

ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ

В.А. ХРОМУШИН*, В.Ф. БУЧЕЛЬ*, А.С. ДЗАСОХОВ**, О.В. ХРОМУШИН***

*Тулский государственный университет, тел. +7 (4872) 25-47-26, e-mail: vik@khromushin.com

**Московский областной онкологический диспансер, e-mail: apprentice@list.ru

***Тулское региональное отделение Академии медико-технических наук,
e-mail: oleg@khromushin.com

Аннотация. В статье предлагаются и оцениваются варианты оптимизации алгебраической модели конструктивной логики, предназначенной для построения многофакторной нелинейной математической модели, часто используемой в России в углубленном анализе в медицине и биологии. В основе оптимизации модели лежат процедуры нахождения дублирующих случаев (строк базы), соответствующих достижению цели, и исключение тех результирующих составляющих, которые дублируются случаями других результирующих составляющих.

В основу оптимизации заложены процедуры просмотра результирующих составляющих сверху вниз или снизу вверх и сравниваем номеров строк, соответствующих достижению цели. Если все номера просматриваемой результирующей составляющей будут присутствовать в других просматриваемых результирующих составляющих, то ее удаляют как избыточную. На каждом шаге перемещения просмотр строк осуществляется во всех результирующих составляющих, кроме исключенных составляющих. В результате выявления и исключения избыточных покрытий целевых строк осуществляется уменьшение числа результирующих составляющих.

На примере математической модели выявления особенностей метода оксигенотерапии в лечении онкогинекологической патологии показаны результаты двух вариантов оптимизации математической модели. Предложено на практике использовать различные алгоритмы оптимизации с целью выбора модели с минимальным числом результирующих составляющих.

Ключевые слова: математическая модель, анализ, результирующая составляющая.

OPTIMIZATION OF THE ALGEBRAIC MODEL OF CONSTRUCTIVE LOGIC

V.A. KHROMUSHIN*, V.F. BUCHEL*, A.S. DZASOKHOV**, O.V. KHROMUSHIN***

*Tula State University, phone +7 (4872) 25-47-26, e-mail: vik@khromushin.com

**Moscow regional oncological dispensary, e-mail: apprentice@list.ru

***The Tula regional branch of the Academy of medico-technical Sciences,
e-mail: oleg@khromushin.com

Abstract. The authors proposed and evaluated options of optimization of the algebraic model of constructive logic, designed to construct multichannel non-linear mathematical model often used in Russia in the in-depth analysis in medicine and biology. In the basis of optimization of this model are procedures for finding duplicate cases (rows base), relevant to the achievement of goals, and excluding those resulting components that are duplicated other cases the resulting components.

Procedures for reviewing the results of the components of a top-down or bottom-up and comparing the numbers corresponding to achievement of objectives are the basis of optimization. If all the numbers viewing the resulting component will be present in other watched the resulting components, then it is removed as redundant. As a result of identifying and eliminating redundant coatings target lines are reducing the number of resulting parts. Reduction of number of resulting components is achieved by identifying and eliminating redundant coatings target lines.

The results of two variants of optimization of mathematical model are shown on the example of the mathematical model identification features of the method of oxygen therapy in the treatment of oncological pathology. The authors suggested the possibility of practical use of various optimization algorithms to choose model with a minimal number of components of the resulting

Key words: mathematical model, analysis, the resulting component.

Алгебраическая модель конструктивной логики (АМКЛ) предназначена для построения многофакторной нелинейной математической модели [1, 2] и часто используется в углубленном анализе в медицине и биологии [3-10]. Результирующая модель представлена набором результирующих составляющих в виде факторов с указанием пределов определения, объединенных знаком конъюнкции «&» (указывающим на совместное воздействие). Каждая результирующая составляющая характеризуется *мощностью* (М), являющейся сутью числа строк в таблице, которые соответствуют указанным пределам определения факторов при их совместном действии.

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).

Алгоритм АМКЛ отдалённо 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 (включая дробные числа), а не только 0 или 1. Получаемый при этом результат можно рассматривать как тупиковую дизъюнктивную форму (в виде, не допускающем ее дальнейшее упрощение) [11].

Однако 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 задаче изложен в статье [11].

Целью данной работы является предложить способы снижения избыточного покрытия целевых строк и оценить их эффективность на конкретном примере выявления особенностей метода оксигенотерапии в лечении онкогинекологической патологии.

Объект, методы и средства исследования.

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

- X1 – эффект первичного лечения (1 – полная регрессия, 2 – частичная регрессия, 3 – стабилизация, 4 – прогрессирование);
- X2 – группы пациенток с раком яичников, эндометрия, шейки матки (первичные случаи и случаи с рецидивами) с ГБО (гипербарическая оксигенация) и НБО (нормобарическая оксигенация);
- X3 – стадия заболевания;
- X4 – наличие метастазов в большом сальнике;
- X5 – наличие Mts в печени;
- X6 – Mts во влагалище;
- X7 – Mts в лёгких;
- X8 – нет Mts в малом тазу;
- X9 – единичные Mts в малом тазу;
- X10 – множественные Mts в малом тазу;
- X11 – единичные Mts в брюшной полости;
- X12 – множественные Mts в брюшной полости;
- X13 – Mts в воротах печени;
- X14 – Mts в парааортальных лимфоузлах;
- X15 – Mts в наружных подвздошных лимфоузлах;
- X16 – Mts во внутренних подвздошных лимфоузлах;
- X17 – Mts в паховых лимфоузлах;
- X18 – Mts в надключичных лимфоузлах;
- X19 – хирургическое лечение;
- X20 – лейкопения;
- X21 – тромбоцитопения;
- X22 – анемия;
- X23 – нефротоксичность;
- X24 – размер остаточной опухоли;
- X25 – вариант химиотерапии;
- X26 – вариант химиотерапии;
- 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 была 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 <= 3) & (0 <= X26 < 1) & (0 <= 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;503;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. $M = 17. (42 < X_{27} \leq 56) \& (2 < X_{24} \leq 3)$

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< X19 < 3) & (0< X22 <= 1) & (1< X9 <= 2)
Строки: 143;147;166;196;204;205;212;216;516;541;571;572;579;
47. M= 12. (0< X13 < 3) & (0<= X17 < 2)
Строки: 51;64;102;103;104;105;142;196;211;376;389;494;
48. M= 12. (0<= X23 < 1) & (0<= X22 < 1) & (0< X9 < 2) & (0<= X20 < 1)
Строки: 69;83;160;213;378;394;408;450;466;480;535;549;
49. M= 12. (0< X21 <= 1) & (35< X27 < 47)
Строки: 75;143;166;185;277;404;449;454;472;560;641;727;
50. M= 12. (29< X27 < 35) & (1< X25 < 5) & (1< X24 <= 3)
Строки: 86;127;177;181;373;411;444;455;460;489;552;553;
51. M= 11. (2< X14 <= 3) & (0<= X17 < 3)
Строки: 158;171;177;190;194;195;196;284;368;635;648;
52. M= 11. (17< X27 < 21) & (2< X24 <= 3)
Строки: 48;64;89;187;197;281;290;389;414;632;645;
53. M= 11. (0< X6 < 2)
Строки: 107;109;110;120;198;250;420;523;559;573;603;
54. M= 11. (0< X5 < 3) & (0< X10 < 2)
Строки: 102;106;108;117;146;423;424;476;481;564;565;
55. M= 11. (42< X27 < 45)
Строки: 117;144;279;283;490;506;594;630;634;643;647;
56. M= 11. (0< X27 < 27) & (0< X2 < 2) & (1< X24 <= 3)
Строки: 389;403;413;414;421;486;500;600;602;605;632;
57. M= 10. (1< X15 < 3) & (1<= X25 < 5)
Строки: 144;164;179;213;484;497;510;516;546;554;
58. M= 10. (35< X27 < 56) & (1< X12 <= 2) & (1< X24 <= 3)
Строки: 142;166;169;211;490;498;504;535;544;630;
59. M= 10. (1< X24 <= 2) & (0< X14 < 2)
Строки: 47;67;99;103;211;214;372;392;424;444;
60. M= 10. (23< X27 < 27) & (2< X24 <= 3)
Строки: 110;205;292;550;562;571;577;602;605;617;
61. M= 10. (2< X8 <= 3) & (1<= X26 < 3)
Строки: 202;210;287;291;294;522;525;577;638;650;
62. M= 10. (1<= X9 < 2) & (0< X14 <= 2) & (0< X23 <= 1)
Строки: 51;142;144;164;211;363;376;539;600;605;
63. M= 10. (0< X12 < 2) & (0< X5 <= 3) & (0<= X8 < 1)
Строки: 102;106;108;117;198;476;481;528;529;573;
64. M= 10. (1< X14 <= 2) & (1< X10 < 3)
Строки: 122;128;134;138;141;144;164;213;533;539;
65. M= 10. (0<= X27 < 52) & (1<= X25 < 3) & (0< X20 <= 1) & (2<= X19 < 5) & (0<= X28 < 28)
Строки: 57;148;175;217;382;454;470;487;498;550;
66. M= 10. (39< X27 < 45) & (0< X20 <= 1)
Строки: 75;166;283;370;454;464;472;490;618;647;
67. M= 9. (0<=X28<16) & (0<=X27<17) & (0<=X23<1) & (0< X22<= 1) & (1<=X25< 5) & (3< X3< 9)
Строки: 326;327;328;329;676;677;678;681;695;
68. M= 8. (34< X27 < 38) & (1< X24 < 3) & (0<= X18 < 2)
Строки: 100;149;185;369;386;449;511;560;
69. M= 8. (30< X27 < 36) & (0< X21 <= 1) & (3< X19 < 6)
Строки: 100;181;191;373;409;419;552;553;
70. M= 8. (0<= X27 < 31) & (1< X25 < 7) & (1<= X2 < 2) & (7< X3 < 9)
Строки: 595;596;598;599;632;633;678;681;
71. M= 8. (0< X27 < 22) & (2< X26 < 5)
Строки: 132;179;187;362;365;542;728;731;
72. M= 7. (0< X23 <= 1) & (1< X12 <= 2) & (1< X25 < 5)
Строки: 127;164;168;489;539;543;579;
73. M= 7. (2< X15 <= 3) & (0< X24 <= 3)
Строки: 171;194;286;287;289;290;637;
74. M= 7. (18< X27 < 20) & (0< X4 <= 1)
Строки: 64;108;132;389;445;461;542;
75. M= 7. (1< X14 <= 2) & (0< X12 < 2)
Строки: 139;178;192;484;510;529;570;
76. M= 7. (1< X19 < 3) & (21< X27 < 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. $M=1. (24 < X_{27} < 30) \& (3 < X_{26} < 5)$
Строки: 361;
123. $M=1. (23 < X_{27} < 27) \& (0 \leq X_{26} < 1) \& (3 < X_3 < 7)$
Строки: 295;
124. $M=1. (29 < X_{27} \leq 31) \& (5 \leq X_3 < 7)$
Строки: 296;
125. $M=1. (32 < X_{27} \leq 37) \& (5 < X_{25} \leq 7) \& (0 \leq X_9 < 2)$
Строки: 297;
126. $M=1. (29 < X_{27} < 32) \& (1 < X_{26} < 5)$
Строки: 726;
127. $M=1. (0 \leq X_{28} < 14) \& (5 \leq X_3 < 7) \& (0 \leq X_{27} < 12) \& (0 \leq X_{23} < 1) \& (0 \leq X_{16} < 1)$
Строки: 299;
128. $M=1. (0 \leq X_{22} < 1) \& (0 \leq X_{16} < 1) \& (0 \leq X_{27} < 14) \& (0 < X_{21} \leq 1)$
Строки: 732;
129. $M=1. (0 < X_{27} < 22) \& (1 < X_2 \leq 2) \& (1 < X_9 \leq 2)$
Строки: 733.

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

Обсуждение результатов.

Нами были предложены, реализованы и проверены на реальных аналитических расчетах 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, про-

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

Таблица 1

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 [10].

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 предложенные 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 по нашим предположениям не даст значительного эффекта по сравнению с предложенными вариантами.

Для выполнения аналитических расчетов нами имеющееся программное обеспечение [12] дополнено введением алгоритмов оптимизации (варианты 1 и 2).

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.

Литература

1. Щеглов В.Н. Алгебраические модели конструктивной логики для управления и оптимизации химико-технологических систем: автореферат кандидата технических наук. Л.: Технологический институт им. Ленсовета. 1983, 20 с.
2. Щеглов В.Н., Хромушин В.А. Интеллектуальная система на базе алгоритма построения алгебраических моделей конструктивной (интуиционистской) логики // Вестник новых медицинских технологий. 1999. N 2. С.131-132.
3. 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. N4. С.38-40.
4. Хромушин В.А. Методология обработки информации медицинских регистров. Тула: ТулГУ, 2005. 120 с.
5. Хромушин В.А. Информатизация здравоохранения // Учебное пособие. Тула: ТулГУ, 2007. 207 с.
6. Хромушин В.А., Хадарцев А.А., Бучель В.Ф., Хромушин О.В. Алгоритмы и анализ медицинских данных // Учебное пособие. Тула: Изд-во «Тульский полиграфист», 2010. 123 с.

7. 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. N1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2011-1/LitObz.pdf> (дата обращения: 16.08.2011).

8. Хромушин В.А. Системный анализ и обработка информации медицинских регистров в регионах: автореферат диссертации доктора биологических наук. Тула: ТулГУ, 2006. 44 с.

9. Хромушин В.А., Китанина К.Ю. Анализ инвалидности населения Тульской области // Вестник новых медицинских технологий (Электронное издание). 2012. N 1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2012-1/3717.pdf> (дата обращения: 21.02.2012).

10. Хромушин В.А., Панышина М.В., Дайльнев 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). – Тула: Тульский государственный университет, 2013. N1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4171.pdf> (дата обращения: 03.01.2013).

11. Хромушин В.А. Сравнительный анализ алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий (Электронный журнал). – Тула: Тульский государственный университет, 2013. N1 (публ. N1-19). URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4500.pdf> (дата обращения: 12.08.2013).

12. Хромушин В.А., Бучель В.Ф., Жеребцова В.А., Честнова Т.В. Программа построения алгебраических моделей конструктивной логики в биофизике, биологии и медицине / В.А. Хромушин, В.Ф. Бучель, В.А. Жеребцова, Т.В. Честнова // Вестник новых медицинских технологий. 2008. N 4. С.173-174.

References

1. Shcheglov VN. Algebraicheskie modeli konstruktivnoy logiki dlya upravleniya i optimizatsii khimiko-tekhnologicheskikh sistem: avtoreferat kandidata tekhnicheskikh nauk. Leningrad: Tekhnologicheskii institut im. Lensoveta; 1983. Russian.

2. Shcheglov VN, Khromushin VA. Intellektual'naya sistema na baze algo-ritma postroeniya algebraicheskikh modeley konstruktivnoy (intuitsio-nistskoy) logiki. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 1999;2:131-2. Russian.

3. Chestnova TV, Shcheglov VN, Khromushin VA. Kontekstno-razvivayu-shchayasya baza dannykh dlya logiche-skoy intellektual'noy sistemy, ispol'-zuemoy v zdavookhraneni. Epidemiologiya i infektsionnye bo-lezni. – 2001;4:38-40. Russian.

4. Khromushin VA. Metodologiya obrabotki informatsii meditsinskikh registrov. Tula: TulGU; 2005. Russian.

5. Khromushin VA. Informatizatsiya zdavookhraneniya. Uchebnoe posobie. Tula: TulGU; 2007. Russian.

6. Khromushin VA, Khadartsev AA, Buchel' VF, Khromushin OV. Algoritmy i analiz meditsinskikh dannykh. Uchebnoe posobie. Tula: Izd-vo «Tul'skiy poligrafist»; 2010. Russian.

7. Khromushin VA, Khadartsev AA, Khromushin OV, Chestnova TV. Obzor analiticheskikh rabot s ispol'zovaniem algebraicheskoy modeli konstruktivnoy logiki [The review of analytic works with the application of constructive logic model development] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (Elektronnoe izdanie) [Internet]. 2011 [cited 2011 Aug 16];1:[about 4 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2011-1/LitObz.pdf> (data obrashcheniya: 16.08.2011).

8. Khromushin VA. Sistemnyy analiz i obrabotka informatsii meditsinskikh registrov v regionakh: avtoreferat dissertatsii doktora biologicheskikh nauk. Tula: TulGU; 2006. Russian.

9. Khromushin VA, Kitanina KYu. Analiz invalidnosti naseleniya Tul'skoy oblasti [Analyzing tula region populations` invalidity level]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (Elektronnoe izdanie). [Internet]. 2012 [cited 2012 Feb 21];1:[about 16 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2012-1/3717.pdf> (data obrashcheniya: 21.02.2012).

10. Khromushin VA, Pan'shina MV, Dail'nev VI, Kitanina KYu, Khromushin OV. Postroenie ekspertnoy sistemy na osnove algebraicheskoy modeli konstruktivnoy logiki na primere gestozov [Makingup an expert system on the basisof algebraic model of constructive logics on example gestosys]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (Elektronnoe izdanie) [Internet]. 2013 [cited 2013 Jan 3];1:[about 10 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4171.pdf> (data obrashcheniya: 03.01.2013).

11. Khromushin VA. Sravnitel'nyy analiz algebraicheskoy modeli konstruktivnoy logiki [Comparative analysis of algebraic model of constructive logic]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (Elektronnyy zhurnal) [Internet]. 2013 [cited 2013 Aug 12];1:[about 4 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4500.pdf> (data obrashcheniya: 12.08.2013).

12. Khromushin VA, Buchel' VF, Zherebtsova VA, Chestnova TV. Programma postroeniya algebraicheskikh modeley konstruktivnoy logiki v biofizike, biologii i meditsine [The characteristics of program of algebraic models of constructive logic in biophysics, biology and medicine]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;4:173-4. Russian.