

Copyright © 2015 by Sochi State University



Published in the Russian Federation
Sochi Journal of Economy
Has been issued since 2007.
ISSN: 1996-9005
Vol. 37, Is. 3-2, pp. 32-41, 2015

www.vestnik.sutr.ru



UDK 311:61

Population Morbidity in the Fuzzy Sets Model of Public Health

Irina L. Makarova

Sochi state university, Russian Federation
354000 Krasnodar region, Sochi, Sovetskaya Str., 26 a
PhD (technical), associate professor
E-mail: ratton@mail.ru

Abstract

Fuzzy sets approach of creation of an integrated indicator of incidence of the population with use of the standard five-level O1 qualifier and the matrix scheme is considered. The assessment of indicators of incidence for various age groups of the population according to statistical supervision for subjects of the Russian Federation, and also the analysis of results of calculation is carried out.

Keywords: linguistic variable, functions of accessory, fuzzy sets model, the fuzzy qualifier, the unifying transformation, integrated indicator of morbidity.

Введение

Здоровье населения – это важнейший индивидуальный и общественный ресурс. Государство и общество всегда будут заинтересованы в увеличении числа здоровых граждан, как с экономической, так и с социальной позиций. Главным образом здоровые люди способны созидать, строить, восстанавливать, защищать, создавать возможности для содержания социально уязвимых групп населения и давать здоровое потомство.

Несмотря на всю сложность и многозначность самого понятия здоровья, существует множество различных подходов и приемов, позволяющих его оценить и выразить количественно. Однако не существует единого общепризнанного способа оценки уровня здоровья. Есть мнение, что одним из наиболее распространенных показателей в оценке здоровья населения является заболеваемость [1]. Поскольку заболеваемость населения считается одним из основных факторов, характеризующих состояние здоровья населения, она присутствует, практически, во всех моделях здоровья населения. Заболеваемость определяется числом заболеваний, впервые зарегистрированных в данном календарном году среди определенной группы населения. Она показывает уровень, частоту распространения всех болезней вместе взятых и каждой в отдельности среди всего населения, а также различных групп.

При анализе заболеваемости за ряд лет можно получить представление о частоте возникновения и динамике заболеваемости, а также об эффективности комплекса социально-гигиенических и лечебных мероприятий, направленных на её снижение. Международная номенклатура и классификация болезней и причин смерти позволяет исследовать заболеваемость по единым принципам и получать сопоставимые итоги.

Изучение уровня и характера заболеваемости необходимо для оценки тенденций в состоянии здоровья населения, эффективности медицинских и социальных мероприятий, планирования различных видов специализированной медицинской помощи,

рационального использования материальных и кадровых ресурсов системы здравоохранения.

Проанализируем динамику заболеваемости населения по основным классам, группам и отдельным болезням, используя данные официальной статистики [8 – 14]. На Рис. 1 представлена динамика заболеваемости взрослого населения, показывающая рост заболеваемости практически по всем классам и группам болезней. Исключение составляют инфекционные и паразитарные болезни. Травмы и отравления, болезни нервной системы и органов чувств вместе с болезнями органов дыхания являются «лидерами» заболеваемости взрослого населения. Болезни системы кровообращения и новообразования замыкают этот список, хотя возглавляют перечень причин смертности населения. Наличие у населения болезней органов дыхания.

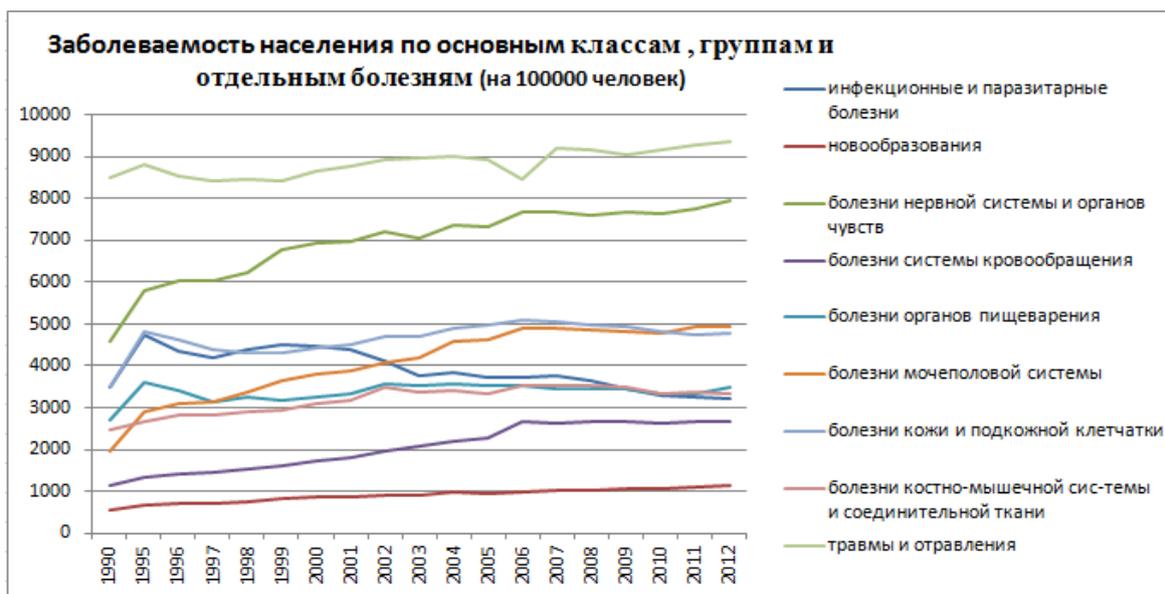


Рис. 1. Заболеваемость населения по основным классам, группам и отдельным болезням

представлено на отдельном рисунке (Рис. 2), поскольку масштаб заболеваемости этими болезнями не сопоставим ни с какими другими. Надо сказать, что болезни органов дыхания составляют порядка 40 %, 59 % и 45 % общей заболеваемости соответственно у взрослого населения, детей в возрасте 0 – 14 лет и подростков в возрасте 15 – 17 лет. Видно, что заболеваемость взрослого населения практически не меняется на протяжении более чем 20 лет, тогда как дети и подростки демонстрируют стабильное увеличение заболеваемости органов дыхания. Резкое падение заболеваемости органов дыхания у детей и подростков в 2001 году, по всей видимости, свидетельствует об ошибках учета, сбора или представления.

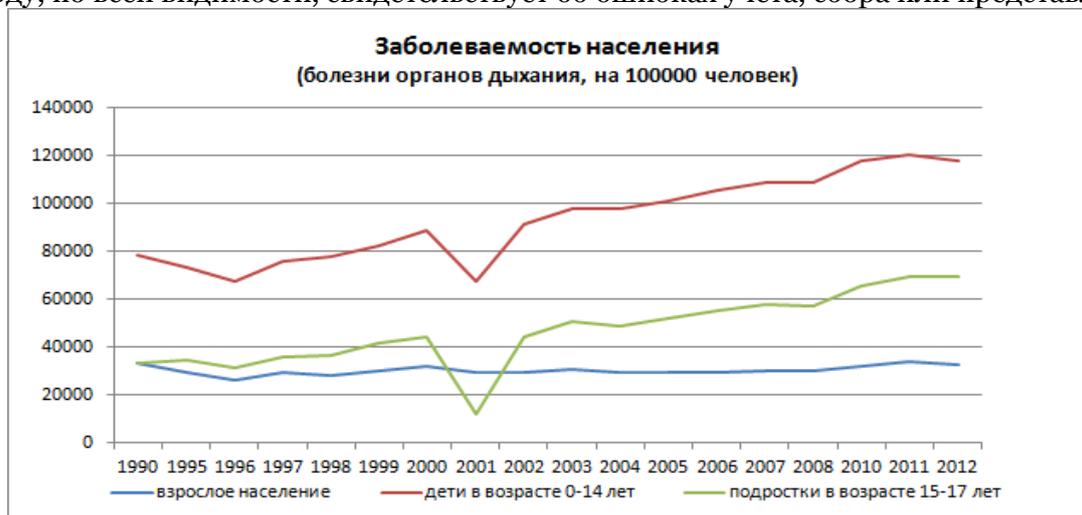


Рис. 2. Заболеваемость населения (болезни органов дыхания)

На рис. 3 и 4 показана динамика заболеваемости детей и подростков. Медленный, но рост заболеваемости практически по всем классам и группам болезней у детей сменяется быстрым ростом у подростков. Особенно это касается травм и отравлений, болезней нервной системы.

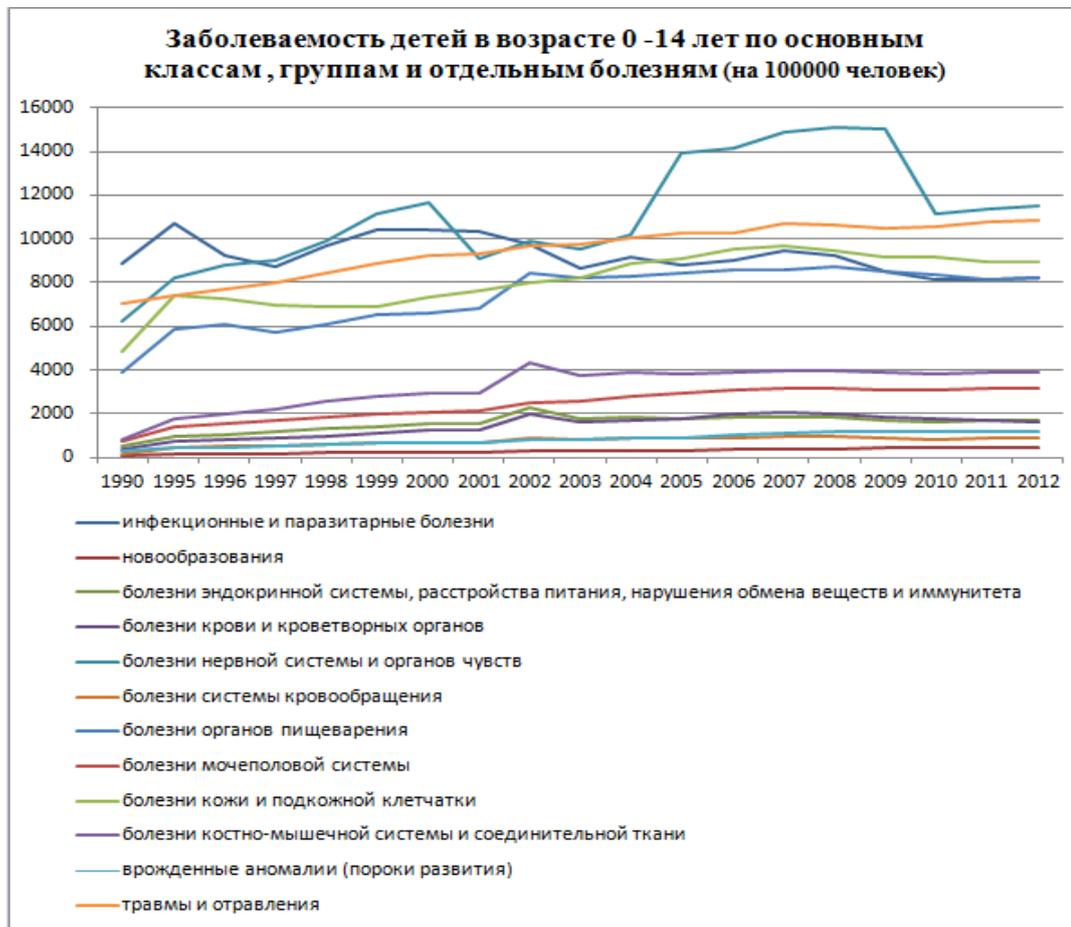


Рис. 3. Заболеваемость детей в возрасте 0-14 лет по основным классам, группам и отдельным болезням

Представленная картина заболеваемости свидетельствует о постоянном росте показателя заболеваемости во всех группах населения. Это может говорить как о снижении уровня здоровья населения, так и об увеличении охвата населения медицинским обслуживанием, росте числа обращений населения за медицинской помощью. Действительный уровень здоровья населения может быть определен только на основе интегральной оценки всех факторов, составляющих общественное здоровье. Поэтому возможные описания множества частных показателей имеет большое значение для моделей интегрального показателя общественного здоровья.



Рис. 4. Заболеваемость подростков в возрасте 15-17 лет по основным классам, группам и отдельным болезням

Материалы и методы

Для построения модели интегрального показателя общественного здоровья, учитывающего частные показатели различной природы, воспользуемся идеей нечетко-множественного описания этих показателей [4, 5, 6]. Построим нечетко-множественные модели заболеваемости населения различных возрастов.

Введем лингвистические переменные Y^I, Y^{II}, Y^{III} – показатели заболеваемости по обращаемости, соответственно, взрослого населения, детей в возрасте 0-14 лет и подростков в возрасте 15-17 лет, имеющие по пять значений каждый: Y_1^i – очень высокий уровень заболеваемости; Y_2^i – высокий уровень заболеваемости; Y_3^i – средний уровень заболеваемости; Y_4^i – низкий уровень заболеваемости; Y_5^i – очень низкий уровень заболеваемости, $i = I, II, III$.

Для разбиения множеств значений показателей заболеваемости на нечеткие подмножества воспользуемся стандартным пятиуровневым нечетким 01-классификатором [2, 3, 4]. Носителем этого классификатора является $[0; 1]$ (Рис.5, Таблица 1).

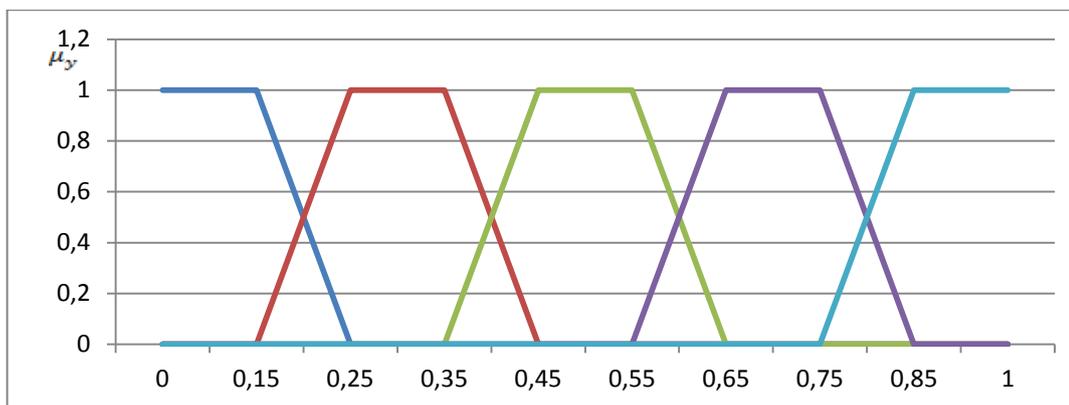


Рис. 5. Функции принадлежности значений лингвистических переменных Y^I, Y^{II}, Y^{III}

Таблица 1

Классификация значений $Y^j, i = \overline{1; 3}, j = I; II; III$

Интервал значений y	Уровень Y_i	Функция принадлежности
$0 \leq y \leq 0,15$	Y_1	$\mu_y = \mu_1 = 1$
$0,15 < y < 0,25$	Y_1 Y_2	$\mu_y = \mu_1 = 2,5 - 10y$ $\mu_y = \mu_2 = 10y - 1,5$
$0,25 \leq y \leq 0,35$	Y_2	$\mu_y = \mu_2 = 1$
$0,35 < y < 0,45$	Y_2 Y_3	$\mu_y = \mu_2 = 4,5 - 10y$ $\mu_y = \mu_3 = 10y - 3,5$
$0,45 \leq y \leq 0,55$	Y_3	$\mu_y = \mu_3 = 1$
$0,55 < y < 0,65$	Y_3 Y_4	$\mu_y = \mu_3 = 6,5 - 10y$ $\mu_y = \mu_4 = 10y - 5,5$
$0,65 \leq y \leq 0,75$	Y_4	$\mu_y = \mu_4 = 1$
$0,75 < y < 0,85$	Y_4 Y_5	$\mu_y = \mu_4 = 8,5 - 10y$ $\mu_y = \mu_5 = 10y - 7,5$
$0,85 \leq y \leq 1$	Y_5	$\mu_y = \mu_5 = 1$

Узловыми точками выступают числа $\alpha_j = \{0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9\}$, равноотстоящие друг от друга, симметричные относительно узла 0,5 и являющиеся абсциссами максимумов соответствующих функций принадлежности. Так как нам известны лишь множества возможных значений показателей Y^I, Y^{II}, Y^{III} , то такой классификатор обеспечит максимально достоверный выбор между качественной и количественной оценками уровня показателя. Непротиворечивость классификатора подтверждается тем, что сумма всех функций принадлежности для любого текущего значения y равна единице.

Для каждого из показателей $Y^i (i = I, II, III)$ введем одинаковый набор частных показателей $X = \{X^j\}$, которые представляют собой заболеваемость по основным классам и группам болезней: X^1 - некоторые инфекционные и паразитарные болезни; X^2 - новообразования; X^3 - болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм; X^4 - болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ; X^5 - болезни нервной системы; X^6 - болезни глаза и его придаточного аппарата; X^7 - болезни уха и сосцевидного отростка; X^8 - болезни системы кровообращения; X^9 - болезни органов дыхания; X^{10} - болезни органов пищеварения; X^{11} - болезни кожи и подкожной клетчатки; X^{12} - болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани; X^{13} - болезни мочеполовой системы; X^{14} - врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения; X^{15} - травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин.

Для каждого частного показателя заболеваемости зададим лингвистические переменные X_i^j - уровень показателя $X^j, i = \overline{1,5}, j = \overline{1,15}$. В качестве классификаторов текущих значений x показателей X_i также используем стандартные пятиуровневые классификаторы на 01-носителе (Рис.5, Таблица 1).

Значение интегрального показателя Y^i можно будет получить по формуле двойной свертки [2, 3, 4]:

$$Y^i = \sum_{j=1}^5 \alpha_j \sum_{k=1}^{15} r_k \mu_{kj}(x_k),$$

где α_j - узловые точки стандартного пятиуровневого классификатора, r_k - вес k -того показателя в свертке, $\mu_{kj}(x_k)$ - значение функции принадлежности j -того качественного уровня относительно текущего значения k -того показателя. Теперь значение Y^i можно распознать с помощью принятого стандартного классификатора (Таблица 1).

Для оценки весового коэффициента r_k каждого показателя, нужно расположить все показатели в порядке убывания их значимости. В Таблице 2 частные показатели заболеваемости населения расположены в порядке убывания их значимости, которая определялась главным образом вкладом каждой группы заболеваний в общую заболеваемость, а также причинами смертности населения.

Таблица 2

Значимость частных показателей

Частные показатели в порядке убывания их значимости															
i										0	1	2	3	4	5
Y^I	X_8	X_2	X_{15}	X_{10}	X_9	X_1	X_{11}	X_{13}	X_{12}	X_6	X_7	X_5	X_4	X_3	X_{14}
Y^{II}	X_9	X_{15}	X_2	X_1	X_8	X_{10}	X_4	X_{13}	X_{11}	X_6	X_7	X_5	X_{12}	X_3	X_{14}
Y^{III}	X_9	X_{15}	X_2	X_{11}	X_{10}	X_{13}	X_{12}	X_6	X_1	X_5	X_7	X_4	X_8	X_3	X_{14}

Теперь по правилу Фишберна вес показателя будет равен

$$r_i = \frac{2(N - i + 1)}{(N + 1)N}.$$

Если все показатели обладают равной значимостью (равнопредпочтительны или системы предпочтений нет), то $r_i = 1/N$. В нашем случае $N = 15$.

В [2, 3, 4] предлагается построить матрицу, где по строкам расположены частные показатели, а по столбцам – их качественные уровни. На пересечении строк и столбцов лежат значения функций принадлежности соответствующих качественных уровней. Если дополнить матрицу еще одним столбцом весов показателей в свертке r_i и еще одной строкой с узловыми точками α_j , то для расчета интегрального показателя будут собраны все исходные данные. Такую схему суммирования называют матричной [2].

Таблица 3

Расчетная таблица

Показатель	Значения функций принадлежности по подмножествам уровней					r_i
	μ_{11}	μ_{12}	μ_{13}	μ_{14}	μ_{15}	
X^1	μ_{11}	μ_{12}	μ_{13}	μ_{14}	μ_{15}	r_1
X^2	μ_{21}	μ_{22}	μ_{23}	μ_{24}	μ_{25}	r_2
...
X^{15}	μ_{151}	μ_{152}	μ_{153}	μ_{154}	μ_{155}	r_{15}
α_j	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	

Результаты

Для унификации исходных данных, т.е. приведения всех значений показателей к безразмерным значениям из [0;1], использовалась кусочно-линейная функция

$$\tilde{x} = \begin{cases} 1, & x \leq x_{min}, \\ \frac{x_{max}-x}{x_{max}-x_{min}}, & x_{min} < x \leq x_{max}, \\ 0, & x > x_{max}, \end{cases}$$

поскольку зависимость показателя и уровня качества является монотонно невозрастающей [7]. Так как для показателей заболеваемости не определены, да, по всей вероятности и не могут быть определены, общепризнанные значения x_{min} и x_{max} , то зададим эти значения следующим образом:

1) рассчитаем среднее многолетнее значение показателя заболеваемости в целом по России – \bar{x} ;

2) определим процент, который составляет величина показателя заболеваемости соответствующего класса в общей заболеваемости от всех болезней – $x\%$;

3) зададим $x_{min} = 0$ и $x_{max} = 10 \cdot k \cdot x\%$, где k – эмпирический коэффициент, равный 1 для взрослого населения, 1,5 – для подростков в возрасте 15 – 17 лет и 2 – для детей в возрасте 0 – 14 лет (другими словами, x_{max} равно $x\%$ от 1000 человек населения, умноженному на соответствующий коэффициент).

В Таблице 4 представлен расчет x_{max} по данным Росстата [8 – 14].

Таблица 4

Расчет x_{max}

Частный показатель	Взрослое население			Дети			Подростки		
	\bar{x}	$x\%$	x_{max}	\bar{x}	$x\%$	x_{max}	\bar{x}	$x\%$	x_{max}
X1	35,173	4,552	45,523	90,315	5,216	104,317	39,789	3,679	36,791
X2	10,345	1,339	13,390	3,574	0,206	4,128	2,830	0,262	2,617
X3	4,864	0,629	6,295	17,255	0,997	19,930	6,339	0,586	5,862
X4	10,518	1,361	13,613	17,609	1,017	20,339	22,428	2,074	20,738
X5	16,173	2,093	20,932	37,131	2,144	42,888	33,175	3,068	30,676
X6	34,118	4,416	44,158	54,859	3,168	63,364	48,625	4,496	44,962
X7	25,636	3,318	33,180	48,304	2,790	55,793	26,216	2,424	24,241
X8	25,464	3,296	32,957	8,554	0,494	9,880	13,357	1,235	12,350
X9	315,191	40,794	407,942	1028,423	59,393	1187,867	495,739	45,839	458,387
X10	34,636	4,483	44,829	81,103	4,684	93,677	57,425	5,310	53,098
X11	48,682	6,301	63,007	87,363	5,045	100,907	69,850	6,459	64,587
X12	33,982	4,398	43,982	37,602	2,172	43,432	47,109	4,356	43,559
X13	47,627	6,164	61,643	28,223	1,630	32,599	47,921	4,431	44,310
X14	1,936	0,251	2,506	9,833	0,568	11,358	2,918	0,270	2,698
X15	91,146	11,797	117,967	101,575	5,866	117,323	122,814	11,356	113,560

Для примера использования предлагаемой нечетко-множественной модели показателей заболеваемости были выбраны данные официальной статистики для Федеральных округов Российской Федерации за два года – 2011 г. и 2012 г. [13]. Были выполнены два варианта расчетов. Первый вариант учитывал выбранную значимость частных показателей. Во втором случае все показатели считались равнозначными. Результаты расчета показателей заболеваемости представлены в Таблице 5.

Результаты расчета

РФ и ФО	взрослое население		дети		подростки	
	с приоритетом	без приоритета	с приоритетом	без приоритета	с приоритетом	без приоритета
2011						
РФ	0,224	0,227	0,117	0,113	0,115	0,120
ЦФО	0,307	0,325	0,158	0,173	0,174	0,214
СЗФО	0,187	0,203	0,105	0,121	0,112	0,136
ЮФО	0,284	0,297	0,217	0,233	0,215	0,235
СКФО	0,340	0,296	0,410	0,372	0,330	0,305
ПФО	0,143	0,142	0,113	0,109	0,112	0,113
УФО	0,222	0,233	0,124	0,122	0,152	0,191
СФО	0,134	0,137	0,115	0,122	0,124	0,125
ДВФО	0,205	0,216	0,120	0,134	0,109	0,119
2012						
РФ	0,209	0,213	0,117	0,116	0,112	0,114
ЦФО	0,282	0,319	0,159	0,177	0,170	0,217
СЗФО	0,183	0,197	0,106	0,122	0,110	0,128
ЮФО	0,258	0,279	0,186	0,209	0,149	0,170
СКФО	0,396	0,342	0,400	0,366	0,295	0,270
ПФО	0,138	0,138	0,100	0,100	0,112	0,113
УФО	0,222	0,222	0,134	0,130	0,145	0,162
СФО	0,158	0,157	0,135	0,142	0,125	0,126
ДВФО	0,210	0,233	0,137	0,151	0,105	0,108

Поскольку наилучшее значение показателей равно 1, в целом по России показатель заболеваемости не превысил значения 0,227, причем в 2012 г. ситуация ухудшилась, что соответствует статистическим данным (Рис. 1), то положение дел с заболеваемостью населения можно считать критической.

По Федеральным округам ситуация не однородна:

- максимальное значение показателей заболеваемости для любой возрастной группы в двух вариантах расчета и два года подряд имеет СКФО. Однако для детей и подростков значение показателей снижается в 2012 г.;

- вторым по величине показателя заболеваемости для всех возрастных групп является ЮФО, но надо отметить ухудшение этих значений по всем направлениям;

- ПФО демонстрирует наихудшую тенденцию: значения показателей заболеваемости является одним из худших и продолжает снижаться;

- в СФО ситуация иная: в 2011 г. показатель заболеваемости взрослого населения является наихудшим, другие показатели занимают среднее положение, но значения всех показателей увеличиваются в 2012 г.;

- в СЗФО и УФО улучшились значения показателей заболеваемости детей, но снизились значения всех остальных показателей;

- ДВФО имеет среднее значение показателей заболеваемости детей и взрослого населения, и эти значения улучшаются в 2012 г. Однако, значение показателя заболеваемости подростков является наихудшим среди всех и продолжает ухудшаться;

- степень достоверности уровня заболеваемости для большинства Федеральных округов показывает, что этот уровень скорее низкий для взрослого населения и очень низкий – для детей и подростков.

Заключение

В заключение отметим, что расчет показателя заболеваемости с использованием для всех частных и обобщенного показателей стандартного пятиуровневого 01-классификатора оправдал себя. Такой подход освобождает от трудоёмкой необходимости сведения различных классификаторов в какой-либо итоговый. Сложность применения нечетко-

множественной модели по-прежнему заключается скорее не в применении нечетко-множественного подхода, а в выборе адекватного унифицирующего преобразования.

Для построения интегрального показателя общественного здоровья с учетом всех его составляющих на основе нечетко-множественной модели необходимы дальнейшие исследования.

Благодарности

Работа поддержана грантом РФФИ № 14-01-00835.

Примечания:

1. Вялков А.И., Гундаров И.А., Полесский В.А. Методология оценки общественного здоровья: определение, показатели, индикаторы, мониторинг//Проблемы управления здравоохранением № 1, 2006 г., с.5-9
2. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний / Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук. – СПб. 2003/ на сайте// [http: sedok.narod.ru/sc_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html)
3. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. СПб.: Типография «Сезам», 2002/ на сайте// [http: sedok.narod.ru/sc_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html)
4. Недосекин А.О. Финансовый менеджмент на нечетких множествах. М.: «Аудит и финансовый анализ», 2003/ на сайте// [http: sedok.narod.ru/sc_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html)
5. Makarova I.L. Fuzzy Sets Model of Demographic Health of the Population// Modeling of Artificial Intelligence, 2014, vol.(4), № 4, p.165-175.
6. Макарова И.Л. Питание населения в нечетко-множественной модели общественного здоровья//Известия СГУ, 2014, № 4-1 (32), с. 30-41
7. Makarova I.L. Unification of Private Indicators of Public Health// Modeling of Artificial Intelligence, 2015, Vol.(6), Is 2, pp.90-97.
8. Здравоохранение в России: Стат. сб./ Госкомстат России. М., 2001. 356 с.
9. Здравоохранение в России. 2005: Стат.сб./Росстат. М., 2006. 390 с.
10. Здравоохранение в России. 2007: Стат.сб./Росстат. М., 2007. 355 с.
11. Здравоохранение в России. 2009: Стат.сб./Росстат. М., 2009. 365 с.
12. Здравоохранение в России. 2011: Стат.сб./Росстат. М., 2011. 326 с.
13. Здравоохранение в России. 2013: Стат.сб./Росстат. М., 2013. 380 с.
14. Демографический ежегодник России. 2010: Стат. Сб./ Росстат. М., 2010. 525 с.

References:

1. Vyalkov A.I., Gundarov I.A., Polesskii V.A. Metodologiya otsenki obshchestvennogo zdorov'ya: opredelenie, pokazateli, indikatory, monitoring//Problemy upravleniya zdravookhraneniem № 1, 2006 g., с.5-9
2. Nedosekin A.O. Metodologicheskie osnovy modelirovaniya finansovoi deyatel'nosti s ispol'zovaniem nechetko-mnozhestvennykh opisaniy / Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni doktora ekonomicheskikh nauk. – SPb. 2003/ na saite// [http: sedok.narod.ru/sc_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html)
3. Nedosekin A.O. Nechetko-mnozhestvennyi analiz riska fondovykh investitsii. SPb.: Tipografiya «Sezam», 2002/ na saite// [http: sedok.narod.ru/sc_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html)
4. Nedosekin A.O. Finansovyi menedzhment na nechetkikh mnozhestvakh. M.: «Audit i finansovyi analiz», 2003/ na saite// [http: sedok.narod.ru/sc_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html)
5. Makarova I.L. Fuzzy Sets Model of Demographic Health of the Population// Modeling of Artificial Intelligence, 2014, vol.(4), № 4, p.165-175.
6. Makarova I.L. Pitaniye naseleniya v nechetko-mnozhestvennoi modeli obshchestvennogo zdorov'ya//Izvestiya SGU, 2014, № 4-1 (32), s. 30-41.
7. Makarova I.L. Unification of Private Indicators of Public Health// Modeling of Artificial Intelligence, 2015, Vol.(6), Is 2, pp.90-97.
8. Zdravookhraneniye v Rossii: Stat.sb./ Goskomstat Rossii. M., 2001. 356 s.
9. Zdravookhraneniye v Rossii. 2005: Stat.sb./Rosstat. M., 2006. 390 s.
10. Zdravookhraneniye v Rossii. 2007: Stat.sb./Rosstat. M., 2007. 355 s.
11. Zdravookhraneniye v Rossii. 2009: Stat.sb./Rosstat. M., 2009. 365 s.
12. Zdravookhraneniye v Rossii. 2011: Stat.sb./Rosstat. M., 2011. 326 s.

13. Zdravookhranenie v Rossii. 2013: Stat.sb./Rosstat. M., 2013. 380 s.
14. Demograficheskii ezhegodnik Rossii. 2010: Stat. Sb./ Rosstat. M., 2010. 525 s.

УДК 311:61

**Заболеваемость населения в нечетко-множественной
модели общественного здоровья**

Ирина Леонидовна Макарова

Сочинский государственный университет, Российская Федерация
354000, Сочи, ул. Советская, 26 а
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: ratton@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен нечетко-множественный подход построения интегрального показателя заболеваемости населения с использованием стандартного пятиуровневого 01-классификатора и матричной схемы. Проведена оценка показателей заболеваемости для различных возрастных групп населения по данным статистических наблюдений для субъектов Российской Федерации, а также анализ результатов расчета.

Ключевые слова: лингвистическая переменная, функции принадлежности, нечетко-множественная модель, нечеткий классификатор, унифицирующее преобразование, интегральный показатель заболеваемости.