

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ НЕЧЕТКОЙ ИМПЛИКАЦИИ В ЗАДАЧЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО МЕДИЦИНЕ

доктор технических наук, профессор *Гардашова Л. А.*,
аспирант *Гаджиева Т. А.*

Азербайджан, Баку, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

ARTICLE INFO

Received 24 May 2017

Accepted 05 June 2017

Published 05 July 2017

KEYWORDS

fuzzy logic,
fuzzy implication,
decision making,
breast cancer.

ABSTRACT

In this paper presents the results of comparative analysis of fuzzy implications in problems of fuzzy identification and synthesis of medical knowledgebase systems operating in uncertain environment. The optimal implication is determined for fuzzy inference. Also in paper is represented the knowledgebase of decision making problem, as example of the breast cancer for given fuzzy implication, and determining of the optimal implication problem is solved from adequacy of view point

© 2017 The Authors.

Введение. Раком молочной железы [1] называют злокачественные опухоли, развивающиеся из клеток железистой ткани, в результате произошедшей в них мутации. К сожалению, полной информации о причинах возникновения этой болезни у учёных пока нет. Тем не менее, её развитие связывают с определёнными обстоятельствами, наиболее часто предвещающими его появление. К ним относятся: возраст; использование гормональных препаратов; травмы молочных желёз; наличие в анамнезе случая рака груди; воздействие радиации; лишний вес; раннее начало менструации и позднее – менопаузы; отсутствие детей или поздние роды; курение или злоупотребление алкоголем; сахарный диабет; работа по графику с ночными сменами. Диагностика рака молочной железы – это комплексный метод исследования, который состоит из достаточно большого списка различных методов диагностики, применяемые в современной медицине. К сожалению, в настоящее время лечение рака на молекулярном уровне, на основе простых известных принципов, не даёт желаемых результатов. Клинические проявления, характеристики опухоли, а также молекулярные опухолевые маркеры, применяемые для идентификации различных категорий факторов риска, на основе которых проводится лечение, при этом учитывая особенности для каждого отдельного случая.

Особенностью же характеристики медицинских информационных систем является то, что они объединены системой поддержки

принятия медицинских решений в нечеткой неопределенной среде. Диагноз болезни включает в себя несколько уровней неопределенности и нечеткости [1]. Согласно бинарной логике, для данного состояния у нас есть только два логических значения: истинно - ложное, черно-белое, 1-0. В реальной жизни, вещи не являются черными или белыми, а большей частью – серые. Таким образом, во многих практических ситуациях, удобно рассмотреть промежуточные логические значения. Неопределенность, в настоящее время, имеет большое значение для науки и нечеткой логики, являясь способом моделирования и общения с помощью естественного языка. Очевидно, что в настоящее время, существенно увеличилось количество прикладных систем искусственного интеллекта не на базе символической обработки, а на базе нечеткой обработки (fuzzy computing) и др.

Теория искусственного интеллекта сегодня широко применяется в самых разнообразных областях человеческой деятельности, в том числе и в медицине. В этой области, были разработаны многие Системы поддержки принятия решений (Decision Support System), такие как Aaphelp, Internist I, Mycin, Emycin, Casnet /Glaucoma, Pip, DXplain, Краткий Медицинский Справочник, Isabel, Refiner Series System и PMA [2-7], которые помогают врачам в диагностике и лечении различных заболеваний. Многие DSS для лечения рака были разработаны в качестве ONCOCIN [1], OASIS, Lisa [8, 9]. Имеются множество медицинских

приложений[10], использующих нечеткую логику, такие как CADIAG [11], MILORD, [11], DOCTORMOON [12], TxDENT [13], MedFrame / CADIAG-IV [14], Fuzzy Exper system [14] и MDSS [15]. Для рака молочной железы, DSS очень важен, поскольку этот диагноз является наиболее распространенной причиной смерти женщин во всем мире.

Анализируя возможности работы этих систем можно сказать, что нечеткая логика является качественным вычислительным подходом, представляющим собой метод, делающий точным то, что является неточным, в частности, в мире медицины.

Постановка задачи. Основная цель данной работы является использование нечеткой логики, для рассмотрения вопроса с неопределенностью в диагностике рака для группы риска и выбор оптимальной нечеткой импликации в задаче принятия решений на примере рака молочной железы, а также в определении фактора риска, рецидива рака и смертности среди ранее диагностированных пациентов. Эта система имеет шесть входных переменных (тесты HER2, рецепторы гормонов, возраст, стадия злокачественности опухоли, размер опухоли и лимфатических узлов) и одну выходную переменную (степень риска).

Сначала, описывают входные переменные. На втором шаге, вводят выходную переменную. На следующем этапе, демонстрируются правила системы и процесс выбора импликации.

Переменные входных сигналов:[1]

1) HER2: Стенд для "Человеческого Эпидермального фактора роста Рецептор 2", представляющий собой мембранный белок, играющий ключевую роль в передаче сигналов факторов роста. Один из наиболее значимых молекулярных маркеров. Избыточное количество этого рецептора на поверхности раковых клеток свидетельствует о высокоагрессивной форме рака молочной железы. [18]. Там входная переменная имеет два нечетких множества "Негативный" и "Позитивный". Диапазон нечетких множеств (HER2), определены в таблице 1[1].

Таблица 1. Диапазон нечетких множеств HER2

Входная область	Уровни	Нечёткие множества
Her2	≤ 1.5	Негатив
	1.5 - 3	Вероятность или Негатива или Позитива
	≥ 3	Позитив

2) Гормональный рецептор: Рак груди может содержать рецепторы женских половых гормонов, к которым прикрепляются эстрогены и прогестерон. В результате образуются комплексы гормон – рецептор, которые способствуют росту опухолевых клеток. Наличие рецепторов женских половых гормонов является важным при выборе лечения рака груди. [19]. Эта переменная ввода имеет четыре нечетких множества: негативное, слабо - позитивное, умеренно - позитивное и сильно - позитивное. Таблица 2 идентифицирует диапазон нечетких множеств.

Таблица 2. Нечёткие множества гормональных рецепторов [1]

Входная область	Уровни	Нечёткие множества
Гормоны	≤ 10	Негатив
	10 - 15	Вероятность или Негатива или Слабо - позитива
	15 - 20	Вероятность или Слабо-позитива или Умеренно-позитива
	20 - 35	Умеренно – позитив
	35 - 40	Вероятность или Умеренно-позитива или Сильно-позитива
	≥ 40	Сильно - позитив

3) Возрастной фактор риска: Эта переменная ввода имеет три нечетких множества, очень высокий, высокий и низкий возрастной риск. Таблица 3 идентифицирует диапазон нечетких множеств.

Таблица 3. Нечёткие множества возрастного риска[1]

Входная область	Уровни	Нечёткие множества
Возраст	≤ 20	Очень высокий риск
	20 - 30	Вероятность или Очень высокого или Высокого риска
	30 - 35	Высокий риск
	35 - 45	Вероятность или Высокого или Низкого риска
	≥ 45	Низкий риск

4) Характеристика опухоли: Описание опухоли в зависимости от того, как аномальные раковые клетки выглядят под микроскопом, и как быстро опухоль может расти и распространяться [20]. Оценка системы различны для каждого типа рака. Эта входная переменная имеет три нечетких множества: Стадия 1, Стадия 2, Стадия 3. В таблице 4 определяется диапазон нечетких множеств.

Таблица 4. Нечёткие множества стадии опухоли[1]

Входная область	Уровни	Нечёткие множества
Стадии	≤ 4	Стадия 1
	4 - 5.5	Вероятность или Стадия 1 или Стадия 2
	5.5 - 6	Стадия 2
	6 - 7.5	Вероятность или Стадия 2 или Стадия 3
	≥ 7.5	Стадия 3

5) Лимфо-узел: лимфатический узел является частью лимфатической системы. Лимфатические сосуды соединены с лимфатическими узлами, по которым раковые клетки могут распространяться от первичного очага опухоли [21]. Эта переменная ввода равна нулю или имеет два нечётких множества, являющиеся количественно средним (средний №) и количественно большое (высокий №). Таблица 5 идентифицирует диапазон нечётких множеств переменной лимфатических узлов.

Таблица 5. Нечёткие множества лимфатических узлов [1]

Входная область	Уровни	Нечёткие множества
Лимфо-узел	1 - 2	Средний №
	2 - 10	Вероятность или Средний № или Высокий №
	≥ 10	Высокий №

6) Размер опухоли: Эта переменная имеет два входных нечётких множества малый и средний размер. Таблица 6 идентифицирует диапазон нечётких множеств переменного размера опухоли.

Таблица 6. Нечёткие множества размеров опухоли [1]

Входная область	Уровни	Нечёткие множества
Опухоль	≤ 2	Малый размер
	2 - 4	Вероятность или Малый или Средний размер
	≥ 4	Средний размер

Таблица 8. База правил системы

Правило №	HER2	Гормональные рецепторы	Риск возраста	Стадии	Размер опухоли	Лимфо-узел	Степень риска
1	Негатив	Слабо-позитив	Низкий	Стадия 1	Малый	Ноль	Низкий
2	Негатив	Слабо-позитив	Высокий	Стадия 1	Малый	Ноль	Низкий
3	Негатив	Умеренно-позитив	Низкий	Стадия 1	Малый	Ноль	Низкий
4	Негатив	Любой	Любой	Стадия 2	Любой	Ноль	Средний
5	Негатив	Любой	Любой	Стадия 3	Любой	Ноль	Средний
6	Позитив	Любой	Любой	Любой	Любой	Средний	Высокий
7	Любой	Любой	Любой	Любой	Любой	Высокий	Высокий

Переменная выходного сигнала: Выходная переменная принимает значение от 1 до 4. От увеличения значения, повышается степень риска опухоли. Этот выход имеет три нечётких множества: низкий уровень риска, средний и высокий. Таблица 7 идентифицирует диапазон нечётких множеств.

Таблица 7. Нечёткие множества степени риска выходной переменной[1]

Входная область	Уровни	Нечёткие множества
Степень риска	0 - 2	Низкий риск
	1 - 3	Средний риск
	2 - 4	Высокий риск

Используя вышеприведенные лингвистические термины определены правила, описывающие статус степени риска. На основе этих правил суть проблемы заключается в анализе нечетких логик и в выборе соответствующей нечеткой импликации путем эксперимента в нечеткой среде.

Решение задачи выбора оптимальной импликации. Нечёткая база правил.

База правил составляется на основе консультаций врачей. Она состоит из 7 правил, которые определяют факторы риска (высокий, средний и низкий) по оценке входных переменных, упомянутых выше. Позитивный гормональный уровень рецептора не имеет никакого значения для характеристики риска. Тем не менее, он играет важную роль для принятия в дальнейшем решения по лечению. База правил показана в таблице 8.

Выше приведены обозначения лингвистических термов. Фрагмент нечетких множеств, в виде треугольника приведен ниже (Рис. 1).

Список используемых нечетких импликаций [2] приведен в таблице 9.

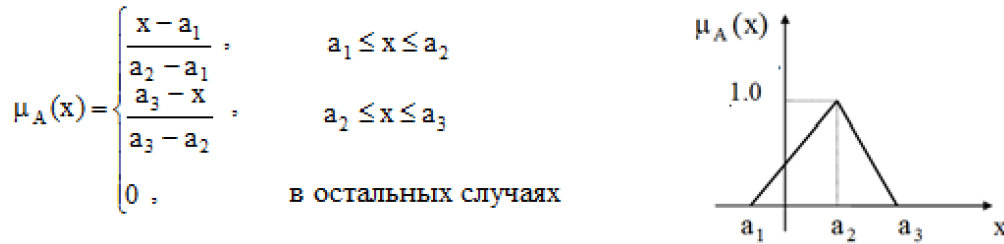


Рис. 1. Фрагмент нечетких множеств в виде треугольника

Таблица 9

Ali 1	$x \rightarrow y = \begin{cases} 1 - x, & \text{если } x < y \\ 1, & \text{если } x = y \\ y, & \text{если } x > y \end{cases}$
Ali 2	$x \rightarrow y = \begin{cases} 1, & \text{если } x \leq y \\ \min\{1 - x, y\}, & \text{если } x > y \end{cases}$
Ali 3	$x \rightarrow y = \begin{cases} 1, & \text{если } x \leq y \\ \frac{y}{x + (1 - y)}, & \text{иначе} \end{cases}$
Larsen	$x \rightarrow y = xy$

С использованием вышеприведенных типов правил сравнены нечеткие импликации и полученные результаты на основе компьютерной симуляции приведены в таблице 10:

Таблица 10. Результаты компьютерной симуляции

Оператор импликации Larsen		Оператор импликации Ali 1	
Y1	0.967	Y1	2.451
Y2	2.1935	Y2	0
Y3	1.1937	Y3	0.2176
Y4	0.7138	Y4	1.9894
Y5	0.3146	Y5	0.656
Y6	1.9196	Y6	0.4355
Y7	1.9197	Y7	0.4357
p	9.2219	p	6.1852
Оператор импликации Ali 2		Оператор импликации Ali 3	
Y1	1.2299	Y1	1.8738
Y2	0.208	Y2	0.197
Y3	0.5413	Y3	0.1658
Y4	1.4036	Y4	0.1044
Y5	0.3872	Y5	0.2519
Y6	0.934	Y6	1.1738
Y7	0.934	Y7	1.9892
p	5.638	p	5.7559

Находя min среди полученных значений получим следующий результат: $J = \min(p) = 5.638$. Отсюда можно сделать вывод, что оптимальной импликацией будет импликация Ali 2 со значением J.

Заключение. В этой статье описывается конструкция системы нечёткой импликаций поддержки принятия решений для определения степени риска развития рака молочной железы, в ситуациях с разными данными и неточностями, которые могут быть использованы врачами-онкологами для лечения рака.

При выборе оптимальной импликации проанализированы работы, проведенные в области создания и применения нечетких импликаций, построены матрицы отношений с помощью нечетких импликаций, был проведен сравнительный анализ и выявлено, что наиболее подходящей является импликация Ali. Конструкция системы основана на функции принадлежности, входных и выходных переменных, а также базе правил.

Благодарность. Рак молочной железы – одно из самых тяжелых и распространенных заболеваний. Важнейшей задачей является её обнаружение при первых симптомах, а также выявление дальнейшего прогрессирования. Сбор и обработка информации для постановки диагноза, лечения, а также стратификации риска рака молочной железы, требует от врачей и специалистов, работающих в области современных технологий, больших усилий.

Авторы статьи благодарят врача-онколога Р.М.Эйналову, имеющую большой опыт в определении и лечении рака молочной железы, за оказание помощи и даче полезных советов для подготовки, используемых в статье баз знаний в области медицины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ahmed Abou Elfetouh Saleh, Sherif Ebrahim Barakat, Ahmad Awad Ebrahim Awad A Fuzzy Decision support for management of breast cancer. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 2, No.3, 2011, pp 34-40

2. Aliev, R.A., Fazlollahi B, Aliev R.R. Soft Computing and its application in business and economics, Springer Verlag, 2004, 446 p.
3. "Клиническая система поддержки принятия решений" доступны на <http://www.openclinical.org/dss.html>.
4. "Использование поддержки принятия решений, чтобы помочь объяснить клинические проявления болезни", доступна на <http://lcs.mgh.harvard.edu/projects/dxplain.html>.
5. А. Эйкен, Д. Sleeman "АКТ-R4:" Поддержка исследованию Web Знаний", Шотландия, 2005.
6. С. Гудман, "Пилот Ссылка на организации, оценки и информационные ресурсы по обслуживанию Технологии", Национальная Академия Пресс, 1988.
7. М. Л. Грабер и А. Mathew, "производительность Web-База Клинической Диагностики системы для поддержка терапевтов", Общество общей внутренней Медицина, США, 2007.
8. "Бесплатный онлайн Пациент поиск" доступен на : HTTP: [//www.freepatentsonline.com/](http://www.freepatentsonline.com/).
9. J. H. Knab, M.З. Уоллес, Р. Л. Вагнер, Дж Tsoukatos и М. Б. Weinger, "Использование компьютерной базы в системе поддержки принятия решений Облегчает Первичную помощь Врачами снятия хронической боли", Anesth Analg журнал, том. 93, стр 712-720, сентябрь 2001.
10. П. Хаммонд и М. Sergot "Компьютерная поддержка на основе протокола Лечение онкологических заболеваний", журнал Логического программирования, т. 26, стр 93- 111, 1996.
11. J. Р. Бери, С. Херт, С. Бейтман, С. Атуол, К. Ridy, J. Fox и В. Саа, "ЛИЗА: Клиническая информация и системы поддержки принятия решений для Детство острый лимфобластный лейкоз "Труды АМИА Ежегодный симпозиум, Великобритания Лондон, стр. 988, 2002.
12. А. Торрес и J. J. Ньюто, "Нечёткая логика в медицине и Биоинформатика", Хиндави, журнал Биомедицина и биотехнологии, ID статьи 91908, с 1-7, 2006.
13. Ахмад, Y., и Хусайн, S. (2010). Применяя интуитивный нечёткий подход к снижению поиска областей в редких случаях. Международный журнал передовых компьютерных наук и приложений - IJACSA, 1 (4).
14. B.F. Aliev, L.A. Gardashova. Diagnostics System For A Pulpitis Under Second Order Uncertainty. Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation Tashkent, Uzbekistan, November 25-27, 2010, pp.317-322
15. Н. Н. Phuong "теории нечетких множеств и медицинских экспертных систем: обследования и модель", Теория и практика информатики книги Springer Berlin /Heidelberg издатель, т. 1012, стр 431-436, 1995.
16. Н. Н. Фьюнг и В. Крейнович, "Нечеткая логика и ее приложения в медицина", Международный журнал медицинской информатики, т. 62, вып. 23, стр. 165-173, 2001.
17. Н. Kawahata и М. И. MacEntee, "Мера соглашения между Клиницисты и компьютерной системы поддержки принятия решений по планированию Лечение зубов", журнал стоматологического образования, Vol. 66, Issue. 9, стр. 1031-1037, 2002.
18. А. Р. Филью, "MDSS, медицинская система поддержки Диагноз", 2008 С. Омар, Х. Халед, Р. Гаафар, А.Р. Zekry, С. Эйссе и О. Эль-Хатиб, "Рак молочной железы в Египте: обзор проявлений болезни и обнаружения стратегии", Восточно-журнал здоровья Средиземноморья, т. 9, № 3, с. 448. 463, 2003.
19. J.C. Бездек "Редакция: нечеткие модели? Что они, и почему?" IEEE Transactions на нечетких систем, т. 1, стр 1-5, февраль 1993 года.
20. "HER2" доступна на <http://www.herceptin.com/her2-breastcancer/testing-education/what-is.jsp>
21. "Гормон Рецепторы настоящее время?" Доступен на http://www.breastcancer.org/symptoms/diagnosis/horm_receptors.jsp
22. "Словарь терминов рака" доступны на <http://www.cancer.gov/dictionary/?CdrID=45702>
23. "Национальный институт рака сторожевого лимфатического узла Биопсия" доступны на <http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/therapy/sentinel-nodebiopsy>