) & (X4=2) & (X5=6)
W=779; (X1=6) & (X2=9) & (X3=1) & (X4=2) & (X5=3)
W=771; (X1=7) & (X2=9) & (X3=1) & (X4=2) & (X5=3)
W=649; (X1=7) & (X2=9) & (X3=1) & (X4=2) & (X5=5)

Выделять главные результирующие составляющие не требуется, поскольку задавая порог, мы тем самым выделили важные для нас случаи [22, 76].

В рассматриваемом случае цель в явном виде не задана. Тем не менее, целевая направленность в этом примере просматривается. Она заключается в стремлении узнать значения сочетанных факторов самых наихудших случаев. При этом наихудшей ситуацией признается та, которая имеет наибольшее число случаев смерти. Вычисляемые долевые значения являются теми весовыми коэффициентами, которыми оценивается ситуация как наихудшая.

Следует заметить, что для других примеров концепция целевой направленности может быть иной.

Оценивая полученную математическую модель можно выделить следующие обстоятельства, характеризующие наихудшую ситуацию по смертности населения в Тульской области:

- в представленной модели все результирующие составляющие указывают на болезни системы кровообращения и возрастную когорту 65 – 84;
- на первых трех местах (с наибольшим числом случаев) стоят мужчины и женщины с низким образовательным уровнем;
- во всех результирующих составляющих нет лиц с высшим образованием;
- достаточно часто встречаются лица с профессиональным (средним) и средним (полным) образованием;
- женщин в 1,36 раз больше, чем мужчин.

Выводы:

1. Предложенный способ вычисления целевого значения для конкретных случаев заболеваемости и смертности расширяет возможности многофакторного анализа.
2. Результаты анализа построенной с помощью АМКЛ математической модели в большинстве своем совпадают с известными оценками, полученными иными методами, что подтверждает работоспособность изложенного способа вычисления целевого значения.

3.6. Графическое представление результата

Одним из наиболее полезных вариантов графического представления результирующих составляющих является диаграмма, в которой по оси Y указаны значения анализируемого фактора. Относительно этой оси слева показана область достижения цели, а справа – не достижения цели. Значения мощности результирующих составляющих отображаются по оси X.

Ограничения использования данного варианта представления результата определяются необходимостью отображения по оси Y значений только одного фактора.

Показанный на рис. 75 вариант графического представления обладает высокой наглядностью, но его нельзя использовать для результирующих составляющих с высокой сочетанностью факторов. В ряде случаев на рисунке можно разделить линией, одинаково отстоящих от крайних значений при достижении цели и при ее не достижении (см. пунктирную линию). Таким образом, можно найти ожидаемое значение фактора, при котором цель начинает достигаться. При этом важно заметить, что это достигается при ограниченном объеме данных, что часто бывает в практических аналитических расчетах. По мере увеличения объема данных точность определения предельно-допустимого значения фактора будет повышаться.

Возможности представленного варианта графического представления результирующих составляющих можно расширить за счет трехмерного представления диаграммы. В этом случае можно по оси Z отображать еще один фактор. В результате появится

возможность отображать на диаграмме два сочетанных фактора.

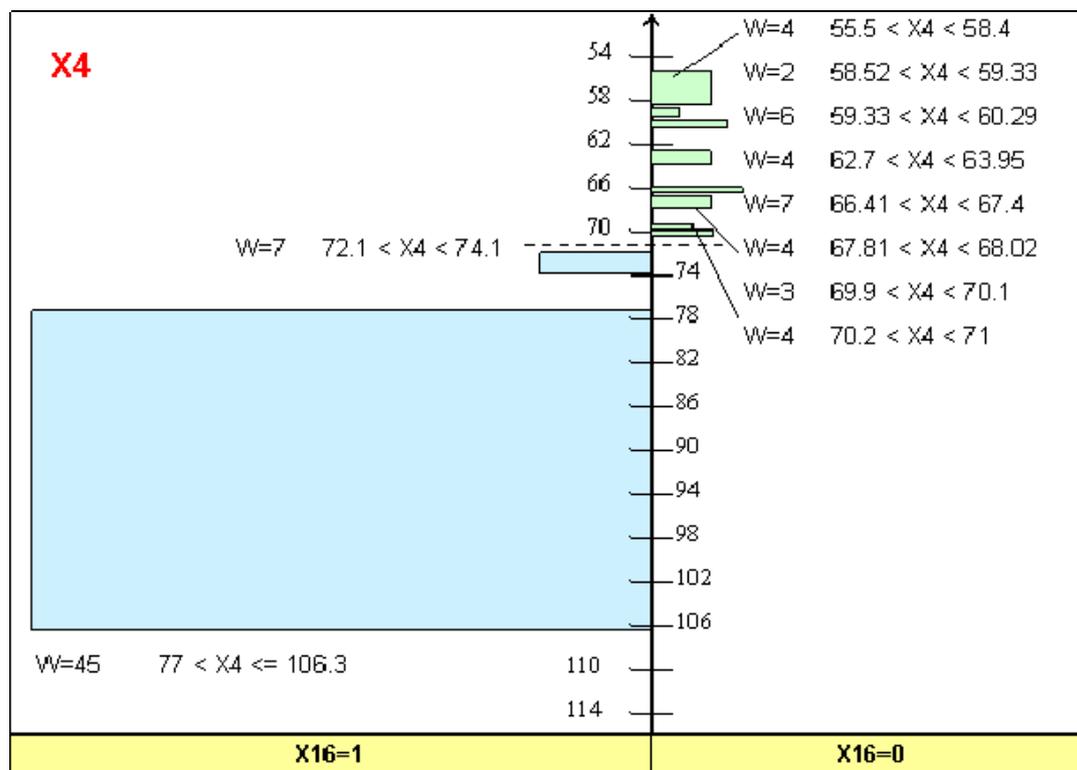


Рис. 75. Графическое представление результирующих составляющих АМКЛ (Хадарцева К.А., 2009)

Существуют также и другие способы графического представления результирующих составляющих, изложенные в литературе [45].

3.7. Оптимизация алгебраической модели конструктивной логики

Исходный алгоритм АМКЛ допускает избыточное покрытие целевых строк (в терминологии синтеза цифровых автоматов) и не позволяет считать результирующее выражение в полной мере тупиковым. Это обстоятельство вынуждает изыскивать способы исключения избыточного покрытия целевых строк для приближения результирующего выражения к тупиковой форме. Подход к решению этой задачи изложен в статье [71].

Рассмотрим способы снижения избыточного покрытия целевых строк и оценим их эффективность на конкретном примере выявления особенностей метода оксигенотерапии в лечении онкогинекологической патологии.

В качестве исходных данных выбранного примера был использован массив верифицированных данных (752 случая) со следующими факторами:

- X1=1 - пациентки группы ГБО (гипербарическая оксигенация);
- X1=2 - пациентки группы НБО (нормобарическая оксигенация);
- X2 - стадия заболевания;
- X3 - наличие метастазов в большом сальнике;
- X4 - наличие Mts в печени;
- X5 - Mts во влагалище;
- X6 - Mts в лёгких;
- X7 - нет Mts в малом тазу;
- X8 - единичные Mts в малом тазу;
- X9 - множественные Mts в малом тазу;
- X10 - единичные Mts в брюшной полости;
- X11 - множественные Mts в брюшной полости;
- X12 - Mts в воротах печени;
- X13 - Mts в парааортальных лимфоузлах;
- X14 - Mts в наружных подвздошных лимфоузлах;
- X15 - Mts во внутренних подвздошных лимфоузлах;
- X16 - Mts в паховых лимфоузлах;
- X17 - Mts в надключичных лимфоузлах;
- X18 - хирургическое лечение;
- X19 - лейкопения;
- X20 - тромбоцитопения;
- X21 - анемия;
- X22 - нефротоксичность;
- X23 - размер остаточной опухоли;
- X24 - вариант химиотерапии;
- X25 - вариант химиотерапии;
- X26 - эффект первичного лечения;
- X27 - жива с рецидивом (в мес.);
- X28 - жива без рецидива (мес.);
- X29 - умерла (мес. от начала лечения);
- X30 - длительность безрецидивного периода в мес.

В результате расчета получена следующая математическая модель:

Импlications ПРЯМЫЕ из файла: D:\ОптимизАМКЛ\ Base.txt.

Переменная цели: X1.

Значение цели: 2.

Маска: X29; X30.

Совпало целевых и нецелевых строк: 0.

1. $M = 142. (1 < X24 \leq 3) \& (0 \leq X26 < 1) \& (0 \leq X2 < 2)$

Строки:

37;41;43;44;45;46;47;48;50;51;52;53;55;56;57;58;60;61;63;64;66;67;69;70;
 71;72;73;74;75;76;77;78;79;80;83;84;86;87;88;89;91;93;94;95;96;98;99;100;
 101;102;103;104;105;106;107;108;109;110;111;112;113;114;115;116;117;
 118;119;120;240;241;242;243;244;245;246;247;248;249;250;251;252;253;
 254;369;370;371;372;373;375;376;377;378;380;381;382;383;385;386;388;
 389;391;392;394;395;396;397;398;399;400;401;402;403;404;405;408;409;

411;412;413;414;416;418;419;420;421;423;424;593;594;595;596;597;598;
599;600;601;602; 603;604;605;606;607;

2. $M=74.$ $(0 < X_{22} \leq 1) \ \& \ (2 < X_{24} \leq 3) \ \& \ (0 \leq X_{26} < 1)$

Строки:

48;51;52;55;73;78;80;84;86;89;91;93;94;98;102;104;105;113;114;115;116;
117;118;119;120;240;242;243;244;246;248;249;250;251;252;254;373;376;
377;380;398;403;405;409;411;414;416;418;419;423;452;453;454;457;460;
464;467;469;472;473;593;595;596;597;599;601;602;603;604;605;607;615;
617;618;

3. $M=67.$ $(2 < X_{24} \leq 3) \ \& \ (0 < X_{23} \leq 1) \ \& \ (0 \leq X_{26} < 1)$

Строки:

45;50;51;52;55;73;77;80;84;89;91;93;98;102;107;110;111;113;115;117;119;
120;240;241;242;243;244;247;248;249;251;252;254;370;375;376;377;398;
402;405;409;411;414;416;418;423;452;454;457;458;467;473;474;593;594;
595;596;597;600;602;604;605;607;615;616;617;618;

4. $M=63.$ $(0 < X_{10} < 2) \ \& \ (2 \leq X_{24} < 3) \ \& \ (2 < X_{19} \leq 5)$

Строки:

58;61;63;66;70;72;74;75;79;87;95;96;99;100;103;108;149;162;163;171;177;
178;181;186;195;210;218;383;386;388;391;395;397;399;400;404;412;420;
421;424;442;445;461;463;471;476;477;481;488;489;494;496;500;526;529;
537;538;546;552;553;556;561;570;

5. $M=62.$ $(1 < X_{24} \leq 3) \ \& \ (3 < X_{25} \leq 5) \ \& \ (0 \leq X_7 < 2)$

Строки:

240;241;242;243;244;245;246;247;248;249;250;251;252;253;254;278;279;
280;282;284;286;287;288;289;290;291;292;293;294;593;594;595;596;597;
598;599;600;601;602;603;604;605;606;607;615;616;617;618;630;631;633;
634;635;637;642;643;644;646;647;648;649;650;

6. $M=50.$ $(2 < X_{24} \leq 3) \ \& \ (0 < X_{20} \leq 1) \ \& \ (0 \leq X_{26} < 1)$

Строки:

45;48;55;64;73;84;86;91;93;102;105;109;113;116;118;245;246;247;248;249;
250;251;252;253;254;370;373;380;389;398;409;411;416;418;452;454;464;
467;472;598;599;600;601;602;603;604;605;606;607;618;

7. $M=50.$ $(0 \leq X_{27} < 18) \ \& \ (1 < X_{24} < 3) \ \& \ (6 < X_3 < 10)$

Строки:

44;46;53;56;57;58;61;66;70;74;87;137;138;158;163;164;165;167;171;178;
192;213;214;217;218;371;378;382;383;395;399;412;438;441;442;443;463;
470;471;484;496;497;499;533;538;539;540;546;557;561;

8. $M=49.$ $(0 < X_{12} < 2) \ \& \ (1 \leq X_4 < 3) \ \& \ (0 < X_{22} \leq 1) \ \& \ (0 \leq X_{27} < 27)$

Строки:

47;48;52;55;56;70;80;84;87;98;102;104;105;108;113;114;115;116;119;120;
161;163;175;178;189;196;198;377;380;395;412;445;452;453;467;477;481;
486;501;510;526;528;529;538;546;550;562;571;573;

9. $M=49.$ $(1 < X_{24} \leq 3) \ \& \ (37 < X_{27} < 45) \ \& \ (0 \leq X_7 < 2)$

Строки:

51;67;69;72;75;99;117;142;144;159;160;166;169;190;211;278;279;370;376;
381;391;394;404;448;450;454;457;464;468;469;472;475;488;490;504;506;

525;534;535;544;570;594;597;618;630;634;642;643;647;

10. $M=45. (1 < X_{24} \leq 2) \& (0 \leq X_{22} < 1) \& (0 \leq X_{20} < 1)$

Строки:

44;53;58;61;66;95;96;99;103;122;126;127;132;134;135;144;149;162;192;
213;214;218;369;378;383;386;420;421;424;438;440;441;463;480;484;488;
489;494;496;497;506;511;524;537;567;

11. $M=44. (7 < X_3 < 9) \& (3 \leq X_{19} < 6)$

Строки:

44;45;46;135;136;137;240;242;243;244;245;246;277;279;280;281;282;283;
369;370;371;441;442;443;593;595;596;597;598;599;615;616;617;630;631;
632;633;634;641;643;644;645;646;647;

12. $M=41. (2 < X_{24} \leq 3) \& (0 \leq X_{10} < 1) \& (8 < X_3 < 10)$

Строки:

51;69;73;78;83;89;94;169;174;247;248;249;284;285;286;376;394;398;403;
408;414;419;450;454;457;464;466;487;490;492;503;508;544;549;600;601;
602;635;636;637;648;

13. $M=36. (1 < X_{24} \leq 2) \& (0 \leq X_{23} < 1) \& (0 \leq X_{26} < 1)$

Строки:

47;63;67;72;74;75;79;87;95;99;100;103;108;372;378;381;383;388;392;397;
399;400;404;412;420;421; 424;438;440;444;445;461;471;475;476;480;

14. $M=36. (1 < X_{24} \leq 3) \& (2 < X_{19} < 5)$

Строки:

112;240;242;243;244;245;246;277;279;280;281;282;283;286;593;595;596;
597;598;599;615;616;617;618;630;631;632;633;634;637;641;643;644;645;
646;647;

15. $M=34. (8 < X_3 \leq 10) \& (0 \leq X_4 < 1)$

Строки:

118;247;248;249;250;251;252;254;284;285;286;287;288;289;291;292;293;
294;330;600;601;602;603; 604;605;607;618;635;636;637;638;648;649;650;

16. $M=31. (9 < X_3 \leq 10) \& (0 \leq X_{26} < 1) \& (2 < X_{24} \leq 3)$

Строки:

102;104;105;106;107;109;110;111;112;113;114;115;116;117;118;119;120;
250;251;252;253;254;423; 473;474;603;604;605;606;607;618;

17. $M=31. (2 \leq X_{19} < 4) \& (0 \leq X_{15} < 1) \& (0 < X_4 < 3) \& (0 \leq X_2 < 2)$

Строки:

43;47;52;56;57;101;106;111;114;120;134;138;143;147;148;166;175;192;
197;204;205;216;372;377; 381;382;486;487;498;504;511;

18. $M=30. (1 < X_{24} < 3) \& (0 < X_{23} \leq 1) \& (0 \leq X_2 < 1)$

Строки:

37;44;46;53;56;57;58;60;61;66;70;76;96;121;125;127;135;137;144;162;164;
167;171;177;182;186; 210;211;217;218;

19. $M=30. (1 < X_{24} \leq 3) \& (0 < X_{16} \leq 3)$

Строки:

86;105;144;164;171;177;179;196;213;248;249;250;252;253;285;286;287;
289;290;411;516;546;554; 601;602;603;605;606;636;637;

20. $M=29. (1 < X_{24} \leq 2) \& (1 \leq X_2 < 2) \& (0 \leq X_{21} < 1)$

Строки:

369;371;378;381;383;385;386;388;391;392;395;397;399;401;420;421;424;
484;486;488;489;494;496; 497;499;506;511;524;529;

21. $M=27. (1 < X_{24} < 3) \ \& \ (0 \leq X_{20} < 1) \ \& \ (1 < X_9 < 3)$

Строки:

124;126;127;132;135;137;149;162;163;171;186;192;195;214;218;484;488;
489;494;496;529;537;538; 546;561;567;570;

22. $M=27.$

$(1 < X_{12} < 3) \ \& \ (1 < X_{24} \leq 3) \ \& \ (0 \leq X_{20} < 1) \ \& \ (0 \leq X_{14} < 2)$

Строки:

127;129;130;142;147;167;168;169;211;214;216;292;293;489;491;492;499;5
03;504;505;513;535;542; 543;544;630;649;

23. $M=26. (0 < X_{12} < 2) \ \& \ (0 < X_{27} < 27)$

Строки:

47;48;64;88;96;106;107;108;109;110;187;195;281;290;389;413;421;445;
461;486;500;550;562;571;632;645;

24. $M=25. (2 < X_{24} \leq 3) \ \& \ (0 < X_8 < 3) \ \& \ (0 \leq X_9 < 2)$

Строки:

104;109;111;112;113;114;115;116;129;251;253;254;282;284;423;473;474;
604;606;607;618;633;635; 646;648;

25. $M=25. (1 < X_{24} \leq 3) \ \& \ (0 \leq X_{11} < 1) \ \& \ (0 < X_9 \leq 2) \ \& \ (0 \leq X_2 < 1)$

Строки:

124;125;126;127;146;147;159;161;171;190;191;202;216;240;241;242;243;
244;245;246;282;283;287; 292;294;

26. $M=23. (37 < X_{27} < 42) \ \& \ (1 < X_{24} \leq 3)$

Строки:

67;69;99;160;169;190;277;376;391;404;454;457;464;468;475;488;504;534;
535;544;570;597;641;

27. $M=22. (1 \leq X_{25} < 3) \ \& \ (1 < X_{11} < 3) \ \& \ (0 < X_{22} \leq 1)$

Строки:

121;137;143;151;163;175;189;195;198;212;215;220;485;486;509;510;529;
538;550;570;572;573;

28. $M=21. (29 < X_{27} < 33) \ \& \ (1 < X_{24} \leq 3)$

Строки:

50;86;91;125;126;147;177;182;280;373;397;405;411;423;444;460;537;553;
631;644;649;

29. $M=20. (1 < X_{24} < 3) \ \& \ (35 < X_{27} < 45)$

Строки:

67;72;75;99;144;149;185;211;381;386;391;404;448;449;475;488;506;511;
560;570;

30. $M=20. (0 < X_8 < 2) \ \& \ (0 \leq X_{11} < 1) \ \& \ (1 < X_{24} \leq 3)$

Строки:

104;109;111;112;113;114;115;116;251;253;254;420;421;423;424;477;604;
606;607;618;

31. $M=20. (1 < X_{24} < 3) \ \& \ (0 \leq X_{21} < 1) \ \& \ (1 < X_{26} \leq 3)$

Строки:

122;127;132;134;135;137;149;165;167;218;484;489;494;496;497;499;511;
529;540;542;

32. $M = 19. (0 < X_{27} < 49) \ \& \ (2 \leq X_{19} < 3) \ \& \ (0 \leq X_2 < 2)$

Строки:

43;47;50;106;134;143;147;148;166;197;205;372;375;381;486;487;498;504;
511;

33. $M = 18. (1 < X_8 \leq 3) \ \& \ (1 \leq X_{26} < 3) \ \& \ (1 < X_{25} < 7)$

Строки:

202;204;210;282;284;287;291;294;506;522;577;579;633;635;638;646;648;
650;

34. $M = 17. (42 < X_{27} < 56) \ \& \ (2 < X_{24} \leq 3)$

Строки:

71;117;279;283;396;416;466;473;490;508;536;594;606;630;634;643;647;

35. $M = 17. (1 < X_{24} \leq 2) \ \& \ (0 < X_{21} \leq 1) \ \& \ (0 \leq X_{26} < 1)$

Строки:

47;57;75;79;87;100;372;382;400;404;412;444;445;449;470;476;481;

36. $M = 17. (1 < X_{24} \leq 3) \ \& \ (0 < X_{20} \leq 1) \ \& \ (0 < X_{12} < 2) \ \& \ (1 \leq X_{26} < 3)$

Строки:

139;161;177;194;196;202;210;290;291;500;501;510;528;536;552;569;571;

37. $M = 15. (22 < X_{27} < 38) \ \& \ (1 < X_{24} < 3) \ \& \ (0 \leq X_2 < 1)$

Строки: 47;60;63;100;122;124;125;126;127;149;177;181;182;185;195;

38. $M = 15. (1 < X_{24} < 3) \ \& \ (1 < X_{19} < 5) \ \& \ (0 \leq X_2 < 2)$

Строки: 47;56;57;134;138;192;204;214;217;372;381;382;484;486;511;

39. $M = 15. (29 < X_{27} \leq 35) \ \& \ (1 \leq X_{12} < 2) \ \& \ (0 \leq X_{18} < 2)$

Строки: 50;86;100;177;373;375;397;405;409;411;423;444;460;485;552;

40. $M = 15. (0 < X_{14} < 2) \ \& \ (0 < X_{23} \leq 1)$

Строки: 50;51;80;102;142;211;247;252;289;375;376;405;411;600;605;

41. $M = 15. (29 < X_{27} < 35) \ \& \ (1 < X_{24} < 3)$

Строки: 60;125;126;127;177;181;182;385;397;444;489;537;552;553;567;

42. $M = 15. (2 < X_{10} \leq 3) \ \& \ (9 \leq X_3 < 10) \ \& \ (0 \leq X_{17} < 2)$

Строки: 154;165;175;179;182;184;187;486;504;540;550;554;557;559;569;

43. $M = 14. (1 < X_{25} < 7) \ \& \ (0 < X_{16} \leq 1) \ \& \ (0 \leq X_2 < 1)$

Строки: 86;105;177;248;249;250;252;253;285;326;327;328;329;330;

44. $M = 13. (1 < X_{24} \leq 2) \ \& \ (6 < X_3 < 9)$

Строки: 44;46;132;134;135;137;369;371;438;440;441;442;443;

45. $M = 13. (0 < X_5 < 2)$

Строки: 102;106;108;117;252;288;423;424;475;476;481;564;605;

46. $M = 13. (1 < X_{19} < 3) \ \& \ (0 < X_{22} \leq 1) \ \& \ (1 < X_9 \leq 2)$

Строки: 143;147;166;196;204;205;212;216;516;541;571;572;579;

47. $M = 12. (0 < X_{13} < 3) \ \& \ (0 \leq X_{17} < 2)$

Строки: 51;64;102;103;104;105;142;196;211;376;389;494;

48. $M = 12. (0 \leq X_{23} < 1) \ \& \ (0 \leq X_{22} < 1) \ \& \ (0 < X_9 < 2) \ \& \ (0 \leq X_{20} < 1)$

Строки: 69;83;160;213;378;394;408;450;466;480;535;549;

49. $M = 12. (0 < X_{21} \leq 1) \ \& \ (35 < X_{27} < 47)$

Строки: 75;143;166;185;277;404;449;454;472;560;641;727;

- 50.** $M=12. (29 < X_{27} < 35) \& (1 < X_{25} < 5) \& (1 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 86;127;177;181;373;411;444;455;460;489;552;553;
- 51.** $M=11. (2 < X_{14} \leq 3) \& (0 \leq X_{17} < 3)$
Строки: 158;171;177;190;194;195;196;284;368;635;648;
- 52.** $M=11. (17 < X_{27} < 21) \& (2 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 48;64;89;187;197;281;290;389;414;632;645;
- 53.** $M=11. (0 < X_6 < 2)$
Строки: 107;109;110;120;198;250;420;523;559;573;603;
- 54.** $M=11. (0 < X_5 < 3) \& (0 < X_{10} < 2)$
Строки: 102;106;108;117;146;423;424;476;481;564;565;
- 55.** $M=11. (42 < X_{27} < 45)$
Строки: 117;144;279;283;490;506;594;630;634;643;647;
- 56.** $M=11. (0 < X_{27} < 27) \& (0 < X_2 < 2) \& (1 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 389;403;413;414;421;486;500;600;602;605;632;
- 57.** $M=10. (1 < X_{15} < 3) \& (1 \leq X_{25} < 5)$
Строки: 144;164;179;213;484;497;510;516;546;554;
- 58.** $M=10. (35 < X_{27} < 56) \& (1 < X_{12} \leq 2) \& (1 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 142;166;169;211;490;498;504;535;544;630;
- 59.** $M=10. (1 < X_{24} \leq 2) \& (0 < X_{14} < 2)$
Строки: 47;67;99;103;211;214;372;392;424;444;
- 60.** $M=10. (23 < X_{27} < 27) \& (2 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 110;205;292;550;562;571;577;602;605;617;
- 61.** $M=10. (2 < X_8 \leq 3) \& (1 \leq X_{26} < 3)$
Строки: 202;210;287;291;294;522;525;577;638;650;
- 62.** $M=10. (1 \leq X_9 < 2) \& (0 < X_{14} \leq 2) \& (0 < X_{23} \leq 1)$
Строки: 51;142;144;164;211;363;376;539;600;605;
- 63.** $M=10. (0 < X_{12} < 2) \& (0 < X_5 \leq 3) \& (0 \leq X_8 < 1)$
Строки: 102;106;108;117;198;476;481;528;529;573;
- 64.** $M=10. (1 < X_{14} \leq 2) \& (1 < X_{10} < 3)$
Строки: 122;128;134;138;141;144;164;213;533;539;
- 65.** $M=10. (0 \leq X_{27} < 52) \& (1 \leq X_{25} < 3) \& (0 < X_{20} \leq 1) \& (2 \leq X_{19} < 5) \& (0 \leq X_{28} < 28)$
Строки: 57;148;175;217;382;454;470;487;498;550;
- 66.** $M=10. (39 < X_{27} < 45) \& (0 < X_{20} \leq 1)$
Строки: 75;166;283;370;454;464;472;490;618;647;
- 67.** $M=9. (0 \leq X_{28} < 16) \& (0 \leq X_{27} < 17) \& (0 \leq X_{23} < 1) \& (0 < X_{22} \leq 1) \& (1 \leq X_{25} < 5) \& (3 < X_3 < 9)$
Строки: 326;327;328;329;676;677;678;681;695;
- 68.** $M=8. (34 < X_{27} < 38) \& (1 < X_{24} < 3) \& (0 \leq X_{18} < 2)$
Строки: 100;149;185;369;386;449;511;560;
- 69.** $M=8. (30 < X_{27} < 36) \& (0 < X_{21} \leq 1) \& (3 < X_{19} < 6)$
Строки: 100;181;191;373;409;419;552;553;
- 70.** $M=8. (0 \leq X_{27} < 31) \& (1 < X_{25} < 7) \& (1 \leq X_2 < 2) \& (7 < X_3 < 9)$
Строки: 595;596;598;599;632;633;678;681;
- 71.** $M=8. (0 < X_{27} < 22) \& (2 < X_{26} < 5)$
Строки: 132;179;187;362;365;542;728;731;

- 72.** $M=7. (0 < X_{23} \leq 1) \& (1 < X_{12} \leq 2) \& (1 < X_{25} < 5)$
Строки: 127;164;168;489;539;543;579;
- 73.** $M=7. (2 < X_{15} \leq 3) \& (0 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 171;194;286;287;289;290;637;
- 74.** $M=7. (18 < X_{27} < 20) \& (0 < X_4 \leq 1)$
Строки: 64;108;132;389;445;461;542;
- 75.** $M=7. (1 < X_{14} \leq 2) \& (0 < X_{12} < 2)$
Строки: 139;178;192;484;510;529;570;
- 76.** $M=7. (1 < X_{19} < 3) \& (21 < X_{27} < 29)$
Строки: 47;134;205;372;486;550;571;
- 77.** $M=7. (27 < X_{27} < 29) \& (1 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 63;154;285;388;494;513;636;
- 78.** $M=7. (1 < X_{24} < 3) \& (45 < X_{27} < 52)$
Строки: 79;95;162;186;392;476;524;
- 79.** $M=7. (0 < X_{15} \leq 1) \& (1 < X_{24} < 3)$
Строки: 67;103;158;177;214;392;533;
- 80.** $M=6. (1 < X_{24} < 3) \& (22 < X_{27} < 26)$
Строки: 47;122;124;195;486;500;
- 81.** $M=6. (32 < X_{27} < 34) \& (0 < X_{11} \leq 2)$
Строки: 60;151;220;385;455;489;
- 82.** $M=6. (36 < X_{27} < 38) \& (0 < X_{11} < 3)$
Строки: 143;152;185;386;498;560;
- 83.** $M=6. (45 < X_{27} < 49) \& (1 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 71;79;162;392;396;476;
- 84.** $M=6. (1 < X_{19} < 5) \& (2 < X_{26} < 5)$
Строки: 134;141;175;484;511;550;
- 85.** $M=6. (47 < X_{27} < 52) \& (1 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 95;186;466;473;524;536;
- 86.** $M=6. (24 < X_{27} < 26) \& (1 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 500;550;562;602;605;617;
- 87.** $M=6. (0 \leq X_{10} < 1) \& (2 < X_8 \leq 3) \& (0 \leq X_{21} < 1)$
Строки: 287;294;522;527;638;650;
- 88.** $M=6. (0 \leq X_{27} < 32) \& (0 \leq X_{20} < 1) \& (0 < X_{22} \leq 1) \& (1 < X_{26} < 5) \& (0 < X_2 < 2)$
Строки: 499;513;529;724;725;731;
- 89.** $M=6. (1 < X_{12} < 3) \& (2 < X_9 \leq 3)$
Строки: 490;492;497;503;527;544;
- 90.** $M=5. (1 \leq X_{26} < 3) \& (0 < X_{18} \leq 2) \& (0 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 121;205;487;528;569;
- 91.** $M=5. (1 < X_{24} < 3) \& (0 < X_{27} < 21) \& (0 \leq X_2 < 2)$
Строки: 96;108;121;132;421;
- 92.** $M=5. (0 < X_{18} \leq 2) \& (8 < X_3 < 10)$
Строки: 487;499;508;513;569;
- 93.** $M=5. (1 < X_{24} < 3) \& (26 < X_{27} < 29)$
Строки: 63;372;388;494;556;
- 94.** $M=5. (2 < X_{10} \leq 3) \& (1 < X_{19} < 5)$

Строки: 175;197;486;504;550;

95. $M=5. (29 < X_{27} < 34) \& (0 < X_9 < 2)$

Строки: 60;151;220;280;385;

96. $M=5. (0 < X_5 \leq 2) \& (0 < X_{27} < 30)$

Строки: 106;108;288;362;605;

97. $M=5. (20 < X_{27} < 23) \& (2 < X_{26} \leq 4)$

Строки: 134;362;364;365;728;

98. $M=5. (34 < X_{27} < 36) \& (2 < X_{24} \leq 3)$

Строки: 191;409;419;485;487;

99. $M=4. (1 < X_4 \leq 3) \& (1 < X_{11} \leq 2) \& (0 < X_2 \leq 2)$

Строки: 500;509;572;576;

100. $M=4. (0 < X_8 < 3) \& (1 < X_{12} \leq 2)$

Строки: 129;164;204;579;

101. $M=4. (0 < X_{17} < 3) \& (0 \leq X_{13} < 2)$

Строки: 102;167;367;542;

102. $M=4. (1 < X_{19} < 3) \& (0 < X_{27} < 21)$

Строки: 43;106;197;440;

103. $M=4. (33 < X_{27} < 35) \& (0 < X_4 < 3)$

Строки: 181;408;552;567;

104. $M=4. (1 < X_{19} < 3) \& (0 \leq X_{11} < 1) \& (0 < X_9 \leq 2)$

Строки: 147;216;516;567;

105. $M=4. (1 < X_{25} \leq 3) \& (1 \leq X_{26} < 3) \& (2 < X_{12} \leq 3)$

Строки: 191;516;566;577;

106. $M=4. (26 < X_{27} < 35) \& (1 < X_{25} < 7)$

Строки: 181;552;593;697;

107. $M=4. (27 < X_{27} < 29) \& (0 < X_{23} \leq 1)$

Строки: 285;366;513;636;

108. $M=4. (0 \leq X_{21} < 1) \& (0 < X_{20} \leq 1) \& (2 \leq X_{19} < 3) \& (0 \leq X_{28} < 28)$

Строки: 464;487;498;541;

109. $M=4. (0 < X_{27} < 18) \& (8 < X_3 \leq 10)$

Строки: 106;107;179;421;

110. $M=3. (24 < X_{27} < 27) \& (1 < X_{26} < 5)$

Строки: 360;550;562;

111. $M=3. (0 \leq X_{27} < 18) \& (0 \leq X_{28} < 7) \& (1 \leq X_{25} < 3) \& (0 \leq X_{24} < 1) \& (0 \leq X_2 < 2)$

Строки: 325;676;677;

112. $M=3. (0 < X_{23} \leq 1) \& (0 < X_{14} < 3) \& (2 \leq X_{19} < 3)$

Строки: 50;141;375;

113. $M=3. (2 < X_6 \leq 3) \& (0 \leq X_{18} < 2)$

Строки: 194;201;570;

114. $M=3. (1 < X_4 \leq 3) \& (2 < X_{10} \leq 3) \& (0 \leq X_8 < 1)$

Строки: 184;187;194;

115. $M=2. (1 < X_4 \leq 3) \& (1 \leq X_{19} < 5) \& (0 < X_2 \leq 1)$

Строки: 505;509;

116. $M=2. (37 < X_{27} < 52) \& (0 < X_{18} \leq 2)$

Строки: 135;508;

- 117.** $M=2. (22 < X_{27} < 24) \& (3 < X_{19} < 6)$
Строки: 122;403;
- 118.** $M=2. (35 < X_{27} < 37) \& (1 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 149;514;
- 119.** $M=2. (0 < X_{23} \leq 1) \& (35 < X_{27} < 37) \& (0 \leq X_7 < 2)$
Строки: 447;514;
- 120.** $M=2. (0 \leq X_{23} < 1) \& (0 \leq X_{22} < 1) \& (2 < X_9 \leq 3) \& (2 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 174;522;
- 121.** $M=2. (0 < X_{23} \leq 1) \& (1 < X_3 < 6) \& (1 < X_{24} \leq 3)$
Строки: 127;128;
- 122.** $M=1. (24 < X_{27} < 30) \& (3 < X_{26} < 5)$
Строка: 361;
- 123.** $M=1. (23 < X_{27} < 27) \& (0 \leq X_{26} < 1) \& (3 < X_3 < 7)$
Строка: 295;
- 124.** $M=1. (29 < X_{27} \leq 31) \& (5 \leq X_3 < 7)$
Строка: 296;
- 125.** $M=1. (32 < X_{27} \leq 37) \& (5 < X_{25} \leq 7) \& (0 \leq X_9 < 2)$
Строка: 297;
- 126.** $M=1. (29 < X_{27} < 32) \& (1 < X_{26} < 5)$
Строка: 726;
- 127.** $M=1. (0 \leq X_{28} < 14) \& (5 \leq X_3 < 7) \& (0 \leq X_{27} < 12) \& (0 \leq X_{23} < 1)$
& $(0 \leq X_{16} < 1)$
Строка: 299;
- 128.** $M=1. (0 \leq X_{22} < 1) \& (0 \leq X_{16} < 1) \& (0 \leq X_{27} < 14) \& (0 < X_{21} \leq 1)$
Строка: 732;
- 129.** $M=1. (0 < X_{27} < 22) \& (1 < X_2 \leq 2) \& (1 < X_9 \leq 2)$
Строка: 733.

В полученной математической модели результирующие составляющие представлены вместе с номерами покрываемых целевых строк, что необходимо для пояснений и анализа результата.

Возможны два варианта процедур исключения дублирующего покрытия целевых строк:

1. Вариант 1. Просматриваем результирующие составляющие (импликанты) сверху вниз (начиная с самой мощной). Сравниваем номера просматриваемой импликанты последовательно сверху вниз с номерами строк других импликант. Если все номера просматриваемой импликанты будут присутствовать в других просматриваемых импликантах, то ее удаляют как избыточную. Перемещаясь дальше сверху вниз (начиная с первой) мы также сравниваем номера строк просматриваемой импликанты с номерами строк других импликант, но в этом просмотре не участвует удаленная импликанта. Выявляя таким способом избыточное покрытие целевых строк, мы уменьшаем число результирующих составляющих.

2. Вариант 2. Поступаем аналогично, просматривая снизу вверх (начиная с самой маломощной составляющей). При наличии всех номеров просматриваемой импликанты в других импликантах,

просматриваемая импликанта удаляется и далее не участвует в процедуре исключения дублирующего покрытия целевых строк.

Таблица 26

Результат сравнения вариантов оптимизации модели

Мощность	Не оптимизированный вариант	Оптимизация	
		Вариант 1	Вариант 2
142	1	1	1
74	2	2	2
67	3	3	3
63	4	4	4
62	5	5	
50	6		
50	7	6	5
49	8	7	
49	9	8	6
45	10	9	7
44	11	10	8
41	12	11	9
36	13	12	
36	14		
34	15	13	10
31	16	14	
31	17		11
30	18	15	12
30	19	16	
29	20		
27	21	17	13
27	22	18	14
26	23	19	
25	24		
25	25	20	
23	26		
22	27	21	15
21	28		
20	29	22	
20	30		
20	31		
19	32		
18	33	23	
17	34	24	
17	35		
17	36	25	16

15	37		
15	38		
15	39		
15	40		
15	41		
15	42	26	17
14	43	27	
13	44		
13	45	28	
13	46	29	18
12	47		
12	48		
12	49	30	19
12	50	31	20
11	51	32	21
11	52		
11	53	33	22
11	54	34	23
11	55		
11	56		
10	57		
10	58		
10	59		
10	60		
10	61		
10	62	35	24
10	63		
10	64	36	25
10	65		
10	66		
9	67	37	26
8	68		
8	69		
8	70		
8	71	38	
7	72		
7	73		
7	74		
7	75		
7	76		
7	77		
7	78		
7	79		
6	80		

6	81		
6	82	39	27
6	83		
6	84		
6	85		
6	86		
6	87	40	28
6	88	41	29
6	89		
5	90		
5	91		
5	92		
5	93		
5	94		
5	95		
5	96		
5	97	42	30
5	98		
4	99	43	31
4	100		
4	101	44	32
4	102		
4	103		
4	104		
4	105	45	33
4	106	46	34
4	107	47	35
4	108		
4	109		
3	110	48	36
3	111	49	37
3	112		
3	113	50	38
3	114		
2	115		
2	116		
2	117		
2	118	51	
2	119	52	39
2	120		
2	121		
1	122	53	40
1	123	54	41
1	124	55	42

1	125	56	43
1	126	57	44
1	127	58	45
1	128	59	46
1	129	60	47

Как видно из таблицы, достигнуто значительное уменьшение результирующих составляющих путем исключения дублирующего покрытия целевых строк. Вместо 129 результирующих составляющих в варианте 1 присутствует 60 результирующих составляющих, а варианте 2 - только 47 шт. Таким образом, появляется возможность получать более компактные математические модели, которые более удобно анализировать. Кроме того, исключение дублирующих покрытий целевых строк позволяет строить более качественные экспертные системы с использованием АМКЛ [14, 42, 66].

Практика выполнения аналитических расчетов показывает, что нельзя использовать только один вариант оптимизации (по данным приведенного расчета - вариант 2). Достаточно часто вариант 1 дает небольшой выигрыш в минимизации числа результирующих составляющей.

Приведенный пример расчета выбран для демонстрации значительного эффекта в оптимизации результата. Но это во много зависит от решаемой задачи. В практике довольно часто встречаются модели близкие к оптимизированным моделям.

В заключении следует отметить, что рассматриваемые два варианта оптимизации АМКЛ не являются исчерпывающими. Возможны и другие варианты: в частности с перемещением по результирующим составляющим по случайному закону. Однако реализация таких вариантов заметно усложняет аналитическую работу и нашим предположениям не даст значительного эффекта по сравнению с предложенными вариантами.

Для выполнения аналитических расчетов имеющееся программное обеспечение было дополнено введением алгоритмов оптимизации (варианты 1 и 2) [40].

Выводы:

1. Алгоритм АМКЛ нуждается в процедуре оптимизации результата.

2. Процедура оптимизации дает ощутимый эффект по минимизации числа результирующих составляющих.

3. Целесообразно в практике использовать различные алгоритмы оптимизации с целью выбора модели с минимальным числом результирующих составляющих.

3.8. Способ сравнительного многофакторного анализа в медицине с использованием алгебраической модели конструктивной логики

В практике аналитических исследований в медицине достаточно часто встречаются задачи сравнения случаев до и после лечения для оценки эффективности новых медицинских технологий. Эти задачи усложняются многофакторным характером исследований, отсутствием в явном виде оценки результата рассматриваемых случаев и неопределенность исходного массива данных [13, 16].

В этих случаях можно использовать способ сравнительного многофакторного анализа для следующих условий:

- факторы представлены величинами отклонений от значений в норме (например, результаты лабораторных исследований);
- необходимость учета совместного действия всех факторов;
- необходимость вычисления результата совместного действия всех факторов;
- трудности в оценке достаточности числа оцениваемых случаев.

Последовательность действий рассматриваемого способа сравнительного многофакторного анализа представлена на рис. 76.

Исследователь, осуществляя сплошное наблюдение, должен накопить достаточно большое число случаев, чтобы покрыть хотя бы несколько раз различные сочетания всех возможных значений каждого фактора. Это требует много времени и не всегда бывает возможным.

Известно, что при построении АМКЛ отдельные факторы могут быть поглощены и не участвовать в результирующих составляющих математической модели, аналогично тому, как это делается в синтезе цифровых автоматов [18, 41, 65, 73]. Это обстоятельство позволяет искать пути оптимизации процесса накопления массива данных при сплошном наблюдении.

Рассматриваемый способ сравнительного многофакторного анализа предусматривает разбиение процесса накопления информации на два этапа [26]. На первом этапе формируется массив данных ограниченного объема. Этот массив данных анализируется и по результатам его появляется ясность по объему накопления данных на втором этапе.

Накопленный на первом этапе массив данных оценивается количественно. Для этого по каждому дискретному значению каждого фактора вычисляется их количество. Если значения носят непрерывный характер, то эти значения разбиваются на диапазоны. В результате выявляются те значения факторов, которые имеют единичные значения или совсем отсутствуют.

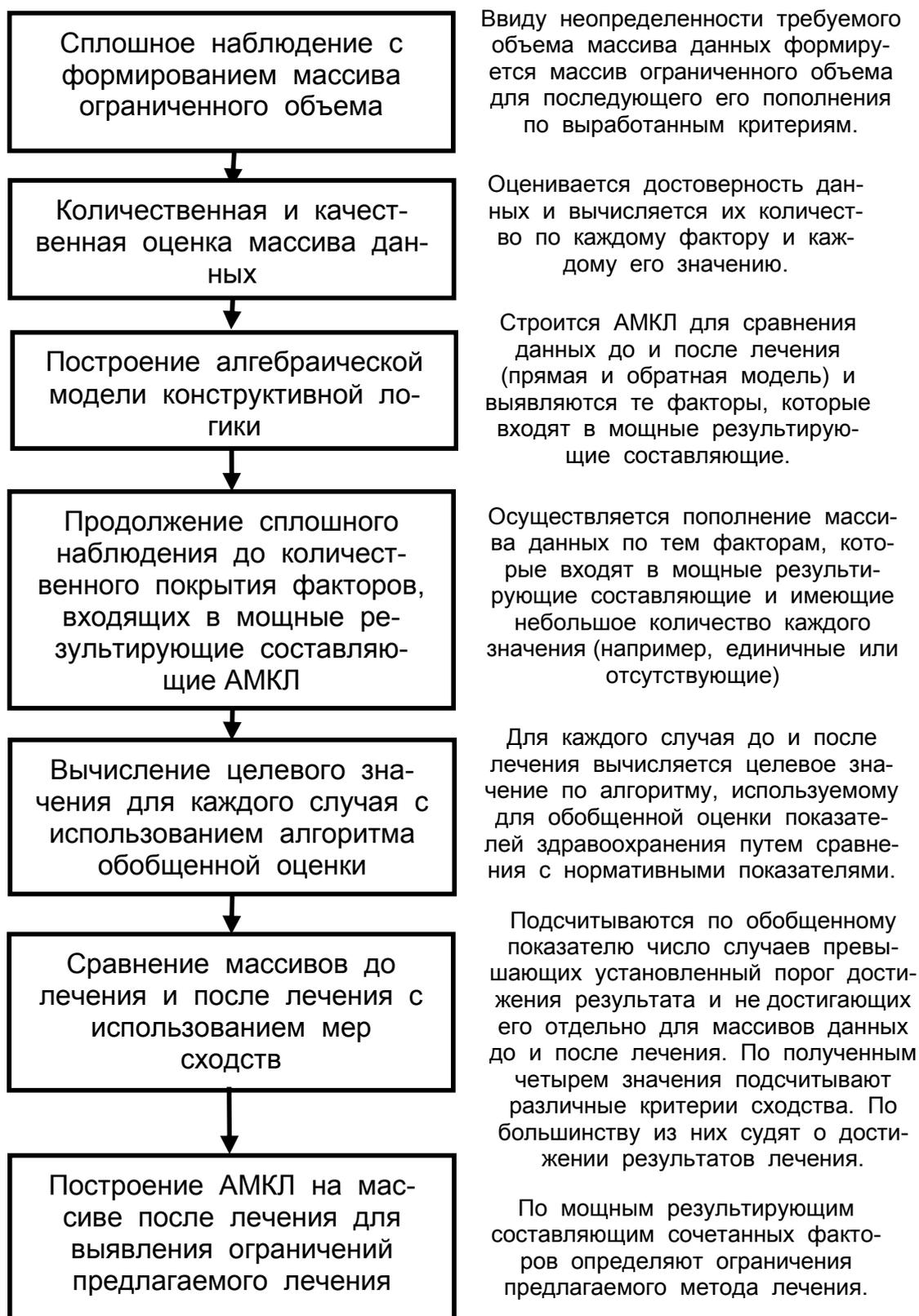


Рис. 76. Последовательность действий предлагаемого способа сравнительного многофакторного анализа

Одновременно с этим оценивается достоверность данных. Если исследователь уверен в высокой достоверности данных, то тогда можно использовать классический вариант АМКЛ [18, 40, 84]. Если имеются определенные сомнения в достоверности данных, то тогда целесообразно использовать модернизированный вариант АМКЛ [73]. При необходимости можно использовать специальные методы верификации данных [54].

После этого на массиве ограниченного объема строится АМКЛ в двух видах:

- целевыми значениями являются случаи после лечения, которые сравниваются со случаями до лечения (прямая модель);
- целевыми значениями являются случаи до лечения, которые сравниваются со случаями после лечения (обратная модель).

В каждой полученной логической математической модели являются главные результирующие составляющие. Для этого можно использовать один из алгоритмов и программу выделения главных результирующих составляющих [18, 70, 76].

Дальнейшее накопление данных должно осуществляться без учета факторов, которые отсутствуют в главных результирующих составляющих в прямой и обратной математической модели. За счет этого можно существенно сократить объем последующей работы по дальнейшему накоплению данных при сплошном наблюдении.

Процесс дальнейшего накопления можно закончить тогда, когда все значения каждого фактора, входящих в главные результирующие составляющие будут покрыты хотя бы несколькими случаями.

Важно отметить, что дальнейший процесс накопления случаев должен осуществляться как сплошное наблюдение. Исследователь не должен подбирать нужные случаи. Иначе это может привести к фальсификации конечного результата.

После завершения двухэтапного накопления информации мы будем иметь два одинаковых по числу случаев массивов (до и после лечения), в которых в явном виде нет целевого значения (обобщенного результата сравнения значений факторов с их значениями в норме). Для вычисления целевого значения можно воспользоваться различными алгоритмами и программой обобщенной оценки показателей здравоохранения [9, 12, 47 - 52, 63]. Только в нашем случае вместо статистических данных будут использованы конкретные значения анализируемых факторов (табл. 27). При этом программное обеспечение придется изменить в части использования не абсолютных значений отклонений от нормативных значений, а относительных (разность должны разделить на значение в норме) (рис. 77).

В результате мы будем иметь результат обобщенной оценки (отрицательные значения будут указывать на улучшение, а положительные значения - на ухудшение). При необходимости можно вместо нулевого порога установить иное отрицательное значение. Далее подсчитываются по обобщенному показателю число случаев превышающих установленный порог достижения результата и не достигающих его отдельно для массивов данных до и после лечения. В результате этого мы будем иметь четыре значения и можем сформировать таблицу сопряженности. Затем, используя различные критерии сопряженности (например, отношение шансов, коэффициент ассоциации, хи-квадрат), мы можем оценить достоверность отличия до и после лечения по их большинству [20, 39].

На последнем этапе целесообразно оценить возможные ограничения предлагаемого метода лечения, аналогично тому, как это представлено в статье [5]. Для этого необходимо построить АМКЛ на массиве после лечения. В качестве целевых значений необходимо брать отрицательные значения обобщенной оценки. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы нецелевые случаи были в два или более раз больше, чем целевых. Если это условие не соблюдается, то нужно использовать не нулевой порог, а смещенный в сторону отрицательных значений.

В полученной математической модели нужно выделить главные результирующие составляющие. По диапазону значений области определения сочетанных факторов в результирующих составляющих можно судить о предпочтительности использования предлагаемой новой медицинской технологии. Чем больше мощность результирующей составляющей, тем выше уверенность в получении положительного результата в лечении.

По результатам работы с конкретными массивами данных выявлены следующие особенности рассматриваемого способа сравнительного многофакторного анализа с использованием АМКЛ:

1. Если в математической модели, построенной на первоначальном (пробном) массиве данных, выявляется зависимость только от одного фактора, то необходимо для выявления других факторов исключить выявленный фактор и построить математическую модель без него.

2. Мощности результирующих составляющих математической модели, построенной на первоначальном (пробном) массиве данных, можно наряду с другой информацией использовать для определения коэффициента важности факторов (постоянной величины или функциональной зависимости) в обобщенной оценке целевого значения фактора в зависимости от выбранного алгоритма.

3. Если в математической модели, построенной на первоначальном (пробном) массиве данных, мощности результирующих составляющих получились небольшими, то следует попробовать увеличить объем этого пробного массива данных. Если это не

помогает в получении в результирующих составляющих больших мощностей, то целесообразно отказаться от рассматриваемого способа многофакторного анализа. Объясняется это тем, что большое число результирующих составляющих с малой мощностью требует значительного увеличения массива данных, покрывающих многократно все сочетания каждого значения всех факторов. Фактически это означает одноэтапный подход многофакторного анализа, а не двухэтапный подход, положенный в основу предлагаемого способа. Кроме того, в практической работе из-за уникальности исследований часто бывает невозможным накапливать информацию много лет.

Таким образом, рассматриваемый способ сравнительного многофакторного анализа позволяет существенно сократить трудоемкий процесс сплошного наблюдения. Однако этот способ не является универсальным для всех случаев многофакторного анализа, поскольку имеет указанные ограничения [26].

Таблица 27

Адаптированный алгоритм расчета обобщенной оценки для расчета результирующего значения отклонений от значения всех факторов в норме

NN	Действие	Пояснения
1.	Определяется перечень анализируемых факторов.	Осуществляется исследователем. Каждый фактор обосновывается.
2.	Определяется коэффициент относительной важности каждого фактора (q_i).	Осуществляется исследователем. Рекомендуется экспертный путь, для чего бальная оценка всех экспертов усредняется по каждому фактору. Этот коэффициент определяет относительный вклад каждого показателя в обобщенную оценку.
3.	Производится нормирование коэффициента относительной важности, для чего для каждого фактора вычисляется значение: $Q_i = \frac{100 q_i}{\sum_{i=1}^n q_i}$	В результате сумма всех коэффициентов относительной важности будет равно 100. В результате между анализируемыми факторами 100 баллов распределяются прямо пропорционально важности этих факторов.
4.	Определяются значения факторов в норме (P_i).	Допустимым является задание нормативного значения фактора в виде интервала.

5.	Определяются реальные значения факторов (P_{ri}).	Реальные значения факторов должны браться в тех же единицах измерения, что и значения в норме.
6.	Выбирается система алгебраической оценки отклонения реального значения фактора: знаком (+) обозначается ухудшение по сравнению со значением в норме, знаком (-) - улучшение.	Такой выбор обусловлен тем, что увеличение значения фактора в одном случае может означать ухудшение, а в другом улучшение.
7.	Вычисляется максимальное отклонение каждого фактора от значения в норме (P_{max_i}).	В случае задания нормативного значения фактора в виде интервала максимальное отклонение вычисляется от ближайшей границы этого интервала.
8.	Определяется уровень отклонения реального значения фактора от максимального значения в норме как отношение $ P_i - P_{ri} / P_{max_i}$. К полученному отклонению подставляется знак алгебраической оценки: знак (+) при отклонении в сторону ухудшения и знак (-) - в сторону улучшения.	При вводе значения в норме P_i задается ближайшая граница интервала. Полученное отношение не будет превышать единицы. Тем самым осуществляется нормирование всех факторов.
9.	Полученное по п.8 отношение умножается на нормированный коэффициент относительной важности фактора, полученный по п. 3.	При этом сохраняется знак + или -, характеризующий ухудшение или улучшение.
10.	Полученные значения по п.9 каждого фактора суммируются. Полученная сумма делится на 100 и вычитается из единицы.	В результате вычисляется долевое значение К , которое меньше единицы при уровне обобщенной оценки меньше нормы, больше единицы при уровне обобщенной оценки больше нормы и соответствует норме при значении равным 1.
10.	Уровень достижения	Для наглядности и удобства

результата преобразуется в проценты при необходимости.	обобщенная оценка К может быть переведена в коэффициент уровня достижения результата, выраженный в % по формуле: УДР = 100 * К
--	---

Программа (шифр **DUmн**) обобщенной оценки по отклонениям от нормы. В основу работы данной программы положен алгоритм, показанный в табл. 27. Данный алгоритм отличается от прототипа (обобщенной оценки показателей здравоохранения) [51, 52, 63, 76]. В его основу заложен иной принцип нормирования факторов.



Рис. 77. Внешний вид программы обобщенной оценки по отклонениям от нормы

Рис. 78. Форма ввода нормативных показателей

Обобщенная оценка - [Ввод текущего показателя с алгебраической оценкой]

Файл Правка Вид Вставка Формат Записи Сервис Окно Справка Adobe PDF Введите вопро

Arial 14

ВВОД ТЕКУЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

NN	N	Показатель	Нормативный показатель	Текущий показатель	Система алгебраической оценки	Кoeff. важности
1	2	РН влагалища	4,4	5,5	+	5
1	3	Лейкоциты	1	6	+	5
1	4	Эпителий плоский	1	3	+	4
1	5	Флора палочковая	0	0	+	5

Запись: 1 из 1320

Рис. 79. Форма ввода текущих значений

Тема: Анализ лабораторных показателей

Исполнитель: Раннева Л.К.

Пациент	Уровень достижения обобщенного результата
1 .	94,771
2 .	97,792
3 .	97,938
4 .	96,236
5 .	98,639
6 .	97,833
7 .	98,410
8 .	98,104
9 .	97,222
10 .	96,382
.....	
174 .	94,514
175 .	96,382
176 .	94,514
177 .	96,028
178 .	95,299
179 .	94,444
180 .	95,563

02.06.2016

Рис. 80. Результат обобщенной оценки

Форма ввода нормативных показателей (рис. 78) предназначена для ввода значений факторов в норме. Если нормативный по-

казатель задан интервалом, то необходимо вводить ближайшее к значению фактора интервальное значение.

Форма ввода текущих показателей (рис. 79) позволяет вводить значение факторов и алгебраическую оценку (области ввода выделены цветом). Знаком "+" следует отмечать записи свидетельствующие об ухудшении, а знаком "-" - улучшении.

Кнопкой "Обобщенная оценка" можно вывести информацию о результатах обобщенной оценки по каждой записи (рис. 80). Кнопкой "Ввод заголовка" можно ввести название исследования, исполнителя и пороговое значение (по умолчанию задано 100%).

Если обобщенная оценка меньше порогового значения, то это свидетельствует о не достижении поставленной цели, а при равном или превышающим пороговое значение - достижении цели.

При изменении порогового значения можно выводить семейство результирующих оценок.

КОЛИЧЕСТВО	
Всего:	120
Меньше порогового значения:	64
Больше или равно пороговому значению:	56

02.06.2016

Рис. 81. Количественная оценка

Кнопкой "Количество" можно подсчитать общее число случаев (рис. 81). Расчеты необходимо выполнять отдельно с массивами данных до лечения и после лечения. В результате количественной оценки будут получены значения для заполнения таблицы сопряженности.

Вид базы данных представлен на рис. 82.

NN	N	FP	ZP	ZPt	KV	RZ	SAO
228	2 РН влагалища		4,4	4,2	5		-
229	2 РН влагалища		4,4	4,6	5		+
230	2 РН влагалища		4,4	4,2	5		-
231	2 РН влагалища		4,4	4,1	5		-
232	2 РН влагалища		4,4	4,7	5		+
233	2 РН влагалища		4,4	4,5	5		+
234	2 РН влагалища		3,8	4,0	5		-
235	2 РН влагалища		4,4	4,2	5		-
236	2 РН влагалища		4,4	4,4	5		-
237	2 РН влагалища		4,4	4,5	5		+
238	2 РН влагалища		4,4	4,4	5		-
239	2 РН влагалища		4,4	4,8	5		+
240	2 РН влагалища		4,4	5,0	5		+
61	3 Лейкоциты		1,0	1,0	5		-
62	3 Лейкоциты		1,0	2,0	5		+
63	3 Лейкоциты		1,0	4,0	5		+
64	3 Лейкоциты		1,0	3,0	5		+

Рис. 82. База данных

3.9. Способ выявления ограничений анализируемого метода лечения с помощью алгебраической модели конструктивной логики на примере гипербарической оксигенотерапии при онкогинекологической патологии

Рассматриваемый способ выявления ограничений анализируемого метода лечения с помощью АМКЛ заключается в следующем [5]:

1. Строится математическая модель. В качестве цели выбирается предлагаемый метод лечения в сравнении с противопоставляемым известным методом.

2. С помощью анализа математической модели оценивается эффективность предлагаемого метода лечения по числу отличительных признаков (много результирующих составляющих со значительной суммарной мощностью свидетельствуют о возможности выявления того контингента, которым предлагаемый метод показан).

3. Из исходного массива анализируемых данных удаляются противопоставляемого метода лечения.

4. Задается из имеющихся в исходном массиве данных критерий положительного исхода.

5. Подсчитывается процент положительного исхода как отношение разности числа случаев в базе, которые соответствуют условию положительного исхода минус число совпавших целевых и нецелевых строк в математической модели к общему числу случаев в базе с учетом удаления данных по пункту 3.

6. С помощью АМКЛ строится математическая модель относительно цели по пункту 4. При необходимости выделяются главные результирующие составляющие.

7. Оценивается доля каждой результирующей составляющей, вносимой в общую долю по пункту 5, по результатам анализа результирующих составляющих на предмет их взаимного пересечения.

8. Ожидаемый результат оценивается отдельно по каждой результирующей составляющей.

Рассмотрим предлагаемый способ на примере гипербарической оксигенотерапии при лечении онкогинекологической патологии.

Исходный массив данных представлен 753 случаями: *гипербарическая оксигенация* (ГБО) – 216 случаев, *нормобарическая оксигенация* (НБО) – 169 случаев и без кислородотерапии 368 случаев.

Принятые обозначения:

X1 – Кислородотерапия:

0 - без кислородотерапии (368 случаев);

1 – ГБО (216 случаев);

- 2 – НБО (169 случаев).
- X2 – Стадия заболевания:
1 – 1а или 1b или 1с (47 случаев);
2 – 2а или 2b или 2с (32 случая);
3 – 3а или 3b или 3с (579 случаев);
4 – 4 стадия (95 случаев).
- X3 – Плеврит:
1 – есть (49 случаев);
0 – нет (704 случая).
- X4 – Асцит:
1 – есть (282 случая);
0 – нет (471 случай).
- X5 – Mts (метастазы) в большом сальнике:
1 – есть (377 случаев);
0 – нет (376 случаев).
- X6 – Mts в печени:
1 – есть (43 случая);
0 – нет (710 случаев).
- X7 – Mts во влагалище:
1 – есть (37 случаев);
0 – нет (716 случаев).
- X8 – Mts в лёгких:
1 – есть (74 случая);
0 – нет (679 случаев).
- X9 – Mts в малом тазу:
1 – есть (555 случаев);
0 – нет (198 случаев).
- X10 – Mts в брюшной полости:
1 – есть (417 случаев);
0 – нет (336 случаев).
- X11 – Mts в воротах печени:
1 – есть (15 случаев);
0 – нет (738 случаев).
- X12 – Mts в парааортальных лимфоузлах:
1 – есть (89 случаев);
0 – нет (664 случая).
- X13 – Mts в подвздошных лимфоузлах:
1 – есть (219 случаев);
0 – нет (534 случая).
- X14 – Mts в паховых лимфоузлах:
1 – есть (6 случаев);
0 – нет (747 случаев).
- X15 – Mts в надключичных лимфоузлах:
1 – есть (20 случаев);
0 – нет (733 случая).

- X16 – Надвлагалищная ампутация матки с придатками:
1 – есть без оментэктомии (9 случаев);
2 – есть с оментэктомией (73 случая);
0 – нет (671 случай).
- X17 – Экстирпация матки с придатками:
1 – есть (77 случаев);
0 – нет (676 случаев).
- X18 – Аднексэктомия, резекция большого сальника:
1 – есть (4 случая);
0 – нет (749 случаев).
- X19 – Экстирпация матки с придатками + оментэктомия:
1 – есть с оментэктомией (361 случай);
2 – есть с лимфаденэктомией (229 случаев);
0 – нет (163 случая).
- X20 – Тошнота:
1 – есть (575 случаев);
0 – нет (178 случаев).
- X21 – Лейкопения:
1 – есть (291 случай);
0 – нет (462 случая).
- X22 – Тромбоцитопения:
1 – есть (183 случая);
0 – нет (570 случаев).
- X23 – Анемия:
1 – есть (522 случая);
0 – нет (231 случай).
- X24 – Нефротоксичность:
1 – есть (380 случаев);
0 – нет (373 случая).
- X25 – Остаточная опухоль:
1 – 0 мм (359 случаев);
2 – до 20 мм (146 случаев);
3 – более 20 мм (248 случаев).
- X26 – Регрессия:
1 – полная регрессия (339 случаев);
2 – частичная регрессия (396 случаев);
3 – стабилизация (18 случаев).
- X27 – Исход:
1 – живет с рецидивом (336 случаев);
2 – живет без рецидива (399 случаев);
3 – жила до смертельного исхода (18 случаев).
- X28 – Число месяцев жизни с указанным в X27 исходом.

Преобразования данных, включая анализ базы, и предварительный анализ осуществлялись средствами Access и Excel.

По результатам предварительного анализа можно отметить:

1. Для ГБО (X1=1) исход (X27) по сравнению с данными без кислородотерапии соответствует:

- увеличению кол-ва случаев жизни с рецидивом (X27=1) на $45,83 - 44,29 = 1,54\%$;

- увеличению кол-ва случаев жизни без рецидива (X27=2) на $53,70 - 52,72 = 0,98\%$;

- уменьшению кол-ва случаев жизни со смертельным исходом на $2,99 - 0,46 = 2,53\%$, что с учетом округления равно $1,54 + 0,98$.

2. Для НБО (X1=2) исход (X27) по сравнению с данными без кислородотерапии соответствует:

- уменьшению кол-ва случаев жизни с рецидивом (X27=1) на $43,79 - 44,29 = -0,50\%$;

- уменьшению кол-ва случаев жизни без рецидива (X27=2) на $52,66 - 52,72 = -0,06\%$;

- увеличению кол-ва случаев жизни со смертельным исходом на $3,55 - 0,46 = -0,09\%$.

Таким образом, по такой приблизительной оценке ГБО дает эффект, НБО - не дает.

3. Для ГБО (X1=1) регрессия (X26) по сравнению с данными без кислородотерапии соответствует:

- увеличению кол-ва случаев с полной регрессией (X26=1) на $47,22 - 44,29 = 2,93\%$;

- уменьшению кол-ва случаев с частичной регрессией (X26=2) на $52,31 - 52,72 = -0,41\%$;

- уменьшению кол-ва случаев со стабилизацией на $0,46 - 2,99 = -2,53\%$

4. Для НБО (X1=2) регрессия (X26) по сравнению с данными без кислородотерапии соответствует:

- уменьшению кол-ва случаев с полной регрессией (X26=1) на $43,79 - 44,29 = -0,50\%$;

- уменьшению кол-ва случаев с частичной регрессией (X26=2) на $52,66 - 52,72 = -0,06\%$;

- увеличению кол-ва случаев со стабилизацией на $3,55 - 2,99 = 0,56\%$.

Таким образом, по такой приблизительной оценке ГБО дает эффект в части увеличения случаев с полной регрессией за счет случаев с частичной регрессией и стабилизацией, а НБО дает небольшой эффект со стабилизацией за счет полной и частичной регрессии.

5. Для ГБО (X1=1) остаточная опухоль (X25) по сравнению с данными без кислородотерапии соответствует:

- уменьшению кол-ва случаев с отсутствием опухоли (X25=1) на $48,61 - 49,46 = -0,85\%$;

- увеличению кол-ва случаев с опухолью до 20 мм ($X_{25}=2$) на $18,06 - 17,66 = 0,40\%$;

- увеличению кол-ва случаев с опухолью свыше 20 мм ($X_{25}=3$) на $33,33 - 32,88 = 0,45\%$

6. Для НБО ($X_1=2$) остаточная опухоль (X_{25}) по сравнению с данными без кислородотерапии соответствует:

- уменьшению кол-ва случаев с отсутствием опухоли ($X_{25}=1$) на $42,60 - 49,46 = -6,86\%$;

- увеличению кол-ва случаев с опухолью до 20 мм ($X_{25}=2$) на $24,85 - 17,66 = 7,19\%$;

- увеличению кол-ва случаев с опухолью свыше 20 мм ($X_{25}=3$) на $3,55 - 2,99 = 0,56\%$.

Таким образом, по такой приблизительной оценке ГБО и НБО не уменьшают размер опухоли.

7. Указанные в предварительном анализе факторы имеют заметную долю в общем числе случаев и пригодны для дальнейшего многофакторного анализа.

8. Многофакторный анализ позволит выявить профиль тех больных, для которых ГБО даст более ощутимый эффект по сравнению с предварительным анализом, в котором пациенты не дифференцируются по профилю (оценка осуществлялась для всех сразу).

В сочетанном виде факторы анализировались с помощью АМКЛ. По результатам построения и анализа двух математических моделей выявлено:

1. В математических моделях представлено достаточно много отличительных признаков (много результирующих составляющих со значительной суммарной мощностью).

2. Высокая сочетанность факторов в результирующих составляющих математических моделей.

Учитывая изложенное можно отметить, что не всем пациентам показано ГБО. В этом случае целесообразно определить тот контингент пациентов, которым ГБО показано. С этой целью в массиве данных с $X_1=1$ (ГБО) выбраны те, которые соответствуют положительному исходу:

($X_{26}=1$ или $X_{26}=2$) совместно с ($X_{27}=1$ или $X_{27}=2$) совместно с $X_{28}>24$.

Остальные ГБО ($X_1=1$), которые не соответствуют положительному исходу, удалены из базы. В результате число строк в базе с $X_1=1$ равно 169 случаев.

Примечание: Для данного конкретного расчета в основном условии $X_{28}>24$ соответствует положительному исходу.

Процент ГБО, применение которого показано пациентам, составит:

$$100 \frac{GBO - SVP}{VGBO} = \frac{169 - 84}{216} = 39,35\%$$

где GBO – число случаев в базе, которые соответствуют условию положительного исхода;

SVP – число совпавших целевых и нецелевых строк в математической модели;

VGBO - общее число случаев в базе с ГБО.

Таким образом, ГБО показано **39,35%** пациентов, которые соответствуют условию одного из результирующих составляющих полученной математической модели.

С целью выделения и количественной оценки контингента пациентов, которым показано ГБО, была построена математическая модель (показаны главные результирующие составляющие, определенные по специальным методикам [43, 70, 76]):

Импликации ПРЯМЫЕ из файла: E:\АналитРасчеты\BaseV.txt

Переменная цели: X1

Значение цели: 1

Маска: X25

Совпало целевых и нецелевых строк: 84.

1. W= 10.

(0 <= X20 < 1) & (0 < X24 <= 1) & (1 < X19 <= 2)

Строки: 485;501;502;505;506;508;515;521;527;531

2. W= 5.

(0 <= X9 < 1) & (0 <= X21 < 1) & (0 <= X20 < 1) & (0 < X13 <= 1)

Строки: 501;502;504;508;510

3. W= 4.

(0 < X5 <= 1) & (0 < X15 <= 1) & (3 <= X2 < 4) & (0 <= X12 < 1)

Строки: 422;434;443;448

4. W= 4.

(0 < X5 <= 1) & (0 <= X20 < 1) & (0 < X8 <= 1) & (0 < X19 <= 1)

Строки: 441;457;462;484

5. W= 4.

(0 <= X19 < 1) & (0 <= X20 < 1) & (0 < X17 <= 1)

Строки: 466;476;477;478

6. W= 4.

(0 <= X13 < 1) & (0 <= X20 < 1) & (1 < X19 <= 2)

Строки: 469;470;485;515

7. W= 4.

(0 <= X23 < 1) & (0 <= X20 < 1) & (1 < X19 <= 2)

Строки: 469;508;526;536

8. W= 3.

(0 <= X13 < 1) & (2 < X2 < 4) & (0 <= X21 < 1) & (0 <= X24 < 1) & (0 <= X10 < 1) & (0 < X23 <= 1) & (0 < X19 <= 2) & (0 < X9 <= 1)

Строки: 486;490;491

9. $W = 3$.

$(0 < X5 \leq 1) \& (0 \leq X20 < 1) \& (0 < X23 \leq 1) \& (0 < X24 \leq 1) \& (0 \leq X21 < 1)$

Строки: 427;448;464

10. $W = 3$.

$(0 < X16 < 2) \& (3 \leq X2 < 4)$

Строки: 440;444;452

11. $W = 3$.

$(0 < X5 \leq 1) \& (0 < X15 \leq 1) \& (0 < X24 \leq 1) \& (0 \leq X4 < 1)$

Строки: 434;448;456

12. $W = 3$.

$(0 < X7 \leq 1) \& (0 \leq X22 < 1) \& (0 < X24 \leq 1) \& (0 < X9 \leq 1) \& (0 < X13 \leq 1)$

Строки: 498;528;537

13. $W = 2$.

$(0 < X16 \leq 2) \& (0 \leq X22 < 1) \& (0 < X24 \leq 1) \& (0 < X23 \leq 1) \& (0 < X4 \leq 1) \& (0 \leq X6 < 1)$

Строки: 422;439

Для оценки доли каждой результирующей составляющей, вносимой в общую долю (**39,35%**) контингента пациентов, которым показано ГБО, необходимо воспользоваться одной из методик вычисления максимальной суммарной мощности, используемых для построения экспертных систем на базе АМКЛ [46]. В данном случае, учитывая небольшое число главных результирующих составляющих в математической модели, этот расчет можно сделать без специального программного обеспечения.

Первым шагом вычисления максимальной суммарной мощности является анализ результирующих составляющих на предмет их взаимного пересечения. В данном случае все 13 результирующих составляющих не пересекаются друг с другом. Таким образом, каждая из результирующих составляющих не является подмножеством какой либо другой результирующей составляющей. Следовательно, нет необходимости в суммировании мощностей результирующих составляющих и максимальная суммарная мощность будет равна мощности первой результирующей составляющей (т.е. равна 10).

Вторым шагом вычисления находим долю каждой результирующей составляющей как **39,35%** умноженное на отношение мощности результирующей составляющей к максимально возможной суммарной мощности (табл. 28).

**Долевые значения результирующих составляющих
математической модели**

Номер результирующей составляющей	Мощность результирующей составляющей	Результирующая составляющая	Вероятность положительного исхода, %
1	10	$(X_{20} = 0) \& (X_{24} = 1) \& (X_{19} = 2)$	39,35
2	5	$(X_9 = 0) \& (X_{21} = 0) \& (X_{20} = 0) \& (X_{13} = 1)$	19,675
3	4	$(X_5 = 1) \& (X_{15} = 1) \& (X_2 = 3) \& (X_{12} = 0)$	15,74
4	4	$(X_5 = 1) \& (X_{20} = 0) \& (X_8 = 1) \& (X_{19} = 1)$	15,74
5	4	$(X_{19} = 0) \& (X_{20} = 0) \& (X_{17} = 1)$	15,74
6	4	$(X_{13} = 0) \& (X_{20} = 0) \& (X_{19} = 2)$	15,74
7	4	$(X_{23} = 0) \& (X_{20} = 0) \& (X_{19} = 2)$	15,74
8	3	$(X_{13} = 0) \& (X_2 = 3) \& (X_{21} = 0) \& (X_{24} = 0) \& (X_{10} = 0) \& (X_{23} = 1) \& (0 < X_{19} \leq 2) \& (X_9 = 1)$	11,805
9	3	$(0 < X_5 \leq 1) \& (0 \leq X_{20} < 1) \& (0 < X_{23} \leq 1) \& (0 < X_{24} \leq 1) \& (0 \leq X_{21} < 1)$	11,805
10	3	$(0 < X_{16} < 2) \& (3 \leq X_2 < 4)$	11,805
11	3	$(0 < X_5 \leq 1) \& (0 < X_{15} \leq 1) \& (0 < X_{24} \leq 1) \& (0 \leq X_4 < 1)$	11,805
12	3	$(0 < X_7 \leq 1) \& (0 \leq X_{22} < 1) \& (0 < X_{24} \leq 1) \& (0 < X_9 \leq 1) \& (0 < X_{13} \leq 1)$	11,805
13	2	$(0 < X_{16} \leq 2) \& (0 \leq X_{22} < 1) \& (0 < X_{24} \leq 1) \& (0 < X_{23} \leq 1) \& (0 < X_4 \leq 1) \& (0 \leq X_6 < 1)$	7,87

Вывод. Предложенный способ позволил, как показано в результирующей табл. 28, выявить заметную долю пациентов, которым показано ГБО.

3.10. Экспертные системы

Важной особенностью внедрения экспертных систем в здравоохранении, биологии и биофизике является сложность и большая трудоемкость их создания. Облегчение этого процесса может существенно повлиять на масштабы использования экспертных систем, как в исследовании, так и в практической работе. Необходимо отметить, что главной идеей биофизики является «проникновение в сущность явлений путём построения иерархии математических моделей, выявляющих закономерности процессов, протекающих в живых

системах» [6]. Наличие математических моделей создает необходимые условия для создания экспертных систем

Результаты построения экспертной системы на основе АМКЛ впервые приведены в работе по обработке слабоструктурированной информации по микроэлементным нарушениям у человека [22]. В этой работе было проведено тестирование экспертной системы на основе АМКЛ с обученной *нейронной сетью* (НС) с помощью программы *Panalyzer*, в которой реализована автоматическая стратегия и тактика обучения, обеспечивающие оптимальное изменение параметров обучения для достижения поставленной цели. При этом НС имела число нейронов 5, число тактов обмена 2, допустимое отклонение 5% и была обучена через 231775 такт. В результате тестирования экспертной системы был сделан вывод, что АМКЛ лучше распознает класс здоровых (89%) по сравнению с 72,2% для НС и хуже распознает класс больных (75%) по сравнению с 81,1% для НС. Учитывая близость результатов и ограниченное число случаев, автор пришел к выводу, что АМКЛ обладает большей универсальностью и простотой использования результирующей математической модели для построения экспертной системы [14].

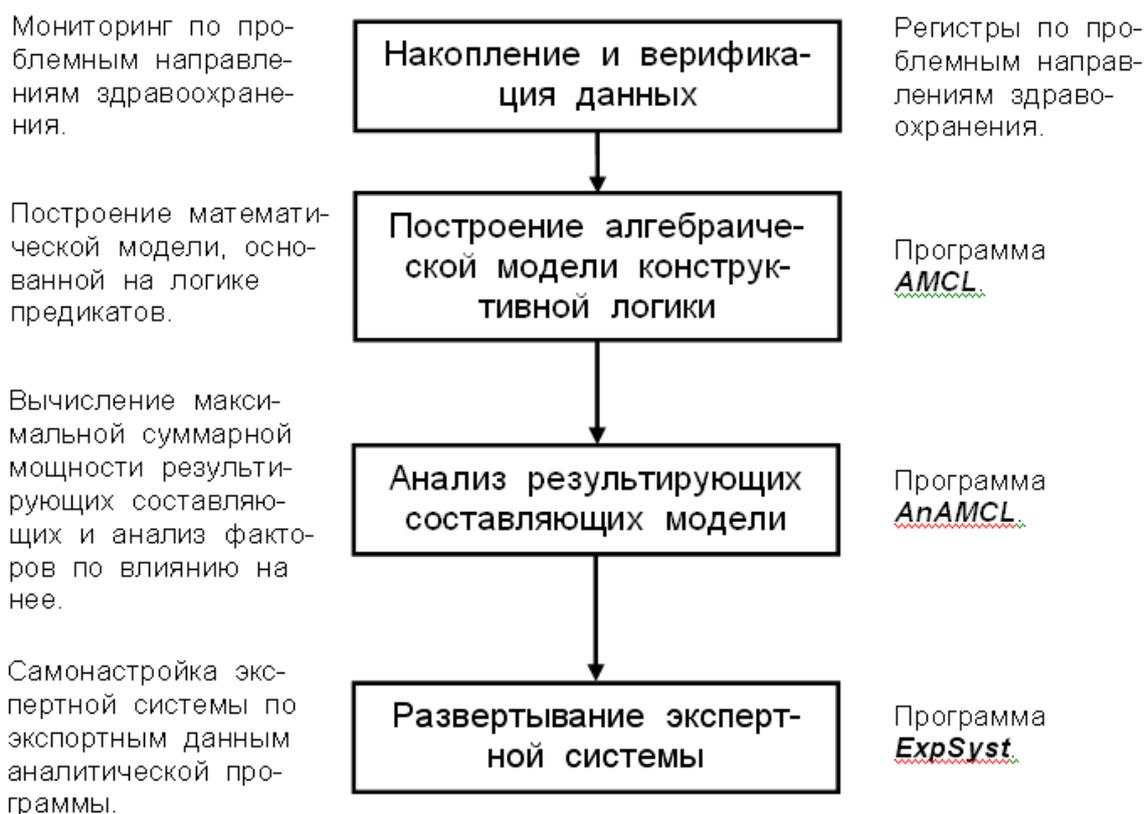


Рис. 83. Этапы построения экспертной системы на основе алгебраической модели конструктивной логики

Построение экспертной системы требует выполнения этапов, показанных на рис. 83. При их выполнении важно обратить внимание на следующие обстоятельства:

1. Накопление массивов данных (например, в регистрах по проблемным направлениям здравоохранения) должно сопровождаться тщательной верификацией каждой вносимой записи, что является обычным правилом ведения регистров.

2. Большое число записей увеличивает точность экспертной системы. Обычно в регистрах здравоохранения накапливается, как правило, много тысяч записей.

3. Построение математической модели с помощью АМКЛ требует тщательного выбора факторов. Если в этом у исследователя имеются трудности, то для снижения размерности массива следует применять как саму АМКЛ, так и другие методы анализа.

4. Аналитическая программа служит не только для анализа составляющих математической модели, но и для формирования требуемых загрузочных массивов данных, настраивающих экспертную программу. По этой причине данный этап нельзя исключать.

5. Данная методология не требует от пользователя глубоких знаний в области математики.

Для рассматриваемого примера по гестозам база данных выглядит следующим образом (показаны первые строки из 870) [66]:

Таблица 29

Исходные данные для построения АМКЛ

X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17
0	25	165	3	2	3	2	1	1	0	0	0	0	0	210	128	34
0	27	160	3	2	2	2	2	0	0	2	0	1	0	220	121	35,1
1	22	170	3	2	1	2	1	1	0	2	1	0	0	270	125	35,2
0	21	157	3	2	3	2	1	1	0	3	0	0	0	191	107	28,9
0	32	164	3	2	2	2	2	0	0	3	0	1	1	281	130	33
1	33	163	3	2	1	2	2	0	0	0	0	1	0	242	122	31,8
0	29	168	3	2	4	2	1	1	0	0	0	0	0	200	120	32
0	20	167	3	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	220	130	37,1
0	25	164	3	2	1	2	1	1	0	0	0	1	1	249	142	41,6

где факторы:

X1 Гестоз при значении 1

(цель)

X2 Возраст

X3 Рост

X4 Профилактика гестоза:

4-рыбьем жиром, 3-аспирином, 2-курантилом, 0,1-без профилактики

X5 Показатели гемодинамики в МА:

1-норма, 2-нарушения 1ст, 3-нарушения 2ст.

X6 Группа крови:

1-первая, 2-вторая, 3-третья, 4-четвертая

- X7 Резус фактор:** 1-отрицательный, 2-положительный
X8 Паритет: 1-первородящие, 2-повторнородящие
X9 Анемия: 0-нет, 1-да
X10 Индекс массы тела (ИМТ):
 0-дефицит массы, 1-норма, 2-избыток массы, 3-ожирение
X11 Вегето-сосудистая дистанция (ВСД):
 0-нет, 1-гипер. тип, 2-смешанный тип, 3-гипо тип
X12 Пиелонефрит: 0-нет, 1-да
X13 Отягощенный акушерско-гинекологический анамнез: 0-нет, 1-да
X14 Заболевания передающиеся половым путем: 0-нет, 1-да
X15 Показатель тромбоцитов в 1 явку пациентки
X16 Показатель гемоглобина
X17 Показатель гематокрита

На **втором** этапе осуществляется предварительный анализ с построением графиков изменения каждого фактора от минимального до максимального значения в заданном диапазоне остальных факторов с целью:

- предварительной оценки фактора на пригодность использования его в многофакторном анализе;
- определения максимальной мощности фактора.

Этот анализ можно осуществлять с помощью специализированной программы, а при ее отсутствии с помощью Excel, как это показано на рис. 84 -87 для отдельных факторов.

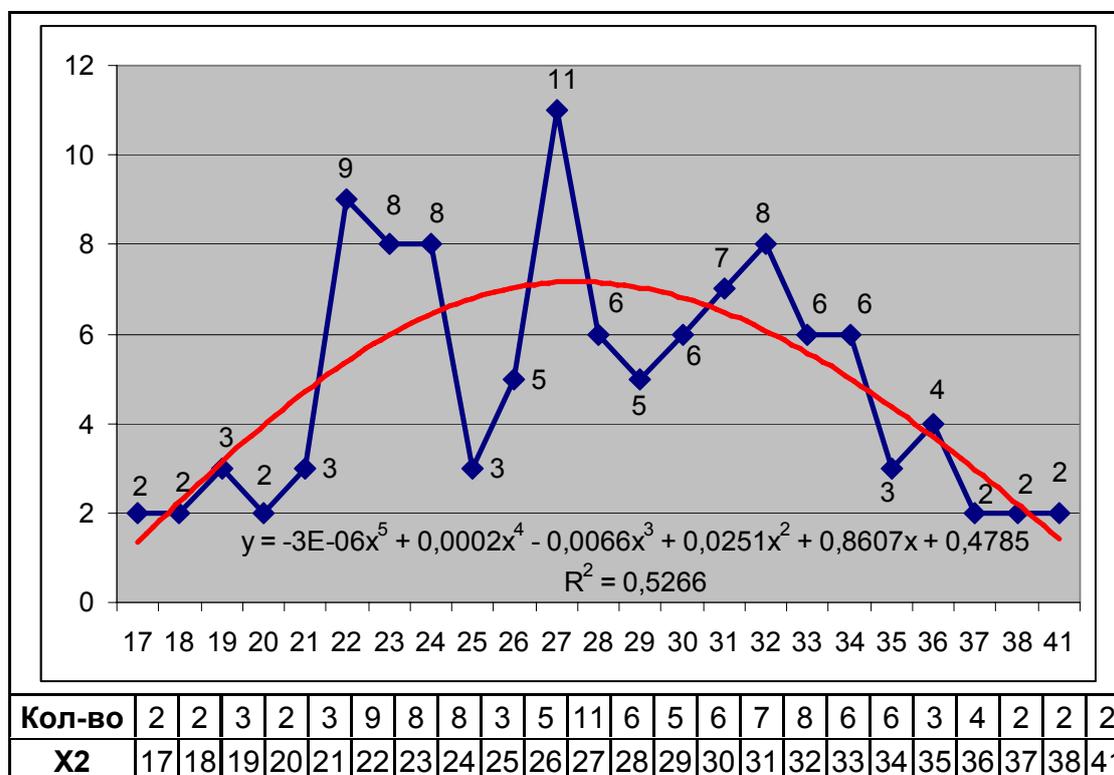
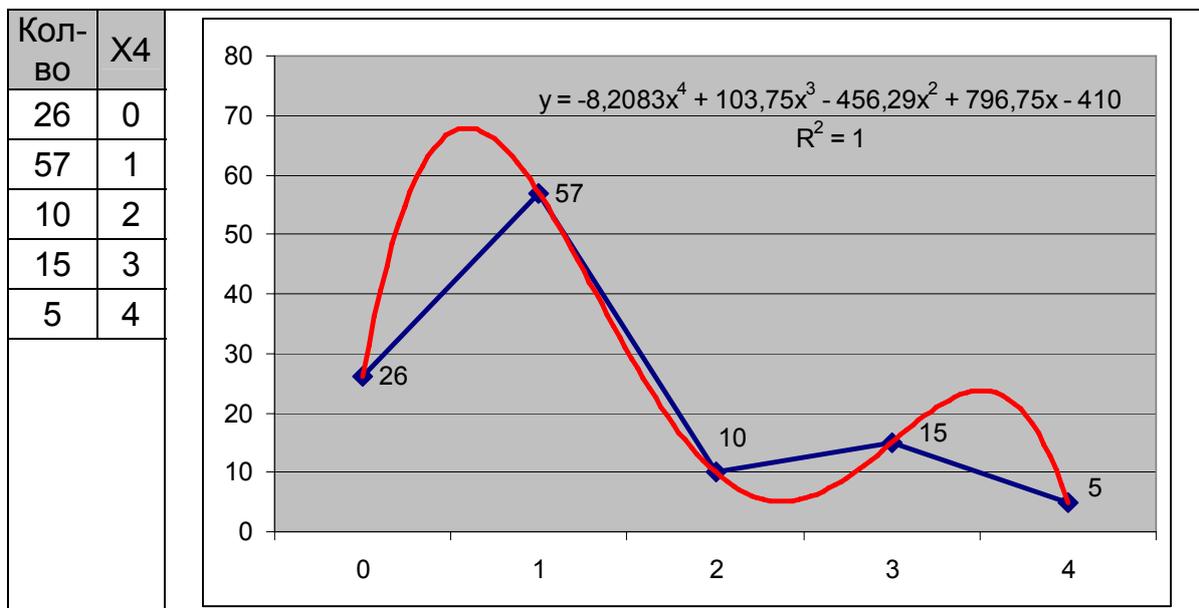
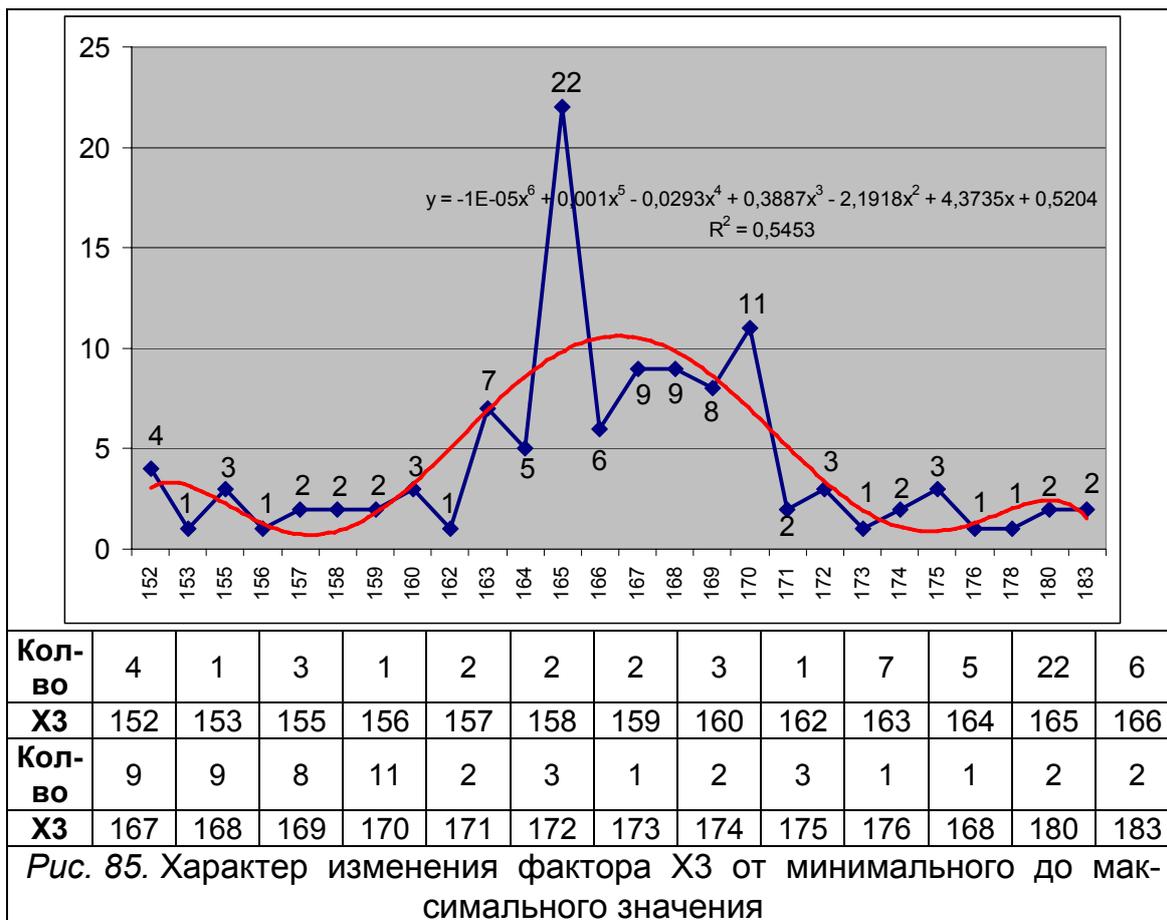


Рис. 84. Характер изменения фактора X2 от минимального до максимального значения



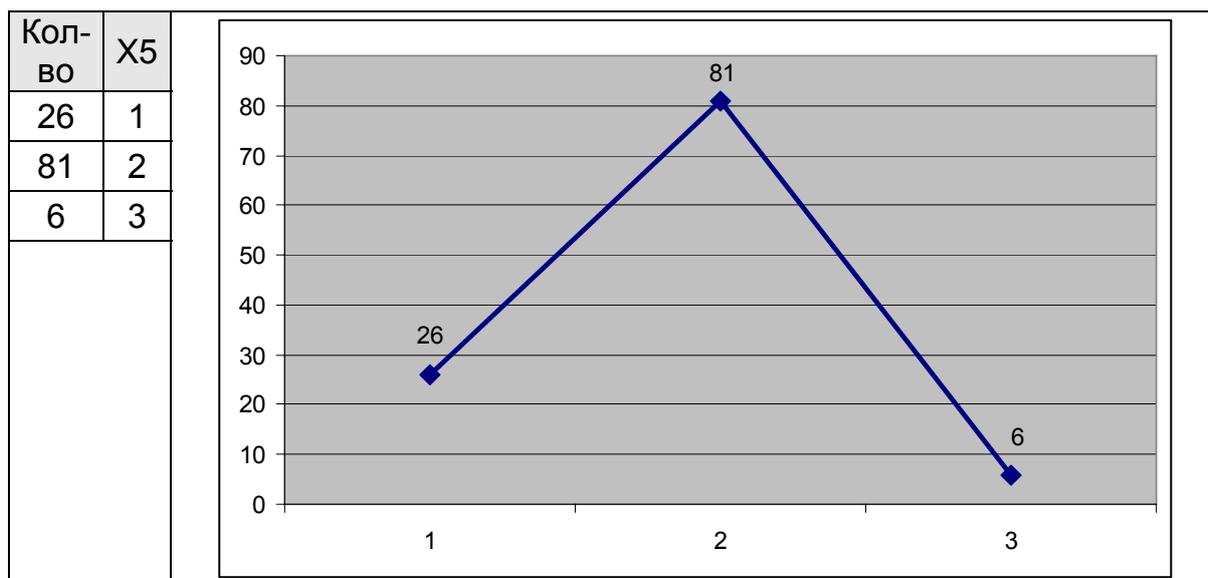


Рис. 87. Характер изменения фактора X5 от минимального до максимального значения

Графики (рис. 84 -87) построены для случаев достижения цели, что в рассматриваемом примере соответствует строкам табл. 29 со значением $X_1=1$. Отображаемое количество соответствует числу повторяющихся строк со значением анализируемого фактора.

По построенным графикам определяется максимальное значение каждого фактора, что необходимо в дальнейшем для настройки и проверки работоспособности экспертной системы. Одновременно с этим исследователь имеет возможность оценить максимальное проявление фактора и с помощью специализированной программы **WForma**, с помощью которой можно задавать диапазон значения остальных факторов, а не фиксированное их значение на строке (рис. 88 и 89).

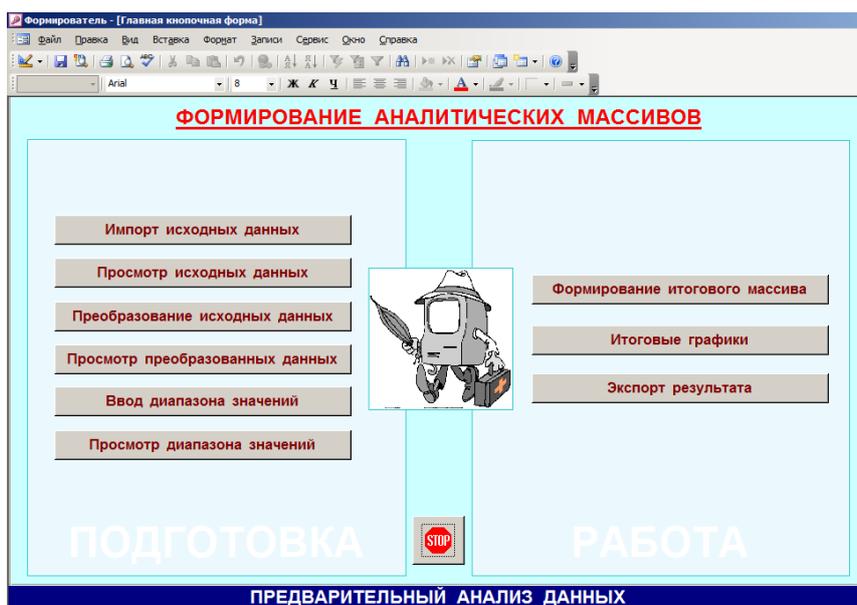


Рис. 88. Внешний вид программы предварительного анализа

Номер переменной	Значения в базе		Диапазон анализа		Выбран для анализа
	минимальное	максимальное	минимум	максимум	
1	0	1			<input type="checkbox"/>
2	0	14			<input type="checkbox"/>
3	-1	90			<input type="checkbox"/>
4	1	10			<input type="checkbox"/>
5	1	5			<input type="checkbox"/>
6	1	2			<input type="checkbox"/>
7	1	2			<input type="checkbox"/>
8	1	9			<input type="checkbox"/>
9	1	3			<input type="checkbox"/>
10	1	12			<input type="checkbox"/>
*					<input type="checkbox"/>

Рис. 89. Режим задания диапазона значений (показан на примере с другими переменными)

На этом этапе исследователь может определиться на основании показанного предварительного анализа в выборе требуемого числа факторов для многофакторного анализа с помощью АМКЛ.

На **третьем** этапе на основе АМКЛ строится нелинейная математическая модель (табл. 30).

Таблица 30

Математическая модель по гестозам [66]

Переменная цели: X1

Значение цели: 1 (наличие гестоза)

Маска: отсутствует

Совпало целевых и нецелевых строк: 0.

Результирующие составляющие математической модели
1. $W = 57. (0 < X_4 < 2)$
2. $W = 6. (307 < X_{15} < 318) \& (0 < X_4 \leq 3)$
3. $W = 4. (280 < X_{15} < 283) \& (0 < X_4 < 3)$
4. $W = 4. (17 \leq X_2 < 19) \& (1 < X_5 \leq 2)$
5. $W = 4. (139 < X_{16} < 141) \& (1 < X_5 \leq 2)$
6. $W = 3. (34 < X_2 < 36) \& (0 < X_4 < 4)$
7. $W = 3. (36 < X_{17} < 36,2) \& (1 < X_5 \leq 2)$
8. $W = 3. (35,1 < X_{17} < 35,4) \& (0 < X_4 \leq 3)$
9. $W = 2. (182 < X_3 < 185)$
10. $W = 2. (164 < X_3 < 166) \& (34 < X_{17} < 34,8) \& (1 < X_5 \leq 2)$
11. $W = 2. (132 < X_{16} < 134) \& (1 < X_5 \leq 3)$
12. $W = 2. (40 < X_2 \leq 41)$
13. $W = 2. (122 < X_{16} < 124) \& (0 < X_4 \leq 4)$
14. $W = 2. (297 < X_{15} < 301) \& (162 < X_3 < 170)$
15. $W = 2. (29 < X_2 < 31) \& (2 < X_4 \leq 3)$

16. $W= 2. (181 < X_{15} < 186) \& (0 < X_4 \leq 3)$
17. $W= 2. (33 < X_2 < 36) \& (2 < X_4 < 4)$
18. $W= 2. (34,7 < X_{17} < 34,9) \& (0 < X_4 \leq 3)$
19. $W= 2. (240 < X_{15} < 244) \& (119 < X_{16} < 123)$
20. $W= 2. (32,3 < X_{17} < 32,5) \& (0 \leq X_9 < 1)$
21. $W= 2. (43,6 < X_{17} < 44)$
22. $W= 2. (34,2 < X_{17} < 34,6) \& (1 < X_5 \leq 2)$
23. $W= 2. (340 < X_{15} < 346)$
24. $W= 2. (129 < X_{16} < 131) \& (181 < X_{15} < 200)$
25. $W= 2. (40,2 < X_{17} < 40,4) \& (242 < X_{15} < 326)$
26. $W= 2. (36,9 < X_{17} < 37,3) \& (301 < X_{15} < 318)$
27. $W= 1. (221 < X_{15} < 223) \& (0 < X_4 \leq 3)$
28. $W= 1. (97 < X_{16} < 99)$
29. $W= 1. (207 < X_{15} < 209) \& (163 < X_3 < 168)$
30. $W= 1. (302 < X_{15} < 304)$
31. $W= 1. (33 < X_{17} < 33,2) \& (127 < X_{16} < 139)$
32. $W= 1. (221 < X_{15} < 223) \& (1 \leq X_6 < 2)$
33. $W= 1. (40 < X_{17} < 40,2) \& (154 < X_3 < 170)$
34. $W= 1. (42,2 < X_{17} < 42,4) \& (1 < X_6 \leq 3)$
35. $W= 1. (181 < X_{15} < 184) \& (1 < X_{11} \leq 3)$
36. $W= 1. (33,9 < X_{17} < 36,5) \& (209 < X_{15} < 211) \& (1 \leq X_6 < 3)$
37. $W= 1. (40,2 < X_{17} < 40,4) \& (0 < X_{10} \leq 2)$
38. $W= 1. (38,8 < X_{17} < 39) \& (125 < X_{16} < 130)$
39. $W= 1. (36,5 < X_{17} < 36,7) \& (164 < X_3 < 169)$
40. $W= 1. (121 < X_{16} < 127) \& (25 < X_2 < 29) \& (2 < X_4 \leq 4)$
41. $W= 1. (250 < X_{15} < 252) \& (31,7 \leq X_{17} < 36,4)$
42. $W= 1. (144 < X_{16} \leq 146) \& (32,7 \leq X_{17} < 38,9)$
43. $W= 1. (299 < X_{15} < 301)$
44. $W= 1. (231 < X_{15} < 234) \& (0 < X_{11} < 3)$
45. $W= 1. (315 < X_{15} < 317) \& (22 \leq X_2 < 35)$
46. $W= 1. (331 < X_{15} < 333)$
47. $W= 1. (38,6 < X_{17} < 38,8) \& (165 < X_3 \leq 175)$
48. $W= 1. (151 < X_{16} < 158)$
49. $W= 1. (127 < X_{16} < 129) \& (190 < X_{15} < 196)$
50. $W= 1. (148 < X_{16} < 150)$
51. $W= 1. (28,9 < X_{17} < 29,7) \& (16 < X_2 < 33)$

Примечание. Алгоритм построения АМКЛ исключил факторы 7, 8, 12, 13, 14.

Построенная математическая модель выполнена на базе алгоритма, изложенного в работах [79, 84] и программного обеспечения [40], учитывающих особенности использования с ограниченным числом случаев [41].

Алгоритм АМКЛ позволил:

1. Построить модель с минимальным числом результирующих

составляющих, дизъюнктивно объединенных между собой.

2. Определить сочетанность факторов (показанных через знак &) и пределы их определения без участия исследователя.

3. Определить мощность каждой результирующей составляющей (W), численно равной числу строк, на которых выполняется условие определения переменных этой результирующей составляющей.

4. Исключить отдельные избыточные факторы (как это имеет место в рассматриваемом примере), без которых математическая модель может быть построена.

Особенности построенной модели:

1. Каждая результирующая составляющая не удовлетворяет случаям (строкам) не достижения цели, в том числе для расчетов с ограниченным числом строк в исходной таблице (реализовано в последней версии программы с учетом особенностей [41]).

2. Построение модели не требует процесса обучения, что имеет место в нейросетевых алгоритмах.

3. Если при построении математической модели будут выявлены совпадающие целевые ($X_1=1$) и нецелевые строки ($X_1=0$), то алгоритм АМКЛ их исключит (но не удалит из базы). В рассматриваемом примере таких строк нет, что создает благоприятные условия для построения экспертной системы.

Для дальнейшего анализа и построения экспертной системы можно выделить главные результирующие составляющие (в рассматриваемом примере 1-4) с помощью методик, изложенных в работах [43, 70, 76]. В рассматриваемом примере используются все результирующие составляющие математической модели.

На **четвертом** этапе осуществляется выше изложенный анализ каждого фактора в полученной математической модели в части его влияния на максимальную суммарную мощность, которая также необходима для построения экспертной системы. При этом суммарная мощность результирующих составляющих не может быть получена простым суммированием мощностей каждой результирующей составляющей. Причиной этому является не перекрывающиеся по пределам определения значения факторов в результирующих составляющих и их разный состав.

Одним из способов решения этой задачи может быть использование полученной математической модели в качестве фильтра, через который необходимо пропустить все случаи (строки таблицы, где цель достигается). Тем самым мы применяем правило максимальной мощности на заданной выборке [22]. Для этого каждой результирующей составляющей последовательно предъявляются случаи и суммируются мощности результирующих составляющих с положительными откликами (соответствующие условию определения факторов результирующей составляющей). Среди по-

лученных результатов по каждому случаю выбирается максимальное.

Для выполнения этой операции, наглядного графического представления влияния каждого фактора на суммарную мощности (необходимого для анализа) и формирования данных для передачи в экспертную систему можно использовать программу **AnAMCL** [45, 46]. Описание этой программы и алгоритм анализа был изложен выше.

На **пятом** этапе выгруженные из программы **AnAMCL** данные (результатирующие составляющие в требуемом формате, значения мощностей и максимальная суммарная мощность) загружаются в экспертную программу-оболочку **ExpSyst**, тем самым настраивая ее. Остается пользователю ввести названия факторов в виде вопросов.

Внешний вид программы показан на рис. 90.

В отдельных случаях, когда число строк в исходной таблице ограничено (как это имеет место в рассматриваемом примере), может возникнуть необходимость корректировки максимальной суммарной мощности для исключения получения завышенных результатов, что можно сделать в режиме расчета. Причиной этому может быть ограниченное число случаев, не покрывающих достаточно полно и равномерно весь диапазон каждого фактора. Для этого, пользуясь результатами предварительного расчета (этап 2) и результатами анализа сочетанного влияния факторов (этап 4), можно ввести новое (увеличенное) значение суммарной мощности. При использовании массивов данных регистров по проблемным направлениям здравоохранения эта корректировка не требуется.

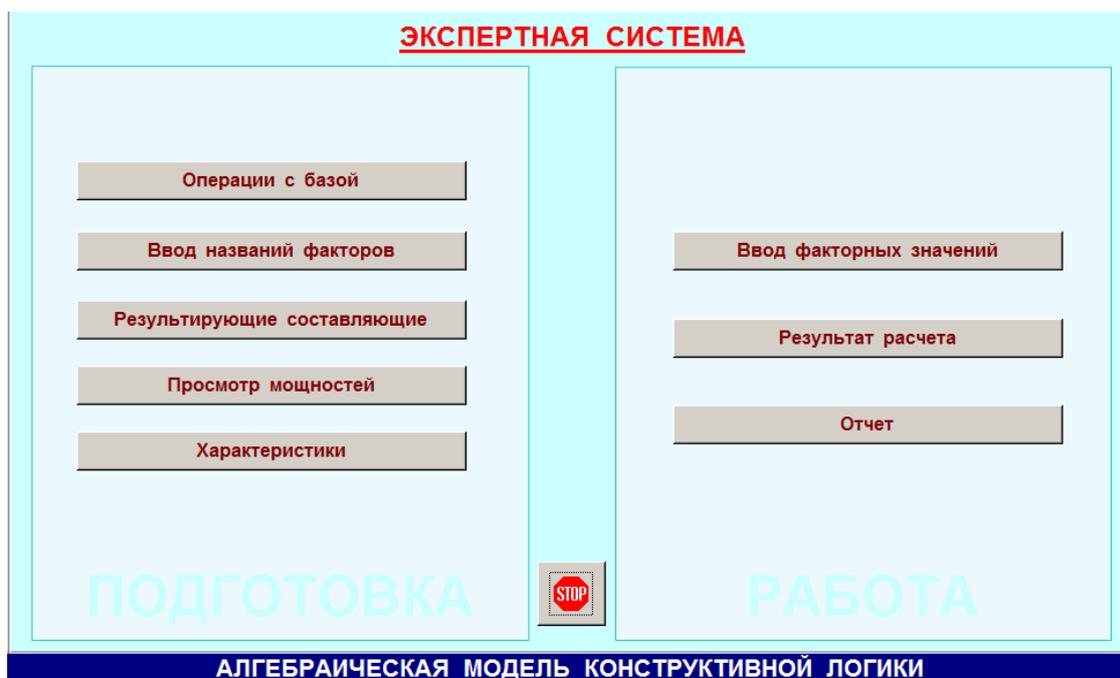


Рис. 90. Внешний вид экспертной программы **ExpSyst**

РЕЗУЛЬТАТ

Вероятность (%): **90,48** для следующих значений:

N	Название фактора	Значение
1	Возраст (в годах)	27,00
2	Рост (в см.)	165,00
3	Профилактика гестоза: 4-рыбьем жиром, 3-аспирином, 2-курантилом, 0, 1-без профилактики	1,00
4	Показатели гемодинамики в МА: 1-норма, 2-нарушения 1ст., 2-нарушения 2ст.	2,00
5	Группа крови: 1-первая, 2-вторая, 3-третья, 4-четвертая	2,00
8	Анемия: 0-нет, 1-да	1,00
9	ИМТ: 0-дефицит массы, 1-норма, 2-избыток массы, 3-ожирение	1,00
10	ВСД: 0-нет, 1-гипер тип, 2-смешанный тип, 3-гило тип	0,00
14	Показатель тромбоцитов в 1 явку пациентки	220,00
15	Показатель гемоглобина	120,00
16	Показатель гематокрита	34,00

Рис. 91. Результат экспертной оценки

Результат экспертной оценки (рис. 91) рассчитывается программой по предъявленным значениям задействованных факторов (рассматриваемому случаю). Алгоритм программы предусматривает суммирование мощностей тех результирующих составляющих математической модели, для которых предъявленные значения находятся в пределах определения ее факторов. Вероятность наличия гестоза вычисляется делением мощности, полученной в ходе указанного вычисления, на максимально возможную мощность (выраженной в процентах).

Если в построенной математической модели будут совпадающие целевые и нецелевые строки, то тогда значения их факторов предъявленных экспертной системе будут давать ложный положительный отклик отдельных результирующих составляющих математической модели, что будет снижать точность экспертной оценки. При небольшом их количестве по сравнению максимально возможной суммарной мощностью точность экспертной оценки будет ухудшаться незначительно. В рассматриваемом примере совпадающих целевых и нецелевых строк нет.

Другой особенностью построения экспертной системы является наличие достаточного числа нецелевых строк в исходной таблице при построении АМКЛ, что позволяет более полно охватить все случаи сравнения целевых строк с нецелевыми в построении математической модели. Рекомендуется иметь соотношение числа нецелевых строк к целевым строкам равным 2 и более [45, 79]. В рассматриваемом примере это соотношение равно 6,7 раз.

Необходимо отметить, что по мере накопления исходных данных улучшается качество экспертной оценки.

В практической работе часто встречаются аналитические исследования с ограниченным числом случаев. При этом полагать, что охватываем все возможные сочетания числовых значений ана-

лизируемых факторов нельзя. Это обстоятельство требует разработки других способов подсчета максимальной суммарной мощности без фильтрации.

Другой способ подсчета максимально возможной суммарной мощности для экспертной системы заключается в следующем [9]:

I. Создаем циклы сравнения по числу результирующих составляющих математической модели начиная с первой:

1. Выбираем результирующую составляющую № **N** математической модели, в которой представлены сочетанные факторы с интервалами их определения (объединенные через знак конъюнкции).

2. Выделяем в результирующей составляющей № **N** первый интервал определения представленного фактора. Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора. Если интервалы определения пересекаются, то тогда запоминаем номер результирующей составляющей № **N**.

3. Выделяем следующий интервал определения следующего фактора результирующей составляющей № **N**. Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора. Если интервалы определения пересекаются, то тогда еще раз запоминаем номер результирующей составляющей № **N**.

4. Повторяем действия по пункту 3, заканчивая на последнем интервале определения последнего фактора результирующей составляющей № **N**.

5. Последовательно просматриваем запомненные значения каждой результирующей составляющей, кроме результирующей составляющей № **N**. Если среди запомненных номеров находим номер **N** и количество номеров **N** равно числу интервалов в результирующей составляющей № **N**, то мощность такой результирующей составляющей прибавляем к мощности результирующей составляющей № **N**. Если таких совпадений больше одного, то суммирование осуществляем с накоплением.

II. Выбираем результат:

Просматриваем результаты всех циклов сравнения и выбираем максимальный результат.

Рассмотрим изложенный способ на числовом примере, представленном математической моделью из пяти дизъюнктивно объединенных результирующих составляющих и мощностью W :

1. $W=80$ ($2 < X_2 \leq 4$) & ($1,2 < X_4 \leq 1,9$)
2. $W=40$ ($0 \leq X_1 < 2$) & ($3 \leq X_2 < 6$)
3. $W=20$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($3 < X_2 \leq 5$) & ($1,5 < X_4 \leq 2,3$)
4. $W=10$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($2 \leq X_2 < 5$) & ($0 \leq X_3 < 5$)
5. $W=5$ ($0 \leq X_2 < 2$) & ($3 \leq X_3 < 7$)

Цикл сравнения №1:

1. Выбираем первую результирующую составляющую математической модели: $(2 < X_2 \leq 4) \& (1,2 < X_4 \leq 1,9)$.

2. Выделяем в первой результирующей составляющей первый интервал определения представленного фактора X_2 : $(2 < X_2 \leq 4)$.

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_2 и указываем пересечения:

2. $W=40$ $(0 \leq X_1 < 2) \& (3 \leq X_2 < 6)$; пересечение 1

3. $W=20$ $(1 \leq X_1 < 3) \& (3 < X_2 \leq 5) \& (1,5 < X_4 \leq 2,3)$; пересечение 1

4. $W=10$ $(1 \leq X_1 < 3) \& (2 \leq X_2 < 5) \& (0 \leq X_3 < 5)$; пересечение 1

5. $W=5$ $(0 \leq X_2 < 2) \& (3 \leq X_3 < 7)$

3. Выделяем следующий интервал определения следующего фактора первой результирующей составляющей: $(1,2 < X_4 \leq 1,9)$.

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_4 и указываем пересечения:

2. $W=40$ $(0 \leq X_1 < 2) \& (3 \leq X_2 < 6)$; пересечение 1

3. $W=20$ $(1 \leq X_1 < 3) \& (3 < X_2 \leq 5) \& (1,5 < X_4 \leq 2,3)$; пересечения 1;1

4. $W=10$ $(1 \leq X_1 < 3) \& (2 \leq X_2 < 5) \& (0 \leq X_3 < 5)$; пересечение 1

5. $W=5$ $(0 \leq X_2 < 2) \& (3 \leq X_3 < 7)$

4. В первой результирующей составляющей только два интервала определения факторов X_2 и X_4 . Сравнения на этом заканчиваются.

5. Последовательно просматриваем запомненные значения каждой результирующей составляющей, кроме первой. В результирующей составляющей №3 обнаруживаем два пересечения с первой результирующей составляющей, в которой два интервала определения факторов X_2 и X_4 . Это равенство позволяет нам суммировать мощности первой и третьей результирующей составляющей: $80 + 20 = 100$. Таким образом, после первого цикла сравнения максимальная суммарная мощность равна 100.

Цикл сравнения №2:

1. Выбираем вторую результирующую составляющую математической модели: $(0 \leq X_1 < 2) \& (3 \leq X_2 < 6)$.

2. Выделяем во второй результирующей составляющей первый интервал определения представленного фактора X_1 : $(0 \leq X_1 < 2)$.

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_1 и указываем пересечения:

1. $W=80$ ($2 < X_2 \leq 4$) & ($1,2 < X_4 \leq 1,9$)
3. $W=20$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($3 < X_2 \leq 5$) & ($1,5 < X_4 \leq 2,3$); пересечение 2
4. $W=10$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($2 \leq X_2 < 5$) & ($0 \leq X_3 < 5$); пересечение 2
5. $W=5$ ($0 \leq X_2 < 2$) & ($3 \leq X_3 < 7$)

3. Выделяем следующий интервал определения следующего фактора второй результирующей составляющей: ($3 \leq X_2 < 6$).

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_2 и указываем пересечения:

1. $W=80$ ($2 < X_2 \leq 4$) & ($1,2 < X_4 \leq 1,9$); пересечение 2
3. $W=20$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($3 < X_2 \leq 5$) & ($1,5 < X_4 \leq 2,3$); пересечения 2;2
4. $W=10$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($2 \leq X_2 < 5$) & ($0 \leq X_3 < 5$); пересечения 2;2
5. $W=5$ ($0 \leq X_2 < 2$) & ($3 \leq X_3 < 7$)

4. Во второй результирующей составляющей только два интервала определения факторов X_1 и X_2 . Сравнения на этом заканчиваются.

5. Последовательно просматриваем запомненные значения каждой результирующей составляющей, кроме второй. Обнаруживаем два пересечения со второй результирующей составляющей в строках 3 и 4 (пункт 3). В них два интервала определения пересекаются с двумя интервалами определения второй результирующей составляющей. Это равенство позволяет нам суммировать мощности второй, третьей и четвертой результирующих составляющих: $40 + 20 + 10 = 70$. Таким образом, после второго цикла сравнения максимальная суммарная мощность равна 70.

Цикл сравнения №3:

1. Выбираем третью результирующую составляющую математической модели: ($1 \leq X_1 < 3$) & ($3 < X_2 \leq 5$) & ($1,5 < X_4 \leq 2,3$).

2. Выделяем в третьей результирующей составляющей первый интервал определения представленного фактора X_1 : ($1 \leq X_1 < 3$).

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_1 и указываем пересечения:

1. $W=80$ ($2 < X_2 \leq 4$) & ($1,2 < X_4 \leq 1,9$)
2. $W=40$ ($0 \leq X_1 < 2$) & ($3 \leq X_2 < 6$); пересечение 3
4. $W=10$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($2 \leq X_2 < 5$) & ($0 \leq X_3 < 5$); пересечение 3
5. $W=5$ ($0 \leq X_2 < 2$) & ($3 \leq X_3 < 7$)

3. Выделяем следующий интервал определения следующего фактора третьей результирующей составляющей: ($3 < X_2 \leq 5$).

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_2 и указываем пересечения:

1. $W=80$ ($2 < X_2 \leq 4$) & ($1,2 < X_4 \leq 1,9$); пересечение 3
2. $W=40$ ($0 \leq X_1 < 2$) & ($3 \leq X_2 < 6$); пересечения 3;3
4. $W=10$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($2 \leq X_2 < 5$) & ($0 \leq X_3 < 5$); пересечения 3;3
5. $W=5$ ($0 \leq X_2 < 2$) & ($3 \leq X_3 < 7$)

4. Выделяем следующий интервал определения следующего (последнего) фактора третьей результирующей составляющей: ($1,5 < X_4 \leq 2,3$).

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_4 и указываем пересечения:

1. $W=80$ ($2 < X_2 \leq 4$) & ($1,2 < X_4 \leq 1,9$); пересечения 3;3
2. $W=40$ ($0 \leq X_1 < 2$) & ($3 \leq X_2 < 6$); пересечения 3;3
4. $W=10$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($2 \leq X_2 < 5$) & ($0 \leq X_3 < 5$); пересечения 3;3
5. $W=5$ ($0 \leq X_2 < 2$) & ($3 \leq X_3 < 7$)

5. Последовательно просматриваем запомненные значения каждой результирующей составляющую, кроме третьей. Обнаруживаем три пересекающихся интервала в строках 1, 2 и 4 (пункт 4), в то время как в третьей результирующей составляющей три интервала определения факторов X_1 , X_2 и X_4 . Поскольку 3 не равно 2 суммирование мощностей результирующих составляющих 1, 2, 4 не осуществляем. Таким образом, после третьего цикла сравнения максимальная суммарная мощность равна мощности третьей результирующей составляющей (т.е. 20).

Цикл сравнения №4:

1. Выбираем четвертую результирующую составляющую математической модели: ($1 \leq X_1 < 3$) & ($2 \leq X_2 < 5$) & ($0 \leq X_3 < 5$).
2. Выделяем в четвертой результирующей составляющей первый интервал определения представленного фактора X_1 : ($1 \leq X_1 < 3$).

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_1 и указываем пересечения:

1. $W=80$ ($2 < X_2 \leq 4$) & ($1,2 < X_4 \leq 1,9$)
2. $W=40$ ($0 \leq X_1 < 2$) & ($3 \leq X_2 < 6$); пересечение 4
3. $W=20$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($3 < X_2 \leq 5$) & ($1,5 < X_4 \leq 2,3$); пересечение 4
5. $W=5$ ($0 \leq X_2 < 2$) & ($3 \leq X_3 < 7$)

3. Выделяем следующий интервал определения следующего фактора четвертой результирующей составляющей: ($2 \leq X_2 < 5$).

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_2 и указываем пересечения:

1. $W=80$ ($2 < X_2 \leq 4$) & ($1,2 < X_4 \leq 1,9$); пересечение 4
2. $W=40$ ($0 \leq X_1 < 2$) & ($3 \leq X_2 < 6$); пересечение 4;4
3. $W=20$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($3 < X_2 \leq 5$) & ($1,5 < X_4 \leq 2,3$); пересечение 4;4
5. $W=5$ ($0 \leq X_2 < 2$) & ($3 \leq X_3 < 7$)

4. Выделяем следующий интервал определения следующего (последнего) фактора четвертой результирующей составляющей: ($0 \leq X_3 < 5$).

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_3 и указываем пересечения:

1. $W=80$ ($2 < X_2 \leq 4$) & ($1,2 < X_4 \leq 1,9$); пересечение 4
2. $W=40$ ($0 \leq X_1 < 2$) & ($3 \leq X_2 < 6$); пересечение 4;4
3. $W=20$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($3 < X_2 \leq 5$) & ($1,5 < X_4 \leq 2,3$); пересечение 4;4
5. $W=5$ ($0 \leq X_2 < 2$) & ($3 \leq X_3 < 7$); пересечение 4

5. Последовательно просматриваем запомненные значения каждой результирующей составляющую, кроме четвертой. Обнаруживаем два пересекающихся интервала в строках 2 и 3 и один пересекающийся интервал в строке 1 (пункт 4), в то время как в четвертой результирующей составляющей три интервала определения факторов X_1 , X_2 и X_3 . Поскольку число пересекающихся интервалов не равно числу интервалов в четвертой результирующей составляющей суммирование мощностей результирующих составляющих 1, 2 и 3 не осуществляем. Таким образом, после четвертого цикла сравнения максимальная суммарная мощность равна мощности четвертой результирующей составляющей (т.е. 10).

Цикл сравнения №5:

1. Выбираем пятую (последнюю) результирующую составляющую математической модели: ($0 \leq X_2 < 2$) & ($3 \leq X_3 < 7$).

2. Выделяем в пятой результирующей составляющей первый интервал определения представленного фактора X_2 : ($0 \leq X_2 < 2$).

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_2 и указываем пересечения:

1. $W=80$ ($2 < X_2 \leq 4$) & ($1,2 < X_4 \leq 1,9$)
2. $W=40$ ($0 \leq X_1 < 2$) & ($3 \leq X_2 < 6$)
3. $W=20$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($3 < X_2 \leq 5$) & ($1,5 < X_4 \leq 2,3$)
4. $W=10$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($2 \leq X_2 < 5$) & ($0 \leq X_3 < 5$)

В данном случае пересечений нет.

3. Выделяем следующий интервал определения следующего фактора четвертой результирующей составляющей: ($3 \leq X_3 < 7$).

Сравниваем его с каждым интервалом каждой другой результирующей составляющей того же фактора X_3 и указываем пересечения:

1. $W=80$ ($2 < X_2 \leq 4$) & ($1,2 < X_4 \leq 1,9$)
2. $W=40$ ($0 \leq X_1 < 2$) & ($3 \leq X_2 < 6$)
3. $W=20$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($3 < X_2 \leq 5$) & ($1,5 < X_4 \leq 2,3$)
4. $W=10$ ($1 \leq X_1 < 3$) & ($2 \leq X_2 < 5$) & (**$0 \leq X_3 < 5$**); пере-

сечение 5

4. В пятой результирующей составляющей только два интервала определения факторов X_2 и X_3 . Сравнения на этом заканчиваются.

5. Последовательно просматриваем запомненные значения каждой результирующей составляющей, кроме пятой. Обнаруживаем только один пересекающийся интервал (пункт 3). Поскольку число пересекающихся интервалов (всего 1) не равно числу интервалов в пятой результирующей составляющей (всего 2) суммирование мощностей результирующих составляющих 4 с мощностью пятой результирующей составляющей не осуществляем. Таким образом, после пятого цикла сравнения максимальная суммарная мощность равна мощности пятой результирующей составляющей (т.е. 5).

Выбор результата:

Просматривая результаты всех циклов сравнения №1 - №5 выбираем максимальный результат: равный **100**.

Полученная таким способом максимальная мощность в экспертной системе принимается за 100% результат (для рассматриваемого числового примера он равен $W=100$). Анализируемый экспертной системой случай получит положительный отклик в тех результирующих составляющих математической модели, для которых предъявленные значения находятся в пределах определения ее факторов. Мощности результирующих составляющих с положительным откликом суммируются и делятся на максимальную мощность. Порученный результат принимается в экспертной системе за вероятность исхода (в терминах математической модели - достижению цели).

Таким образом, рассмотренный другой способ определения максимальной мощности позволяет повысить точность экспертной системы, построенной на базе АМКЛ, если имеются ограничения по количеству случаев исходного массива данных. В тоже время этот способ более сложен в реализации, чем способ, основанный на фильтрации [22, 66].

ГЛАВА IV

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ В АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ

4.1. Методика анализа экспериментальных данных с использованием алгебраической модели конструктивной логики

На рис. 92 показана предлагаемая методика анализа экспериментальных данных с использованием АМКЛ [56].

Указанная методика предусматривает следующую последовательность действий:

1. *Выбор факторов для анализа* из числа изменяемых в процессе проведения эксперимента переменных. Программное обеспечение позволяет число переменных в процессе построения математической модели уменьшить при необходимости.

2. *Накопление в базе экспериментальных данных.* Чем больше переменных (факторов), тем больше строк должно быть в базе исходных для анализа данных.

3. *Анализ числа строк* в базе данных для каждого значения Y . Число нецелевых строк не может быть меньше числа целевых строк, что необходимо для АМКЛ, алгоритм которого должен сравнивать целевые строки с нецелевыми. При недостаточной базе сравнения АМКЛ будет определять пределы переменных в результирующих составляющих с недостаточной точностью.

4. С помощью АМКЛ *строим математическую модель*, исходя из соотношения числа строк для каждого значения Y :

- если цель представлена значениями 1 и 0, а число целевых строк больше или равно удвоенному количеству не целевых строк, то строим модель только для $Y=1$ (достижения цели);

- если цель представлена значениями 1 и 0, а число целевых строк примерно равно числу не целевых строк, то строит модель для достижения цели (прямой расчет) и для не достижения цели (расчет от обратного), что необходимо для последующего их сравнения;

- если цель представлена значениями 0, 1, 2 и т.д., то строим модель для каждого значения Y , полагая, что каждая группа по числу строк в ней будет вдвое больше суммы строк остальных групп (что обычно соблюдается в практике аналитических расчетов).

5. *Осуществляем анализ результирующих составляющих.*

5.1. Если мощности результирующих составляющих небольшие, а их число большое, то возможны следующие действия:

- необходимо увеличить число строк в базе исходных дан-

ных и (или) уменьшить число анализируемых переменных (факторов) с последующим повторением пп. 1-4;

- признать расчет неудачным и закончить работу.

5.2. Если в первых результирующих составляющих указаны мощности с достаточной величиной мощности (соответствующих статистически значимому числу строк), то необходимо их выделить, например, используя методику, изложенную в литературе [43, 70, 76].

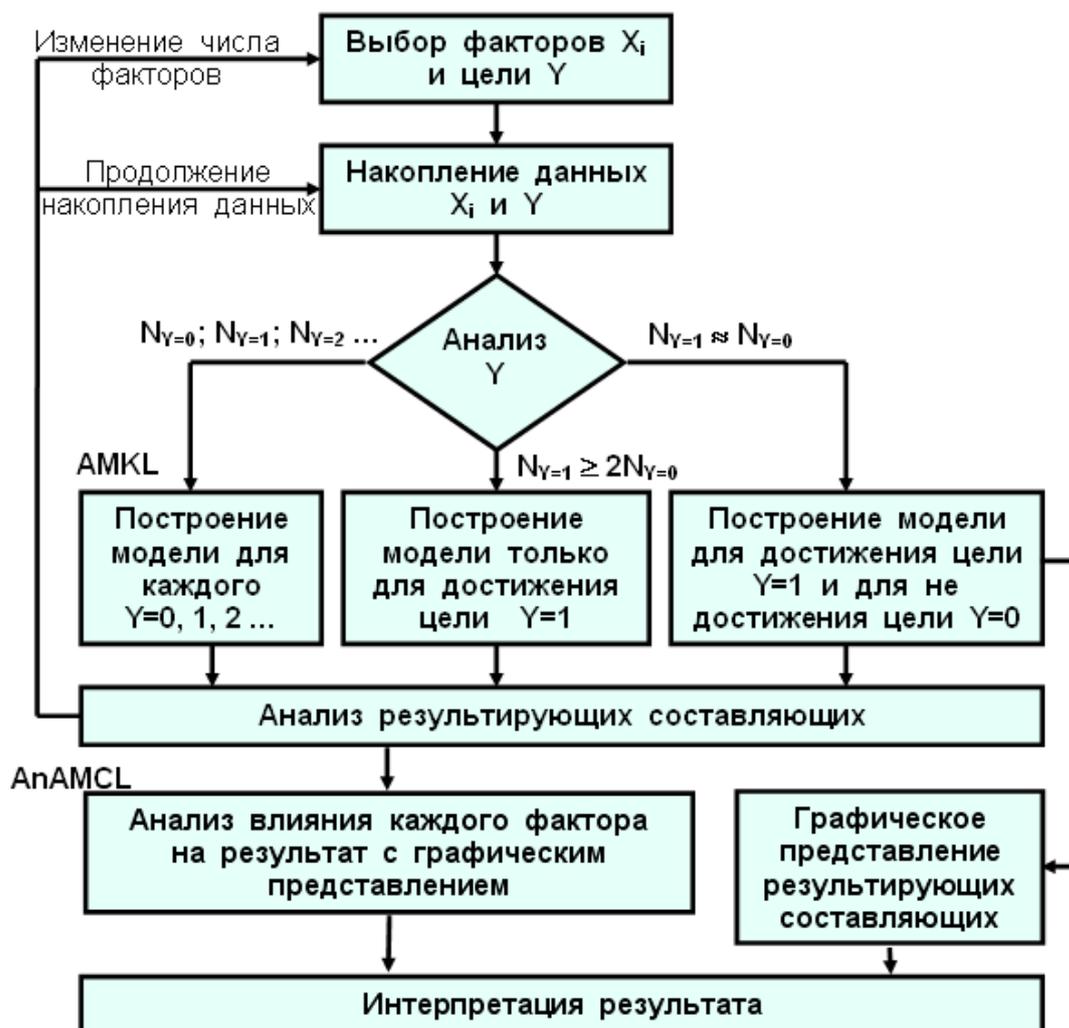


Рис. 92. Методика анализа экспериментальных данных с использованием алгебраической модели конструктивной логики

6. Осуществляем анализ каждого фактора на результат, используя специальное программное обеспечение **AnAMCL**. Для этого база исходных данных, мощности каждой результирующей составляющей и сами результирующие составляющие пересылаются из программы **AMCL** в аналитическую программу **AnAMCL**. С помощью этой аналитической программы по каждому фактору строятся графики: по оси Y суммарная достижимая мощность, а по

оси X - значения фактора от минимального до максимального значения в базе. При этом возможен вариант использования выделенных (наиболее значимых) результирующих составляющих.

Для случая построения модели с примерно одинаковым числом целевых и не целевых строк целесообразно дополнительно построить графики, в которых показаны по каждой наиболее значимой результирующей составляющей в масштабе случаи достижения и не достижения цели, что показано на примерах в литературе [45].

7. Завершается анализ *физической интерпретацией результата* и выводами.

Практика использования АМКЛ с 1996 г. показывает, что программное обеспечение **AMCL** является достаточно простым в применении и позволяет анализировать до 256 факторов с неограниченным числом строк в базе (на практике проводились расчеты с 120 тыс. строк) [40].

4.2. Тактика применения алгебраической модели конструктивной логики в медицине и биологии

Построение математической модели с помощью АМКЛ требует от исследователя знаний в ряде сложных ситуаций, которые могут возникнуть в ходе использования АМКЛ [11, 41, 55, 68, 71]. К ним можно отнести следующие ситуации [74]:

1. Построенная математическая модель представлена множеством результирующих составляющих малой мощности.

2. Необходимость представления результирующей математической модели в компактном виде.

3. Недостаточное число нецелевых строк в исходных данных.

Опыт использования АМКЛ указывает на стремление исследователя учесть как можно больше факторов, что часто приводит к математической модели с множеством результирующих составляющих малой мощности [16]. Если в этой ситуации уменьшить число анализируемых факторов, то можно получить:

- математическую модель с совпадающими целевыми и нецелевыми строками;

- математическую модель без совпадающих целевых и нецелевых строк, которая в свою очередь может быть:

- с наличием результирующих составляющих большой мощности;

- с множеством результирующих составляющих малой мощности.

На рис. 93 показаны возможные исходы действий по уменьшению числа факторов. Исключаемые при этом факторы мы можем считать несущественными или они будут использованы в качестве начальных условий. В последнем варианте при разных на-

чальных условиях мы можем получать разные математические модели. Если это нас не устраивает, то можно попытаться продолжить наблюдение и повторить построение математической модели с увеличенным числом случаев. Однако это не всегда приводит к появлению мощных результирующих составляющих.

Необходимо отметить, что наличие совпадающих целевых и нецелевых строк снижает точность математической модели. В практике аналитических расчетов их небольшое количество допустимо.

Если в результате действий по уменьшению числа факторов математическая модель будет иметь множество результирующих составляющих малой мощности, то тогда такой результат будем называть «многофакторным шумом». Статистически незначимая мощность таких результирующих составляющих, являющихся сутью числа строк в таблице, не позволяет нам оценивать отличительные особенности достижения цели.

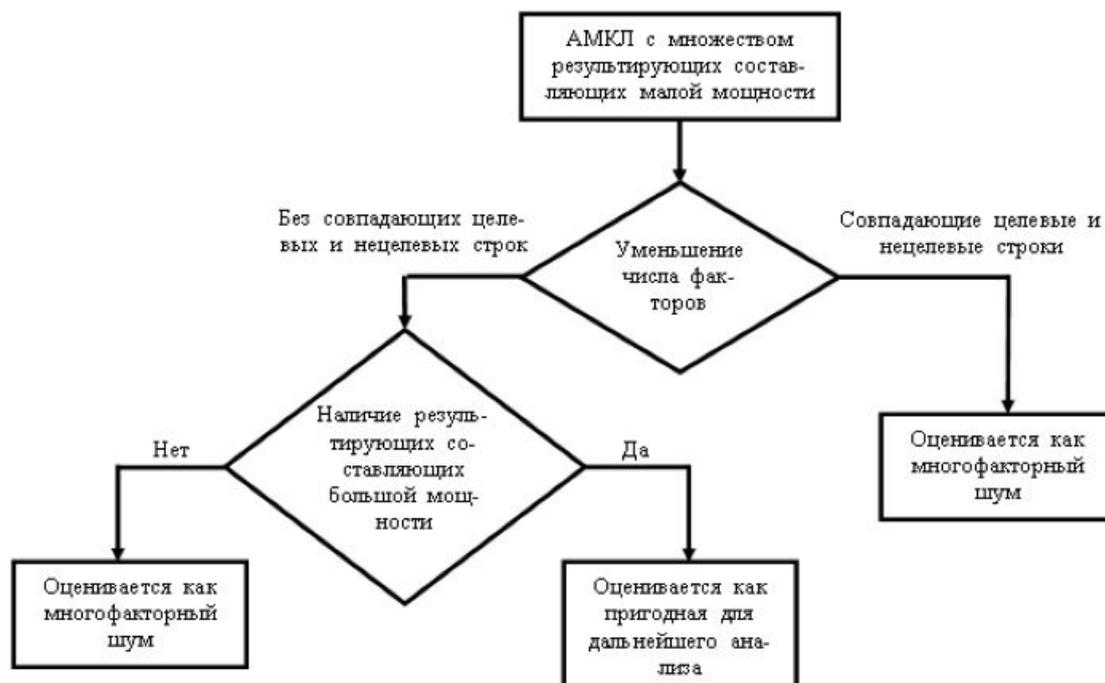


Рис. 93. Возможные исходы действий по уменьшению числа факторов

Стремление получить наиболее компактную математическую модель связано с тем, что ее легче будет анализировать. В связи с этим представляют интерес пути повышения компактности математической модели. Алгоритм АМКЛ (как классический, так и модернизированный) предусматривают сканирование строк в процессе построения математической модели. В зависимости от направления сканирования можно получить разные по количеству результирующих составляющих результат. Оба результата не противоречат

друг другу и не являются ошибочными. Из них необходимо выбрать вариант с наименьшим числом результирующих составляющих (рис. 94). Аналогичный прием используется в синтезе цифровых автоматов для построения компактных цифровых электронных узлов [67].



Рис. 94. Формирование компактной математической модели

Важно отметить, что практика использования АМКЛ указывает на различие полученных математических моделей только в результирующих составляющих малой мощности, которые чаще всего отбрасывают, выделяя главные результирующие составляющие [43, 70, 76].

Компактность математической модели также зависит от варианта используемого АМКЛ (классического или модернизированного). При ограниченном количестве случаев классический вариант дает более компактную математическую модель. Если используется весьма большое число случаев (например, по результатам многолетнего мониторинга), то математические модели классического и модернизированного вариантов во многом совпадают. Объясняется это тем, что классический вариант в большей степени, чем модер-

низированный вариант, восполняет отсутствующую информацию. Это бывает не приемлемым в случаях, когда большое внимание уделяется достоверности математической модели.

Таким образом, компактность модели достигается:

- направлением сканирования (режимом работы);
- использованием только главных результирующих составляющих;
- вариантом используемой АМКЛ.

Важным аспектом применения АМКЛ является случай с недостаточным числом нецелевых случаев. Рекомендуется иметь нецелевых случаев в два или более раз больше, чем целевых случаев [16, 18, 73]. Наиболее сложный случай с недостаточным числом нецелевых строк при использовании классического варианта АМКЛ показан на рис. 95. В случае равенства целевых и нецелевых случаев рекомендуется:

- построить математические модели из условий достижения цели (прямая модель) и не достижения цели (обратная модель);
- сравнить одинаковые результирующие составляющие с выявлением пересекающихся интервалов (помогает этому графическое представление результата);
- исключение из прямой модели пересекающихся интервалов (сужение интервалов определения).

Несмотря на указанные действия, полученная математическая модель будет недостаточно точна из-за ограниченной базы сравнения (недостаточного числа нецелевых случаев).

Модернизированный вариант АМКЛ не требует этих действий, однако его использование при ограниченной базе сравнения не имеет смысла.

В практической работе с АМКЛ встречаются случаи, когда цель представлена не единичным значением, а несколькими значениями. Тогда одному из целевых значений будут соответствовать все остальные случаи (будут считаться нецелевыми случаями). В этом случае при использовании классического варианта АМКЛ рекомендуется использовать схему действий, показанную на рис. 95.

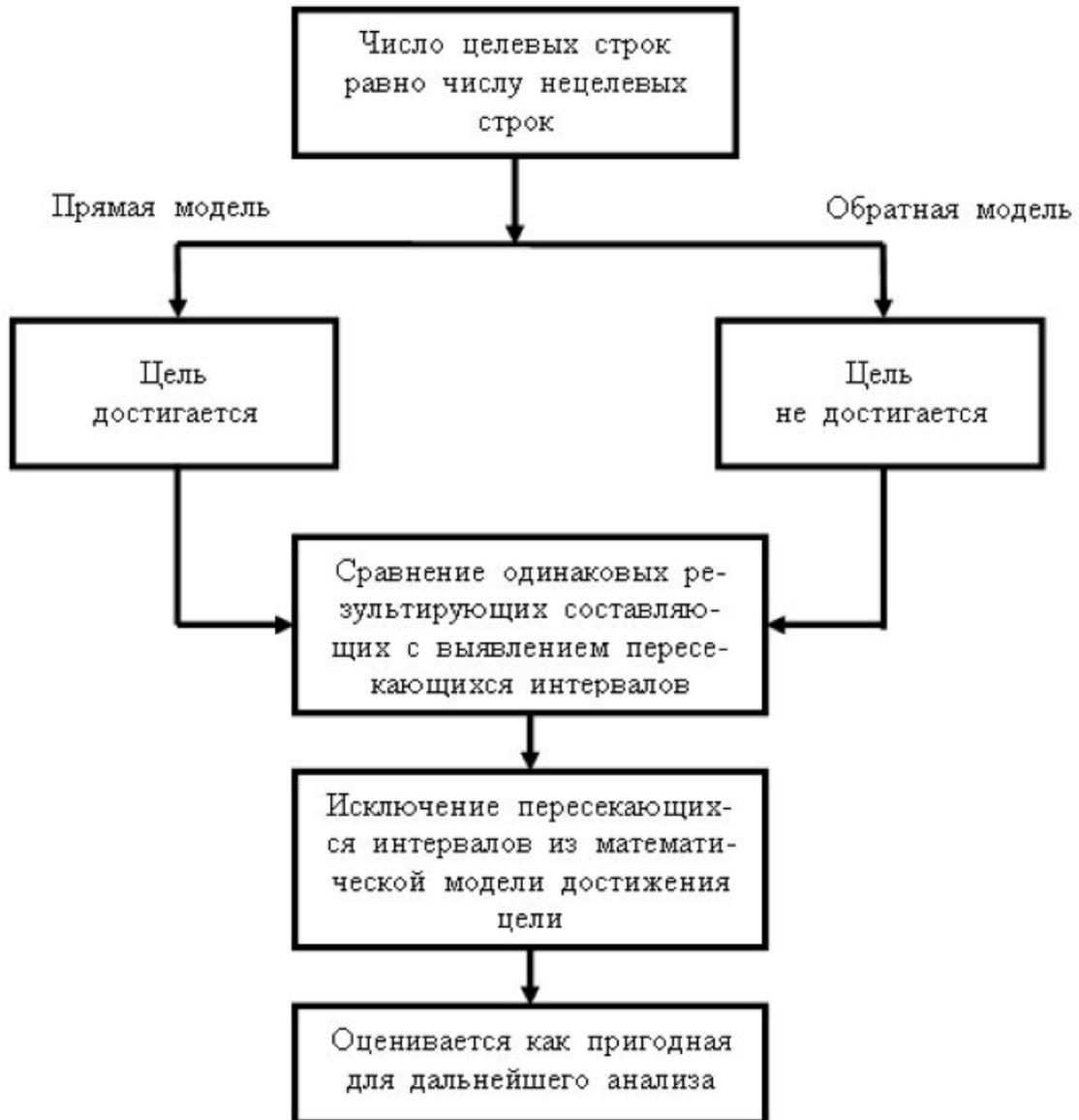


Рис. 95. Недостаточное число нецелевых случаев

Предложенная тактика использования АМКЛ позволяет эффективно и правильно использовать этот математический аппарат для многофакторных исследований в медицине и биологии.

ГЛАВА V

ПРИМЕР АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

Смертность пешеходов в дорожно-транспортных происшествиях в Тульской области

Цель: Выявить угрозы жизни пешеходов от *дорожно-транспортных происшествий* (ДТП), характерные для Тульской области.

Методы анализа:

1. Предварительный анализ: количественная оценка, включая графики изменения суммарного числа случаев (в % от общего числа пострадавших пешеходов) по выбранному фактору при заданных диапазонах изменения остальных факторов.
2. Построение нелинейной математической модели с помощью математического аппарата АМКЛ, основанного на логике предикатов, с последующей оценкой влияния каждого фактора.

Исходные данные: Массив верифицированных данных регистра смертности за 5 лет (2007 – 2011 гг.) с **141232** случаями смерти, из которых случаи смерти от внешних причин составляют **13799**. В этом массиве представлены **2355** случая ДТП (V01 – V89.9, исключая водный и воздушный транспорт), из которых **943** случая (V01 – V09.9) составляют пешеходы.

Факторы и обозначения: выбраны из числа факторов, имеющих в медицинском свидетельстве о смерти.

Принятые обозначения:

X1 – Значение цели, равное 1 для пешеходов (внешние причины V01 – V09.9).

X2 – Номер группы кодов травм (МКБ-Х):

- 1 – "S00" - до "S10";
- 2 – "S10" - до "S20";
- 3 – "S20" - до "S30";
- 4 – "S30" - до "S40";
- 5 – "S40" - до "S50";
- 6 – "S50" - до "S60";
- 7 – "S60" - до "S70";
- 8 – "S70" - до "S80";
- 9 – "S80" - до "S90";
- 10 – "S90" - "S99.9";
- 11 – "T00" - до "T08";
- 12 – "T08" - до "T15";
- 13 – "T15" - до "T20";
- 14 – "T20" - "T98.3".

X3 – Возраст в годах (-1 – не известно, 0 – до года).

X4 – Занятость:

1 – в экономике: руководители и специалисты высшего уровня квалификации;

2 – в экономике: прочие специалисты;

3 – в экономике: квалифицированные рабочие;

4 – в экономике: не квалифицированные рабочие;

5 – в экономике: занятые на военной службе;

6 – не в экономике: пенсионеры;

7 – не в экономике: студенты и учащиеся;

8 – не в экономике: работающие в личном подсобном хозяйстве;

9 – не в экономике: безработные;

10 – прочие.

X5 – Смерть последовала:

1 – в стационаре;

2 – дома;

3 – в другом месте;

4 – на месте происшествия;

5 – в машине скорой помощи.

X6 – Признак места смерти город/село (1 – город, 2 – село).

X7 – Пол (1 – мужской, 2 – женский).

X8 – Образование:

1 – профессиональное: высшее;

2 – профессиональное: неполное высшее;

3 – профессиональное: среднее;

4 – профессиональное: начальное;

5 – общее: среднее;

6 – общее: основное;

7 – общее: начальное;

8 – общее: не имеет начального образования;

9 – неизвестно.

X9 – Семейное положение:

1 – состоял(а) в зарегистрированном браке;

2 – не состоял(а) в зарегистрированном браке;

3 – неизвестно.

X10 – Месяц смерти.

Примечание: с 2009 года изменилось представление значений переменных X4, X5, X8, X9, что потребовало перекодировки базы 2007-2008 годов в формат базы 2009 – 2011 годов с помощью специальной программы, используемой в здравоохранении Тульской области.

Количественная оценка (V01 – V89.9):

Условие 1

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

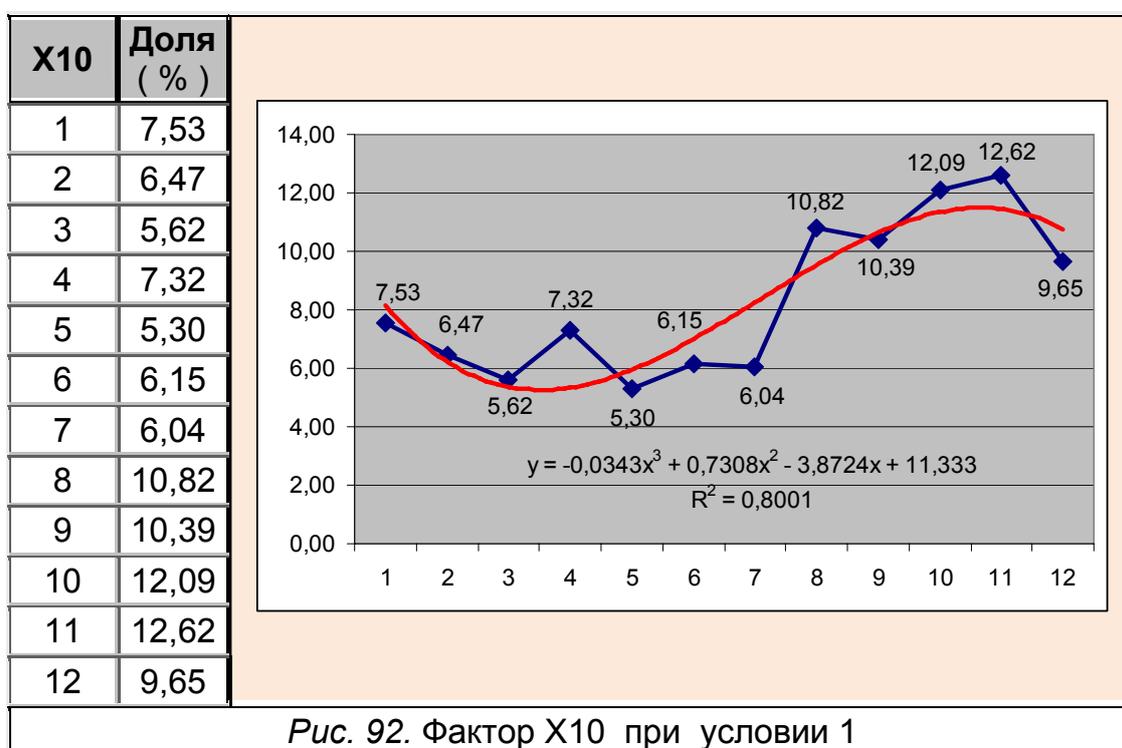
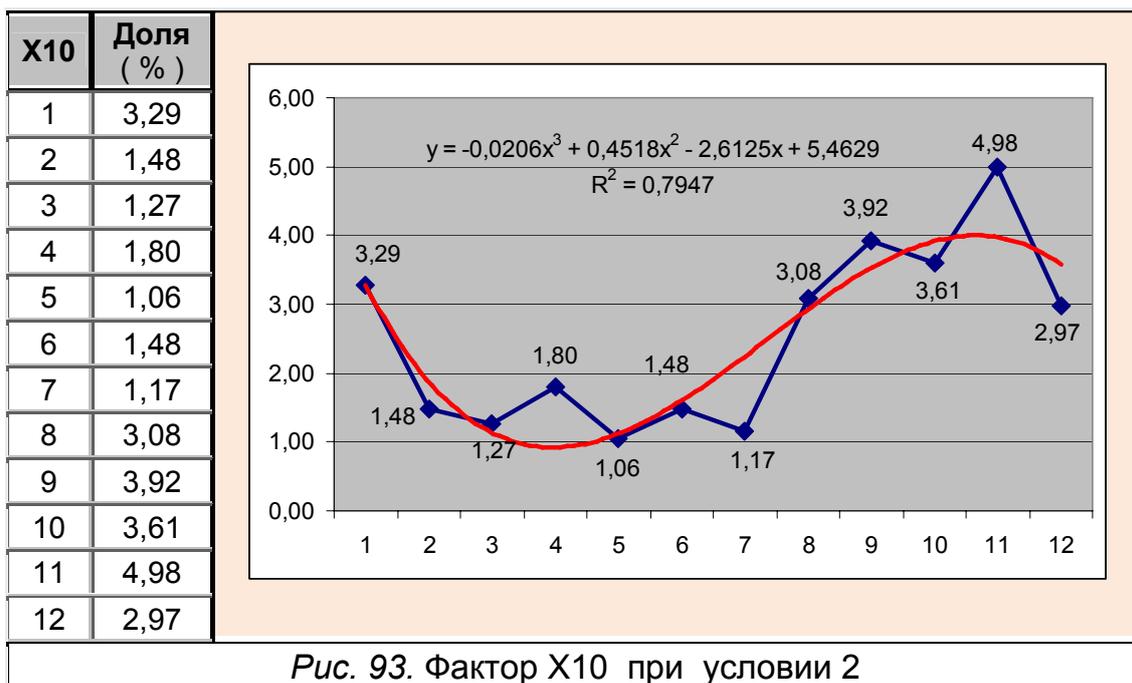


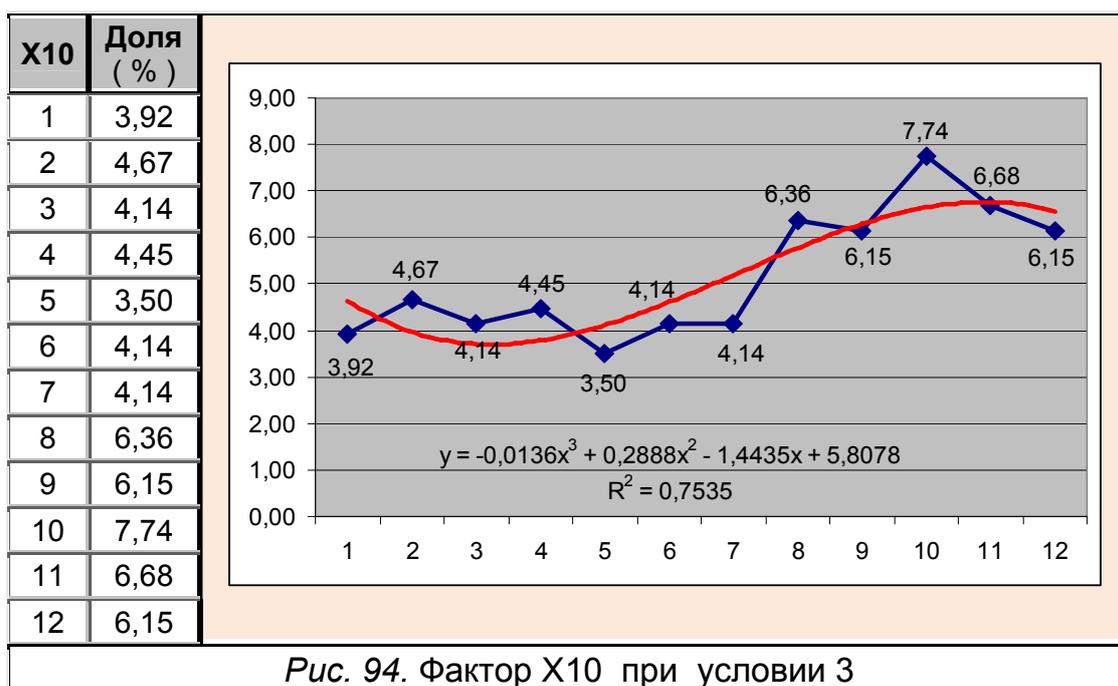
Рис. 92. Фактор X10 при условии 1

Условие 2

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	<u>60</u>	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти



Условие 3	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	<u>20</u>	<u>59</u>	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти



Условие 4

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	<u>20</u>	<u>39</u>	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

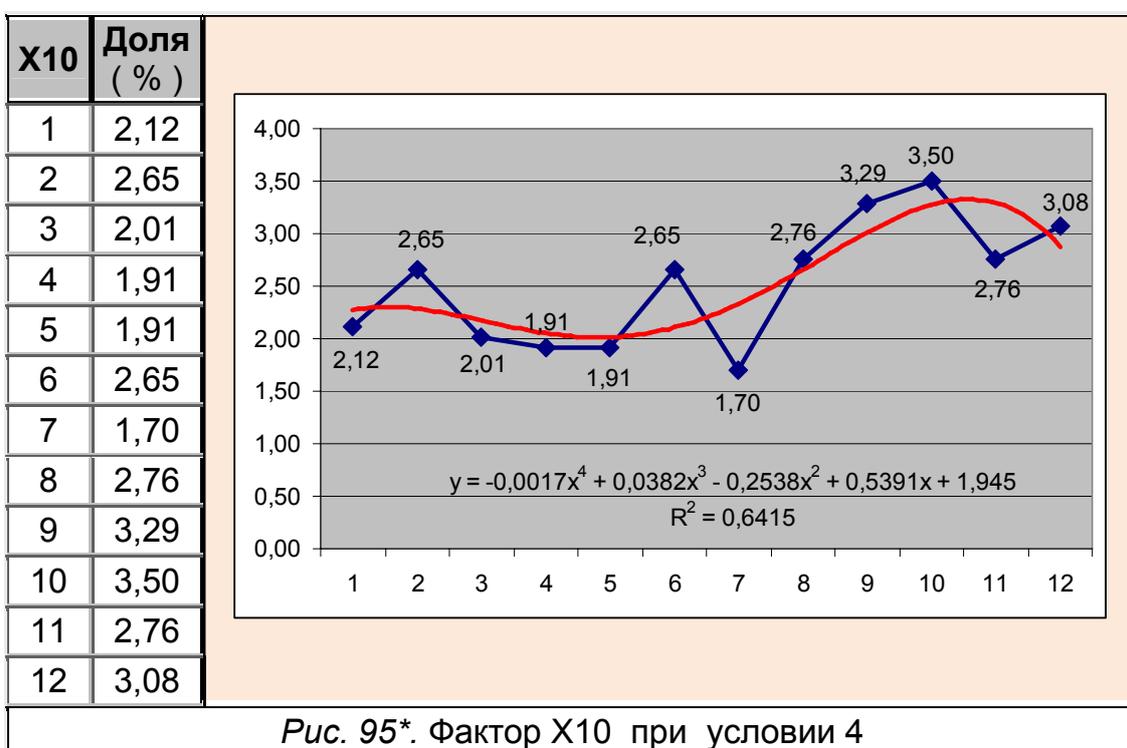
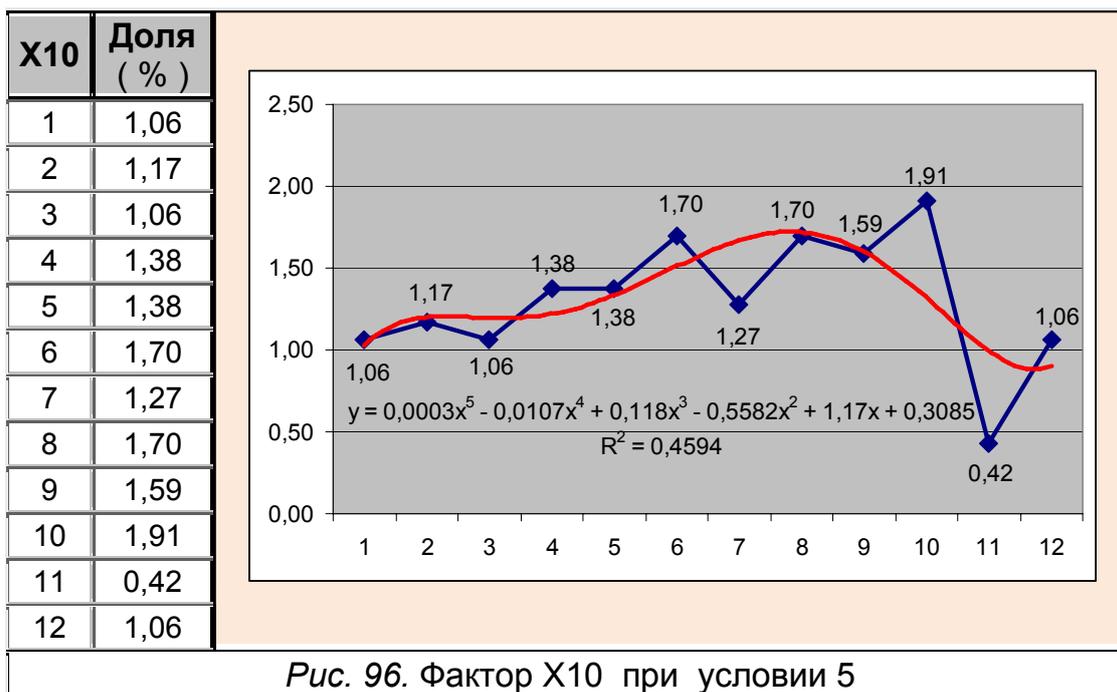


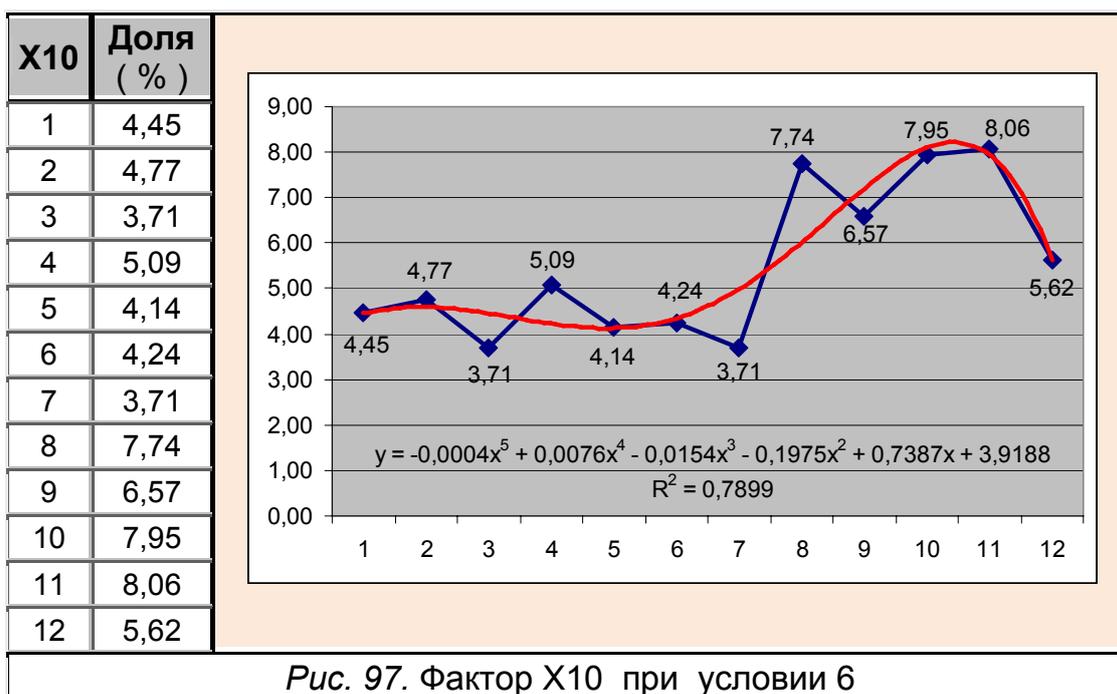
Рис. 95*. Фактор X10 при условии 4

Условие 5

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	<u>20</u>	<u>29</u>	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

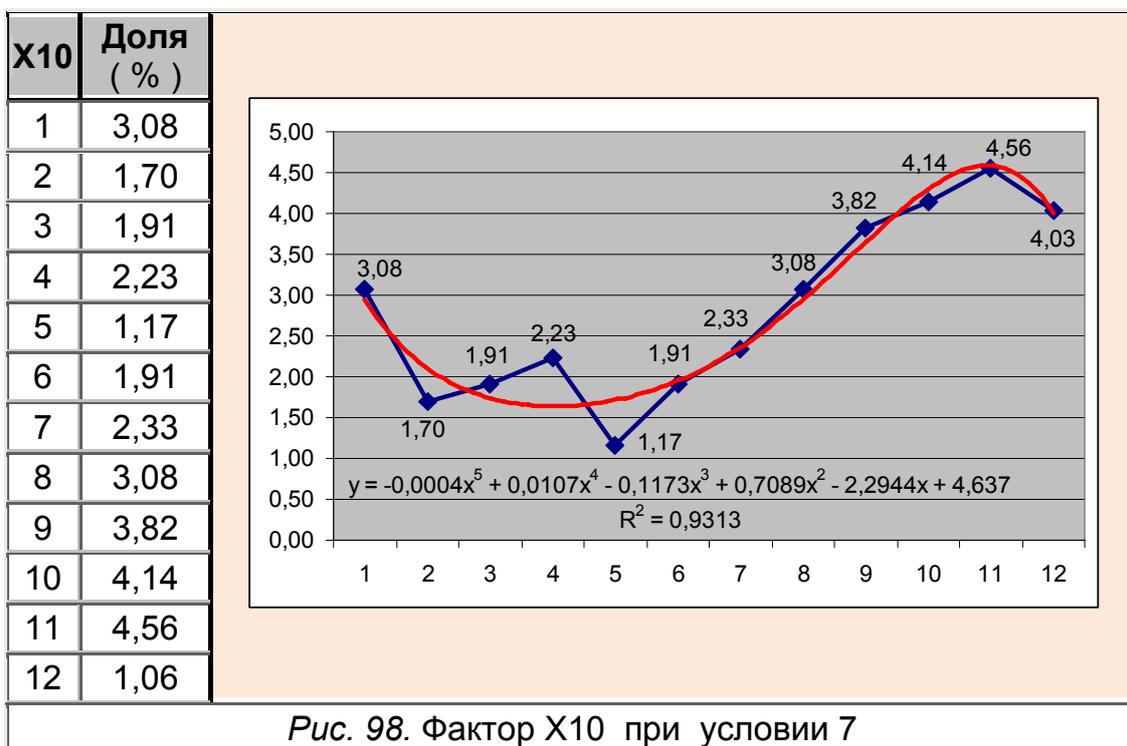


Условие 6	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	1	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

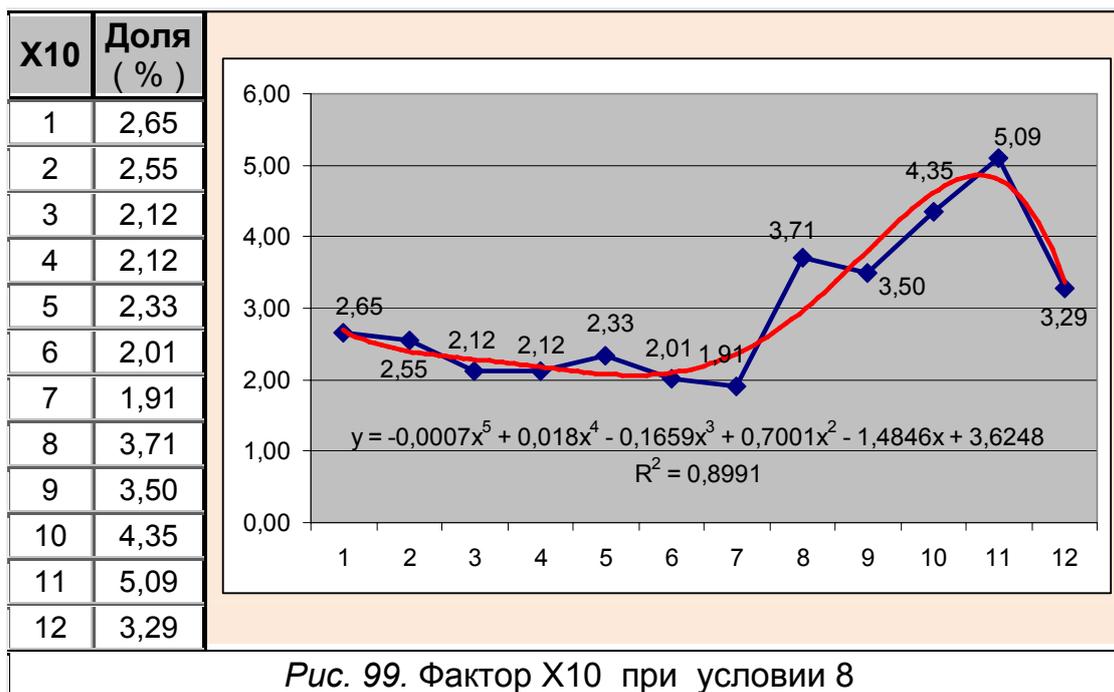


Условие 7

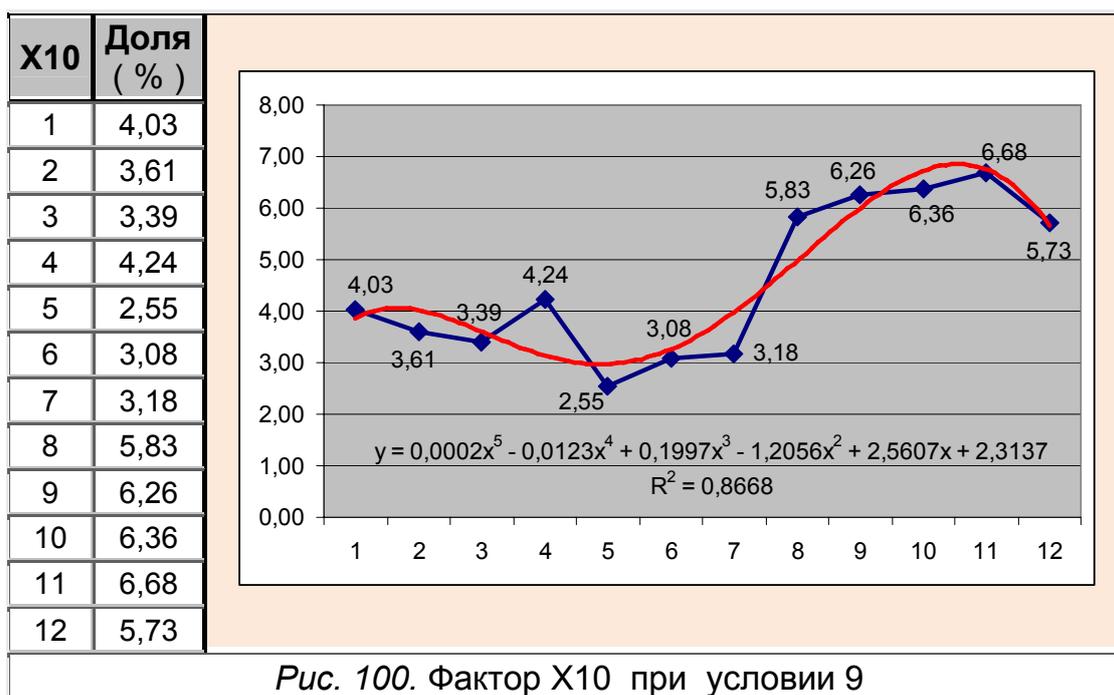
	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	<u>2</u>	<u>2</u>	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

Условие 8

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	<u>1</u>	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти



Условие 9	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	<u>2</u>	<u>2</u>	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти



Условие 10

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	<u>6</u>	<u>9</u>	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

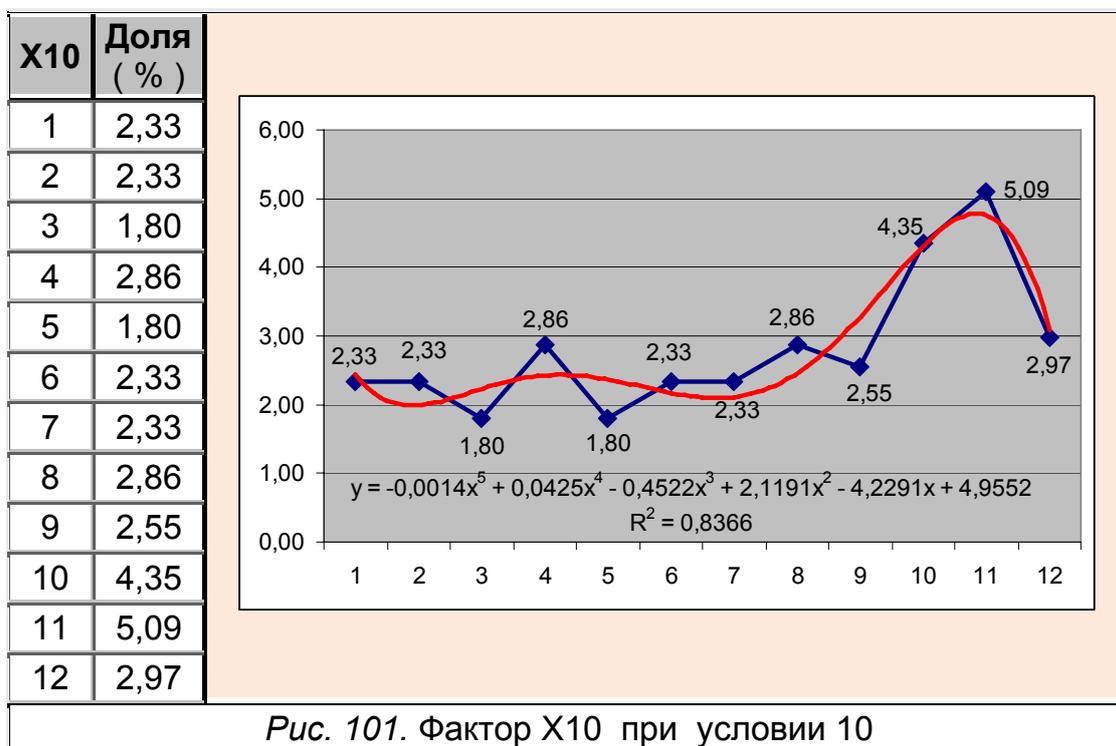
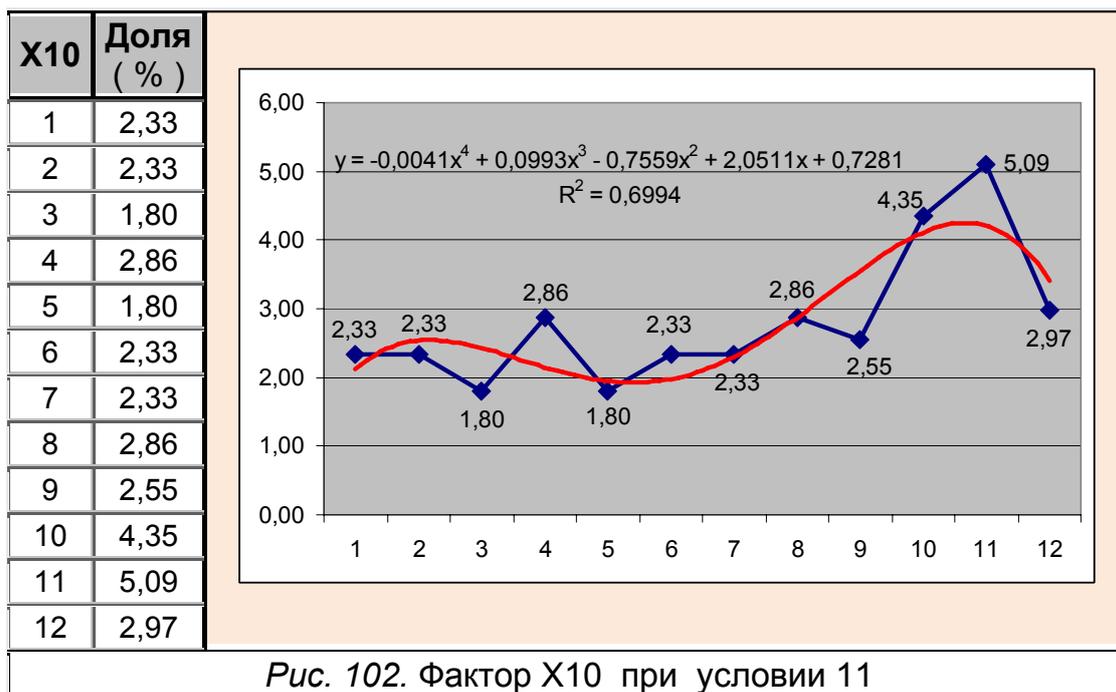


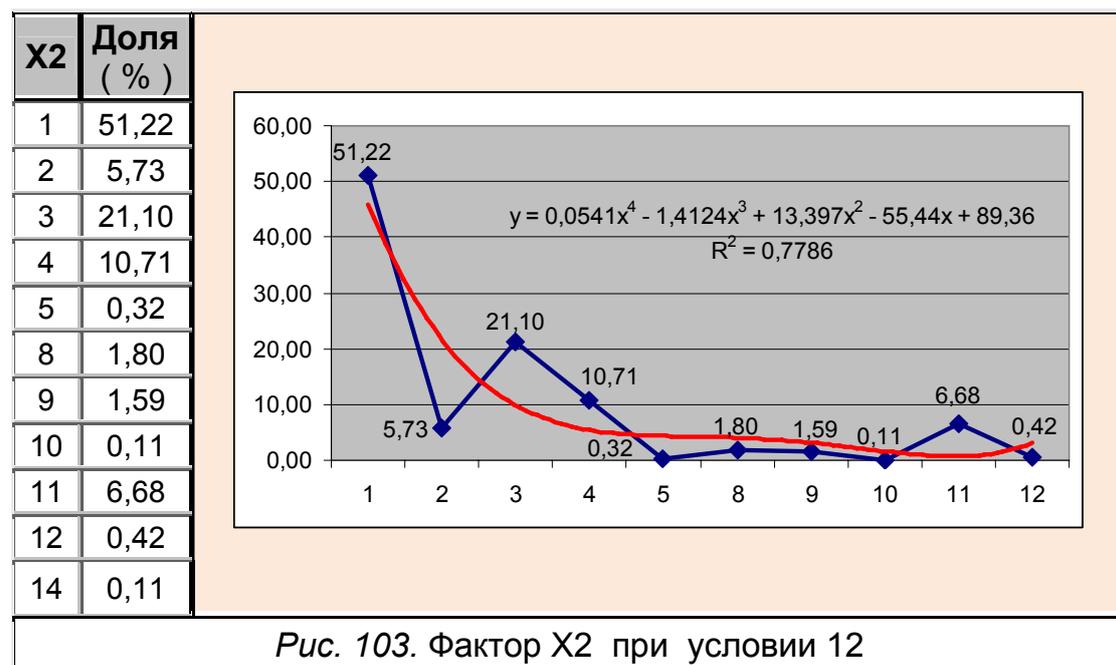
Рис. 101. Фактор X10 при условии 10

Условие 11

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	<u>2</u>	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

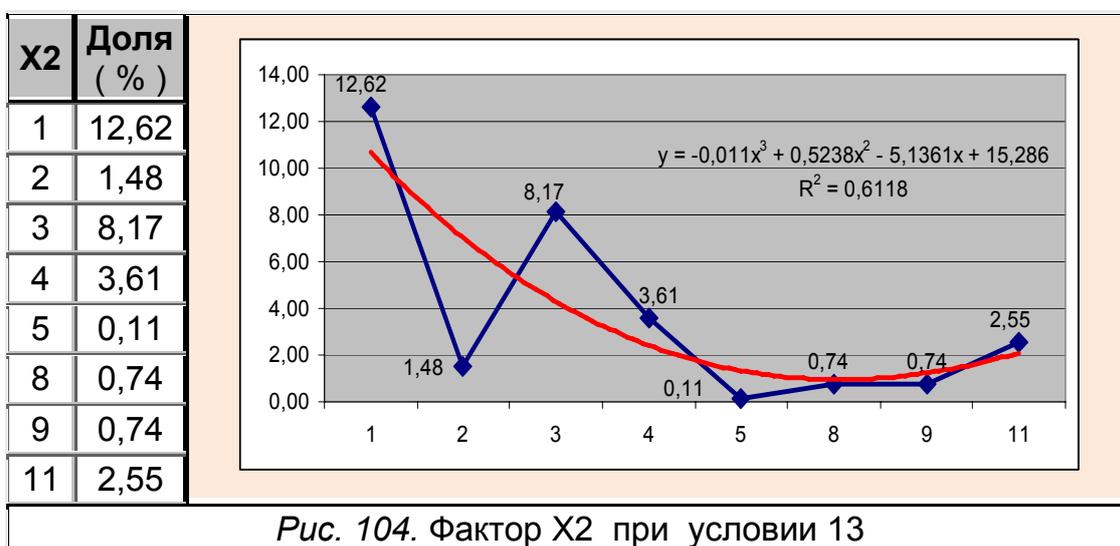


Условие 12	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

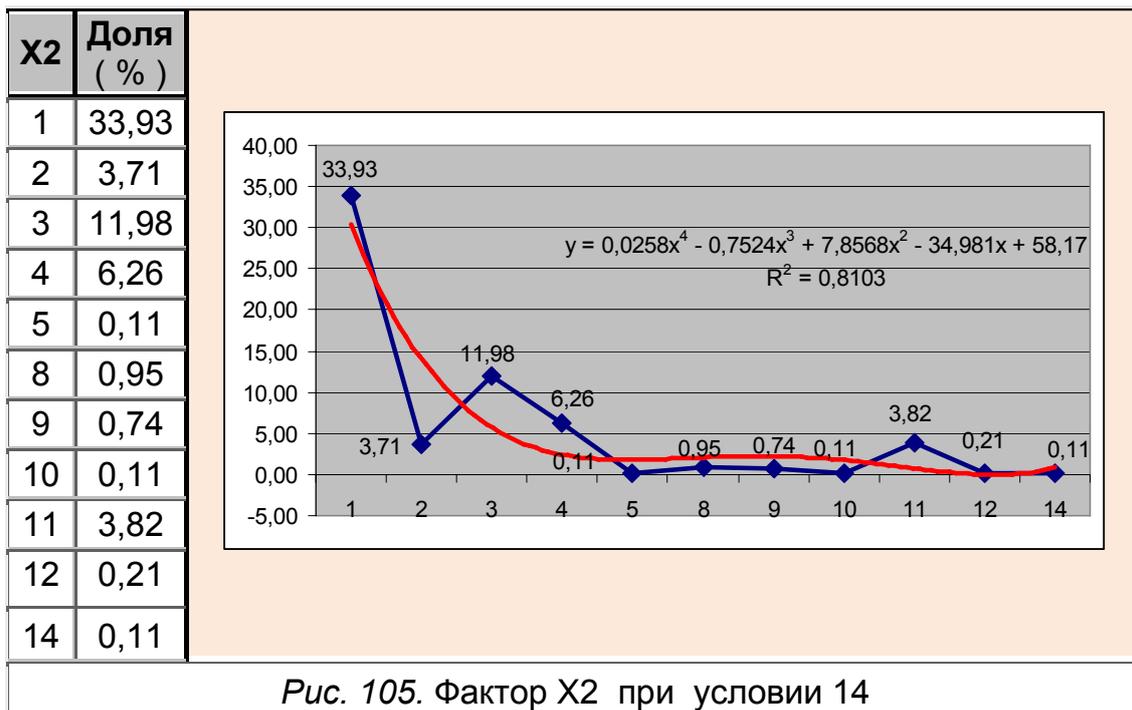


Условие 13

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	<u>60</u>	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

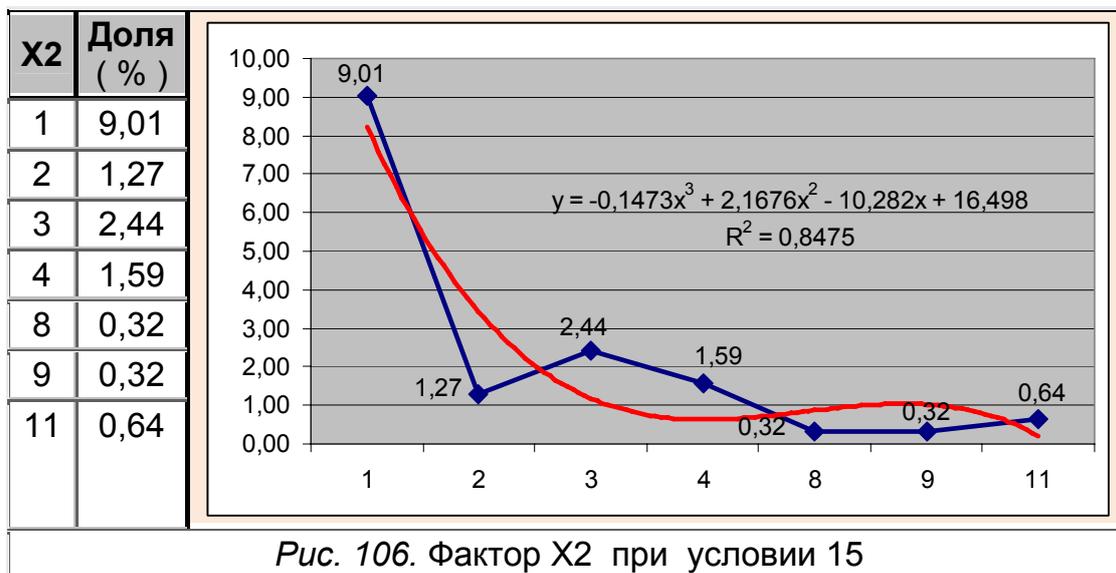
Условие 14

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	<u>20</u>	<u>59</u>	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти



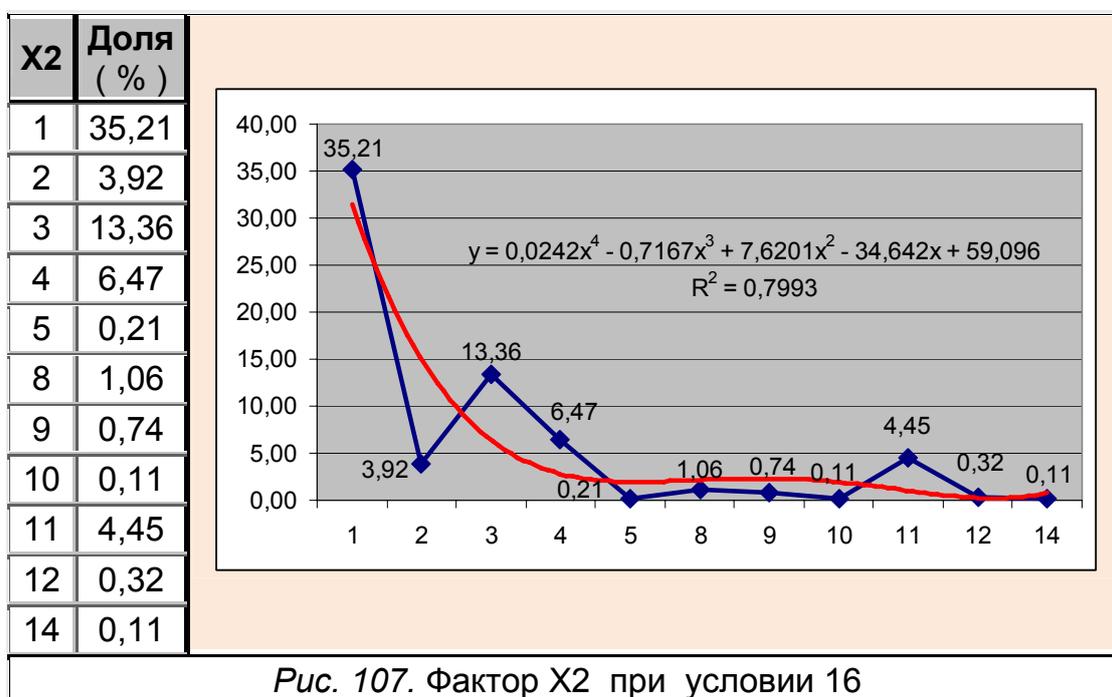
Условие 15

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	20	29	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти



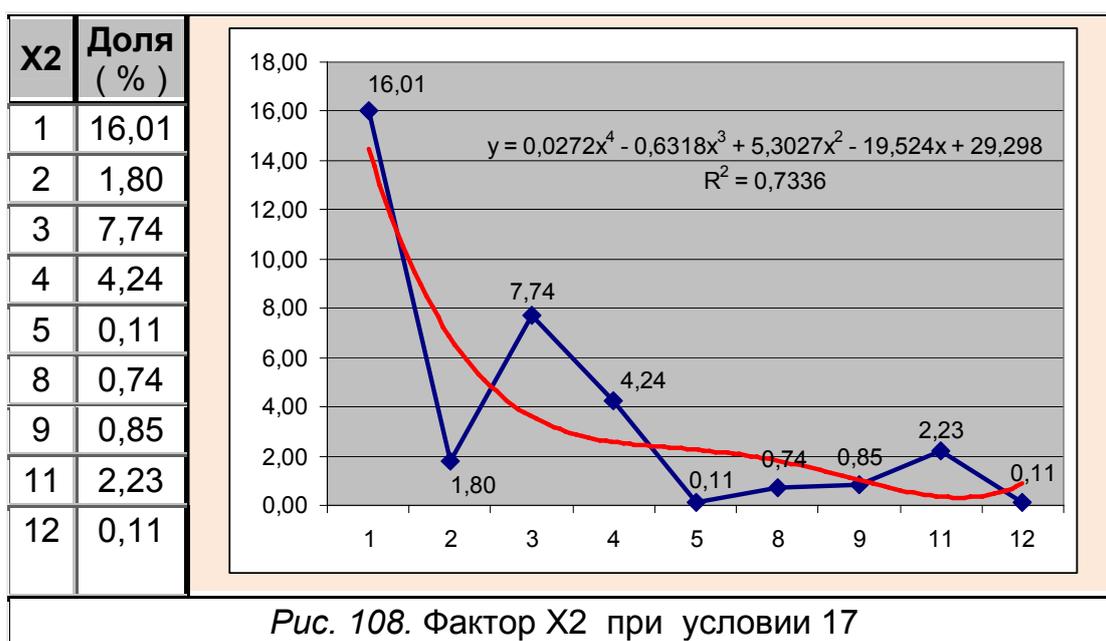
Условие 16

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	<u>1</u>	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

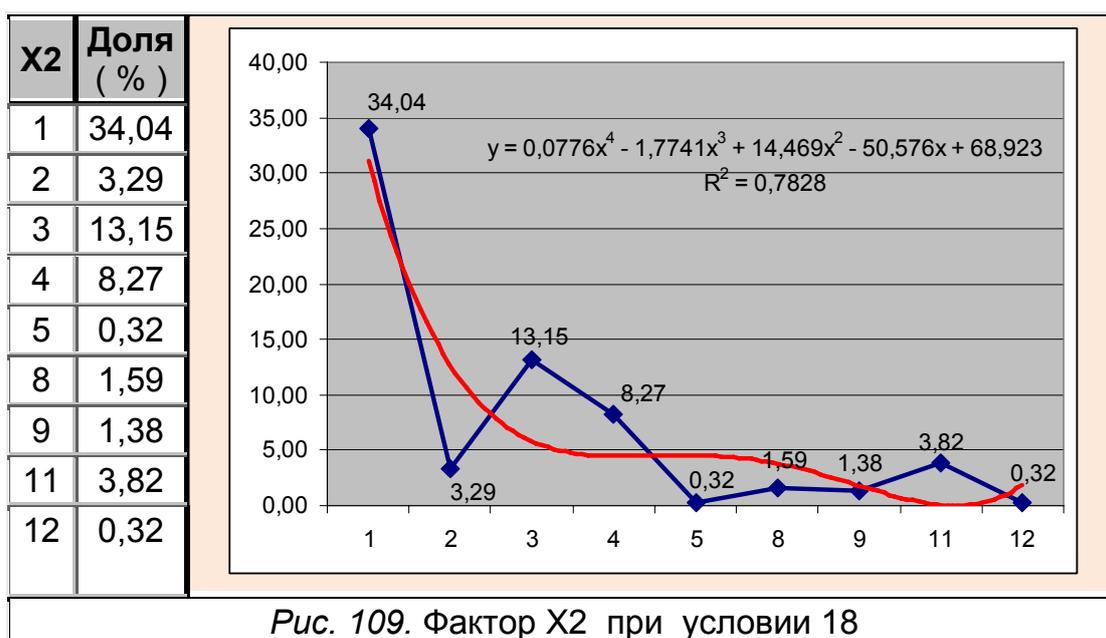


Условие 17

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	<u>2</u>	<u>2</u>	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти



Условие 18	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	1	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти



Условие 19

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	<u>2</u>	<u>2</u>	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

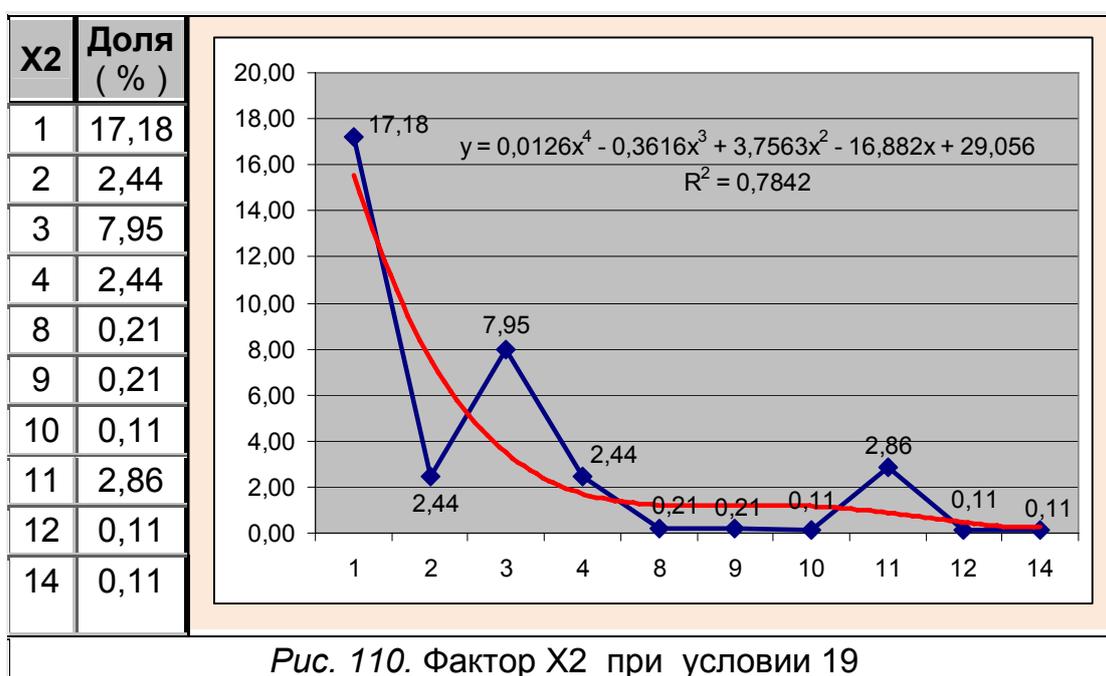
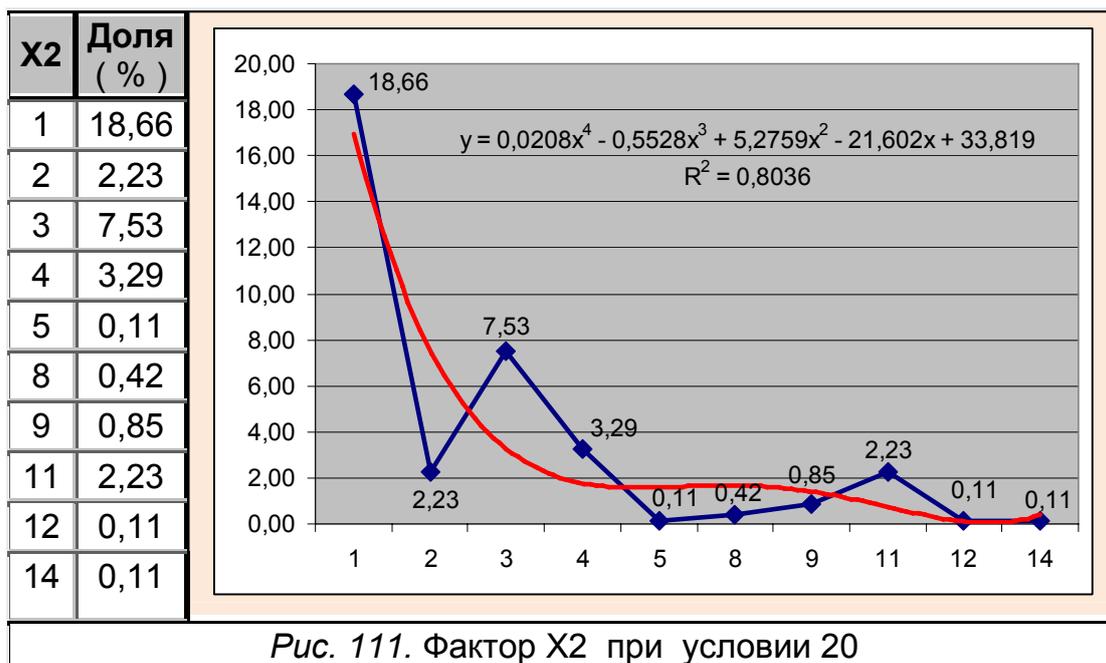


Рис. 110. Фактор X2 при условии 19

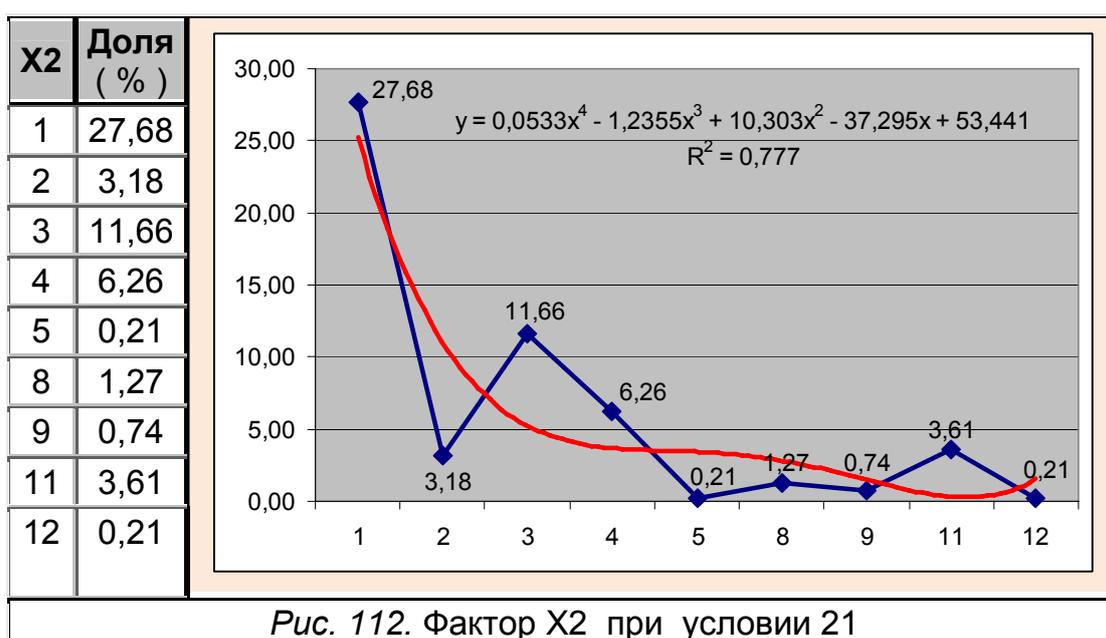
Условие 20

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	<u>1</u>	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти



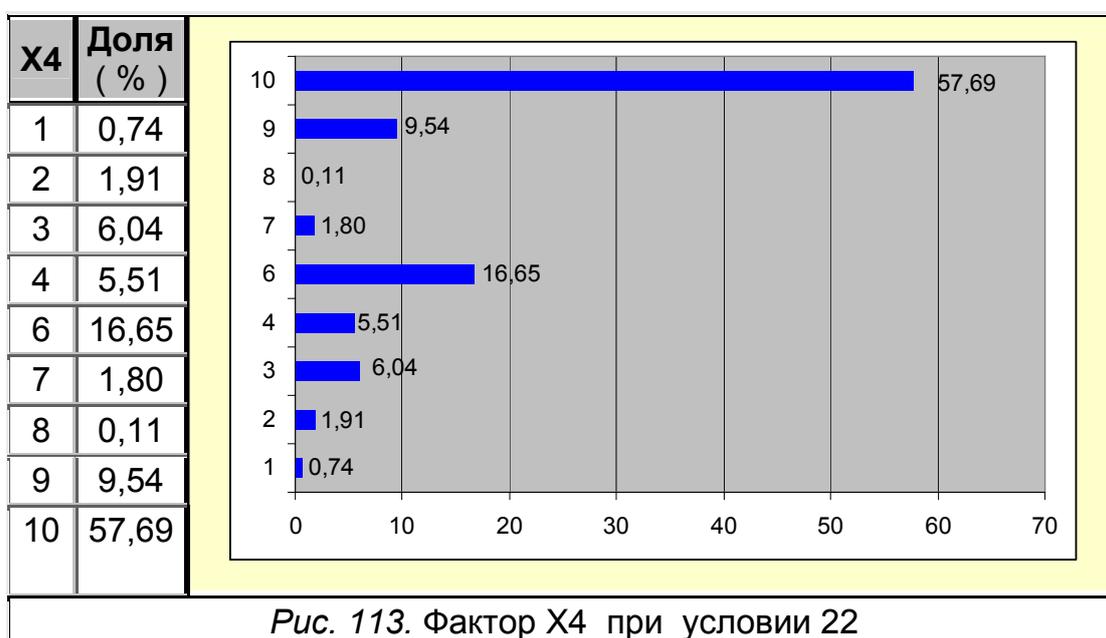
Условие 21

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	<u>2</u>	<u>2</u>	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

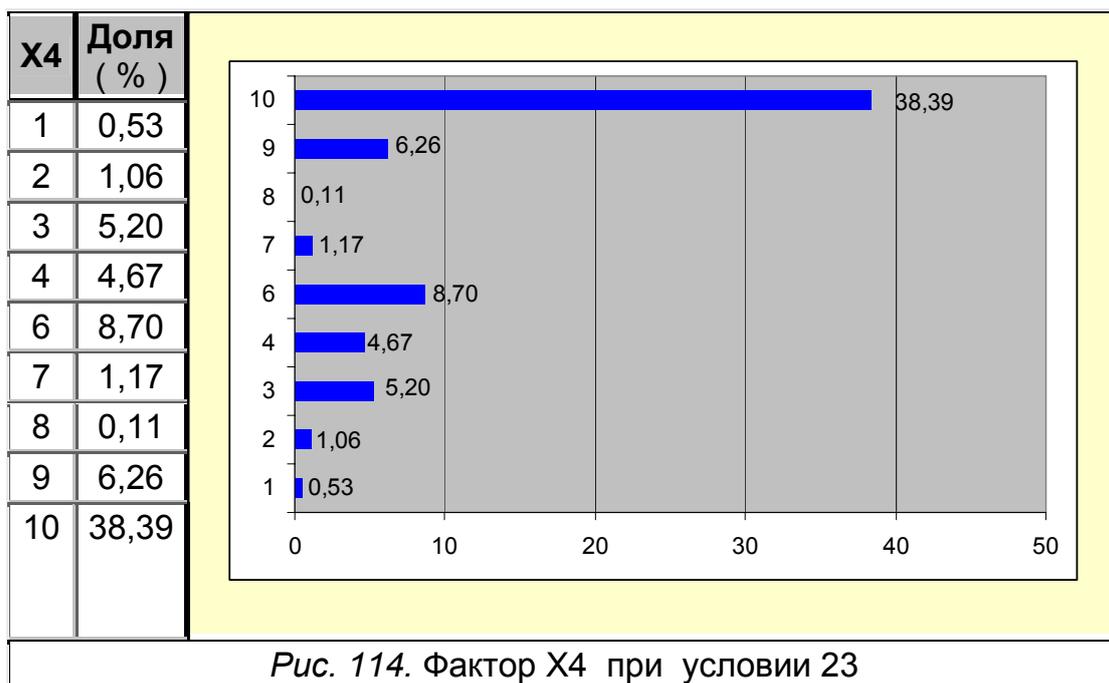


Условие 22

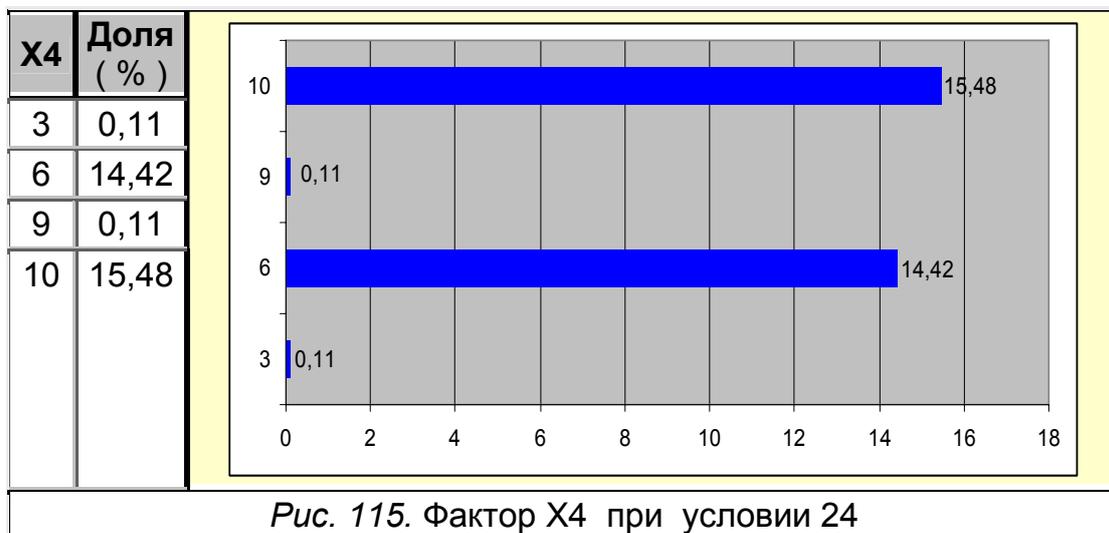
	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

Условие 23

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	1	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

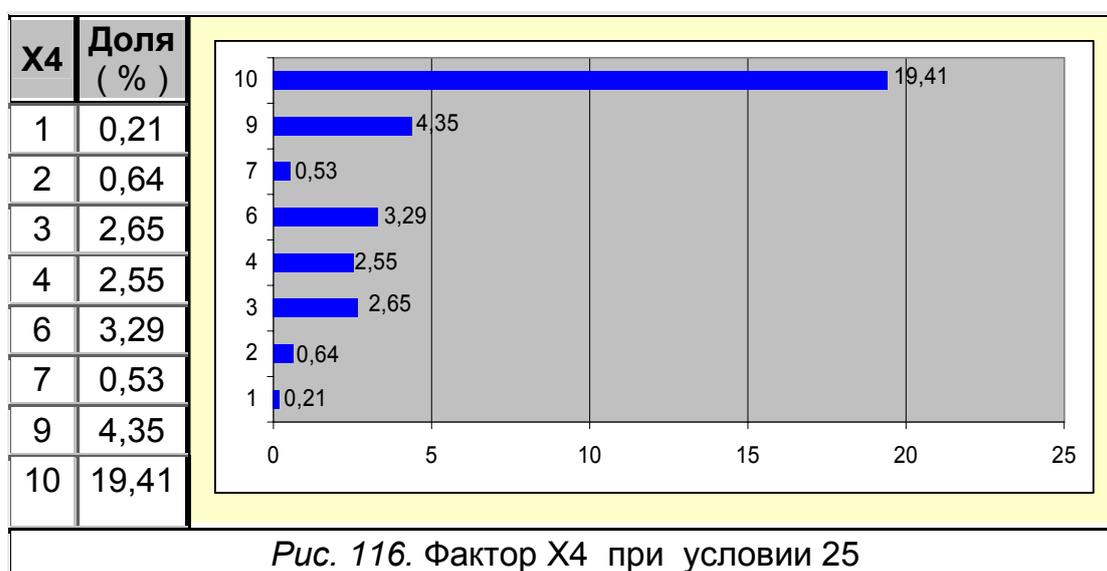
Условие 24

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	60	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

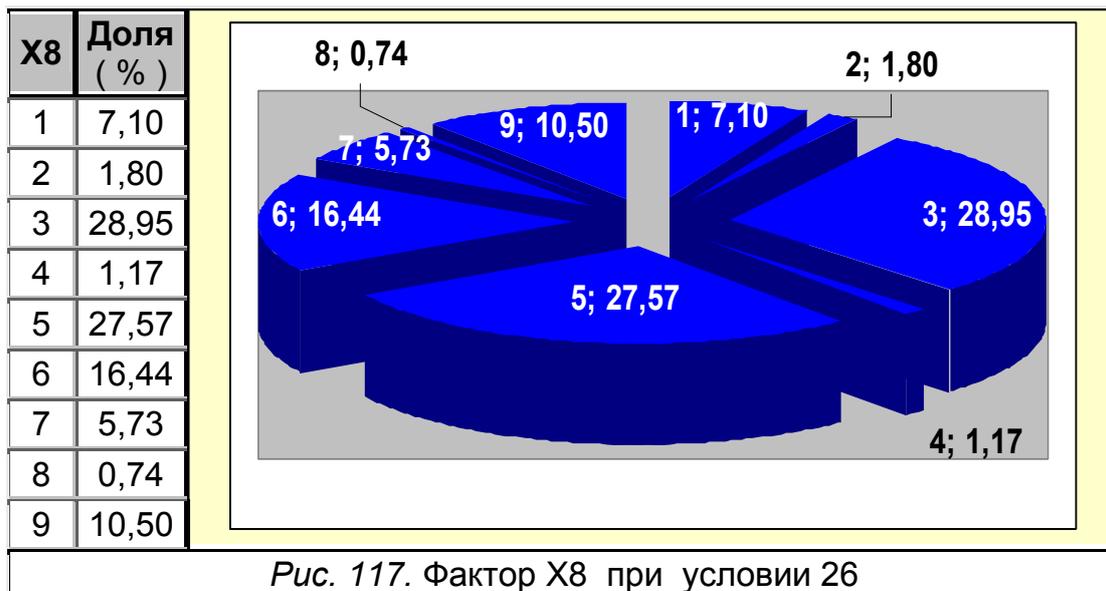


Условие 25

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	<u>2</u>	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

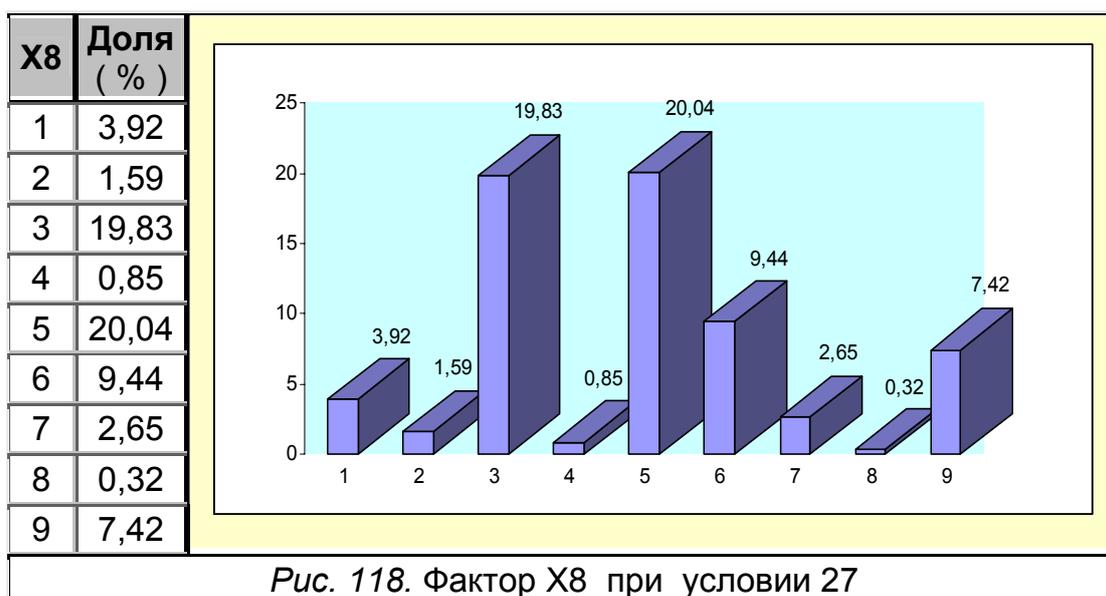
Условие 26

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти



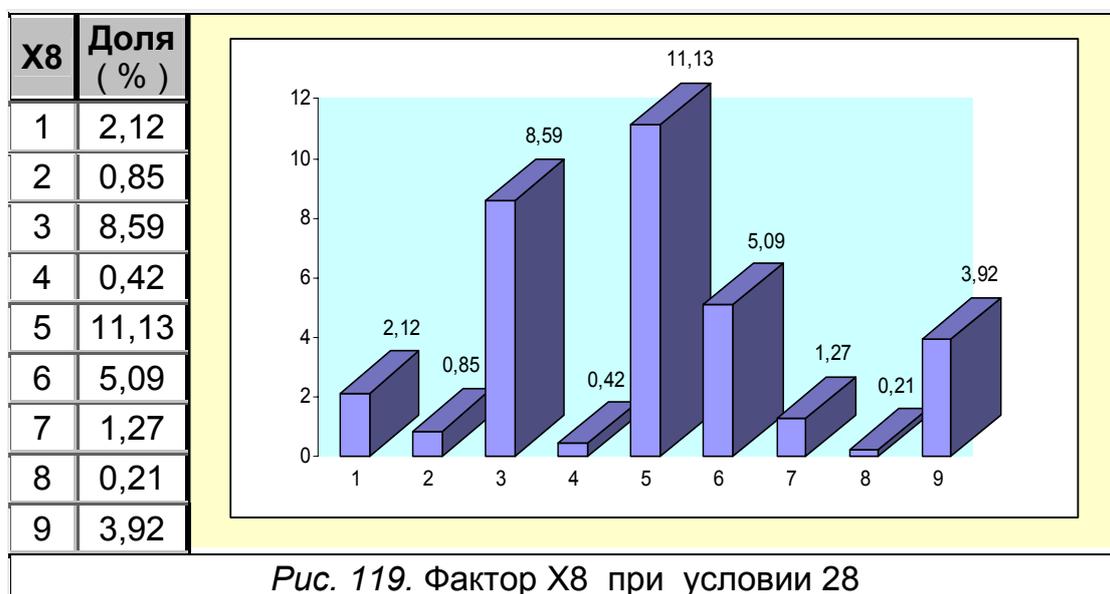
Условие 27

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	1	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

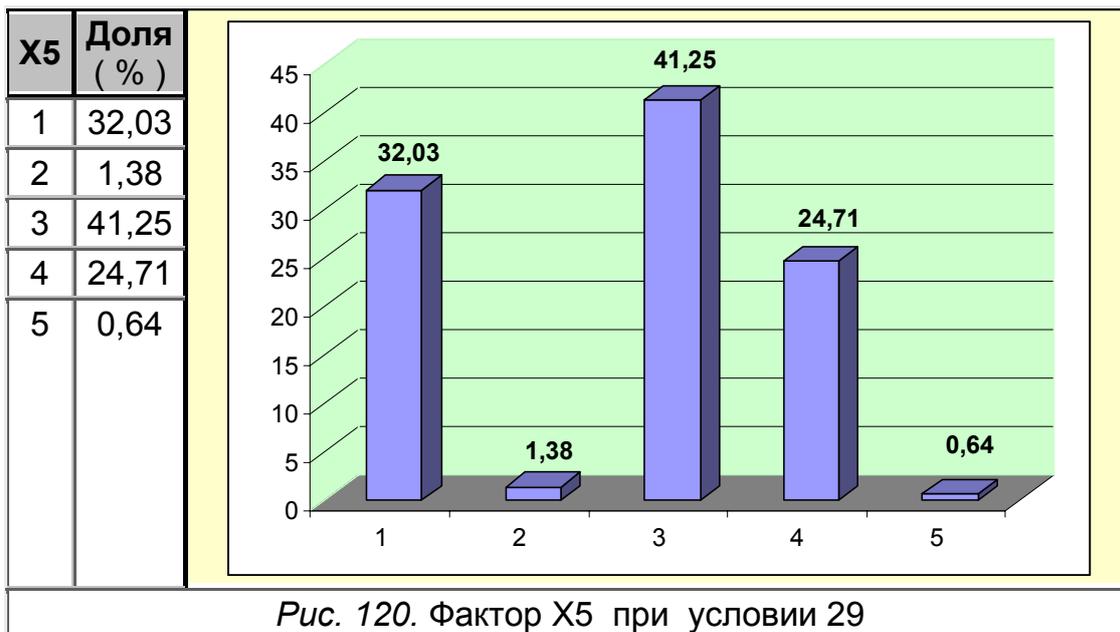


Условие 28

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	<u>2</u>	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

Условие 29

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	2	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

Условие 30

	Min	Max	
X2	0	14	Номер группы кодов травм
X3	-1	90	Возраст в годах
X4	1	10	Занятость
X5	1	5	Смерть последовала
X6	1	2	Признак места смерти город/село
X7	1	1	Пол
X8	1	9	Образование
X9	1	3	Семейное положение
X10	1	12	Месяц смерти

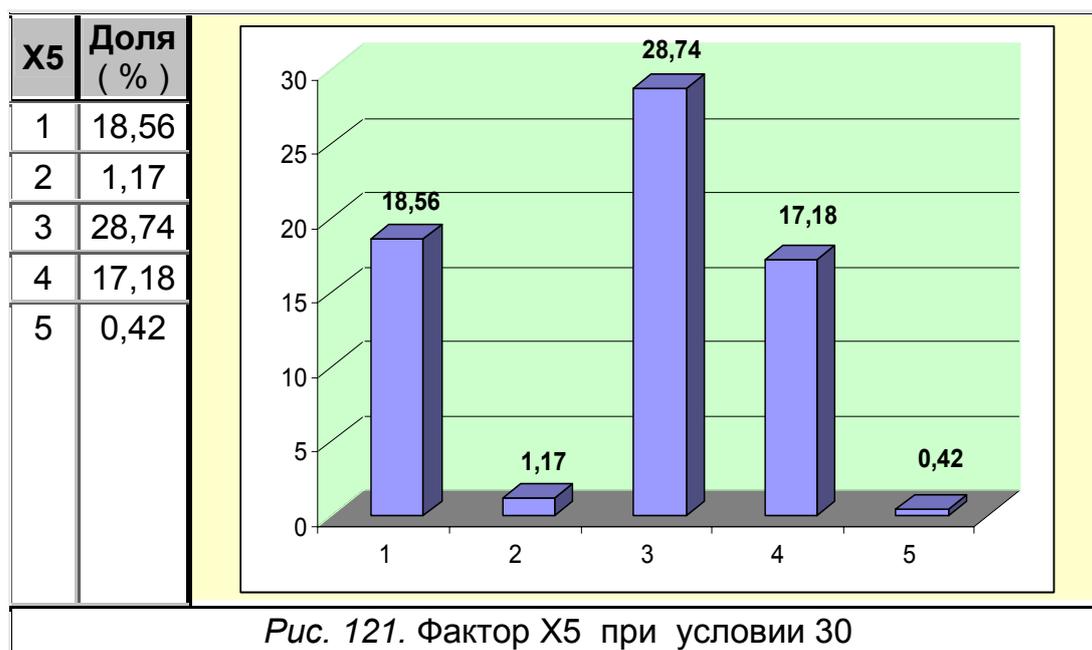


Таблица 31

Распределение умерших в ДТП по месяцам года

Х10 (месяц)	Число случаев
1	156
2	125
3	117
4	152
5	167
6	226
7	215
8	268
9	235
10	251
11	226
12	217

Таблица 32

Распределение умерших в ДТП пешеходов по месяцам года

Х10 (месяц)	Число случаев
1	71
2	61
3	53
4	69
5	50
6	58
7	57
8	102
9	98
10	114
11	119
12	91

Таблица 33

Распределение умерших в ДТП пешеходов (мужчин и женщин)
по месяцам года

Х10 (месяц)	Число случаев	Пол (1 – мужчины)
1	42	1
	29	2

X10 (месяц)	Число случаев	Пол (1 – мужчины)
2	45	1
	16	2
3	35	1
	18	2
4	48	1
	21	2
5	39	1
	11	2
6	40	1
	18	2
7	35	1
	22	2
8	73	1
	29	2
9	62	1
	36	2
10	75	1
	39	2
11	76	1
	43	2
12	53	1
	38	2

Таблица 34

**Распределение умерших в ДТП пешеходов (мужчин и женщин)
по номерам групп кодов травм**

X2 (Номер группы кодов травм)	Число случаев	Пол (1 – мужчины)
1 – "S00" - до "S10"	332	1
	151	2
2 – "S10" - до "S20"	37	1
	17	2
3 – "S20" - до "S30"	126	1
	73	2
4 – "S30" - до "S40"	61	1
	40	2
5 – "S40" - до "S50"	2	1

X2 (Номер группы кодов травм)	Число случаев	Пол (1 – мужчины)
	1	2
6 – "S50" - до "S60"	10	1
	7	2
9 – "S80" - до "S90"	7	1
	8	2
10 – "S90" - "S99.9"	1	1
11 – "T00" - до "T08"	42	1
	21	2
12 – "T08" - до "T15"	3	1
	1	2
14 – "T20" - "T98.3"	1	1

Таблица 35

**Распределение умерших в ДТП пешеходов (мужчин и женщин)
по коду занятости**

X4 (код занятости)	Число случаев	Пол (1 – мужчины)
1	5	1
	2	2
2	10	1
	8	2
3	49	1
	8	2
4	44	1
	8	2
6	82	1
	75	2
7	11	1
	6	2
8	1	1
9	59	1
	31	2
10	362	1
	182	2

Таблица 36

**Распределение умерших в ДТП пешеходов (мужчин и женщин)
по признаку город/село места смерти**

Х6 (признак город/село места смерти)	Число случаев	Пол (1 – мужчины)
1 - город	375	1
	251	2
2 - село	248	1
	69	2

Таблица 37

**Распределение умерших в ДТП пешеходов (мужчин и женщин)
по образованию**

Х8 (код образования)	Число случаев	Пол (1 – мужчины)
1 – профессиональное: высшее	37	1
	30	2
2 – профессиональное: неполное высшее	15	1
	2	2
3 – профессиональное: среднее	187	1
	86	2
4 – профессиональное: начальное	8	1
	3	2
5 – общее: среднее	189	1
	71	2
6 – общее: основное	89	1
	66	2
7 – общее: начальное	25	1
	29	2
8 – общее: не имеет начального образования	3	1
	4	2
9 – неизвестно	70	1
	29	2

**Распределение умерших в ДТП пешеходов (мужчин и женщин)
по семейному положению**

X9 (семейное положение)	Число случаев	Пол (1 – мужчины)
1– состоял(а) в зарегистрированном браке	246	1
	90	2
2– не состоял(а) в зарегистрированном браке	312	1
	206	2
3– неизвестно	65	1
	24	2

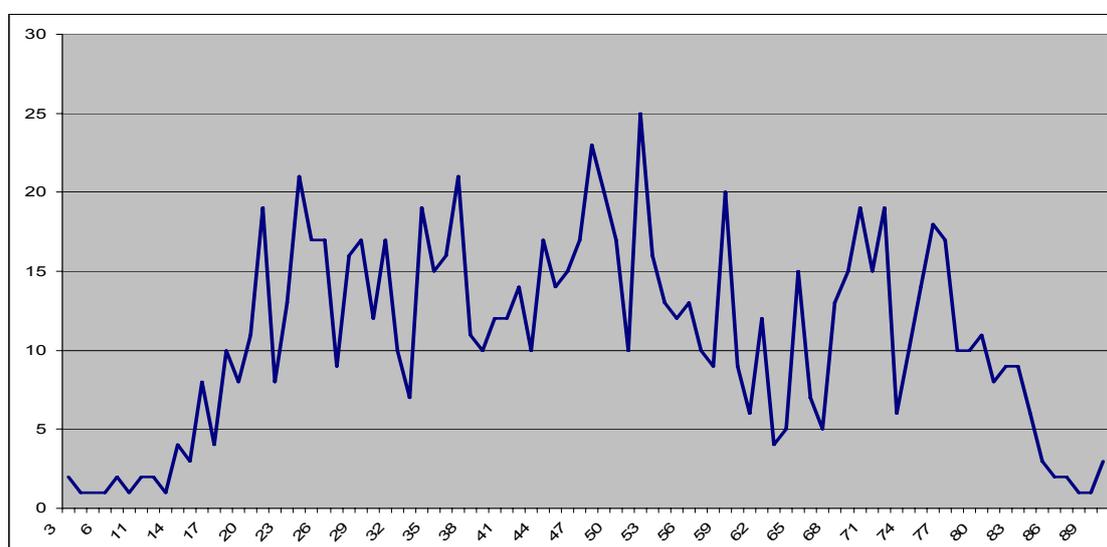


Рис. 122. Распределение умерших в ДТП пешеходов по числу прожитых лет

Выбор и построение модели

Расчет с помощью АМКЛ может быть произведен с различными масками, исключаящими из расчета выбранные для этого факторы.

В представленных математических моделях показаны результирующие составляющие (пронумерованы), в которых сочетанность факторов $X_{2...10}$ указана знаком конъюнкции (&). Каждый фактор имеет пределы определения (показаны в скобках), которые алгоритм АМКЛ определил сам из соображений компактного представления модели. Каждая результирующая составляющая влияет на результат (выбранную цель) с мощностью (обозначенной W).

Учитывая, что отдельные значения факторов слабо связаны с соседними значениями, было проведено три расчета:

- без исключения факторов;
- с исключением фактора занятости;
- с исключением фактора занятости X4 и где последовала смерть X5.

В частности, для анализа занятости X4 данный алгоритм не совсем подходит по причине наличия встроенного режима заполнения отсутствующих значений в отдельных точках изучаемого фактора ближайшими значениями, что недопустимо для некоторых из них (например, студенты и учащиеся, которые не связаны с ближайшими кодами пенсионеров и работающих в подсобном хозяйстве). В этом случае следует ограничиться таблицей 35. Аналогичная ситуация с X5.

Выполненные расчеты также следует оценить по наличию мощных результирующих составляющих и приемлемому числу совпадения целевых и нецелевых строк.

Рассмотрим эти модели по первым (самым мощным) результирующим составляющим.

1 вариант (первые 8 результирующих составляющих):

Импликации ПРЯМЫЕ из файла: E:\АналРасчеты \Base.txt

Переменная цели: X1

Значение цели: 1

Маска: отсутствует

Совпало целевых и нецелевых строк: 6 (исключены из расчета)

1. W= 35.

$(74 < X3 < 80) \& (1 < X9 \leq 2) \& (6 < X4 \leq 10)$

Строки: 17;73;88;97;165;177;180;182;183;193;196;225;252;317;322;
402;514;545;547;588;648;656;726;745;801;818;892;956;979;1041;1404;
1420;1447;1482;2179;

2. W= 32.

$(75 < X3 < 82) \& (6 < X4 \leq 10) \& (1 < X9 \leq 2)$

Строки: 17;73;97;177;180;182;183;193;196;225;252;317;384;402;
514;534;545;547;588;656;726;745;818;892;956;979;1010;1012;1041;
1404;1420;1482;

3. W= 24.

$(74 < X3 < 79) \& (1 \leq X2 < 2)$

Строки: 22;88;182;252;275;402;545;745;801;930;1057;1065;1404;
1420;1431;1447;1482;1686;1825;1873;1908;2179;2181;2248;

4. W= 21.

$(2 < X9 \leq 3) \& (3 < X2 < 12)$

Строки: 60;212;224;229;281;341;361;375;433;478;560;562;769;
986;1027;1187;1523;1796;1894;2027;2151;

5. W= 21.

$(1 < X7 \leq 2) \& (74 < X3 < 84) \& (7 < X10 < 11)$

Строки: 225;293;317;322;329;384;829;892;930;956;979;1010;
1041;1065;1078;1193;1500;1658;1760;2093;2125;

6. W= 20

$(74 < X3 \leq 80) \& (6 < X8 \leq 9)$

Строки: 193;222;294;402;547;653;745;1010;1041;1057;1060;1160;
1193;1447;1500;1581;1764;1908;2054;2316;

7. W= 20

$(74 < X3 < 80) \& (1 \leq X2 < 2) \& (6 < X4 \leq 10)$

Строки: 17;22;88;182;183;252;275;402;545;745;773;801;930;1041;
1404;1420;1431;1447;1482;2179;

8. W= 20

$(67 < X3 \leq 74) \& (1 < X9 \leq 2) \& (9 < X10 < 12)$

Строки: 468;485;489;877;952;995;1000;1026;1056;1142;1170;1181;
1537;1563;1597;2272;2277;2290;2293;2317;

Всего 559 результирующих составляющих.

Таблица 39

Графическое представление

NN	X2	X3	X4	X7	X8	X9	X10
1		75-79	7-10			2	
2		76-81	7-10			2	
3	1	75-78					3
4	4-11						
5		75-83		2			8-10
6		75-80			7-8		
7	1	75-79	7-10				
8		68-74				2	10-11

2 вариант (первые 5 результирующих составляющих):

Импликация ПРЯМЫЕ из файла: E:\АналРасчеты\ BaseAmcl.txt

Переменная цели: X1

Значение цели: 1

Маска: X4

Совпало целевых и нецелевых строк: 11 (исключены из расчета).

1. W= 25.

$(75 < X3 \leq 79) \& (1 < X9 \leq 2) \& (1 < X7 \leq 2)$

Строки: 17;97;177;182;183;193;196;225;317;402;547;588;656;726;
745;892;956;979;1041;1078;1420;1482;1581;1648;1764;

2. W= 24.

$(74 < X3 < 79) \& (1 \leq X2 < 2)$

Строки: 22;88;182;252;275;402;545;745;801;930;1057;1065;1404;
1420;1431;1447;1482;1686;1825;1873;1908;2179;2181;2248;

3. W= 21.

$(2 < X9 \leq 3) \& (3 < X2 < 12)$

Строки: 60;212;224;229;281;341;361;375;433;478;560;562;769;986;
1027;1187;1523;1796;1894;2027;2151;

4. W= 21.

$(1 < X7 \leq 2) \& (74 < X3 < 84) \& (7 < X10 < 11)$

Строки: 225;293;317;322;329;384;829;892;930;956;979;1010;1041;
1065;1078;1193;1500;1658;1760;2093;2125;

5. W= 20.

$(71 < X3 < 85) \& (6 < X8 \leq 7) \& (1 < X9 \leq 2)$

Строки: 193;198;329;402;451;547;745;1010;1160;1181;1412;1447;
1581;1760;1764;1870;2054;2141;2293;2316;

Всего 559 результирующих составляющих.

3 вариант (первые 7 результирующих составляющих):

Импликации ПРЯМЫЕ из файла: E:\АналРасчеты \BaseAmcl.txt

Переменная цели: X1

Значение цели: 1

Маска: X4; X5;

Совпало целевых и нецелевых строк: 31 (исключены из расчета).

1. W= 25.

$(75 < X3 \leq 79) \& (1 < X9 \leq 2) \& (1 < X7 \leq 2)$

Строки: 17;97;177;182;183;193;196;225;317;402;547;588;656;726;
745;892;956;979;1041;1078;1420;1482;1581;1648;1764;

2. W= 24.

$(74 < X3 < 79) \& (1 \leq X2 < 2)$

Строки: 22;88;182;252;275;402;545;745;801;930;1057;1065;1404;
1420;1431;1447;1482;1686;1825;1873;1908;2179;2181;2248;

3. W= 22.

$(66 < X3 < 77) \& (9 < X10 < 12) \& (1 < X9 \leq 2)$

Строки: 468;485;489;877;952;995;1000;1026;1056;1142;1160;1170;
1181;1537;1563;1597;2272;2277;2290;2293;2316;2317;

4. W= 21.

$(2 < X9 \leq 3) \& (3 < X2 < 12)$

Строки: 60;212;224;229;281;341;361;375;433;478;560;562;769;986;
1027;1187;1523;1796;1894;2027;2151;

5. W= 21.

$(1 < X7 \leq 2) \& (74 < X3 < 84) \& (7 < X10 < 11)$

Строки: 225;293;317;322;329;384;829;892;930;956;979;1010;1041;
1065;1078;1193;1500;1658;1760;2093;2125;

6. M= 20.

$(74 < X3 \leq 80) \& (6 < X8 \leq 9)$

Строки: 193;222;294;402;547;653;745;1010;1041;1057;1060;1160;
1193;1447;1500;1581;1764;1908;2054;2316;

7. W= 20.

$(71 < X3 < 85) \& (6 < X8 \leq 7) \& (1 < X9 \leq 2)$

Строки: 193;198;329;402;451;547;745;1010;1160;1181;1412;1447;
1581;1760;1764;1870;2054;2141;2293;2316;

Всего 542 результирующих составляющих.

Графическое представление

NN	X2	X3	X7	X8	X9	X10
1		76-79	2		2	
2	1	75 - 78				
3		67-76			2	10-11
4	4-11				3	
5		75-83	2			8-10
6		75-80		7-9		
7		72-85		7	2	

Выбираем первый расчет для анализа возрастного фактора и смертности по месяцам по причине наличия более мощных первых составляющих и третий расчет для остальных расчетов по причине возможности анализа с меньшим числом факторов, приемлемыми значениями мощности первых результирующих составляющих и сравнительно небольшого совпадения целевых и нецелевых строк.

Особенности полученной модели:

1. Модель представлена в виде большого числа результирующих составляющих, что затрудняет последующий анализ и требует использование специального программного обеспечения (**AnAMCL**).

2. Имеется достаточное число нецелевых случаев $2355 - 943 = 1412$ для построения модели с достаточной точностью.

3. Подавляющее число результирующих составляющих (за небольшим исключением) представлены как сочетанные факторы, что подчеркивает необходимость многофакторного анализа.

4. Мощность результирующих составляющих (расчет 1) представлена графиком с длинным «хвостом» из маломощных составляющих, показанных на рис. 123. Такой характер указывает, что явных (лидирующих) составляющих, сильно выделяющихся на фоне всех остальных, нет.

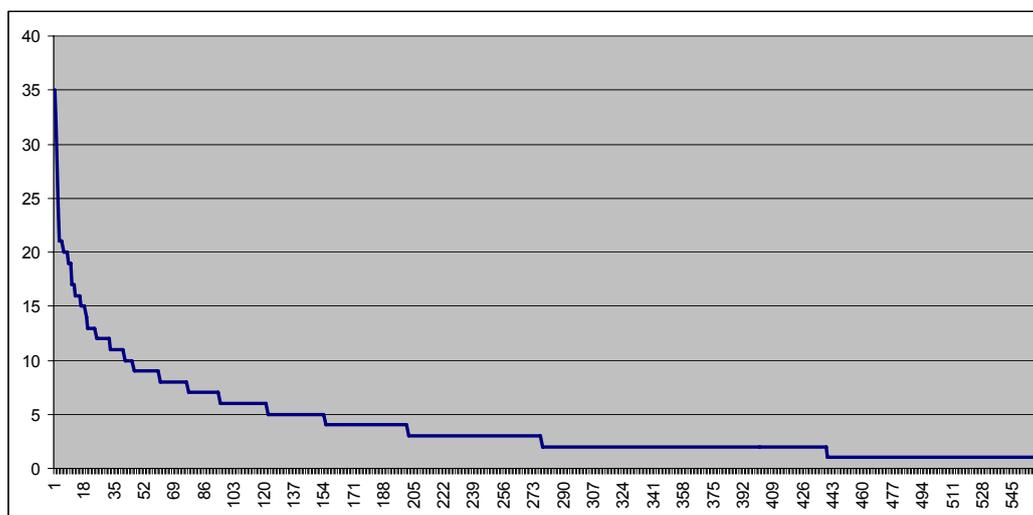


Рис. 123. Характер изменения мощностей для расчета №1

Оценка результата моделирования (по расчетам №1 и №3 и использованием графической интерпретации):

1. Наиболее мощные результирующие составляющие включают фактор X3 (возраст), что подчеркивает важность его учета и указывает на риск преклонного возраста, особенно от 75 до 81 года с учетом указанной сочетанности с другими факторами.

2. Занятые в экономике лица не подвержены значительному риску, как это показано на графическом представлении в расчете №1 (фактор X4).

3. Лица, состоявшие в браке, менее подвержены риску по сравнению с лицами не состоявшими в браке или с неизвестной информацией о браке.

4. Наиболее опасным периодом года является период с августа по ноябрь месяц для лиц преклонного возраста с учетом указанной сочетанности с другими факторами.

5. Лица с низким уровнем образования (фактор X8) более подвержены риску.

6. Наиболее сильным влиянием в математической модели (расчет №1) являются первые две результирующие составляющие с совпадающими факторами, но с разными пределами определения. Объединяя их можно утверждать, что лица в возрасте 76-79 лет, не состоявшие в браке и не занятые в экономике наиболее подвержены риску, что подтверждается $35+32=67$ случаями (суммируем мощности первых двух составляющих).

7. Наиболее сильным влиянием в математической модели (расчет №3) являются женщины в возрасте 76-79 лет и не состоявшие в браке, что подтверждено 25 случаями.

Учитывая, что небольшой число подтверждающих случаев содержится в очень большом числе других результирующих составляющих, целесообразно выполнить анализ каждого фактора с помощью специальной программы. При этом будет учтена сочетанность факторов, что не было сделано выше (графики при разных условиях с номерами 1-30).

Анализ каждого фактора (расчет №1):

Осуществляется с помощью специального программного обеспечения (**AnAMCL**), в которую в качестве исходного массива размещена база из 2355 записей и все результирующие составляющие (559 шт. для расчета №1) с указанием мощности.

Программа позволяет подсчитать суммарную мощность (которая может быть с учетом сочетанности факторов) и построить графики по каждому фактору, показывающие влияние анализируемого фактора на результат (оценивается количественно по суммарной мощности). При этом каждый фактор выводится в виде графика при выбранных значениях остальных факторов.

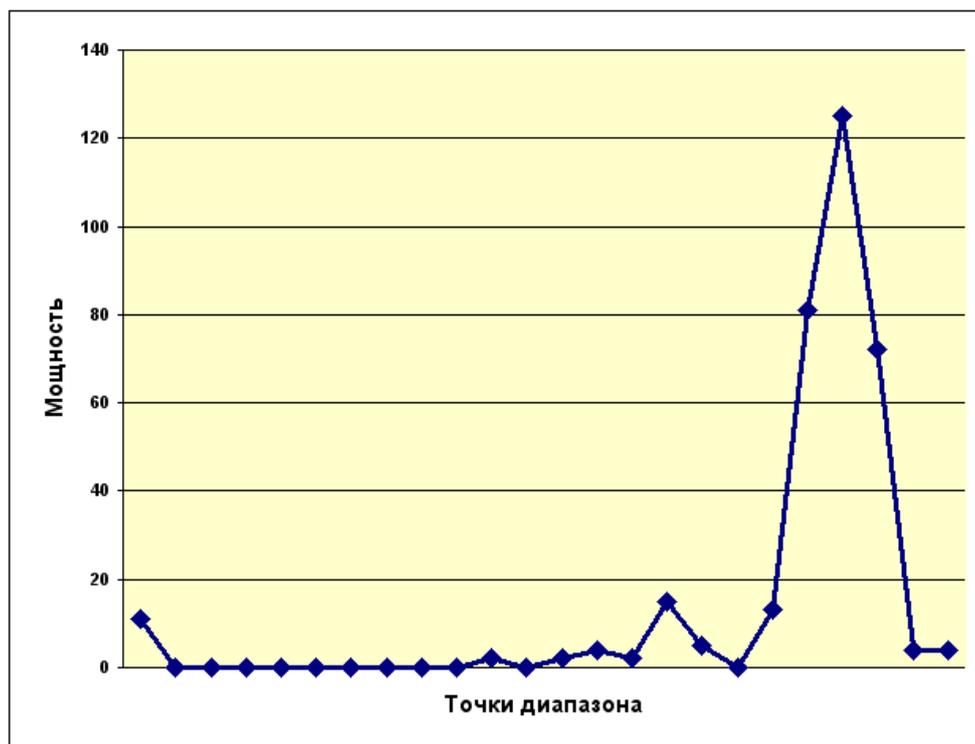
На заданном срезе результирующих составляющих максимально возможная суммарная мощность равна **209**, которую следует

принять как предельную и относительно ее высчитывать долю (или в процентах) влияния фактора в заданной точке диапазона изменения при необходимости.

Условие 1

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=var.	Возраст в годах	
X4=10.	Занятость	(прочие)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти	(город)
	город/село	
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=3.	Образование	(профессиональное: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=8.	Месяц смерти	(август)

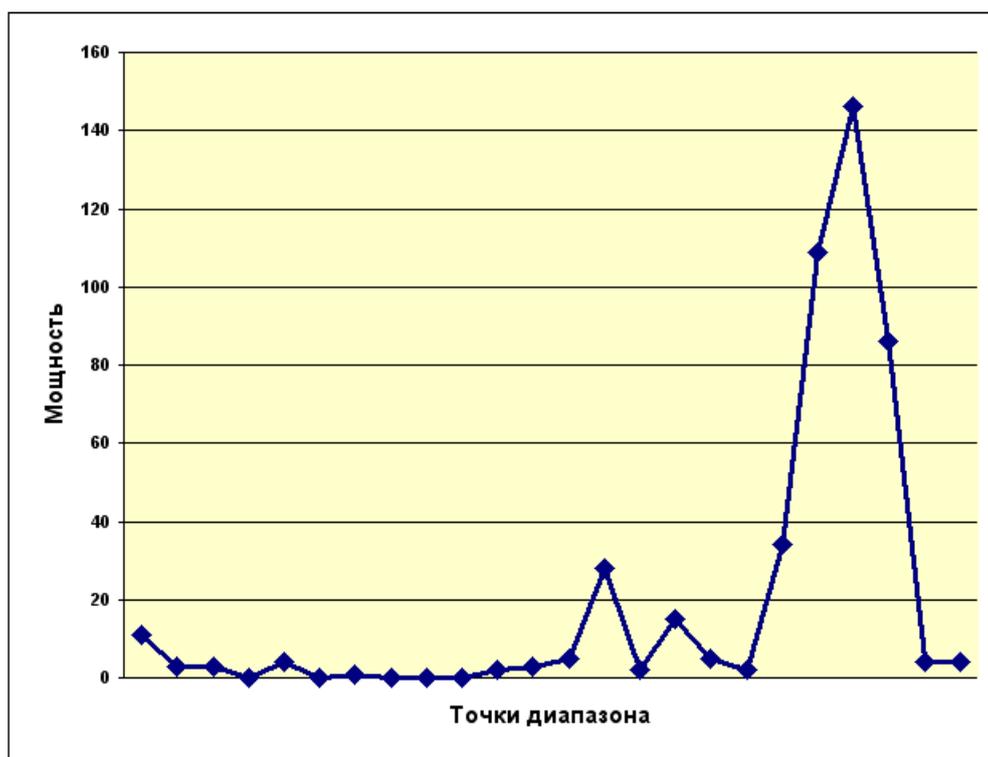
ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ



Условие 2

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=var.	Возраст в годах	
X4=10.	Занятость	(прочие)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти	(город)
X7=2.	Пол	(женский)
X8=3.	Образование	(профессиональное: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=8.	Месяц смерти	(август)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ



Условие 3

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=var.	Возраст в годах	
X4=9.	Занятость	(не в экономике: безработные)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=3.	Образование	(профессиональное: среднее).
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=8.	Месяц смерти	(август)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

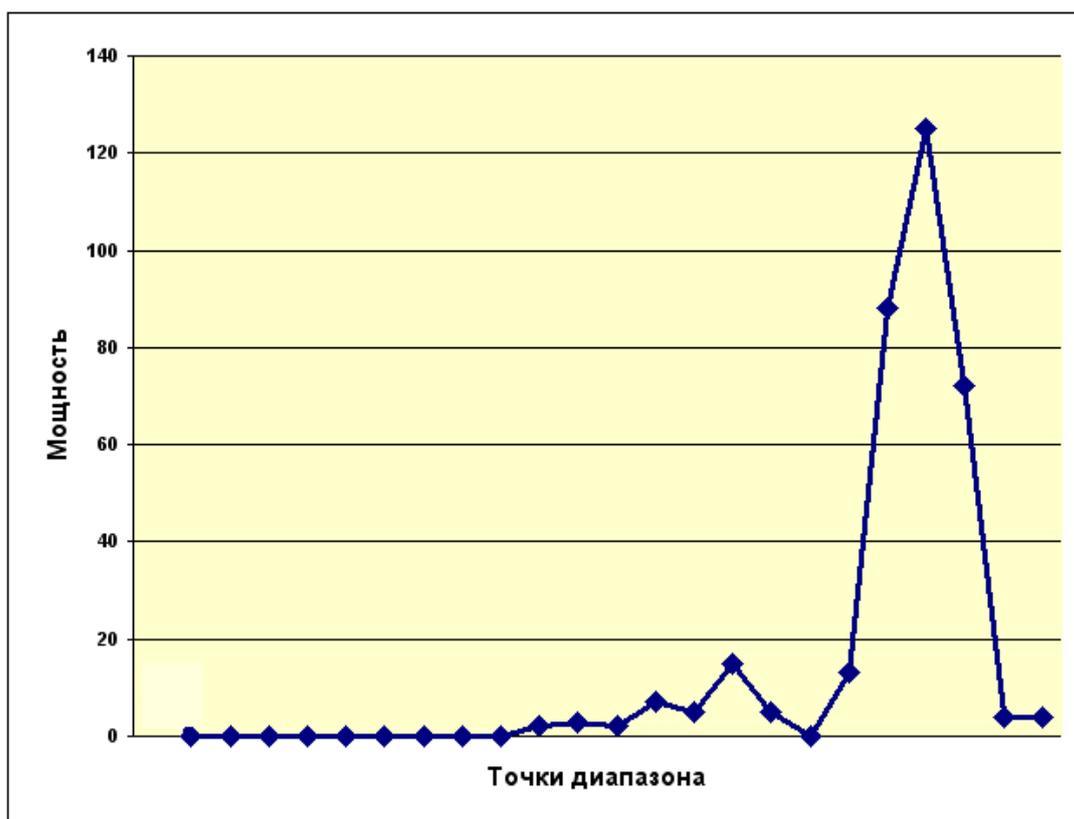


Рис. 126. Фактор X3 (по возрастам по условию 3)

Условие 4

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=var.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионер)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия).
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=3.	Образование	(профессиональное: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=8.	Месяц смерти	(август)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

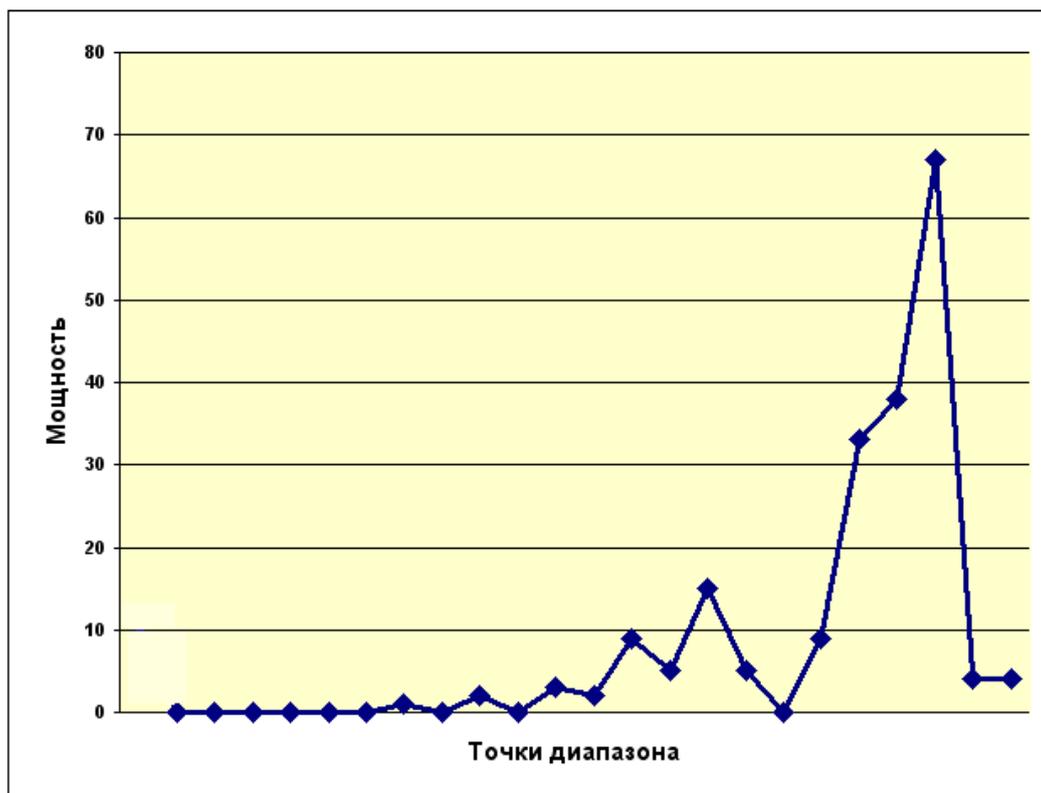


Рис. 127. Фактор X3 (по возрастам по условию 4)

Условие 5

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=78.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти	(город)
	город/село	
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

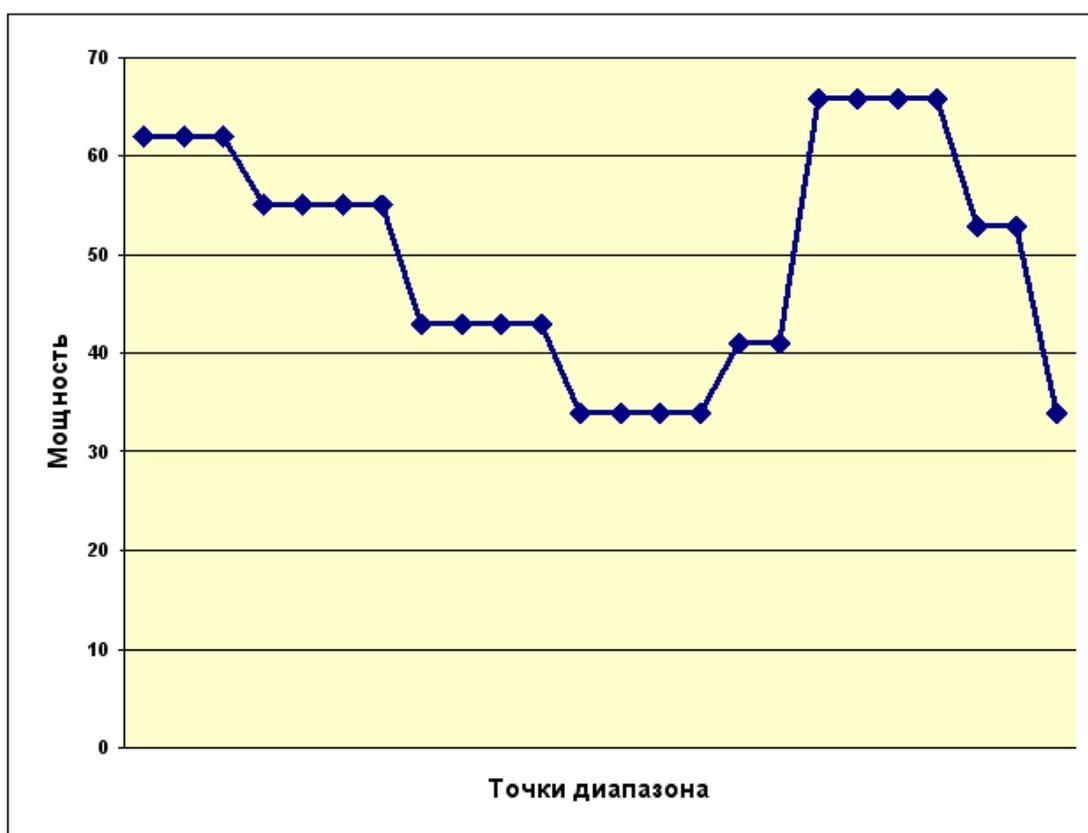


Рис. 128. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 5)

Условие 6

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=78.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7= 2.	Пол	(женский)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

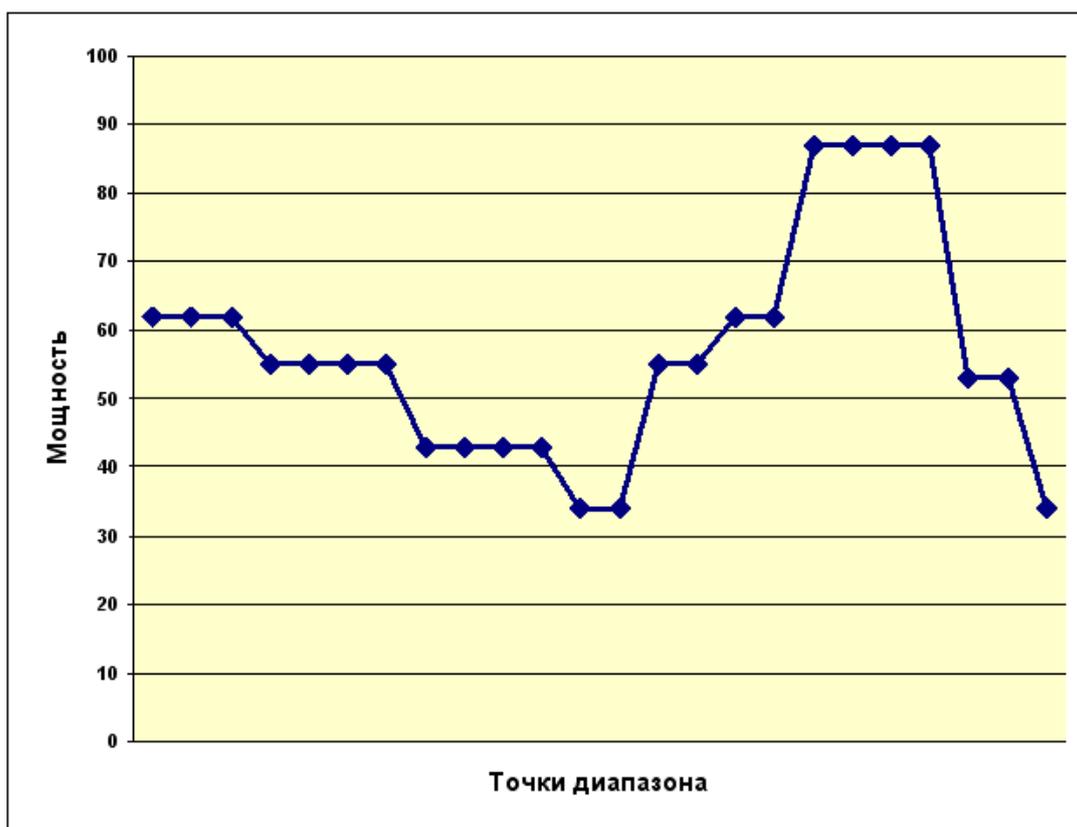


Рис. 129. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 6)

Условие 7

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=78.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=2.	Признак места смерти город/село	(село)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

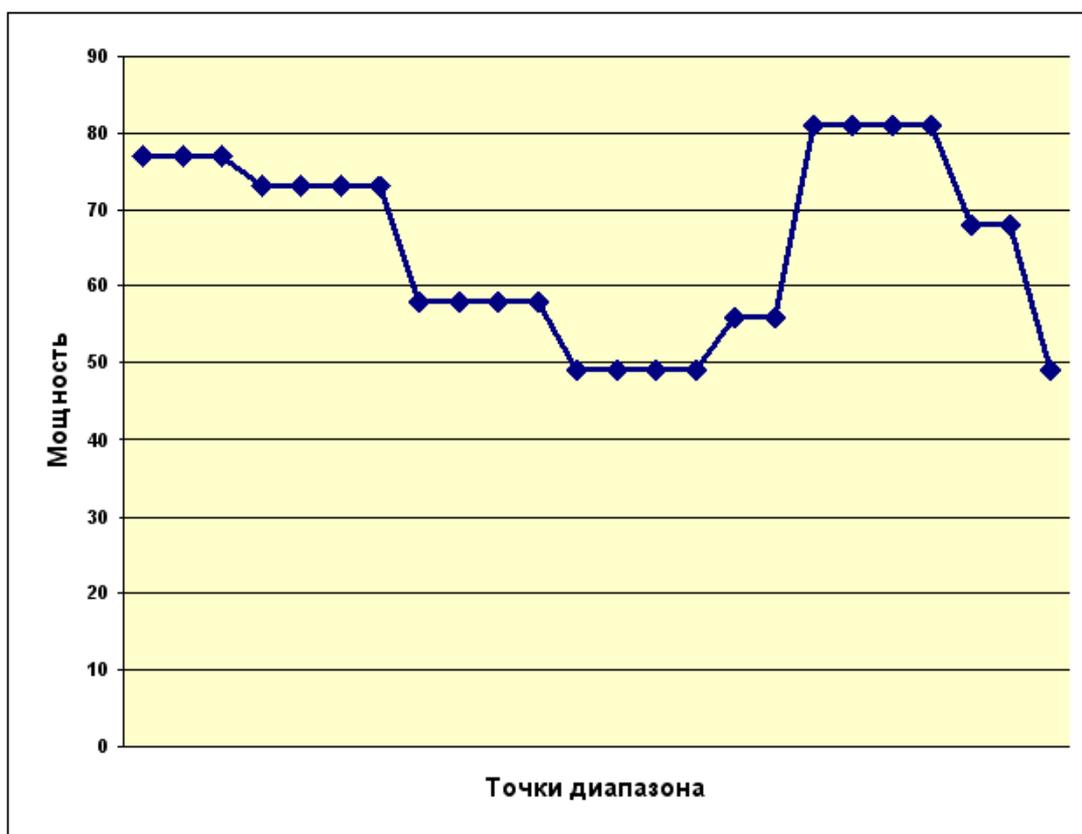


Рис. 130. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 7)

Условие 8

X2=1.	Номер группы травм	кодов ("S00" - до "S10")
X3=54.	Возраст в годах	
X4=2.	Занятость	(не в экономике: прочие специалисты)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти	(город)
	город/село	
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=1.	Образование	(высшее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ



Рис. 131. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 8)

Условие 9

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=54.	Возраст в годах	
X4=2.	Занятость	(не в экономике: прочие специалисты)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=2.	Пол	(женский)
X8=1.	Образование	(высшее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

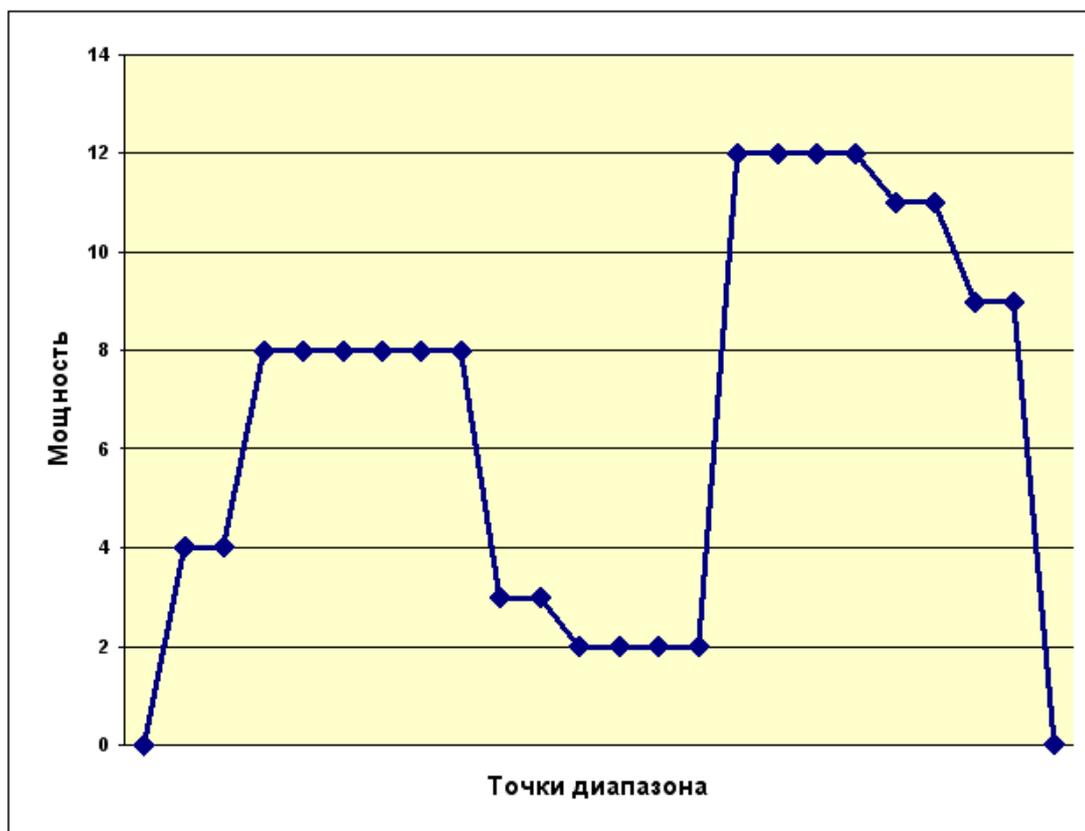


Рис. 132. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 9)

Условие 10

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=75.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

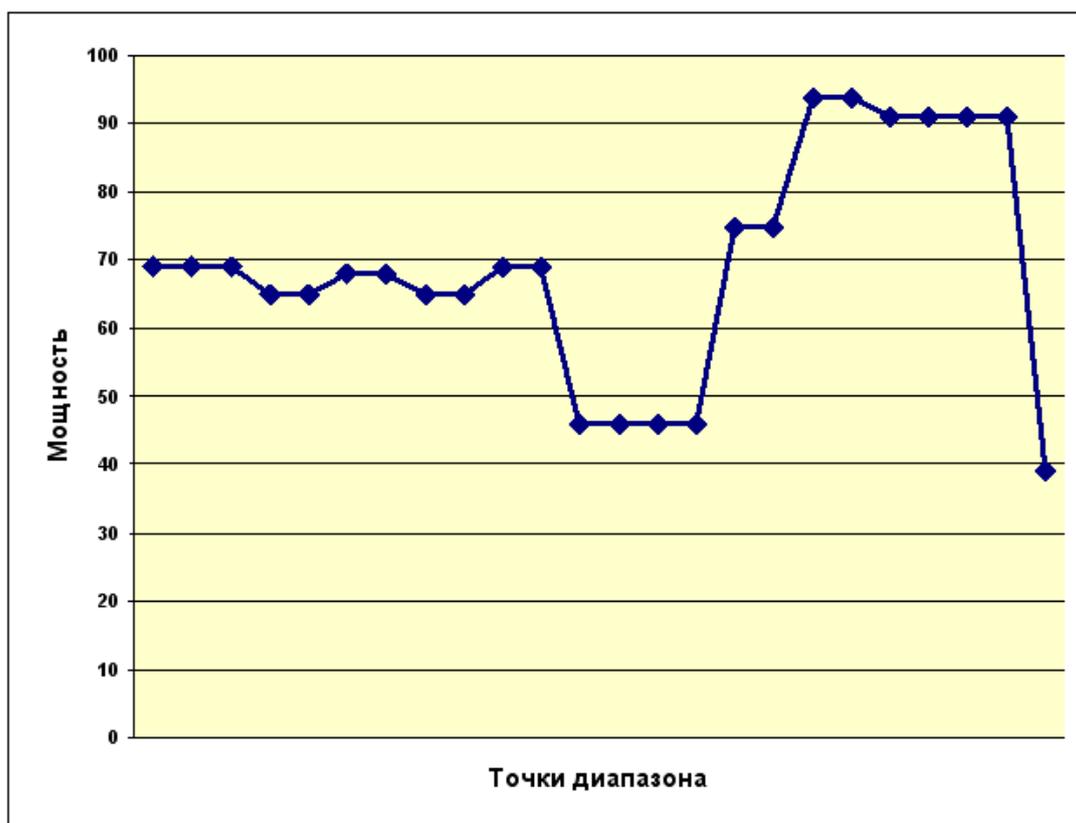


Рис. 133. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 10)

Условие 11

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=70.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

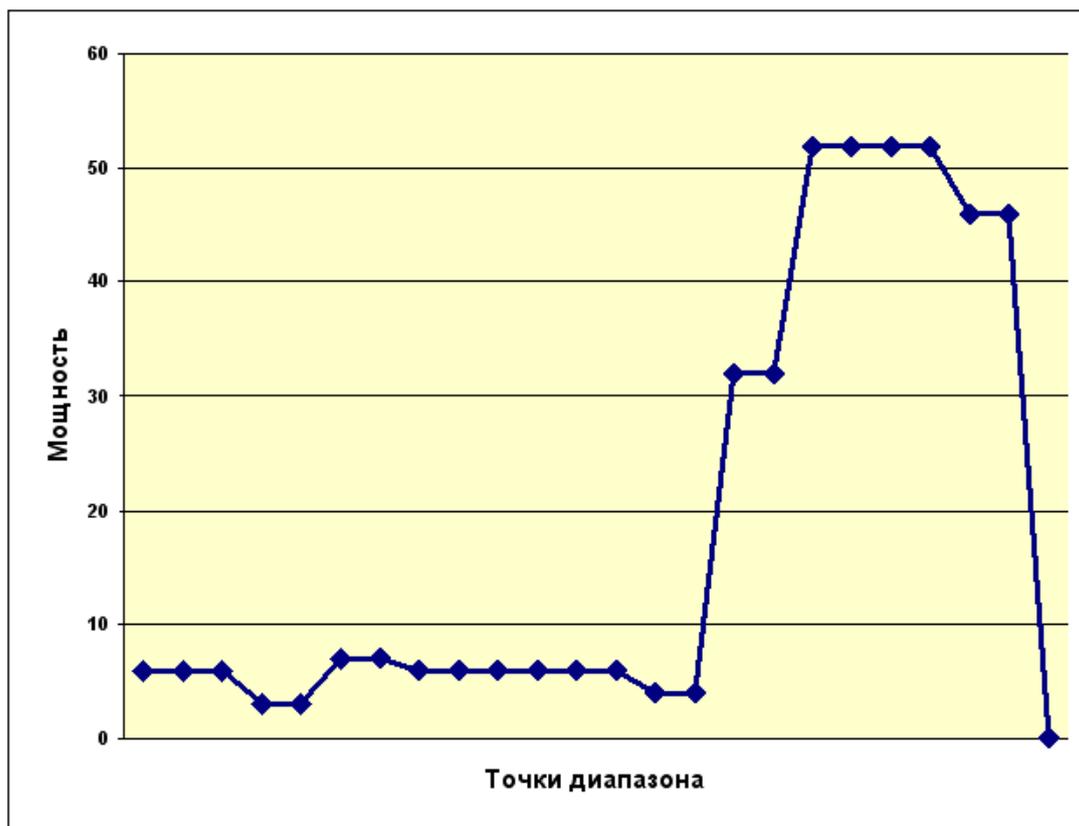


Рис. 134. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 11)

Условие 12

X2=1.	Номер группы травм	кодов ("S00" - до "S10")
X3=65.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти	(город)
	город/село	
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

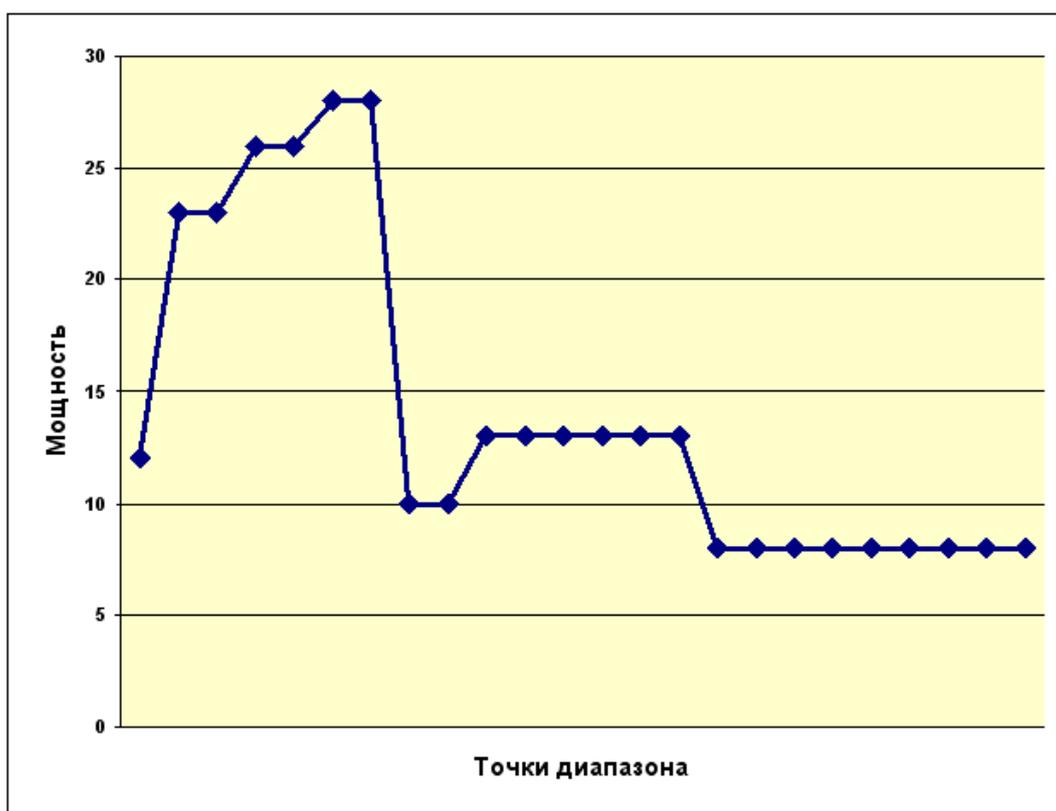


Рис. 135. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 12)

Условие 13

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=60.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ
ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ
МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

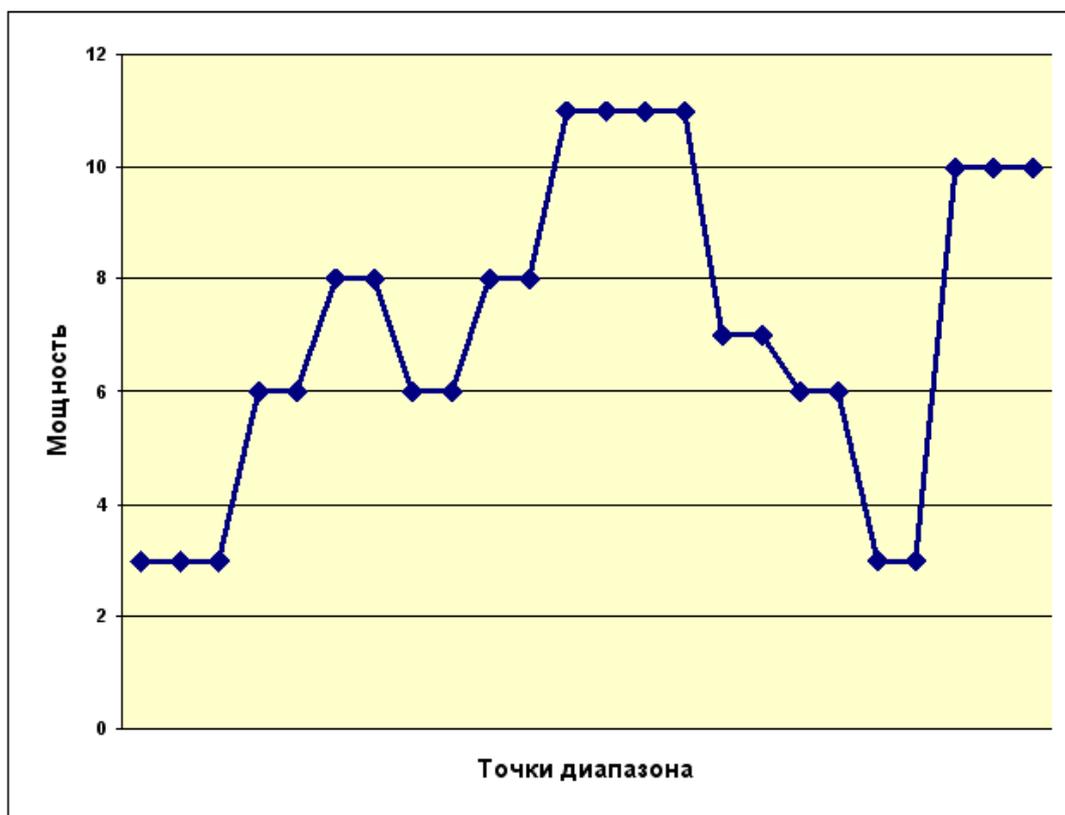


Рис. 136. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 13)

Условие 14

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=60.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти	(город)
	город/село	
X7=2.	Пол	(женский)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

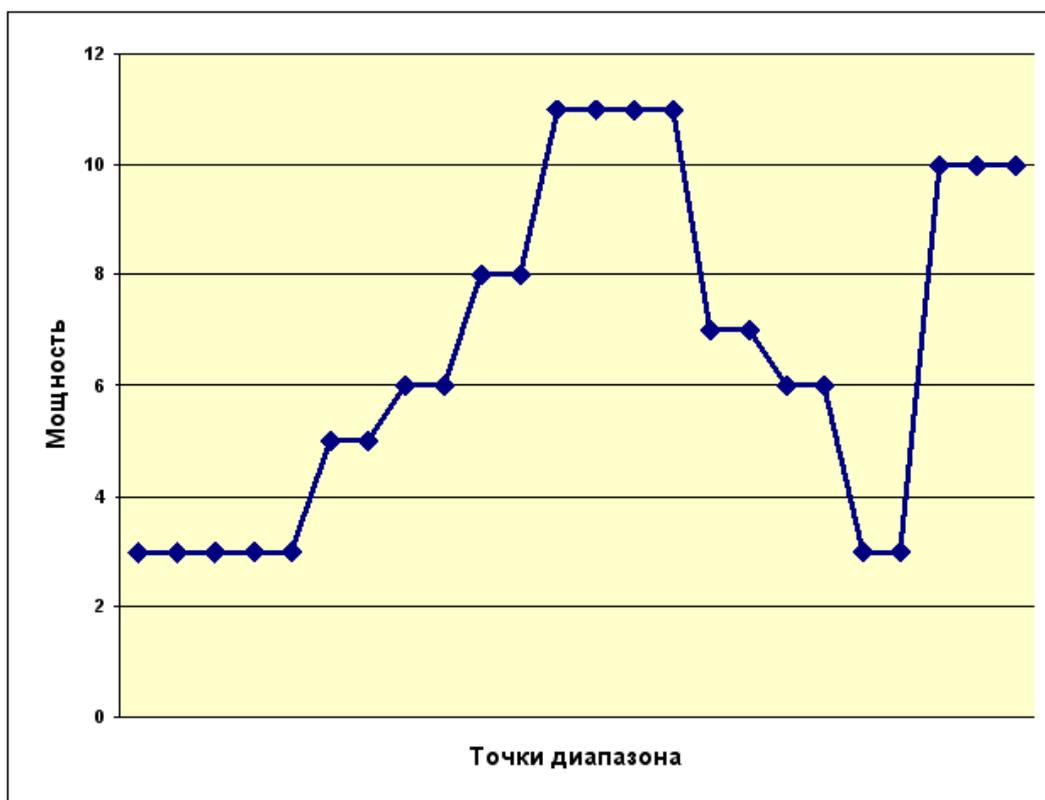


Рис. 137. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 14)

Условие 15

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=65.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=2.	Пол	(женский)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

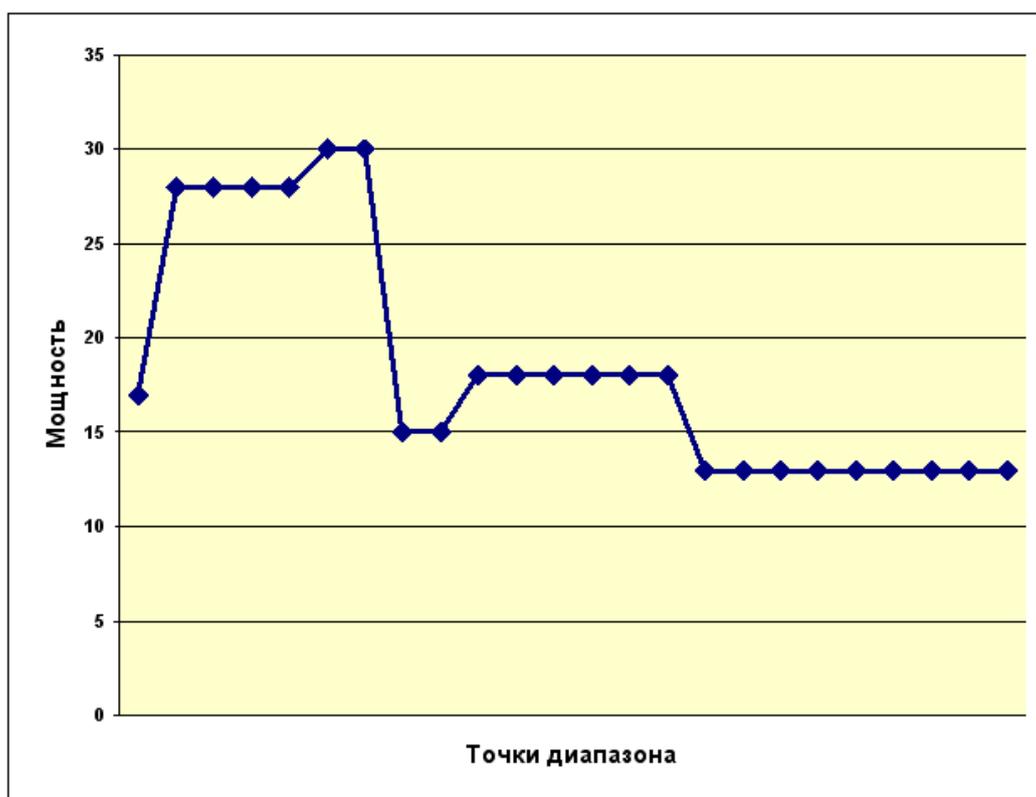


Рис.138. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 15)

Условие 16

X2=1.	Номер группы кодов ("S00" - до "S10") травм	
X3=70.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город).
X7=2.	Пол	(женский)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ
ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ
МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

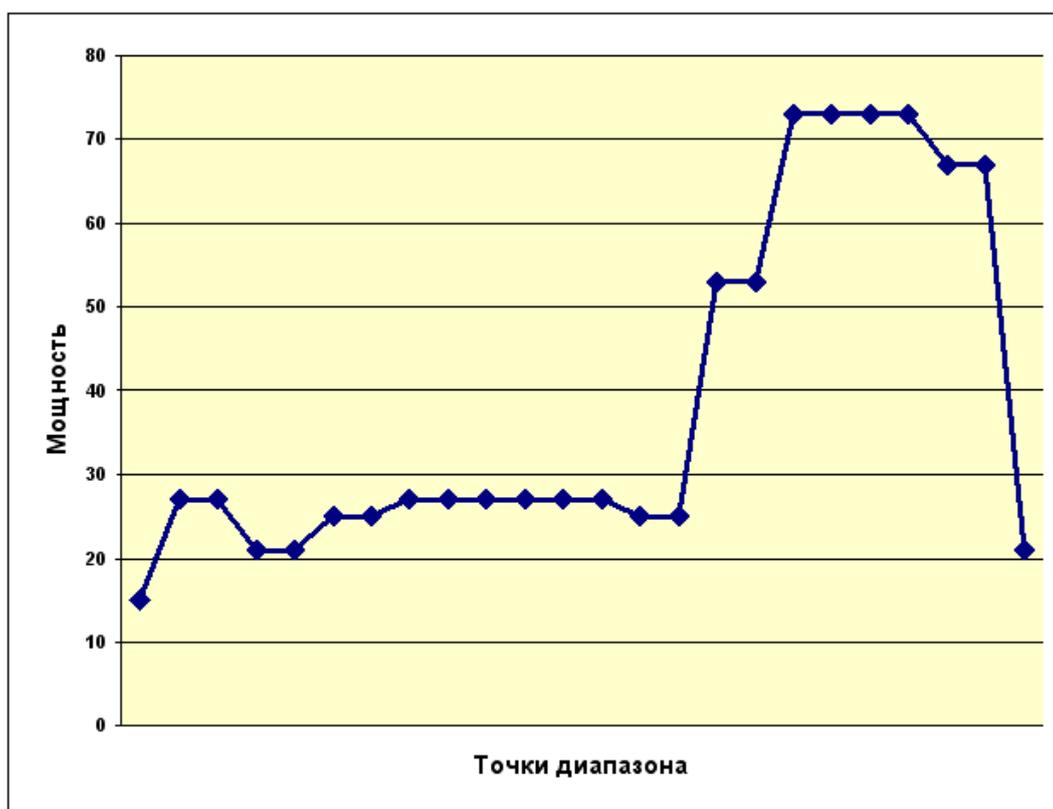


Рис. 139. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 16)

Условие 17

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=75.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=2.	Пол	(женский)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

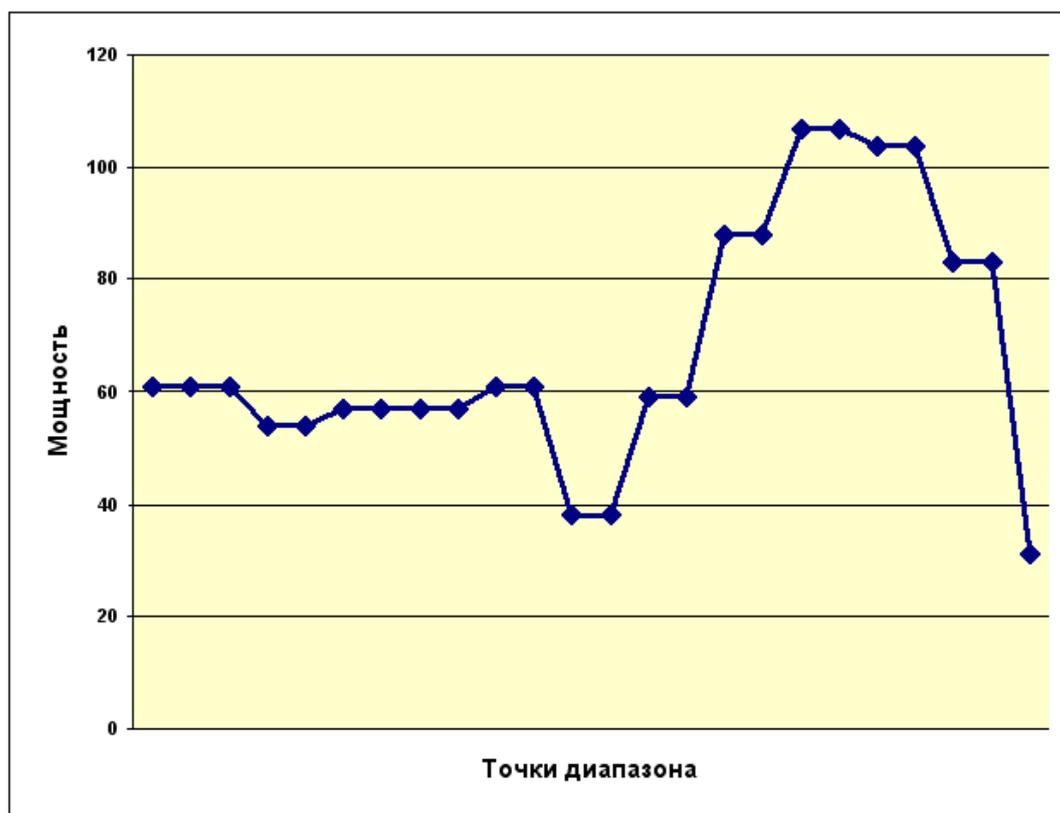


Рис. 140. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 17)

Условие 18

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=80.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=2.	Пол	(женский)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

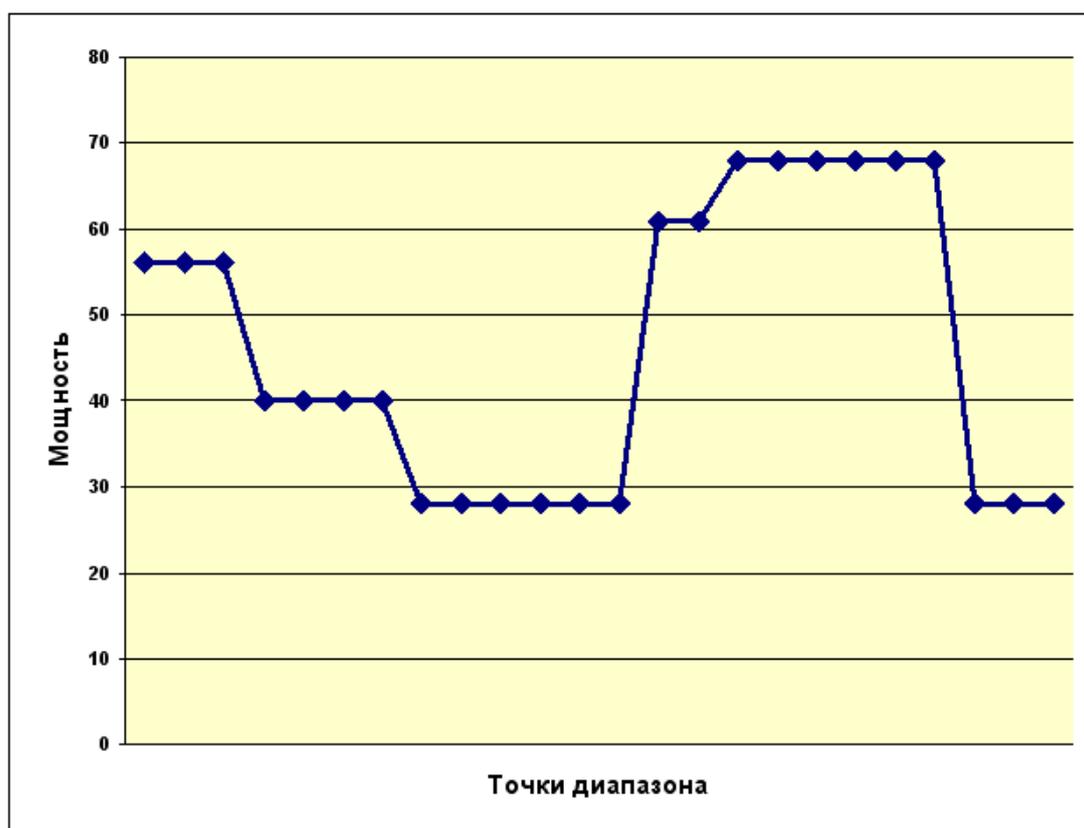


Рис. 141. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 18)

Условие 19

X2=1.	Номер группы кодов травм	("S00" - до "S10")
X3=85.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=2.	Пол	(женский)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

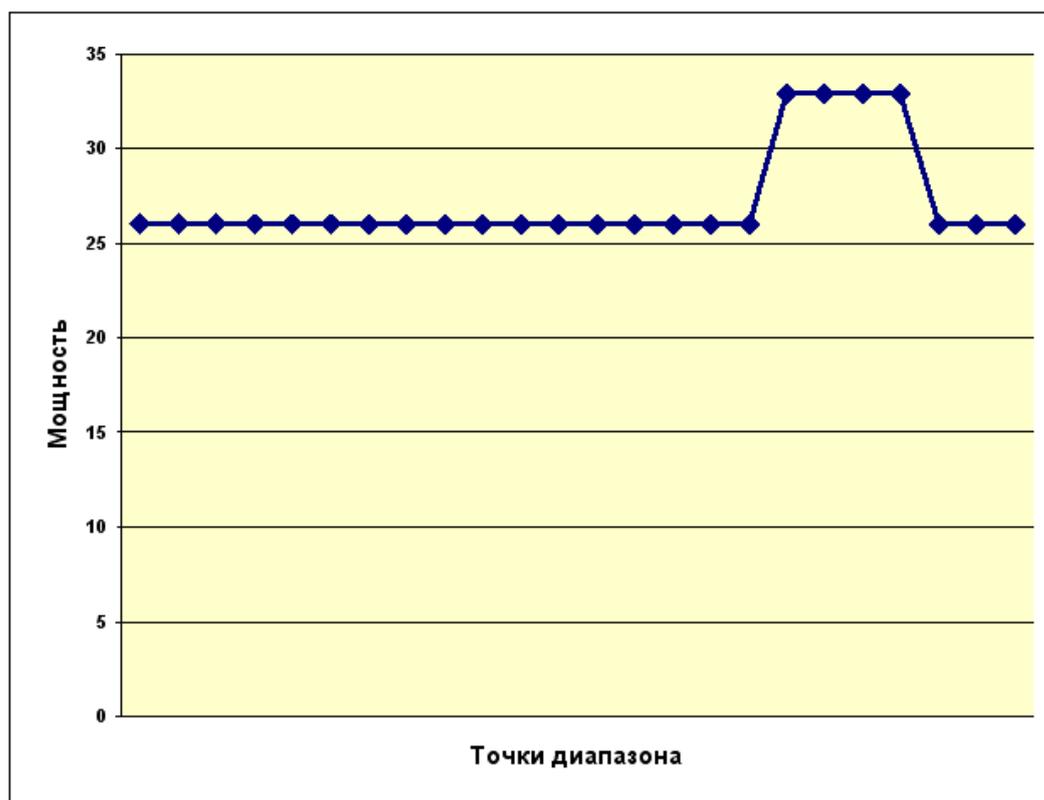


Рис. 142. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 19)

Условие 20

X2=2.	Номер группы кодов травм	("S10" - до "S20")
X3=75.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

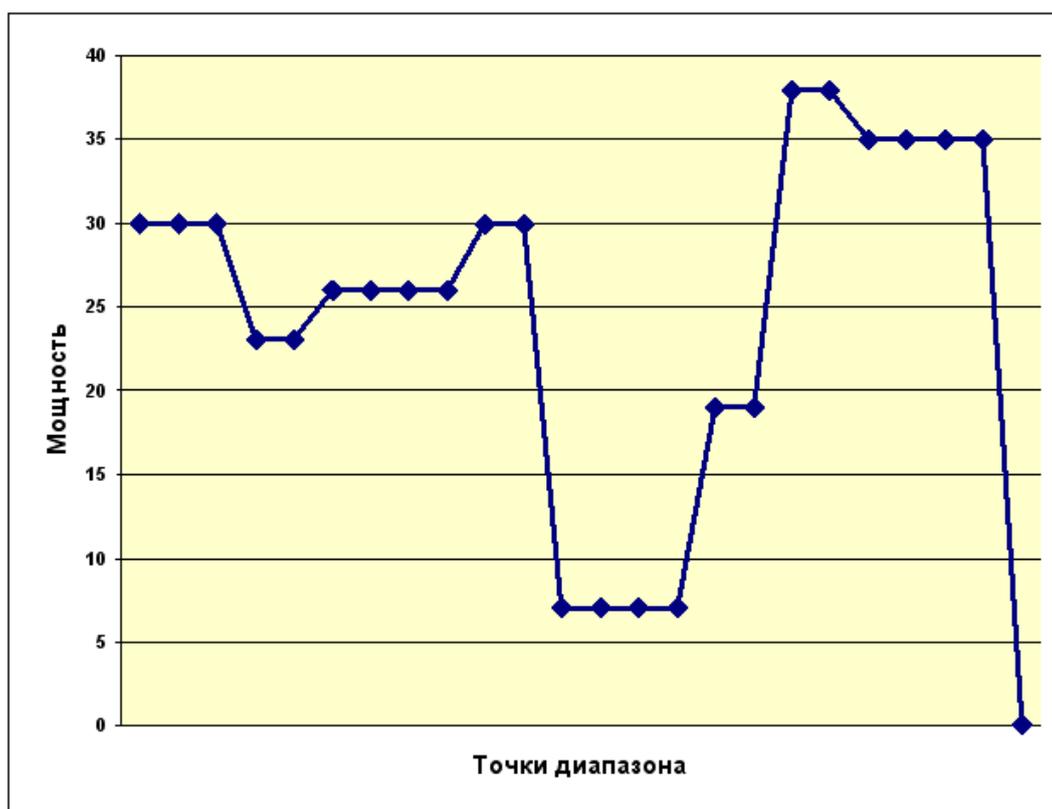


Рис. 143. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 20)

Условие 21

X2=3.	Номер группы кодов травм	("S20" - до "S30")
X3=75.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ



Рис. 144. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 21)

Условие 22

X2=4.	Номер группы кодов травм	("S30" - до "S40")
X3=75.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

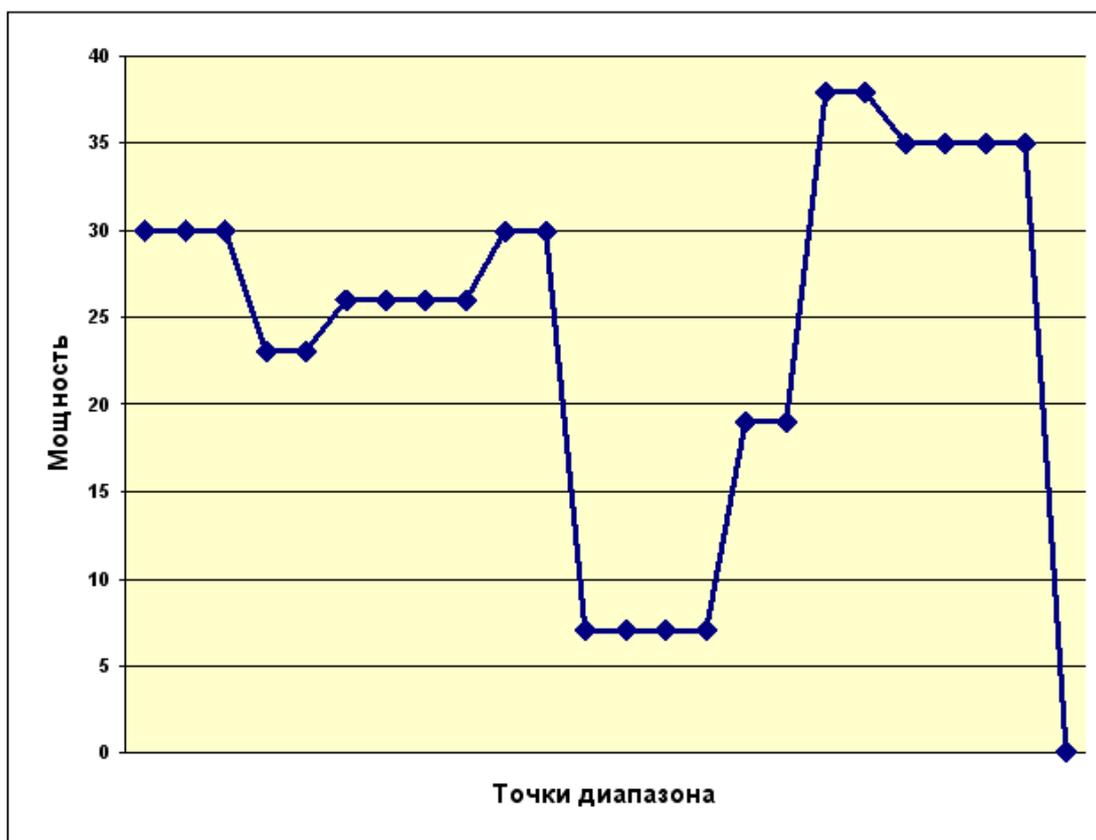


Рис. 145. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 22)

Условие 23

X2=5.	Номер группы кодов травм	("S40" - до "S50")
X3=75.	Возраст в годах	
X4=6.	Занятость	(не в экономике: пенсионеры)
X5=4.	Смерть последовала	(на месте происшествия)
X6=1.	Признак места смерти	(город)
	город/село	
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=var.	Месяц смерти	

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

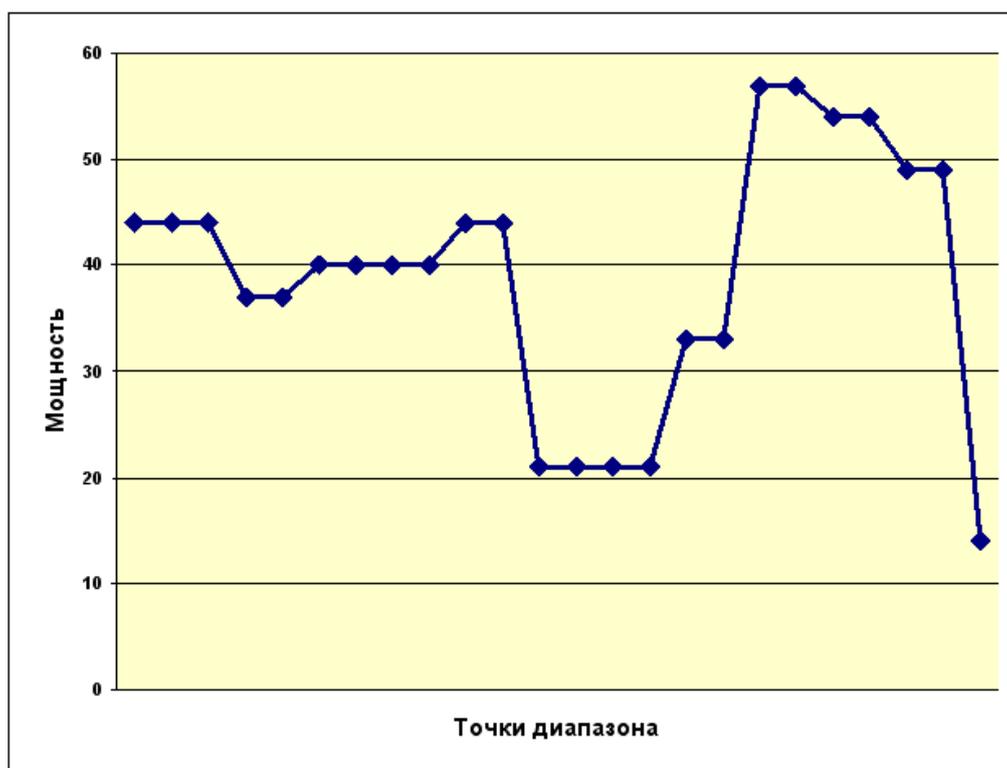


Рис. 146. Фактор X10 – месяца смерти (по условию 23)

Анализ каждого фактора (расчет №3):

Осуществляется с помощью специального программного обеспечения (AnAMCL).

На заданном срезе результирующих составляющих максимально возможная суммарная мощность равна **74**, которую следует

принять как предельную и относительно ее высчитывать долю (или в процентах) влияния фактора в заданной точке диапазона изменения при необходимости.

Условие 24

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=75.	Возраст в годах	75 лет
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1 или 2.	Пол	(мужской или женский)
X8=5.	Образование	(общее: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=10 или 11 или 12 или 1.	Месяц смерти	(октябрь или ноябрь или декабрь или январь)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ



Рис. 147. Фактор X2 (по условию 24)

Условие 25

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=75.	Возраст в годах	75 лет
X6=1.	Признак места смерти	(город)
	город/село	
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(общее: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=9 или 8 или 7.	Месяц смерти	(сентябрь или август или июль)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

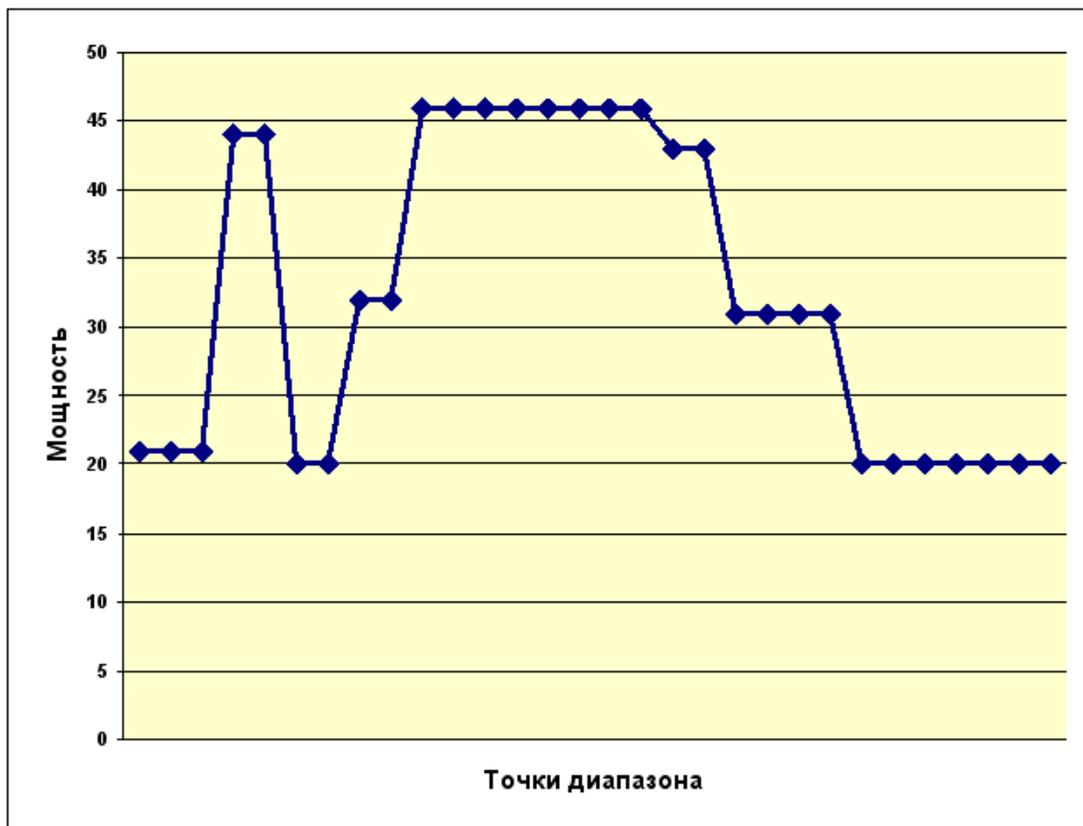


Рис. 148. Фактор X2 (по условию 25)

Условие 26

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=75.	Возраст в годах	75 лет.
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город).
X7=1.	Пол	(мужской).
X8=5.	Образование	(общее: среднее).
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке).
X10=6.	Месяц смерти	(июнь).

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ
ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ
МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

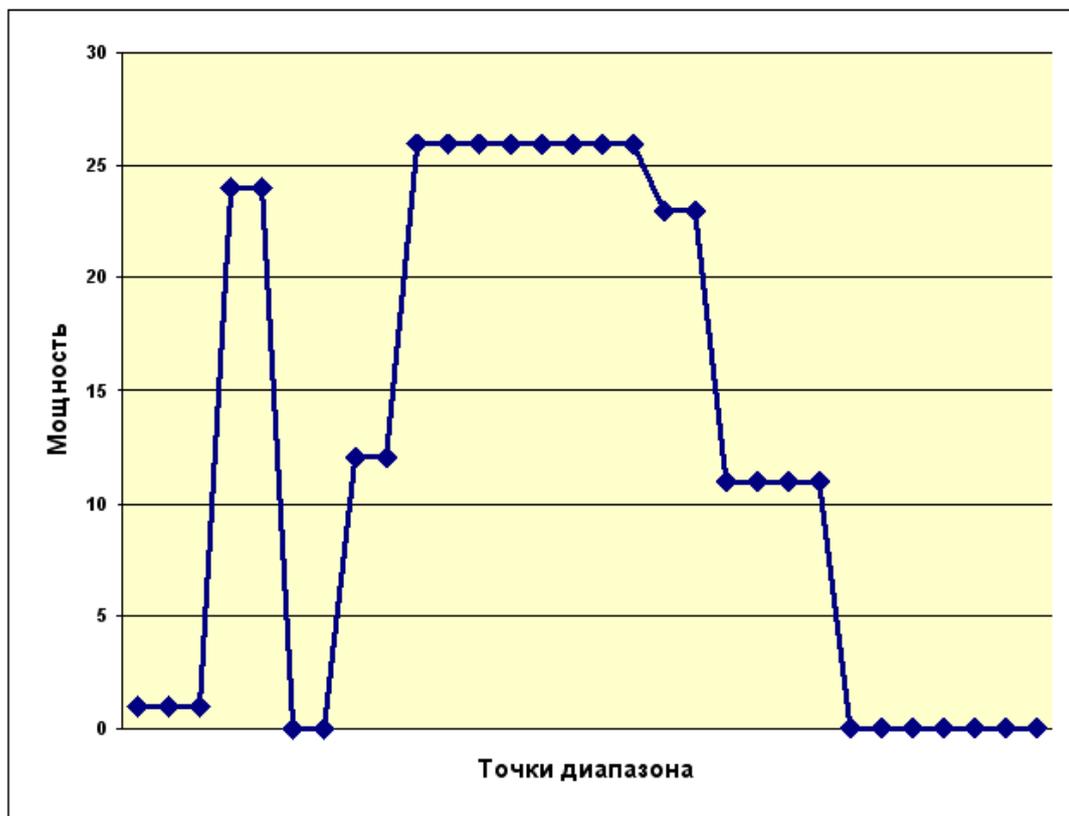


Рис. 149. Фактор X2 (по условию 26)

Условие 27

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=75.	Возраст в годах	75 лет
X6=1.	Признак места смерти	(город)
	город/село	
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(общее: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=5 или 4 или 3 или 2.	Месяц смерти	(май или апрель или март или февраль)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ



Условие 28

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=74.	Возраст в годах	74 года
X6=1.	Признак места смерти	(город)
	город/село	
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(общее: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ
ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ
МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

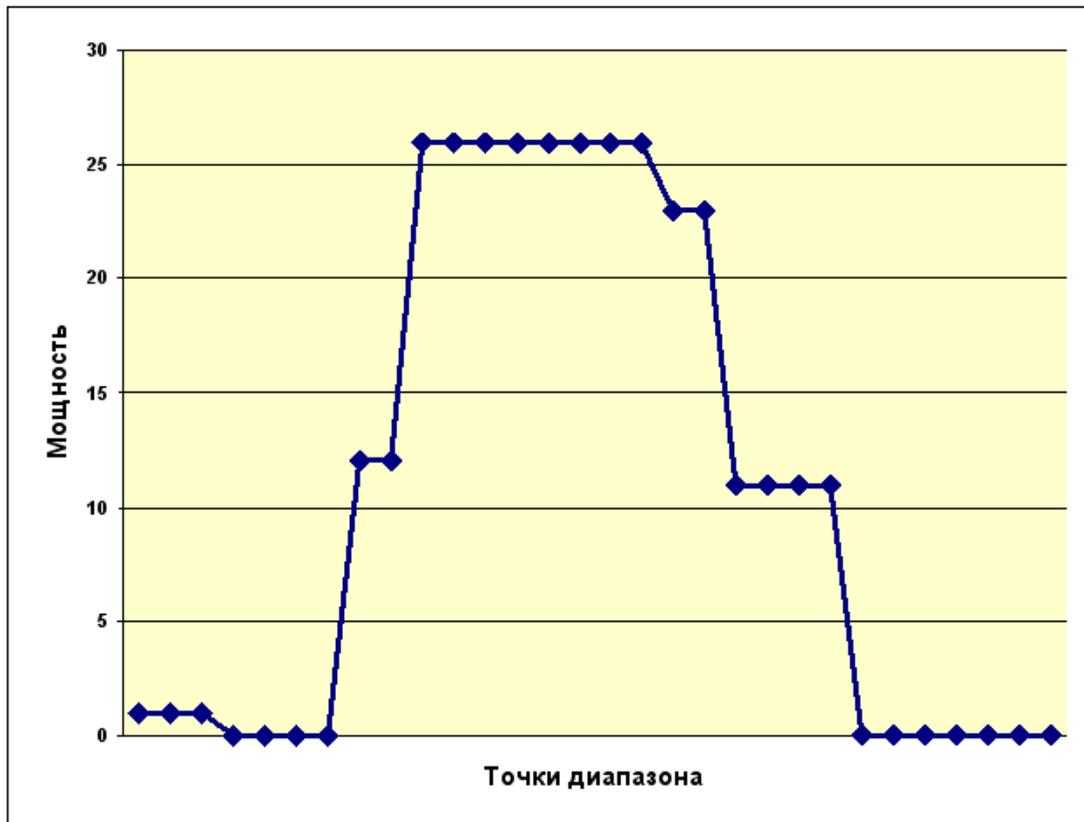


Рис. 151. Фактор X2 (74 года по условию 28)

Условие 29

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=73.	Возраст в годах	73 года
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(общее: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

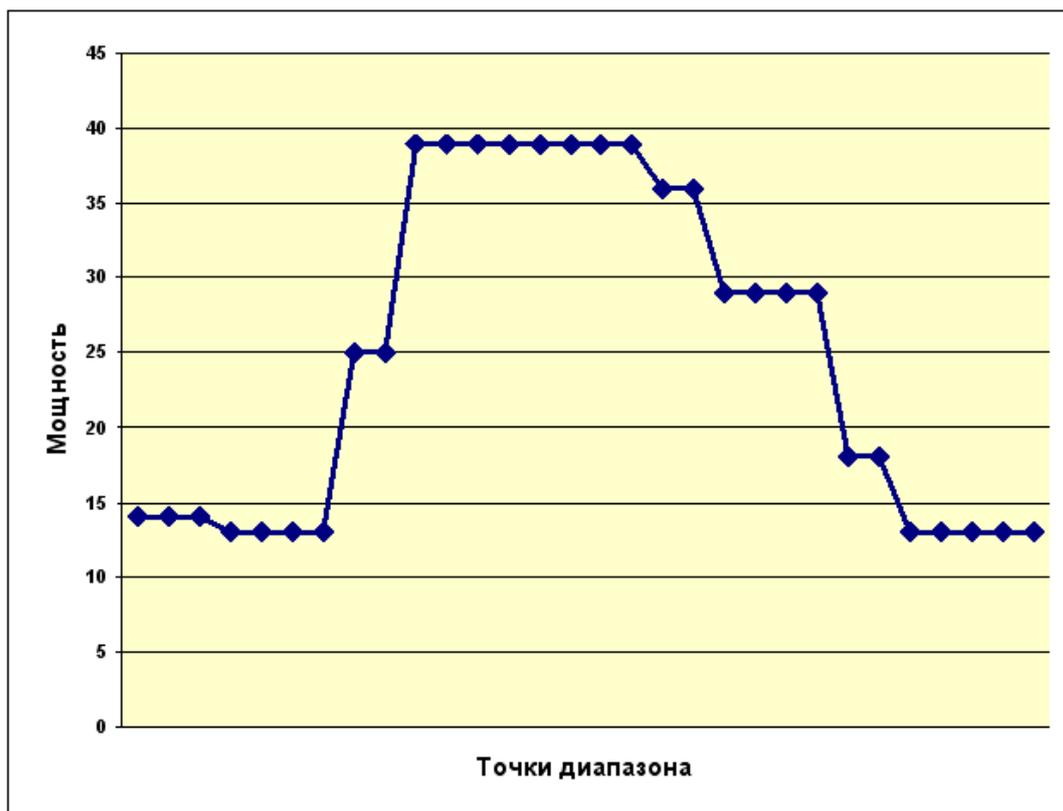


Рис. 152. Фактор X2 (73 года по условию 29)

Условие 30

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=72.	Возраст в годах	72 года
X6=1.	Признак места смерти	(город)
	город/село	
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(общее: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

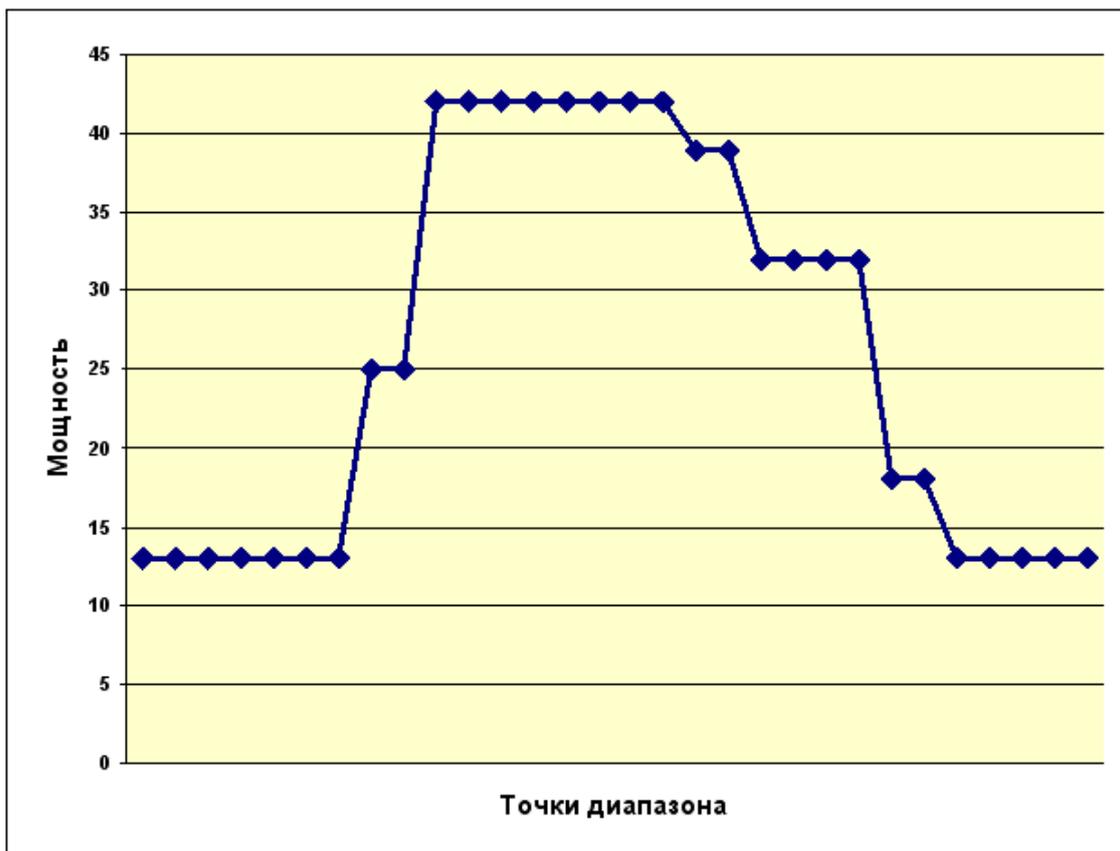


Рис. 153. Фактор X2 (72 года по условию 30)

Условие 31

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=71.	Возраст в годах	71 год
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(общее: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ



Рис. 154. Фактор X2 (71 год по условию 31)

Условие 32

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=70.	Возраст в годах	70 лет
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(общее: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

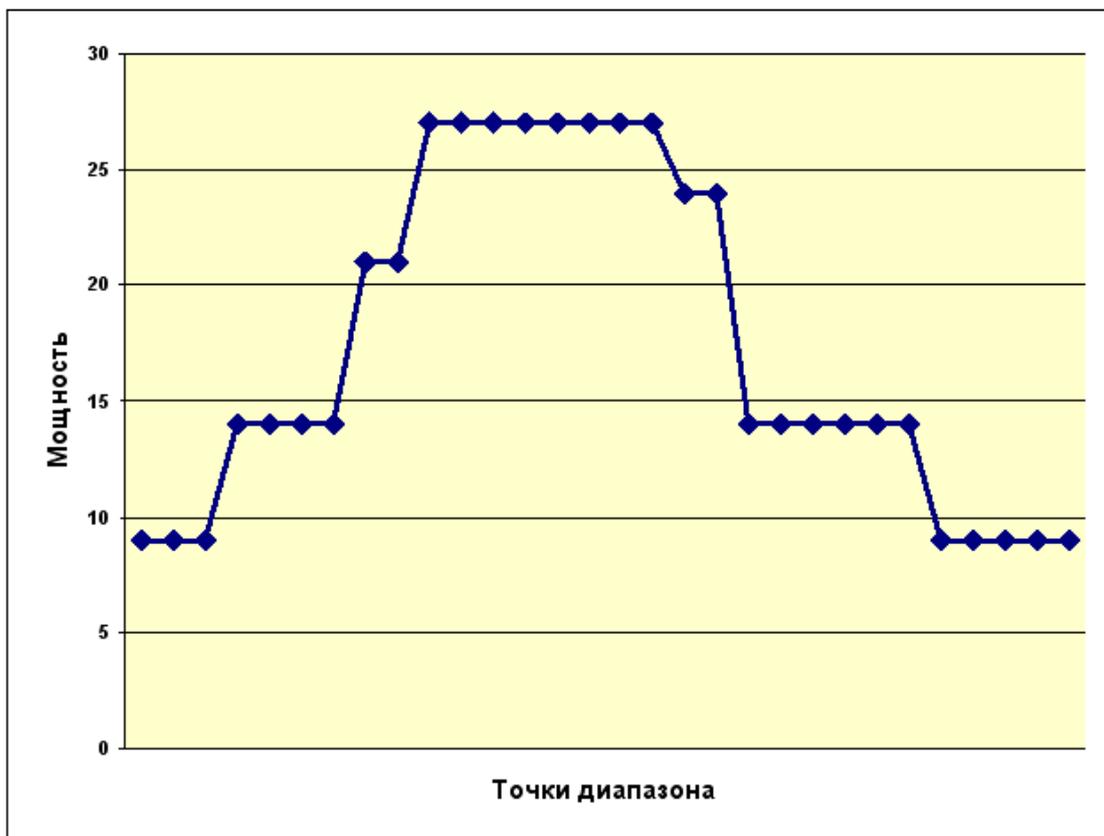


Рис. 155. Фактор X2 (70 лет по условию 32)

Условие 33

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=66 или 67 или 68 или 69.	Возраст в годах	66-69 лет
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(общее: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

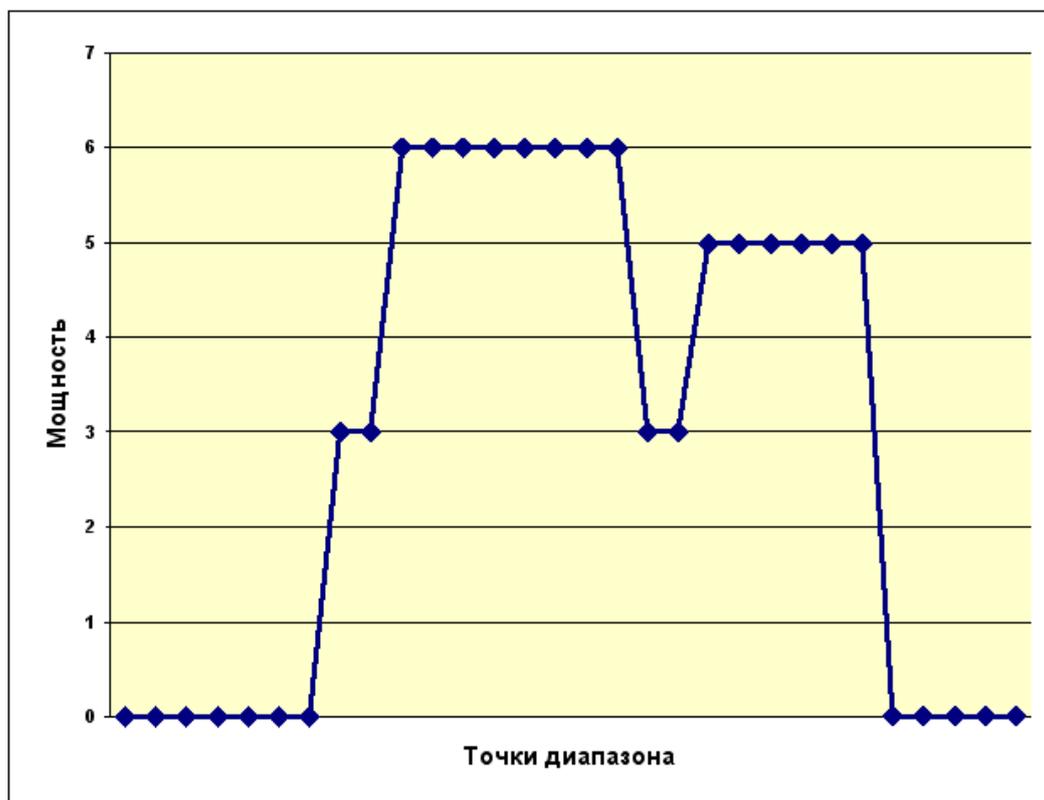


Рис. 156. Фактор X2 (68-69 лет по условию 33)

Условие 34

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=65.	Возраст в годах	65 лет
X6=1.	Признак места смерти	(город)
	город/село	
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(общее: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

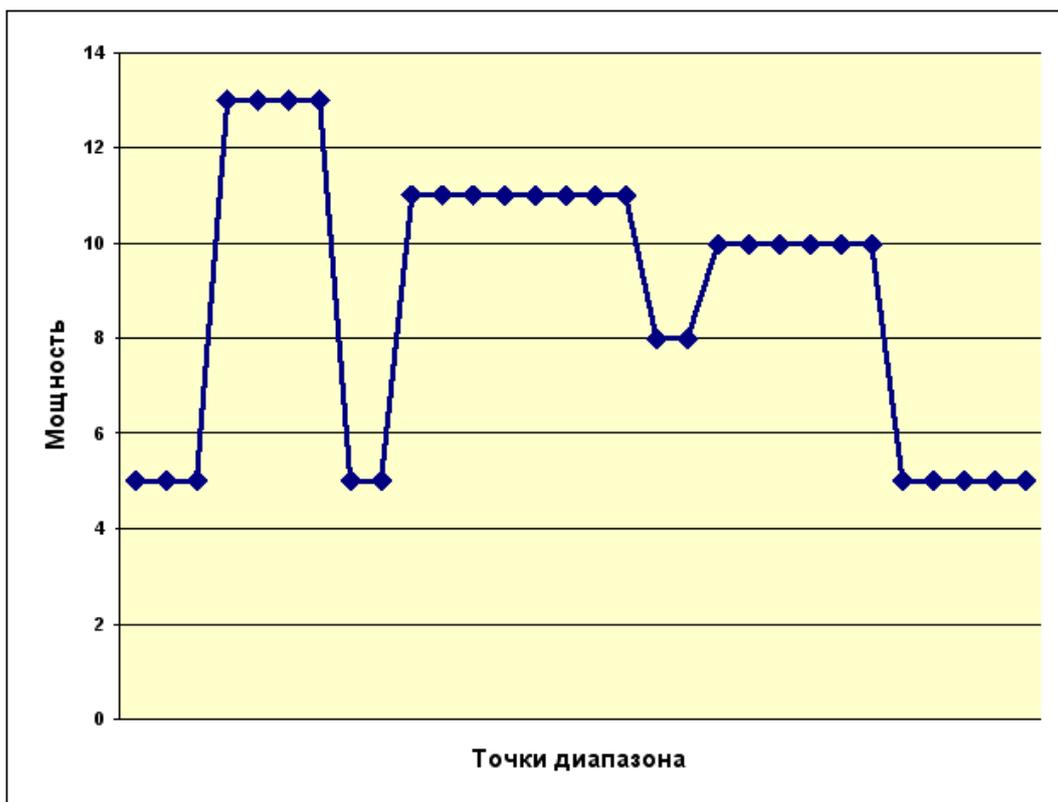
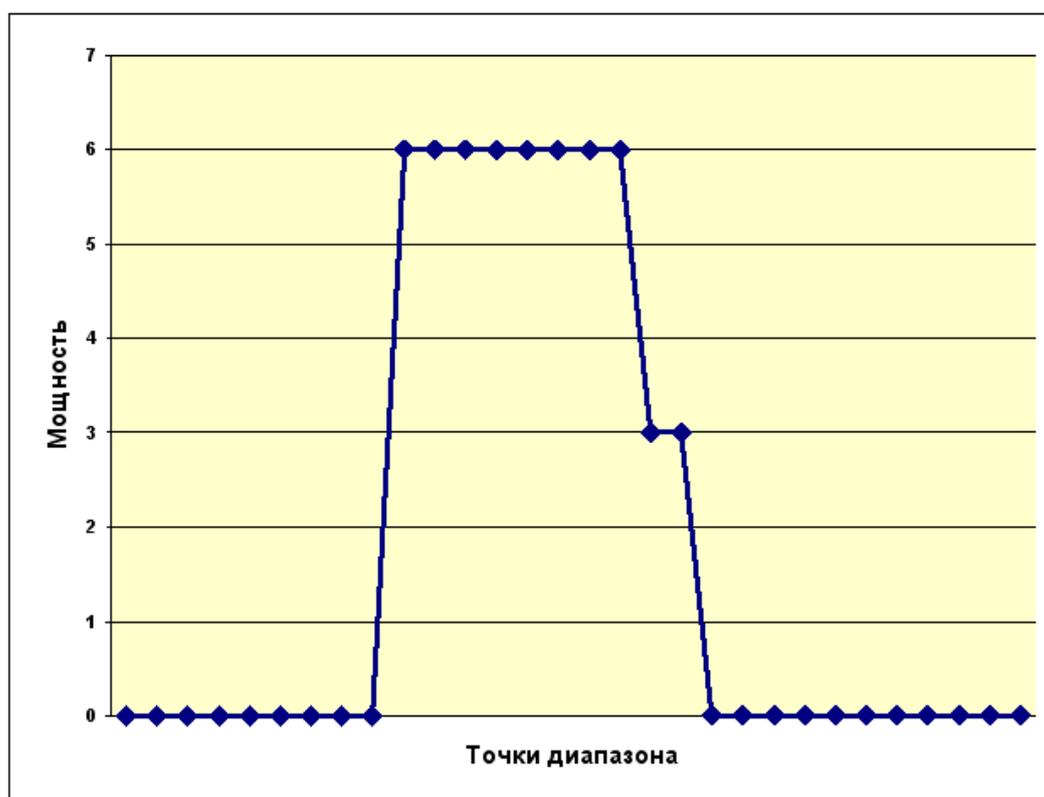


Рис. 157. Фактор X2 (65 лет по условию 34)

Условие 35

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=60 или 61 или 62 или 63 или 64.	Возраст в годах	60 - 64 года
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1.	Пол	(мужской)
X8=5.	Образование	(общее: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

ЗАВИСИМОСТЬ СУММАРНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ИМПЛИКАНТ В ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРАННОГО ФАКТОРА ОТ МИНИМАЛЬНОГО ДО МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ



Условие 36

X2=var.	Номер группы ко- дов травм	
X3=72.	Возраст в годах	72 года
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1 - 2.	Пол	(мужской - женский)
X8=1.	Образование	(профессиональное: высшее)
X9=2.	Семейное положе- ние	(не состоял(а) в зарегистиро- ванном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

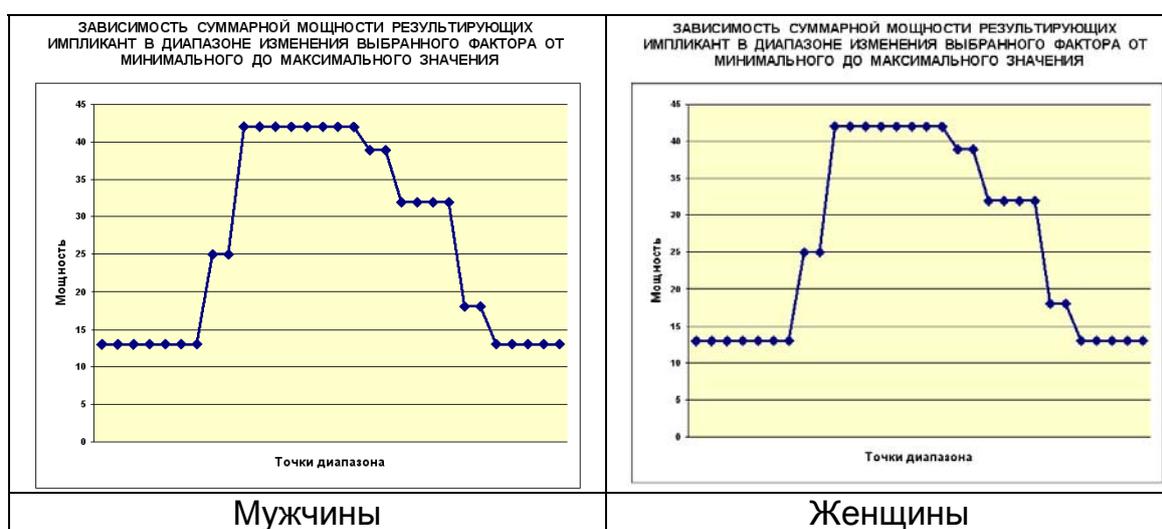


Рис. 159. Фактор X2 (72 года по условию 36)

Условие 37

X2=var.	Номер группы ко- дов травм	
X3=72.	Возраст в годах	72 года
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город).
X7=1 - 2.	Пол	(мужской - женский)
X8=2.	Образование	(профессиональное: неполное высшее)
X9=2.	Семейное положе- ние	(не состоял(а) в зарегистиро- ванном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

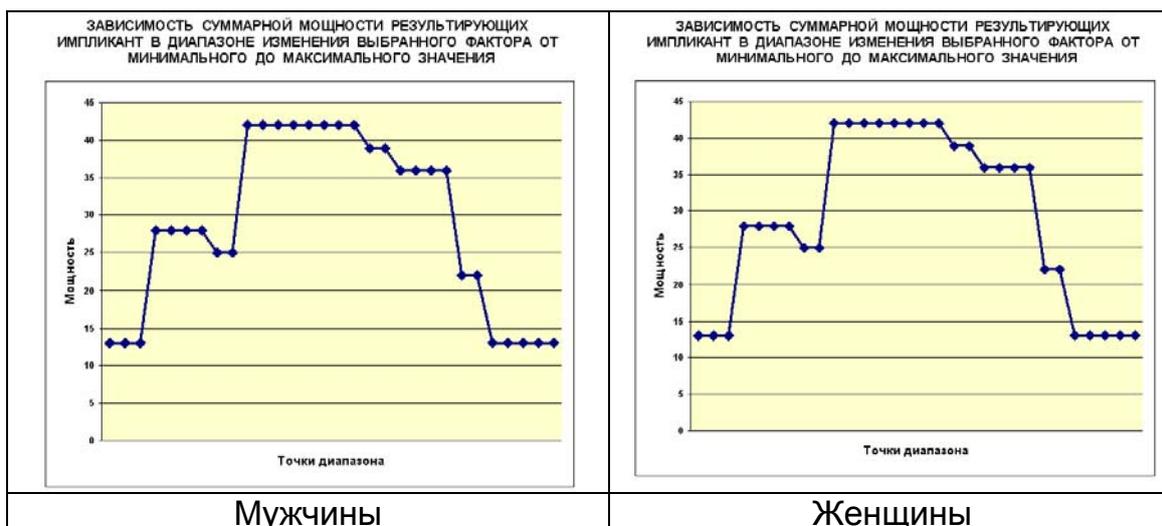


Рис. 160. Фактор X2 (72 года по условию 37)

Условие 38

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=72.	Возраст в годах	72 года
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1 - 2.	Пол	(мужской - женский)
X8=3.	Образование	(профессиональное: среднее)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

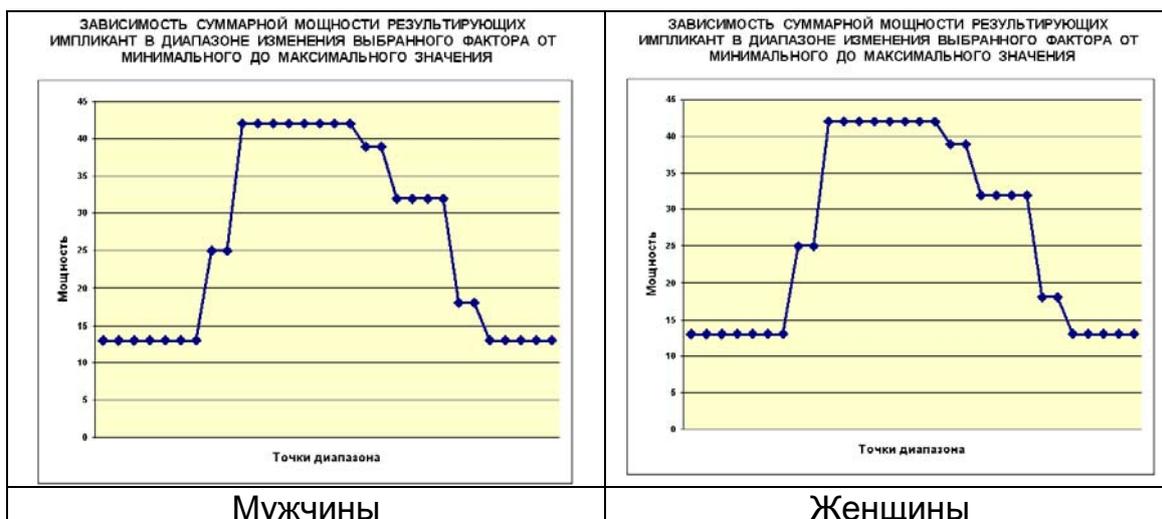


Рис. 161. Фактор X2 (72 года по условию 38)

Условие 39

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=72.	Возраст в годах	72 года.
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город).
X7=1 - 2.	Пол	(мужской - женский).
X8=6.	Образование	(общее: основное).
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке).
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь).

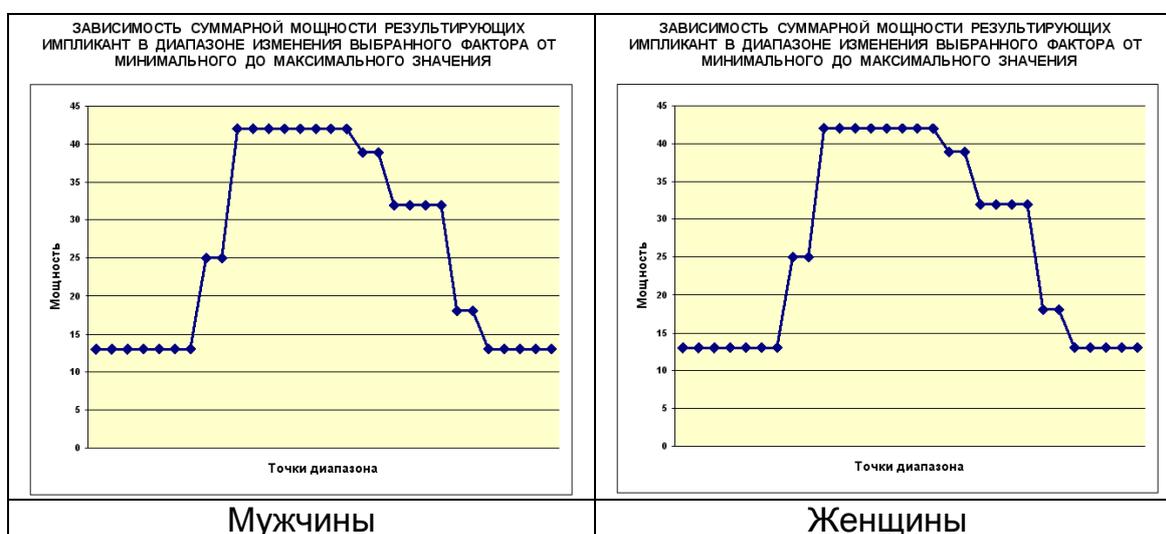


Рис. 162. Фактор X2 (72 года по условию 39)

Условие 40

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=72.	Возраст в годах	72 года
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1 - 2.	Пол	(мужской - женский)
X8=7.	Образование	(общее: начальное)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

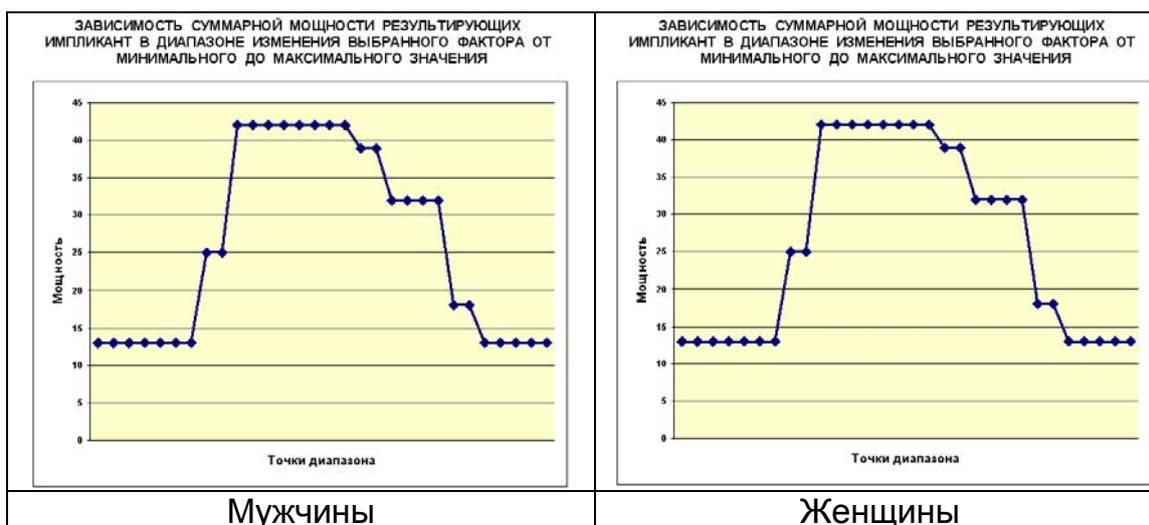


Рис. 163. Фактор X2 (72 года по условию 40)

Условие 41

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=70.	Возраст в годах	70 лет
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город)
X7=1 - 2.	Пол	(мужской - женский)
X8=7.	Образование	(общее: начальное)
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке)
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь)

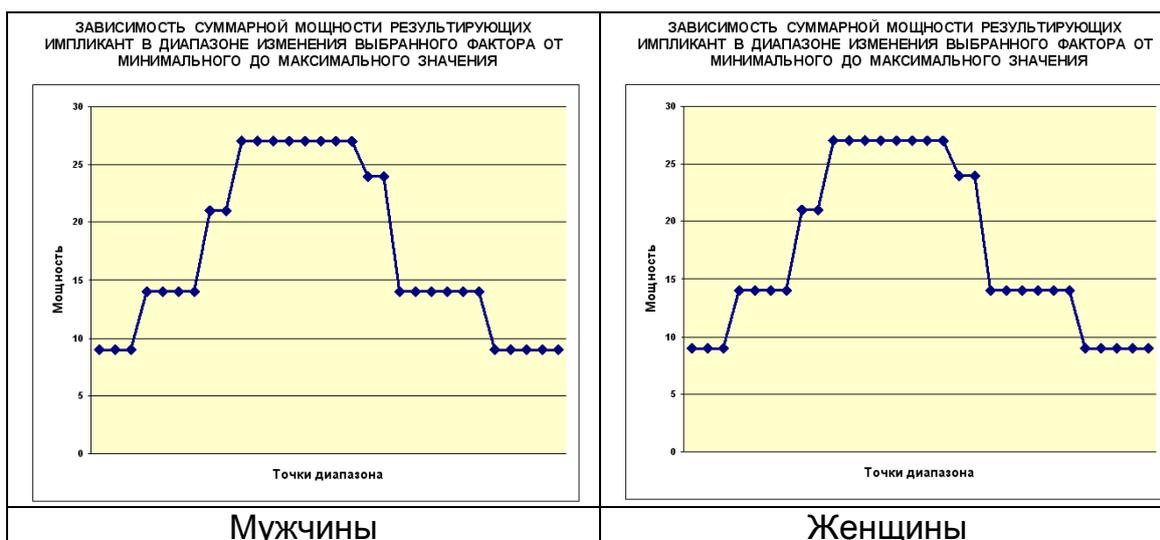


Рис. 164. Фактор X2 (72 года по условию 41)

Условие 42

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=70.	Возраст в годах	65 лет.
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город).
X7=1 - 2.	Пол	(мужской - женский).
X8=7.	Образование	(общее: начальное).
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке).
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь).

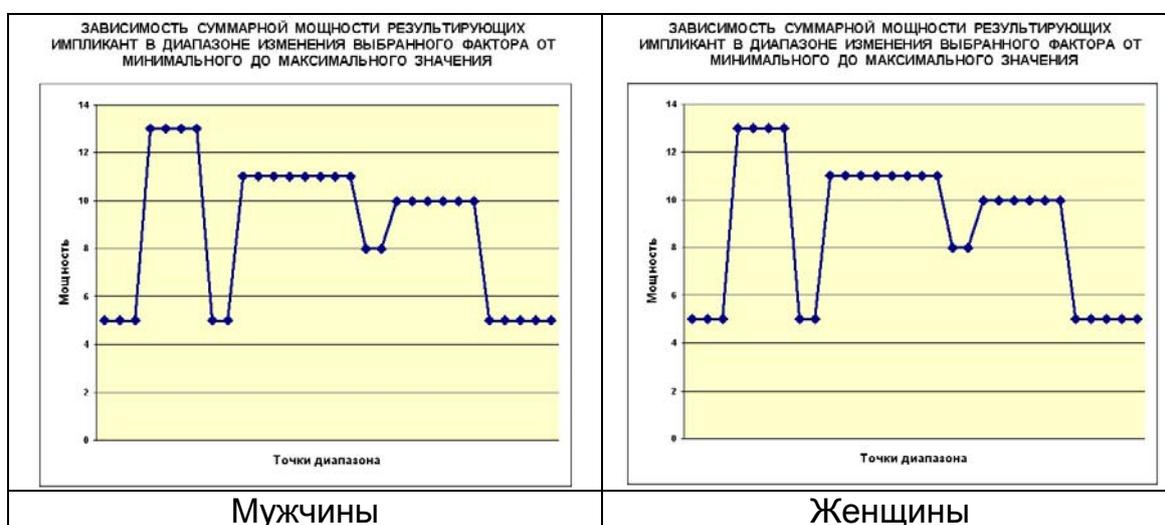
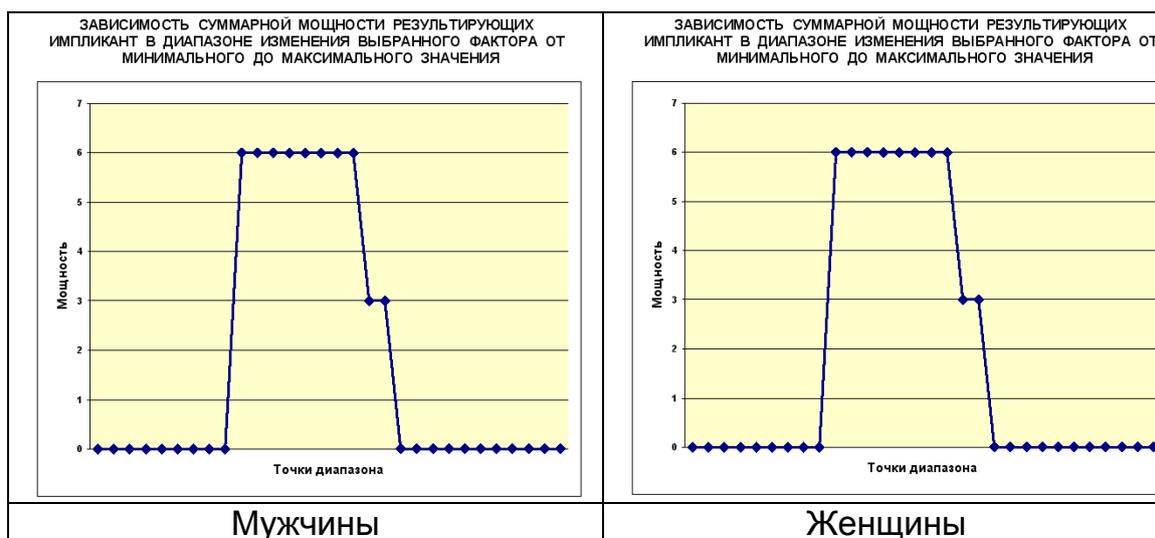


Рис. 165. Фактор X2 (72 года по условию 42)

Условие 40

X2=var.	Номер группы кодов травм	
X3=70.	Возраст в годах	60 лет.
X6=1.	Признак места смерти город/село	(город).
X7=1 - 2.	Пол	(мужской - женский).
X8=7.	Образование	(общее: начальное).
X9=2.	Семейное положение	(не состоял(а) в зарегистрированном браке).
X10=11.	Месяц смерти	(ноябрь).

Рис. 166. Фактор X_2 (72 года по условию 40)**Выводы:**

1. Построенные с помощью программы **AnAMCL** семейства графиков детально выявляют особенности вирулируемого фактора.
2. Объем данных за 5 лет является достаточным для оценки результатов анализа.
3. Многообразие условий программы **AnAMCL** позволяет строить семейство графиков для детально изучаемой ситуации, которую необходимо указать исследователю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Алгебраическая модель конструктивной логики создана в России и много лет используется в медицине и биологии для многофакторного анализа и построения экспертных систем [79, 84]. В процессе совершенствования алгоритма алгебраической модели конструктивной логики и программного обеспечения совершенствуются методы исследования здоровья населения с ее использованием. Решены задачи обеспечения компактности представления математической модели, созданы версии алгоритмов и программ с различной реакцией на неполноту исходных данных, разработано методическое обеспечение аналитических исследований.

АМКЛ можно характеризовать следующим образом [11].

По назначению:

1. Многофакторный анализ:

- на основе классического алгоритма;
- на основе модернизированного алгоритма.

2. Экспертная система:

- на основе классического алгоритма;
- на основе модернизированного алгоритма.

Многофакторный анализ:

1. Выявление и количественная оценка отличий исследуемого процесса.

2. Количественная оценка влияния факторов на результат при их сочетанном воздействии.

3. Выявление ограничений и условий, при которых анализируемый метод лечения показан пациенту.

4. Оптимизация действий медицинского работника.

Экспертная система:

1. Прогнозирование.

2. Долевая оценка условий, при которых анализируемый метод лечения показан пациенту.

Задачи совершенствования методов исследования:

1. Обеспечение компактности представления математической модели (стремление довести до «тупикового» вида, т.е. не допускающего преобразования к еще более компактному виду).

2. Создание версий алгоритмов с различной реакцией на неполноту исходных данных.

3. Методическое обеспечение методов исследований.

4. Создание быстродействующего программного обеспечения, реализующего различные алгоритмы АМКЛ.

Необходимо отметить, что поставленные задачи во многом пересекаются друг с другом.

Пути решения поставленных задач по совершенствованию методов исследований на основе АМКЛ:

1. Компактность представления математической модели можно добиваться двумя путями:

- за счет дополнительной процедуры оптимизации математической модели;
- за счет использования различных алгоритмов построения АМКЛ.

В частности, возможен двухэтапный, основанный на первоначальном формировании множественного точечного пространства результирующих точек с последующим «склеиванием» их в результирующие составляющие (импликаны) [58].

При этом надо учитывать, что достижение компактности представления математической модели не должно быть первостепенной задачей. В ряде случаев менее компактная модель может быть предпочтительной для оценки результата или иных целей. Такие модели различной компактностью не являются ошибочными. Их следует воспринимать как различные варианты представления математической модели и выбирать тот, который лучше подходит в задаче интерпретации результата или построения экспертной системы.

2. Различные алгоритмы построения АМКЛ будут отличаться реакцией на неполноту исходных данных. Эти различия следует учитывать при выборе версии программы для проведения аналитического исследования. Так, например, если исходные данные достаточно хорошо верифицированы и при этом ограничены по своему объему, то целесообразно выбрать классический вариант, который обладает наибольшими интеллектуальными возможностями в выборе интервалов определения факторов в результирующих составляющих математической модели. Если нет достаточной уверенности в достоверности исходных данных, то лучше использовать иную (модифицированную) версию программы.

3. АМКЛ в отличие от нейронных сетей не требует предварительного обучения. Достаточно загрузить данные и запустить процесс построения модели, что не вызывает трудностей даже у не подготовленных пользователей. Трудности в основном носят методический характер. Нужно правильно выбрать версию программы, выбрать факторы для анализа, выбрать наилучший вариант построенной математической модели, провести анализ влияния каждого фактора на результат, выявить ограничения исследуемого процесса и сделать выводы. Многолетний опыт аналитических исследований указывает на эффективность тех методических разработок, где указана не только последовательность действий, но и в качестве примера выполнен конкретный аналитический расчет.

4. Версии программы резко отличаются по своему быстродействию (при их реализации на языке Visual C++). Особенно это важно для задач с большим числом факторов и(или) большим числом случаев (много десятков тысяч случаев). В силу этого не

все алгоритмы, несмотря на их привлекательность, пригодны для реализации.

Результаты практической работы по совершенствованию методов исследований здоровья населения с использованием АМКЛ:

1. Классический вариант алгоритма АМКЛ, также как и модернизированный, выдают «тупиковую» модель только тогда, когда исходные данные представлены всеми сочетаниями значений факторов. В этом можно убедиться на примерах, приведенных в литературе [67, 73]. В них показаны факторы, которые могут принимать значения 0 или 1 со всеми сочетаниями значений. Это позволяет сравнить результаты АМКЛ с синтезом цифровых автоматов. Сравнительный анализ показал на необходимость иметь версии программы или режимы в них, позволяющие строить математическую модель при просмотре данных сверху вниз или наоборот. В указанной литературе показано, что одна из двух математических моделей имеет наименьшее число результирующих составляющих и полностью совпадает с результатом синтеза цифрового автомата, что говорит о возможности получить идеальный вариант математической модели при полноте исходных данных.

В практической работе на полноту данных можно рассчитывать, но не всегда, при сплошном наблюдении (например, при ведении регистра по проблемным направлениям здравоохранения) [2, 61, 69]. Наряду с этим важным аспектом анализа является достоверность исходных данных. Показательным примером этому является региональный регистр смертности [2, 69]. В нем встроенными средствами обеспечивается автоматическое определение первоначальной причины смерти [61]. Дополнительно к этому используются специальные методы аналитического тестирования [54].

Совокупность полноты данных и их достоверности являются решающим в выборе версии программы.

Другим перспективным подходом в совершенствовании алгоритма АМКЛ является создание точечного пространства с последующим «склеиванием» в пределы определения факторов результирующих составляющих математической модели [45, 58]. Однако его практическая реализация на языке Visual C++ не позволила обеспечить приемлемое быстродействие с требуемым числом факторов. В тоже время этот подход достаточно интересен для будущих проработок с позиций получения «тупиковой» формы без использования различных версий программы.

2. Оценка полноты исходного массива данных является важным для исследователя в части выбора версии программы и оценки результата. Для такой оценки предлагается следующий подход:

- Подсчитываем минимальное число анализируемых случаев по формуле $k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \dots k_n$, где k_1 – градации цели, $k_2 \cdot k_3 \dots k_n$ – градации факторов. Учитывая, что нецелевые случаи должны как

минимум быть в два раза больше целевых случаев, k_1 будет равным 3 для варианта значений: цель достигается, и цель не достигается.

- Подсчитываем в исходном массиве данных число не повторяющихся случаев, что можно сделать средствами Access. Для этого необходимо сделать запрос к базе данных с установленным режимом группировки отдельно для целевых и нецелевых случаев.

- Путем сравнения результатов подсчета оцениваем степень полноты.

Такую оценку необходимо выполнять на этапе предварительного анализа [4, 18, 72, 73]. Идеология алгоритма АМКЛ позволяет отсутствующие комбинации значений факторов компенсировать. Однако большое количество отсутствующих комбинаций значений факторов должно настораживать исследователя, заставляя его использовать модернизированный вариант АМКЛ или искать иные пути в аналитическом исследовании.

3. В практике аналитических исследований с использованием АМКЛ встречаются случаи, когда число нецелевых случаев примерно равно числу целевых случаев. В этом случае приходится строить две математические модели в режимах достижения и не достижения цели. Сравнивая полученные модели можно выявить отличия и в некоторой степени компенсировать возможные при этом перекрытия интервалов определения отдельных факторов [32, 45]. При этом графическое представление результирующих составляющих облегчает интерпретацию результата. Последние версии программ, реализующих классический вариант алгоритма, позволяют частично устранить эти перекрытия.

4. В медицине часто встречаются процессы, носящие вероятностный характер. По этой причине в исходном массиве данных можно встретить случаи, когда цель достигается и не достигается при одних и тех же значениях факторов.

Программа, реализующая классический вариант АМКЛ, удаляет такие совпадения из исходного массива данных [40]. При этом могут встретиться совпадающие единичные целевые случаи с множеством нецелевых случаев и наоборот. Чтобы не исключать полезную информацию единичные случаи удаляют тогда, когда пропорция превышает заданный исследователем порог [68]. Эту операцию следует делать перед использованием, как классического алгоритма, так и модернизированного варианта АМКЛ [73].

5. В итоговой математической модели присутствуют результирующие составляющие различной мощности. Обычно с большой мощностью результирующие составляющие представляют для исследователя больший интерес, чем маломощные (в том числе единичные) результирующие составляющие. Выделить мощные результирующие составляющие можно двумя разработанными способами:

- по наименьшей разности накапливаемой суммы мощностей результирующих составляющих при их просмотре сверху вниз и наоборот [43];

- по точке перегиба графика убывающих мощностей результирующих составляющих [76].

Возможны и другие методы выделения главных результирующих составляющих.

Для облегчения выполнения этой процедуры создано программное обеспечение [70].

Если имеется уверенность в высокой достоверности исходных данных, то можно главные результирующие составляющие не выделять и использовать математическую модель в полном виде для анализа факторов или построения экспертной системы.

6. В процессе построения математической модели алгоритм АМКЛ может исключить (поглотить) отдельные факторы. Однако это не означает, что исследователь может предъявлять для построения математической модели избыточное число факторов. Чаще всего такой подход приводит к множеству маломощных результирующих составляющих в математической модели, что будет затруднять ее интерпретацию. В связи с этим на этапе предварительного анализа целесообразно исключать те факторы, которые явно не полно представлены.

7. Следующим шагом после построения математической модели в многофакторном анализе является анализ отдельных факторов. Для этого необходимо изменять значение анализируемого фактора от минимальной до максимальной величины при фиксированных значениях всех остальных факторов. При этом суммируются мощности тех результирующих составляющих математической модели, которые откликаются (находятся в пределах определения факторов результирующей составляющей). Для наглядности строят график изменения суммарной мощности при изменении анализируемого фактора от минимального до максимального значения [46].

В реализации указанного анализа возникает вопрос, с каким шагом изменять значения анализируемого фактора. Возможны два варианта:

- шаг изменения значения фактора не задавать, используя тот, который присутствует в исходных данных (он может быть неравномерным) [18, 46];

- задавать фиксированный шаг изменения значения фактора (в универсальном варианте пока не реализован).

Второй вариант следует считать предпочтительным, однако он более сложен в реализации.

8. Математический аппарат АМКЛ позволяет достаточно просто оценивать вероятность исхода анализируемого события (строить экспертную систему) путем суммирования мощностей тех результирующих составляющих математической модели, которые

удовлетворяют пределам определения входящих в них факторов. Чтобы получить вероятность достаточно разделить полученную сумму на максимально возможную величину. При этом точность экспертной системы зависит от точности подсчета максимально возможной суммарной мощности, которую можно подсчитать двумя способами:

- Математическая модель используется в качестве фильтра, через который необходимо пропустить все случаи. При этом способе суммируются мощности тех результирующих составляющих, которые удовлетворяют условиям определения входящих в них факторов [66].

- Путем сравнения пределов определения факторов.

Второй способ позволяет повысить точность экспертной системы, если имеются ограничения по количеству случаев исходного массива данных, но он более сложен в реализации.

При построении экспертной системы важно также обеспечить тщательную верификацию исходных данных и их полноту.

Многолетний опыт работы с АМКЛ (с 1996 г.) показывает её высокую эффективность для системного анализа и анализа сложных объектов. АМКЛ является тем методом, который принципиально отличается от всех известных методов и по этой причине ценен для использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайсман Д.Ш., Погорелова Э.И., Хромушин В.А. О создании автоматизированной комплексной системы сбора, обработки и анализа информации о рождаемости и смертности в Тульской области // Вестник новых медицинских технологий. Тула. 2001. №4. С.80 – 81.
2. Вайсман Д.Ш., Никитин С.В., Хромушин В.А. Регистр смертности MedSS // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010612611. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 15.04.2010 по заявке №2010610801 от 25.04.2010.
3. Вайсман Д.Ш., Никитин С.В., Погорелова Э.И., Секриеру Е.М., Хромушин В.А. Повышение достоверности кодирования внешних причин смерти // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т.ХIII. №1. С.147-148.
4. Даильнев В.И., Хромушин В.А., Китанина К.Ю. Анализ смертности населения Тульской области от болезней системы кровообращения // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4210.pdf>.
5. Дзасохов А.С., Китанина К.Ю., Хромушин В.А., Пацукова Д.В. Способ выявления ограничений анализируемого метода лечения с помощью алгебраической модели конструктивной логики на примере гипербарической оксигенации при онкогинекологической патологии // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т.22. №3. С.79–86. DOI:10.12737/13305.
6. Иваницкий Г.Р. Борьба идей в биофизике. М.: Знание. 1982. 64с.
7. Китанина К.Ю., Хромушин В.А. Анализ инвалидности населения Тульской области // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2012. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2012-1/3717.pdf>.
8. Китанина К.Ю., Хромушин В.А., Литвяк О.И., Овсянникова Е.Н. Многофакторный подход к анализу первичной инвалидности взрослого населения Тульской области // Медико-социальные проблемы инвалидности. 2012. № 2. С. 57–64.
9. Китанина К.Ю., Хромушин В.А., Литвяк О.И., Овсянникова Е.Н. Разработка методики углубленного многофакторного анализа первичной инвалидности, с использованием усовершенствованной методики обобщенной оценки показателей здравоохранения и алгебраической модели конструктивной логики // Медико-социальные проблемы инвалидности. 2012. №4. С.40–45.
10. Китанина К.Ю. Многофакторный анализ первичной инвалидности взрослого населения тульской области // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации. Тула, 2012.
11. Китанина К.Ю., Хромушин В.А., Аверьянова Д.А. Совершен-

ствование методов исследования здоровья населения с использованием алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т.22. №3. С.8-14. DOI:10.12737/13291.

12. Китанина К.Ю., Хромушин В.А., Федоров С.Ю., Хромушин О.В. Целевая направленность многофакторного анализа с использованием алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5220.pdf>. DOI:10.12737/13075.

13. Китанина К.Ю., Хромушин В.А., Федоров С.Ю., Хромушин О.В. Формирование аналитических массивов данных для многофакторного анализа с использованием алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5219.pdf>. DOI:10.12737/13074

14. Китанина К.Ю., Хромушин В.А., Дзасохов А.С., Хромушин О.В. Особенности построения экспертной системы на основе алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5209.pdf>. DOI:10.12737/13073.

15. Китанина К.Ю., Хромушин В.А., Хромушин О.В., Федоров С.Ю. Совершенствование алгоритма алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Тула, 2015. №2. С.11–19.

16. Китанина К.Ю., Хадарцев А.А., Хромушин О.В., Ластовецкий А.Г. Подготовка данных для многофакторного анализа в медицине и биологии с помощью алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. Т.10. №1. С.48-53. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-1/1-6.pdf>. DOI:10.12737/18601.

17. Китанина К.Ю. Методология многофакторного исследования здоровья населения с использованием алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. 2016. №3. С.14-22.

18. Лебедев М.В., Аверьянова Д.А., Хромушин В.А., Ластовецкий А.Г. Травматизм в дорожно-транспортных происшествиях: аналитические исследования с использованием алгебраической модели конструктивной логики. Учебное пособие. М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. 120 с.

19. Макишева Р.Т., Хадарцев А.А., Хромушин В.А., Даильнев В.И. Возрастной анализ смертности населения Тульской области от сахарного диабета // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4900.pdf>. DOI:10.12737/5613.

20. Мартыненко П.Г., Хромушин В.А. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2009616614 Analetic // Регистрация в Реестре программ для ЭВМ 30.11.2009 по заявке №2009615436 от 02.10.2009.

21. Мартыненко П.Г., Волков В.Г., Хромушин В.А. Прогнозирование преждевременных родов: результаты алгебраического моделирования на основе конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. XVI. №1. С. 210-213.

22. Махалкина В.В. Обработка слабоструктурированной информации при построении базы знаний экспертной системы микроэлементных нарушений у человека. Автореферат кандидата биологических наук. Тула: ТулГУ, 2009. 23с.

23. Погорелова Э.И., Секриеру Е.М., Стародубов В.И., Мелехина Л.Е., Нотсон Ф.К., Хромушин В.А., Вайсман Д.Ш., Мельников В.А., Дегтерева М.И., Одинцова И.А., Корчагин Е.Е., Виноградов К.А. Заключительный научный доклад "Разработка системы мероприятий для совершенствования использования статистических данных о смертности населения Российской Федерации (Международный исследовательский проект 1AX202)" // Москва: ЦНИИ организации и информатизации МЗ РФ, 2003. 34с.

24. Прокопченков Д.В. Системный анализ химического состава шунгитовой породы, как основы ее биологической активности. Автореферат кандидата биологических наук. Тула: ТулГУ, 2008. 26 с.

25. Погорелова Э.И. Научное обоснование системы мероприятий повышения достоверности статистики смертности населения // Автореферат кандидата медицинских наук. М.: ЦНИИ организации и информатизации Министерства здравоохранения РФ, 2004. 24 с.

26. Раннева Л.К., Хадарцева К.А., Китанина К.Ю., Хромушин В.А. Способ сравнительного многофакторного анализа в медицине с использованием алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-2/1-4.pdf>.

27. Соболенкова В.С. Системный анализ в ранней диагностике и лечении остеопенического синдрома при муковисцидозе. Автореферат кандидата медицинских наук. Тула: ТулГУ, 2009. 30 с.

28. Стародубов В.И., Погорелова Э.И., Секриеру Е.М., Цыбульская И.С., Нотсон Ф.К., Хромушин В.А., Вайсман Д.А., Шибков Н.А., Солмонов А.Д. Заключительный научный доклад "Усовершенствование сбора и использования статистических данных о смертности населения в Российской Федерации (Международный исследовательский проект ZAD913)" // Москва: ЦНИИ организации и информатизации МЗ РФ, 2002. 59с.

29. Серегина Н.В. Системный анализ изменений вирулентных свойств условно-патогенных бактерий при взаимодействии их с природными биологически активными веществами. Автореферат кандидата биологических наук. Тула: ТулГУ, 2008. 27 с.

30. Холодова Ю.Г. Системные принципы оценки фенотипической изменчивости насекомых. Автореферат кандидата биологических наук. Тула: ТулГУ, 2009. 20 с.

31. Хадарцев А.А., Яшин А.А., Еськов В.М., Агарков Н.М., Коб-

ринский Б.А., Фролов М.В., Чухраев А.М., Хромушин В.А., Гонтарев С.Н., Каменев Л.И., Валентинов Б.Г., Агаркова Д.И. Информационные технологии в медицине: Монография. Тула, 2006. 272 с.

32. Хадарцева К.А. Системный анализ параметров вектора состояния организма женщин репродуктивного возраста при акушерско-гинекологической патологии: Автореферат доктора медицинских наук. Тула: ТулГУ, 2009. 43с.

33. Хромушин В.А., Щеглов В.Н., Бучель В.Ф. Информационно-аналитическая база Государственного медико-дозиметрического регистра по Тульской области // Сборник трудов «Экологические проблемы Тульского региона». Тула. 2002. С.126–130.

34. Хромушин В.А., Вайсман Д.Ш. Мониторинг смертности с международной сопоставимостью данных // В сборнике тезисов докладов научно-практической конференции "Современные инфокоммуникационные технологии в системе охраны здоровья". 2003. С.122.

35. Хромушин В.А. Методология обработки информации медицинских регистров: Монография. Тула: Изд-во ТулГУ, 2004. 120с.

36. Хромушин В.А., Погорелова Э.И., Секриеру Е.М. Возможности дополнительного повышения достоверности данных по смертности населения // Вестник новых медицинских технологий. 2005. №2. Т.ХII. С.95–96.

37. Хромушин В.А., Никитин С.В., Вайсман Д.Ш., Погорелова Э.И., Секриеру Е.М. Повышение достоверности кодирования внешних причин смерти // Вестник новых медицинских технологий. 2006. №1.- Т.ХIII. С.147-148.

38. Хромушин В.А. Системный анализ и обработка информации медицинских регистров в регионах. Автореферат диссертации доктора биологических наук. Тула: ТулГУ, 2006. 44с.

39. Хромушин В.А., Черешнев А.В., Честнова Т.В. Информатизация здравоохранения. Тула: ТулГУ, 2007. 207с.

40. Хромушин В.А., Бучель В.Ф., Жеребцова В.А., Честнова Т.В. Программа построения алгебраических моделей конструктивной логики в биофизике, биологии и медицине // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т.ХV. №4. С.173–174.

41. Хромушин В.А., Бучель В.Ф., Жеребцова В.А., Честнова Т.В. Особенности использования алгебраической модели конструктивной логики в биофизике и биологии // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т.ХV. №3. С.174–175.

42. Хромушин В.А., Махалкина В.В. Использование алгебраической модели конструктивной логики при построении экспертных систем // Вестник новых медицинских технологий. Тула: ТулГУ, 2009. №3. С.40–41.

43. Хромушин В.А., Махалкина В.В. Обобщенная оценка результирующей алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Тула, 2009. №3. С.39-40.

44. Хромушин В.А. Использование алгебраических моделей конструктивной логики в медицине и биологии // XXXXV научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ТулГУ "Общественное здоровье и здравоохранение: профилактическая и клиническая медицина": Сборник статей. Тула, 2009. С.147-154.

45. Хромушин В.А., Хадарцев А.А., Бучель В.Ф., Хромушин О.В. Алгоритмы и анализ медицинских данных: Учебное пособие. Тула: «Тульский полиграфист», 2010. 123с.

46. Хромушин В.А., Хромушин О.В., Минаков Е.И. Алгоритм и программа анализа результирующих импликант алгебраической модели конструктивной логики. В сб. статей XXXXVI научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ТулГУ «Общественное здоровье и здравоохранение: профилактическая и клиническая медицина». Тула, 2010. С.138–148.

47. Хромушин В.А., Честнова Т.В., Китанина К.Ю., Хромушин О.В. Совершенствование методики обобщенной оценки показателей здравоохранения // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. XVII. №1. С.139-140.

48. Хромушин В.А., Честнова Т.В., Китанина К.Ю., Хромушин О.В. Методика работы по обобщенной оценке показателей здравоохранения // XXXXVI научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ТулГУ "ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ: ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА": Сборник статей. Тула, 2010. С.135-137.

49. Хромушин В.А., Честнова Т.В., Китанина К.Ю., Хромушин О.В. Совершенствование обобщенной оценки показателей здравоохранения // XXXXVI научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ТулГУ "ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ: ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА": Сборник статей. Тула, 2010. С.125-135.

50. Хромушин В.А., Честнова Т.В., Китанина К.Ю., Хромушин О.В. Особенности использования методики обобщенной оценки показателей здравоохранения в аналитической работе // XXXXVI научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ТулГУ "ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ: ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА": Сборник статей. Тула, 2010. С.117-125.

51. Хромушин В.А., Честнова Т.В., Китанина К.Ю., Хромушин О.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ MedGE №2010616980 // Заявка №2010615149 от 24.08.2010. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 19.10.2010.

52. Хромушин В.А., Честнова Т.В., Китанина К.Ю., Хромушин О.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ GenEst №2010612944 // Заявка №2010611113 от 11.03.2010. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 30.04.2010.

53. Хромушин В.А., Хадарцев А.А., Хромушин О.В., Честнова

Т.В. Обзор аналитических работ с использованием алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2011. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2011-1/LitObz.pdf>.

54. Хромушин В.А., Хадарцева К.А., Копырин И.М., Хромушин О.В. Метод аналитического тестирования в верификации данных медицинских регистров // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т.ХVIII. №4. С.252-253.

55. Хромушин В.А., Копырин И.М., Хромушин О.В., Наумова Э.М. Особенности интерпретации алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т.ХVIII. №4. С.272–273.

56. Хромушин В.А., Хадарцев А.А., Хромушин О.В., Минаков Е.И. Опыт использования алгебраической модели конструктивной логики в аналитических расчетах в медицине и биологии // Известия Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова: Юбилейный том, посвященный 20-летию Академии инженерных наук РФ / Под ред. Ю.В. Гуляева. Москва – Н. Новгород: НГТУ, 2011. С.196–205.

57. Хромушин В.А., Хадарцев А.А. Особенности и функциональные возможности алгебраической модели конструктивной логики // Известия Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова: Юбилейный том, посвященный 20-летию Академии инженерных наук РФ / Под ред. Ю.В. Гуляева. Москва – Н. Новгород, 2011. С.206–210.

58. Хромушин В.А., Хромушин О.В., Бучель В.Ф. Алгоритм "склеивания" точечных составляющих при построении алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2012. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2012-1/4078.pdf>.

59. Хромушин В.А., Минаков Е.И., Бархоткин В.А., Хромушин О.В., Бучель В.Ф. Нечеткая алгебраическая модель конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т.ХIX. №1. С.36-38.

60. Хромушин В.А., Китанина К.Ю., Даильнев В.И., Ластовецкий А.Г. Оценка целенаправленности действий при использовании обобщенной оценки показателей здравоохранения // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2012. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2012-1/cd.pdf>.

61. Хромушин В.А., Китанина К.Ю., Даильнев В.И. Кодирование множественных причин смерти: Учебное пособие. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. 60с.

62. Хромушин В.А., Китанина К.Ю., Даильнев В.И. Анализ смертности населения // Методические рекомендации. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. 20 с.

63. Хромушин В.А., Китанина К.Ю., Даильнев В.И. Расчет обобщенной оценки показателей здравоохранения // Методические рекомендации. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. 22 с.

64. Хромушин В.А., Китанина К.Ю. Анализ инвалидности населения Тульской области // Вестник новых медицинских технологий. Электронный журнал. Тула: Тульский государственный университет, 2012. №1 (публ. N1-1). URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2012-1/3717.pdf> (дата обращения: 21.02.2012).

65. Хромушин В.А., Ластовецкий А.Г., Даильнев В.И., Китанина К.Ю., Хромушин О.В. Опыт выполнения аналитических расчетов с использованием алгебраической модели конструктивной логики в медицине и биологии // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т.20. №4. С.7-12.

66. Хромушин В.А., Панышина М.В., Даильнев В.И., Китанина К.Ю., Хромушин О.В. Построение экспертной системы на основе алгебраической модели конструктивной логики на примере гестозов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4171.pdf>.

67. Хромушин В.А. Сравнительный анализ алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4500.pdf>.

68. Хромушин В.А., Лукина Т.С., Хромушин О.В., Пацукова Д.В. Оптимизация базы данных для многофакторного анализа с помощью алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4786.pdf>. DOI:10.12737/3863.

69. Хромушин В.А., Хадарцев А.А., Даильнев В.И., Ластовецкий А.Г. Принципы реализации мониторинга смертности на региональном уровне // Вестник новых медицинских технологий. 2014. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4897.pdf>. DOI:10.12737/5610.

70. Хромушин В.А., Хромушин О.В. Программа для выделения главных результирующих составляющих в алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. 2014. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4899.pdf>. DOI:10.12737/5612.

71. Хромушин В.А., Бучель В.Ф., Дзасохов А.С., Хромушин В.А. Оптимизация алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4710.pdf>. DOI:10.12737/2691.

72. Хромушин В.А., Хадарцев А.А., Андреева Ю.В., Ластовецкий А.Г. Оценка смертности населения Тульской области // Вестник новых медицинских технологий. 2014. №1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4898.pdf>. DOI:10.12737/5611.

73. Хромушин В.А., Китанина К.Ю., Хромушин О.В., Федоров С.Ю. Совершенствование алгебраической модели конструктивной логики: монография. Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. 101 с.

74. Хромушин В.А., Китанина К.Ю., Ластовецкий А.Г., Аверьянова Д.А. Тактика применения алгебраической модели конструктивной логики

ки в медицине и биологии // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №3. Публикация 1-5. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-3/1-5.pdf>. DOI:10.12737/21275.

75. Хромушин В.А., Китанина К.Ю., Хромушин О.В., Федоров С.Ю. Модернизация алгоритма алгебраической модели конструктивной логики // Перспективы вузовской науки: к 25-летию медицинского образования и науки Тульской области (сборник трудов). Часть II. Тула: ООО "ТППО", 2016. С.83-120.

76. Хромушин О.В. Способ выделения главных результирующих составляющих в алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Электронный журнал. Тула: ТулГУ, 2012. №1, публикация 1-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2012-1/3966.pdf>.

77. Честнова Т.В. Системный анализ и управление микробиологическим мониторингом при листериозе. Автореферат доктора биологических наук. Тула: ТулГУ, 2003. 36с.

78. Честнова Т.В., Щеглов В.Н., Хромушин В.А. Контекстно-развивающаяся база данных для логической интеллектуальной системы, используемой в здравоохранении // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2001. №4. С. 38–40.

79. Щеглов В. Н. Алгебраические модели конструктивной логики для управления и оптимизации химико–технологических систем // Автореферат кандидата технических наук. Л.: Технологический институт им. Ленсовета. 1983. 20с.

80. Щеглов В.Н., Константинова Н.В. Искусственный интеллект и электроэнцефалографические корреляты низкоуровневых воздействий // Вестник новых медицинских технологий. 1997. Т. IV. №4. С. 152–154.

81. Щеглов В.Н. Вычислительные и имитационные возможности программы построения алгебраических моделей конструктивной (интуиционистской) логики (АМКЛ) в ЭЭГ-исследованиях // Тезисы докладов 22 – 25 сентября 1997 г. «Фундаментальные науки и альтернативная медицина». Пущино: РАН, 1997г. С. 110–111.

82. Щеглов В. Н. Алгоритмическая модель слабых взаимодействий и синхронизации ультраструктур нейронов// Парапсихология и психофизика. – 1998. – №1(25). С. 51–55.

83. Щеглов В.Н., Яшин М.А. Моделирование энергоинформационных взаимодействий в биообъекте на основе исследования гиперсинхронизации электрической активности головного мозга человека. //Физика волновых процессов и радиотехнические системы. Изд. «Самарский университет». Т. 2. №1. 1999. С. 58–63.

84. Щеглов В.Н., Хромушин В.А. Интеллектуальная система на базе алгоритма построения алгебраических моделей конструктивной (интуиционистской) логики // Вестник новых медицинских технологий. 1999. №2. С.131–132.

85. Щеглов В.Н. Редукция квантовых когерентных состояний не-

которых ультрамикроструктур нейронов мозга и особые состояния сознания как процессы, описываемые алгебраическими моделями конструктивной (интуиционистской) логики// Вестник новых медицинских технологий. 2000. Т. 7. №2. С. 139–142.

86. Щеглов В. Н., Бучель В. Ф., Хромушин В. А. Логические модели структур заболеваний за 1986-1999 годы участников ликвидации аварии на ЧАЭС и/или мужчин, проживающих в пораженной зоне и имеющих злокачественные новообразования органов дыхания // Радиация и риск. 2002. Вып. 13. С. 56–59.

87. Щеглов В. Н. Творческое сознание. Интуиционизм, алгоритмы и модели. Тула: Гриф и К, 2004. 200 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава I	
АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ	5
1.1. Классический вариант алгоритма	6
1.1.1. Алгоритм построения алгебраической модели конст- руктивной (интуитивистской) логики	6
1.1.2. Программное обеспечение	14
1.1.3. Сравнительный анализ классического алгоритма	18
1.2. Модернизированный вариант алгоритма	22
1.2.1. Алгоритм построения модернизированного варианта алгебраической модели конструктивной логики	22
1.2.2. Программное обеспечение	43
1.2.3. Сравнительный анализ модернизированного алгоритма	44
Глава II	
МЕТОДОЛОГИЯ МНОГОФАКТОРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГЕБ- РАИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ	46
Глава III	
МЕТОДЫ РАБОТЫ С АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬЮ КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ	58
3.1. Выделение главных результирующих составляющих	58
3.2. Анализ и исключение противоречивых случаев при формировании данных для многофакторного анализа с использованием алгебраической модели конструктивной логики	65
3.3. Подготовка данных для многофакторного анализа в медицине и биологии с помощью алгебраической модели конструктивной логики	84
3.4. Алгоритм и программа анализа результирующих им- пликант алгебраической модели конструктивной логики	87
3.5. Целевая направленность многофакторного анализа с использованием алгебраической модели конструктивной логики	97
3.6. Графическое представление результата	101
3.7. Оптимизация алгебраической модели конструктивной логики	102
3.8. Способ сравнительного многофакторного анализа в медицине с использованием алгебраической модели кон- структивной логики	116
3.9. Способ выявления ограничений анализируемого метода лечения с помощью алгебраической модели конструктив- ной логики на примере гипербарической оксигенотерапии при онкогинекологической патологии	125

3.10. Экспертные системы	132
Глава IV	
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ В АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ	149
4.1. Методика анализа экспериментальных данных с использованием алгебраической модели конструктивной логики	149
4.2. Тактика применения алгебраической модели конструктивной логики в медицине и биологии	151
Глава V	
ПРИМЕР АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА	
Смертность пешеходов в дорожно-транспортных происшествиях в Тульской области	156
Заключение	229
Литература	235

Научное издание

Хромушин Виктор Александрович
Китанина Ксения Юрьевна
Хромушин Олег Викторович

АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ

Напечатано с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать 01.08.2017.
Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 13,7. Уч.-изд.л. 11,7
Тираж 600 экз. Заказ 212

Отпечатано в Издательстве ТулГУ
300012, г. Тула, просп. Ленина, 92