

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНСТРУКТИВНОЙ ЛОГИКИ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ

(обзор материалов собственных исследований за 34 года)

К. Ю. КИТАНИНА, В. А. ХРОМУШИН, Э. М. НАУМОВА, В. А. ЖЕРЕБЦОВА

Тульский государственный университет, медицинский институт, Тула

*Важным аспектом изучения состояния здоровья населения и качества его жизни является использование методов многофакторного анализа, существенно расширяющих возможности исследователя по тематике восстановительной медицины. Среди различных методов многофакторного анализа обращает на себя алгебраическая модель конструктивной логики, позволяющая выполнять многофакторный анализ без предварительного обучения, обладает прозрачностью результата и средствами его анализа. Для углубленного изучения здоровья населения, качества жизни, а также оценки эффективности анализируемого метода реабилитации необходим мониторинг, предусматривающий накопление данных по выбранным для анализа факторам и результирующим целевым значениям. Наблюдение должно быть сплошным. В статье, на основании многолетнего опыта использования в аналитической работе алгебраической модели конструктивной логики, сформулированы рекомендации для многофакторного анализа по основным тематическим направлениям восстановительной медицины. Из представленных рекомендаций следует, что рассматриваемый алгоритм и разработанные методы анализа можно успешно использовать для аналитических исследований по тематике восстановительной медицины.*

**Ключевые слова:** анализ, математическая модель, восстановительная медицина.

Проблема охраны здоровья здорового населения Российской Федерации обладает безусловной актуальностью как фактор национальной безопасности и является стратегической целью отечественного здравоохранения. Восстановительная медицина как система знаний нуждается в углубленном изучении здоровья населения, качества жизни и оценке эффективности методов реабилитации, что требует использование многофакторного анализа.

Среди различных методов многофакторного анализа обращает на себя *алгебраическая модель конструктивной логики* (АМКЛ), позволяющая выполнять многофакторный анализ без предварительного обучения, обладает прозрачностью результата и средствами его анализа [10, 26, 28, 42, 44, 48, 49].

Алгоритм АМКЛ создан в России в 1983 году [48]. В настоящее время АМКЛ широко применяется в биологии и медицине [2, 3, 5, 8, 13–15, 17–22, 25, 27, 29, 31, 33, 36, 46, 47, 50]. Успешному использованию АМКЛ способствуют разработанные методология и методы анализа [1, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 16, 23, 24, 30, 32, 34, 35, 37–41, 43, 45].

Математическая модель представлена результирующими составляющими 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. 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). Алгоритм АМКЛ отдаленно напоминает синтез цифровых автоматов с нахождением тупиковой дизъюнктивной. Только в данном случае представлены любыми числовыми значениями, а не только нулем или единицей [38]. 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 [15]. Использование АМКЛ нельзя рассматривать как альтернативу к использованию других методов многофакторного анализа. Наилучшим является результат анализа, подтвержденный принципиально разными методами.

Для углубленного изучения здоровья населения, качества жизни, а также оценки эффек-

тивности анализируемого метода реабилитации, необходим мониторинг, предусматривающий не только накопление данных по выбранным для анализа факторам, но и результирующих целевых значений. Наблюдение должно быть сплошным.

Для правильного выбора средств и методов анализа рекомендуется использовать методологию, изложенную в статье [12].

На основании многолетнего опыта использования АМКЛ в биологии и медицине предлагаются следующие рекомендации по использованию АМКЛ в многофакторном анализе по основным тематическим направлениям восстановительной медицины:

1. Чем больше факторов выбрано для анализа, тем больше необходимо накопить случаев для анализа. Предельное значение: число нецелевых случаев должно быть в два раза больше целевых случаев [7].

2. Сплошное наблюдение должно охватывать как можно большее число случаев. Так, например, для анализа средней продолжительности жизни нами анализировались 260 тыс. случаев [11].

3. Особое внимание следует обратить на верификацию исходных данных.

4. В восстановительной медицине часто могут встречаться случаи, когда цель в явном виде не задана, например, во время оценки качества жизни. В таких случаях целевое значение может быть представлено каким-либо функционалом или оценкой наихудшей ситуации в виде математического выражения с весовыми долевыми значениями [6].

5. Нельзя забывать, что при анализе метода реабилитации могут быть ограничения в использовании. В этом случае можно воспользоваться примером выявления ограничения с статье [1].

6. Необходимо помнить, что при недостаточной уверенности в верификации исходного массива данных следует использовать модернизированный вариант АМКЛ [42]. В этом случае результирующая математическая модель будет менее компактной, но более точной.

7. Не следует стремиться к использованию всех результирующих составляющих математической модели. Единичные случаи чаще всего не являются характерными для выбранной цели анализа. В этом случае следует воспользоваться алгоритмами и программой выделения главных результирующих составляющих [30, 40, 45].

8. Следует помнить, что большой объем ценной информации заключен в анализе математической модели путем сканирования анализируемых факторов от минимального значения до максимального.

В этом случае необходимо задать условие в виде конкретных значений остальных результирующих факторов. Учитывая, что вариантов условий может быть очень много, рекомендуется выбирать условия с ориентацией на главные результирующие составляющие. Облегчит эту работу специальная программа анализа результирующих составляющих [32].

**Вывод.** АМКЛ и разработанные методы анализа позволяют успешно решать аналитические задачи по тематике восстановительной медицины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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>.
3. 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.
4. 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.
5. 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. 27 с.
6. 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.
7. 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 из-

- дание. 2015. № 3. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5219.pdf>. DOI:10.12737/13074.
8. 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.
  9. Китанина К.Ю., Хромушин В. А., Аверьянова Д. А. Совершенствование 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.
  10. 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.
  11. 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.
  12. Китанина К. Ю. Методология многофакторного исследования здоровья населения с использованием алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. 2016. № 3. С. 14–22.
  13. 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.
  14. 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.
  15. Махалкина В. В. Обработка слабоструктурированной информации при построении базы знаний экспертной системы микроэлементных нарушений у человека. Автореферат кандидата биологических наук. Тула: ТулГУ, 2009. 23с.
  16. 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>
  17. Прокопченков Д. В. Системный анализ химического состава шунгитовой породы, как основы ее биологической активности. Автореферат кандидата биологических наук. Тула: ТулГУ, 2008. 26 с.
  18. 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.
  19. Соболенкова В. С. Системный анализ в ранней диагностике и лечении остеопенического синдрома при муковисцидозе. Автореферат кандидата медицинских наук. Тула: ТулГУ, 2009. 30 с.
  20. Хадарцев А.А., Яшин А. А., Еськов В. М., Агарков Н. М., Кобринский Б. А., Фролов М. В., Чухраев А. М., Хромушин В. А., Гонтарев С. Н., Камнев Л. И., Валентинов Б. Г., Агаркова Д. И. Информационные технологии в медицине: Монография. Тула, 2006. 272 с. (в формате pdf)
  21. Хадарцева К. А. Системный анализ параметров вектора состояния организма женщин репродуктивного возраста при акушерско-гинекологической патологии. Автореферат доктора медицинских наук. Тула: ТулГУ, 2009. 43 с.
  22. Холодова Ю. Г. Системные принципы оценки фенотипической изменчивости насекомых. Автореферат кандидата биологических наук. Тула: ТулГУ, 2009. 20 с.
  23. Хромушин В. А. Методология обработки информации медицинских регистров: Монография. Тула: Изд-во ТулГУ, 2004. 120с.
  24. Хромушин В. А. Системный анализ и обработка информации медицинских регистров в регионах. Автореф. дис. доктора биол. наук. Тула: ТулГУ, 2006. 44с.
  25. Хромушин В.А., Черешнев А. В., Честнова Т. В. Информатизация здравоохранения. Тула: ТулГУ, 2007. 207 с.
  26. 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. XV. № 4. С. 173–174.
  27. 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. XV. № 3. С. 174–175.
  28. Хромушин В.А., Хадарцев А. А., Бучель В. Ф., Хромушин О. В. Алгоритмы и анализ медицинских данных. Тула: «Тульский полиграфист», 2010. 123с.
  29. 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.
  30. Хромушин В.А., Махалкина В. В. Обобщенная оценка результирующей алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. Тула, 2009. № 3. С. 39–40.
  31. Хромушин В. А. Использование алгебраических моделей конструктивной логики в медицине и биологии // XXXV научно-практическая конференция профессорско-пре-

- подавательского состава ТулГУ «ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ: ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА»: Сборник статей. Тула, 2009. С. 147–154.
32. 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.
  33. 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>.
  34. Хромушин В.А., Копырин И.М., Хромушин О.В., Наумова Э.М. Особенности интерпретации алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. XVIII. № 4. С. 272–273.
  35. Хромушин В.А., Китанина К.Ю., Дайльнев В.И., Ластовецкий А.Г. Оценка целе-направленности 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>.
  36. Хромушин В.А., Ластовецкий А.Г., Дайльнев 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.
  37. Хромушин В.А., Паньшина 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. 2013. № 1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4171.pdf>.
  38. 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>.
  39. Хромушин В.А., Лукина Т.С., Хромушин О.В., Паукова 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.
  40. 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.
  41. 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.
  42. 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.
  43. Хромушин В.А., Китанина К.Ю., Ластовецкий А.Г., Аверьянова Д.А. Тактика применения алгебраической модели конструктивной логики 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> (дата обращения: 24.08.2016). DOI:10.12737/21275.
  44. 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.
  45. 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>.
  46. Честнова Т.В., Щеглов В.Н., Хромушин В.А. Контекстно-развивающаяся база данных для логической интеллектуальной системы, используемой в здравоохранении // Эпидемиология и инфекционные болезни. Москва, 2001. № 4. С. 38–40.
  47. Честнова Т.В. Системный анализ и управление микробиологическим мониторингом при листериозе. Автореферат доктора биологических наук. Тула: ТулГУ, 2003. 36 с.
  48. Щеглов В.Н. Алгебраические модели конструктивной логики для управления и оптимизации химико-технологических систем. Автореферат кандидата технических наук. Ленинград: Технологический институт им. Ленсовета, 1983. 20 с.
  49. Щеглов В.Н., Хромушин В.А. Интеллектуальная система на базе алгоритма построения алгебраических моделей конструктивной (интуиционистской) логики // Вестник новых медицинских технологий. Тула, 1999. № 2. С. 131–132.
  50. 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.

## THE USE OF AN ALGEBRAIC MODEL OF A CONSTRUCTION LOGICS IN VEST-MEDICAL MEDICINE

(review of materials of own research for 34 years)

K. YU. KITANINA, V. A. KHRMUSHIN, E. M. NAUMOVA, V. A. ZHEREBTSOVA

*An important aspect of the study of the health status of the population and the quality of its life is the use of methods of multifactor analysis, greatly expanding the possibilities of the re-searcher on the topic of restorative medicine. Among the various methods of multifactorial analysis, the algebraic model of constructive logic, allowing to perform multifactor analysis without preliminary training, possesses the transparency of the result and the means of its analysis. For in-depth study of public health, quality of life, and evaluation of the effectiveness of the analyzed rehabilitation method, monitoring is required, involving the accumulation of data for the factors chosen for the analysis and the resulting target values. Observation should be continuous. In the article, based on many years of experience in using the algebraic model of constructive logic in analytical work, recommendations are formulated for a multivariate analysis on the main thematic areas of restorative medicine. From the presented recommendations it follows that the considered algorithm and the developed methods of analysis can be successfully used for analytical studies on the topic of restorative medicine.*

**Keywords:** *analysis, mathematical model, restorative medicine.*