

Інформаційні технології в медицині

УДК 519.22: 612.17-017.26:618.3

В.Ю. Дубницький¹, И.Д. Дужий², В.А. Смеянов², С.В. Харченко², А.И. Ходырев¹

¹ Харківський навчально-науковий інститут банківського дела
ГВУЗ «Університет банківського дела», Харків

² Медичинський інститут Сумського державного університета, Суми

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНИ С УЧЁТОМ ФАКТОРОВ ВРЕМЕНИ И УРОВНЯ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ДЕЛЕНИЯ

Получены эмпирические уравнения, устанавливающие связь между количеством госпитализированных больных с диагнозом язвенная болезнь, приходящихся на 10000 чел. (уровнем заболеваемости) и количеством госпитализированных больных, приходящихся на 1000 кв.км. (плотностью заболеваемости) для различных уровней административно-территориального деления Украины. Для изучения влияния изменения плотности заболеваемости на изменение уровня заболеваемости для рассмотренных единиц административно-территориального деления определены функции эластичности и функции мгновенного роста (дивидиры). Предложена модель влияния пространственно-хронологических факторов на уровень заболеваемости. Предложены модели для прогнозирования эпидемического процесса язвенной болезни (язвенных кровотечений желудка и двенадцатиперстной кишки) с учётом факторов времени и уровня административно-территориального деления. Методом ретроспективного прогнозирования выполнена проверка качества предложенной модели. Показано, что качество прогнозирования развития эпидемического процесса язвенной болезни удовлетворяет потребностям практики.

Ключевые слова: язвенная болезнь, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, пространственно-хронологические модели, эластичность функции, дивидира функции, нелинейная регрессия, прогнозирование, простое экспоненциальное сглаживание.

Введение

Успех современных методов лечения язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки (далее язвенной болезни) тесно связан с анализом организации процесса её лечения и устранением выявленных дефектов, что отмечено в работе [1]. Идея основоположника отечественной школы научной хирургии Н.И. Пирогова о том, что будущее принадлежит медицине предохранительной, остается актуальной и сегодня [19]. В соответствии с принятыми в данное время взглядами, изложенными, например, в работах [1...4], данное заболевание рассматривают как проявление хеликобактерной инфекции. Следовательно, процесс его развития зависит от эпидемических, то есть инфекционных факторов, а именно местности, плотности населения и времени.

В работе [1] показано, что своевременным прогнозом количества заболевших указанным заболеванием удаётся сократить затраты, связанные с лечением больных, на 25% [2]. Прогнозируя заболеваемость, в нашем случае – ежегодное количество больных, доставленных в стационар с язвенными желудочно-кишечными кровотечениями, можно обосновать развертывание специализированных центров

желудочно-кишечных кровотечений для трехуровневой структуры: общегосударственной, областной (региональной) и районной (местной) [3]. Такая вертикальная иерархия направлена на использование единого поэтапного подхода к лечению больных с рассматриваемым заболеванием. В то же время такой подход не исключает местных организационных особенностей, тем более индивидуализации терапии для каждого из пациентов [4].

Анализ литературы. Моделирование развития инфекционных заболеваний в течение многих лет служит предметом исследования и источником задач для специалистов в области прикладной математики и медицины. Например, в работе [5] построены кривые роста уровня заболеваемости населения Украины в целом и по отдельным нозологическим формам. Для низших уровней административно-территориального деления подобный анализ в цитируемой работе не приведен. Следует отметить, что аналитический вид кривой роста для класса «Все болезни» намного проще, чем кривые роста, полученные для отдельных нозологических форм. Отметим, что решение практических задач, связанных с организацией здравоохранения на областном и районном уровне, требует не только знаний о количественном изменении от-

дельных нозологических форм, но и наличия сведений о кривых роста по отдельным видам болезней, включённых в эти нозологические формы. Образно говоря, в нашем случае лесник должен видеть не только лес, но и отдельные деревья этого леса. Классификация методов, применяемых в данном случае, приведена в работе [6]. В ней известные ко времени написания настоящего сообщения методы прогнозирования и модели распространения заболеваний классифицированы таким образом:

- статистические методы прогнозирования, основанные на анализе временных рядов без учёта особенностей физических процессов, их породивших;

- методы, основанные на применении скрытых марковских процессов, которые позволяют объединить сведения о числе обратившихся за медицинской помощью и уровне эпидемиологической обстановки в регионе, определяемой числом инфицированных данным заболеванием;

- методы, использующие системы интегро-дифференциальных уравнений и моделирующие развитие заболеваний во времени и пространстве. Очевидно, что скорость распространения инфекционного заболевания зависит от частоты контактов между инфицированными и здоровыми людьми, пребывающими на данной территории. Один из наиболее распространённых способов рассмотрения этого обстоятельства – использование моделей Лотки-Вольтерра [7]. В моделях этого типа для выявления эпидемичности заболевания вводят специальный параметр – силу инфекции, равную количеству контактов в единицу времени заражённых людей со здоровыми. Ещё один способ учёта влияния количества контактов здоровых и больных людей в процессе моделирования распространения инфекционных заболеваний предложен в работе [8]. В этой работе вероятность заражения отдельного представителя выборки определяется как произведение вероятности события, состоящего в том, что представитель выборки может быть инфицирован, умноженной на вероятность того, что его партнёр уже инфицирован. В работе [9] предложены модели распространения инфекционных заболеваний во времени и пространстве, основанные на гидродинамических аналогиях, позволяющих моделировать развитие эпидемии с учётом времени инкубационного периода. В работе [10] предложена модель в виде несложного дифференциального уравнения, начальные условия которого требуют знаний о количестве инфицированных и неинфицированных особей в момент начала моделирования. Очевидно, что это условие существенно ограничивает применение рассматриваемой модели для проведения реальных расчётов. Модели, позволяющие изучать распространение инфекционных заболеваний с учётом подобных особенностей в работе [11] названы пространственно-хронологическими. Распространим это

определение и на модели, предложенные авторами данного сообщения. Модели, описанные в работах [5...11], требуют для своего применения проведения специальных исследований с целью получения исходных данных, необходимых для начала процесса моделирования. Для повышения доступности моделирования развития инфекционных заболеваний в работе [12] предложена система индексов, характеризующих состояние здоровья населения и определяемых по данным официальной статистики. Это выгодно отличает такой подход от описанных моделей, требующих для своего применения проведения специально организованного сбора данных. Необходимость учёта территориальных особенностей при моделировании развития язвенной болезни показана авторами данного сообщения в работе [13]. В ней доказано, что имеется статистическая связь между показателями частоты госпитализации и территориальной распространённостью язвенной болезни.

Постановка задачи. Разработка методики, использующей данные государственной статистики и предназначенной для моделирования эпидемического процесса язвенных кровотечений с учётом факторов времени и уровня административно-территориального деления.

Сведения об исходных данных. Все исходные статистические сведения соответствуют кодам K25 – K28 Международной классификации болезней 10-го пересмотра Всемирной Организации Здравоохранения (Женева, Швейцария, 1989 г.). Более подробно способ их получения описан авторами данного сообщения в работе [13].

В рамках данного сообщения использованы такие относительные показатели заболеваемости, как N_p – количество госпитализированных в расчёте на 10000 чел. и Q_s – количество госпитализированных в расчёте на 1000 кв. км. Для этих показателей составлены временные ряды, характеризующие тенденцию относительного изменения заболеваемости язвенной болезнью во времени и пространстве. Статистическая связь между ними установлена в работе [13].

Полученные результаты

В данной работе принята следующая система условных обозначений. Второй малый символ обозначает уровень административно-территориального деления, так u – относится к Украине в целом, s – обозначает одну из её областей, g – район, входящий в состав данной области. Изменение во времени этих величин показано на рис. 1, 2.

Для исследования зависимости между показателями N_p и Q_s получены регрессионные уравнения. Их вид, оценки коэффициентов и качество показателей приведены в табл. 1.

Приведенные в табл. 1 данные позволяют сделать вывод о хорошем качестве полученных уравнений.

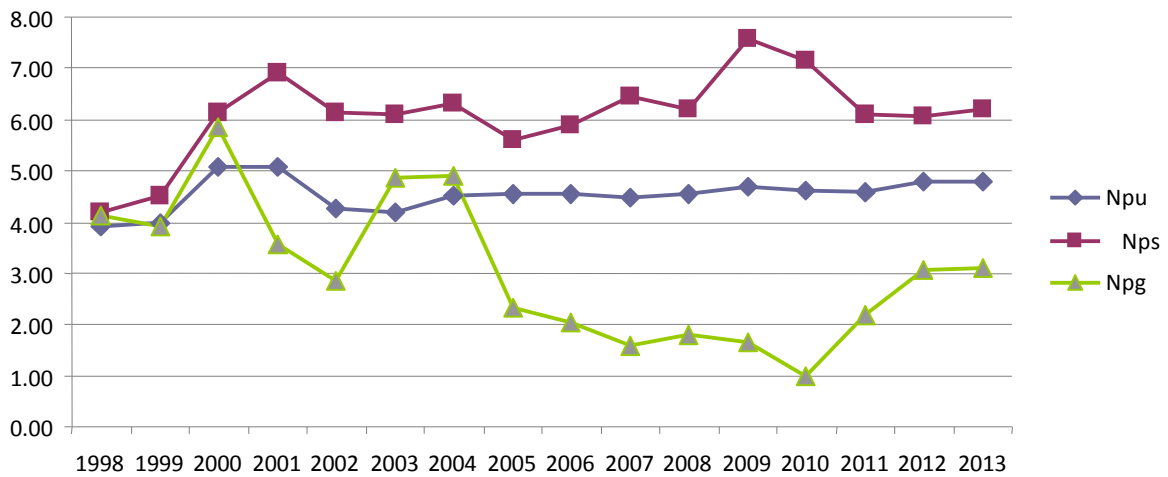


Рис. 1. Изменение во времени количества госпитализированных больных на 10 000 чел.

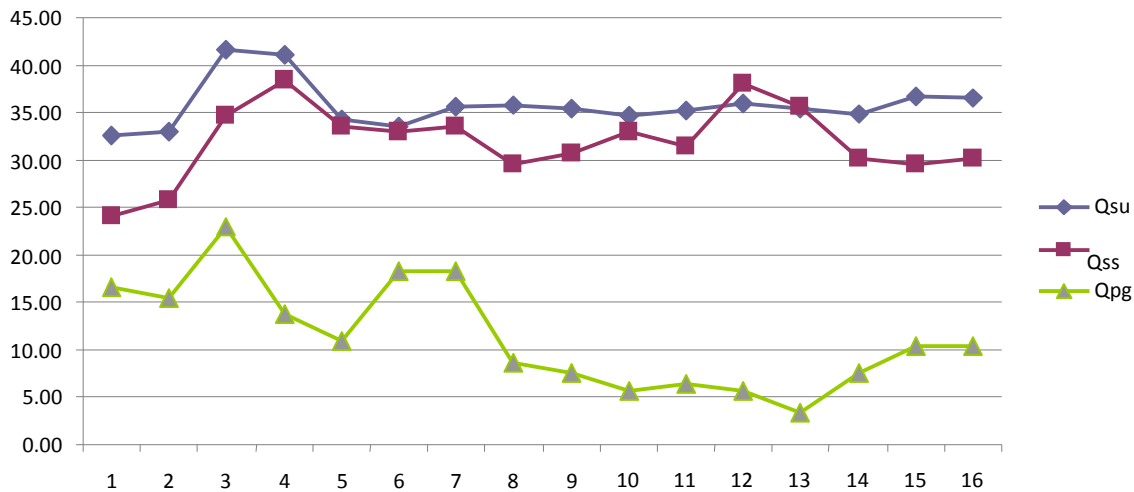


Рис. 2. Изменение во времени количества госпитализированных больных на 1000 кв. км

Таблица 1

Зависимость между количеством госпитализированных в расчёте на 10000чел. в расчёте на 1000 кв.км

Тип модели	Вид модели	Коэффициенты модели				Показатели качества модели	
		a	b	c	q	Pv	F-отношение
$N_{pu} = f(Q_{su})$	$N_{pu} = \sqrt{a - b/Q_{su}}$	64,857	1571,83	-	-	$<1 \cdot 10^{-4}$	$F_{(1,14)}=150,39$
$N_{ps} = \varphi(Q_{ss})$	$N_{ps} = a + bQ_{ss} + cQ_{ss}^2 + qQ_{ss}^3$	-63,393	6,028	-0,179	0,0018	$<1 \cdot 10^{-4}$	$F_{(3,12)}=33,83$
$N_{pg} = \phi(Q_{pg})$	$N_{pg} = \frac{1}{a + b/Q_{pg}}$	0,275	3.344	-	-	$<1 \cdot 10^{-4}$	$F_{(1,14)}=3120,61$

Для определения взаимосвязи динамики этих показателей используем понятие относительного приращения функций $N_p = f(Q_{su})$, $N_{ps} = \varphi(Q_{ss})$, $N_{pg} = \phi(Q_{pg})$ при аргументах Q_{su} , Q_{ss} , Q_{pg} соответственно. Для этого используем понятие дивидир первого рода. Обоснование этого метода дано в работе [15], пример его применения для решения прикладной задачи приведен в работе [16]. В работе [15] для определенной на $[a, b]$ и непрерывной на этом же отрезке функции $V(x)$, имеет место условие, которое названо дивидирой первого рода $V(x)$, а именно:

$$V(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left[\frac{f(x + \Delta x)}{f(x)} \right]^{1/\Delta x} = \exp \left[\frac{f'(x)}{f(x)} \right] = \exp Z. \quad (1)$$

Её возможная интерпретация такова: дивидира первого рода – это средний темп роста на бесконечно малом интервале времени $[t_1, t_2]$ $t_1 < t_2$, то есть:

$$V(t) = \sqrt[t_2 - t_1]{y(t_2)/y(t_1)}. \quad (2)$$

Для получения оценки влияния территориального фактора, определяемого показателем плотности заболевания Q_s на относительную заболеваемость, определяемую показателем N_p , использовано понятие эластичности функции [15, 16].

Эластичностью непрерывной, дифференцируемой, по крайней мере, один раз, функции $y = f(x)$ называют функцию вида:

$$E_{y/x} = \frac{dy}{dx} \cdot \frac{x}{y} \quad (3)$$

Связь между этими величинами видна из условия:

$$x \ln V(x) = E_{y/x} \cdot x \quad (4)$$

Эластичность показывает, на сколько процентов возрастёт функция при увеличении аргумента на один процент. В нашем случае это даёт возможность определить, на сколько процентов изменится величина N_p – количество госпитализированных в рас-

чёте на 10 000 чел. при изменении величины Q_s – количества госпитализированных в расчёте на 1000 кв. км. на один процент. То есть появляется возможность оценить влияние количества контактов на общий уровень заболеваемости. В табл. 2 приведены функции эластичности и мгновенного темпа роста для всех использованных в данной работе моделей.

Из этих рисунков можно заключить следующее. Связи между показателями относительной заболеваемости и плотности заболеваемости различаются в зависимости от уровней административно-территориального деления. Это, по нашему мнению, может быть объяснено влиянием масштабного фактора.

Таблица 2

Эластичности и мгновенный темп роста функций вида $N_p = w(Q_s)$

Наименование модели	Вид модели	Эластичность $E_{N_p./Q_s}$	Дивидира $V = \exp Z$
$N_{pu} = f(Q_{su})$	$N_{pu} = \sqrt{a - \frac{b}{Q_{su}}}$	$\frac{b}{2(aQ_{su} - b)}$	$Z = \frac{b}{2Q_{su}(aQ_{su} - b)}$
$N_{ps} = \varphi(Q_{ss})$	$N_{ps} = a + bQ_{ss} + cQ_{ss}^2 + qQ_{ss}^3$	$\frac{Q_{ss}(3gQ_{ss}^2 + 2cQ_{ss} + b)}{gQ_{ss}^3 + cQ_{ss}^2 + bQ_{ss} + a}$	$Z = \frac{3gQ_{ss}^2 + 2cQ_{ss} + b}{gQ_{ss}^3 + cQ_{ss}^2 + bQ_{ss} + a}$
$N_{pg} = \phi(Q_{pg})$	$N_{pg} = \frac{1}{a + \frac{b}{Q_{pg}}}$	$\frac{b}{aQ_{pg} + b}$	$Z = \frac{b}{Q_{pg}(aQ_{pg} + b)}$

Графики этих функций показаны на рис. 3...8.

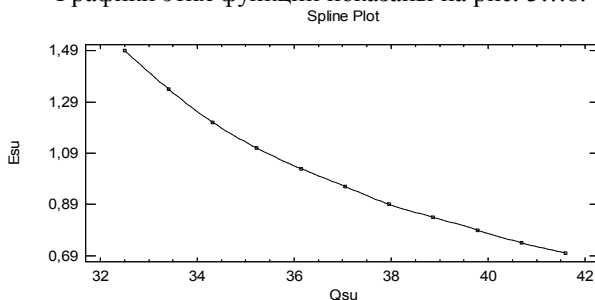


Рис. 3. Функция эластичности $E(N_{pu}/Q_{su})/$

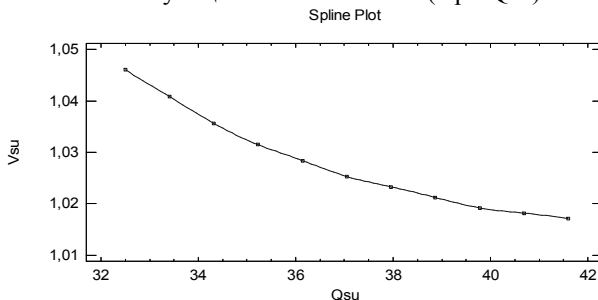


Рис. 4. Функция мгновенного роста V_{su}/Q_{su}

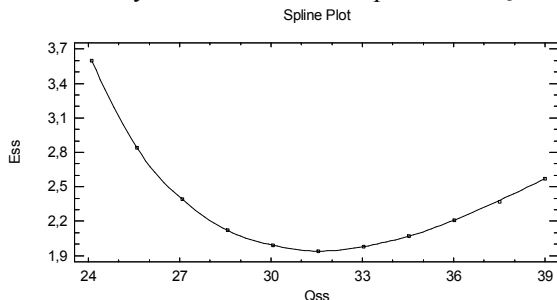


Рис. 5. Функция эластичности $E(N_{ps}/Q_{ss})$

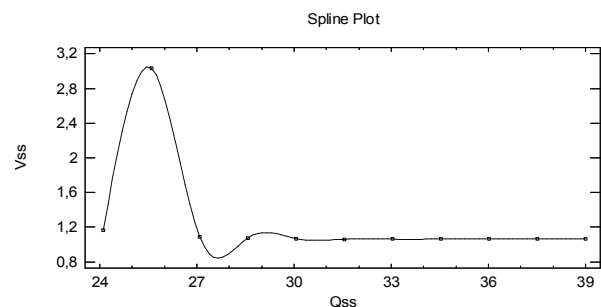


Рис. 6. Функция мгновенного роста V_{ss}/Q_{ss}

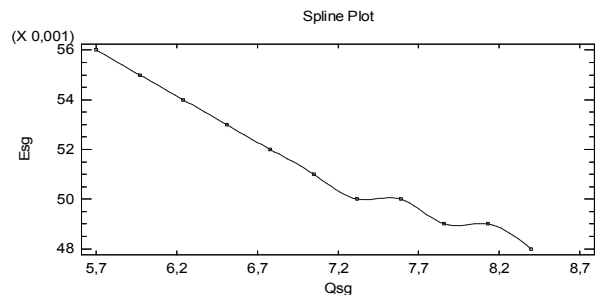


Рис. 7. Функция эластичности $E(N_{pg}/Q_{sg})$

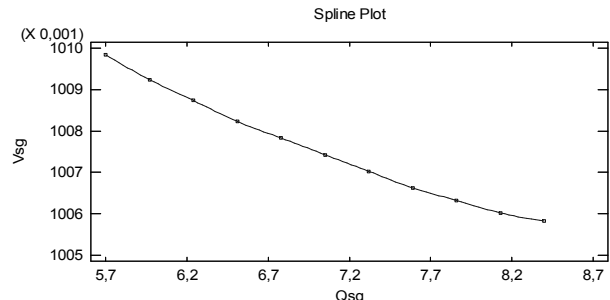


Рис. 8. Функция мгновенного роста V_{sg}/Q_{sg}

Рассмотрим трёхмерное изображение исходных данных. Для его построения использована опция PLOT/SCATTERPLOTS/X_Y_Z Plots, входящая в состав пакета STATGRAPHICS V.15. Соответствующие графики приведены на рис. 9...11.

При построении этих графиков для удобства дальнейших вычислений принято, что:

$$t = t_{\text{тек}} - 1997. \quad (5)$$

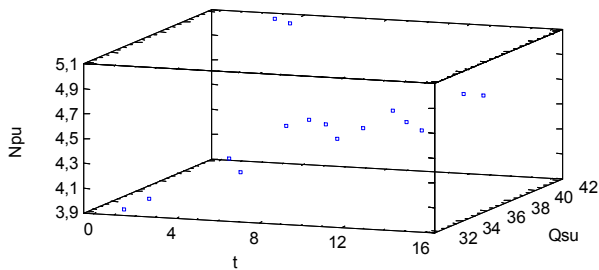


Рис. 9. Пространственное расположение исходных данных для Украины в целом

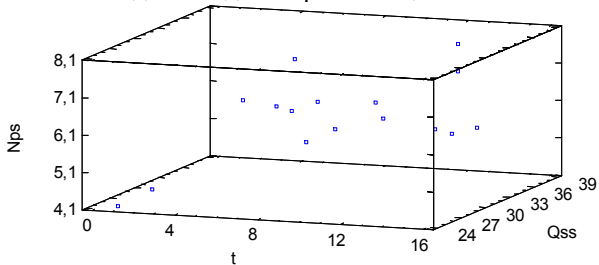


Рис. 10. Пространственное расположение исходных данных для одной из областей Украины

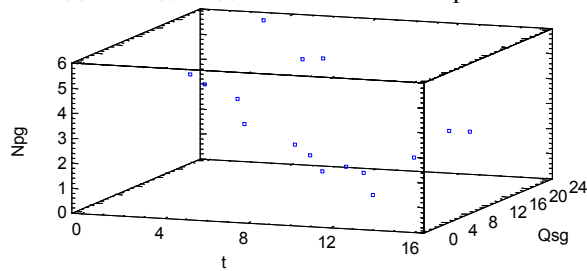


Рис. 11. Пространственное расположение исходных данных для одного из районов, входящих в состав области

Предварительный анализ позволил предположить, что могут быть справедливы зависимости вида:

$$Npu = a(Qsu)^v t^w ; Nps = a(Qss)^v t^w ;$$

$$Npg = a(Qpg)^v t^w .$$

Для их идентификации использована процедура, состоящая из двух этапов и подробно описанная в работе [17]. На первом этапе перечисленные зависимости линеаризовали и для них определяли оценки коэффициентов регрессионных уравнений. На втором этапе полученные коэффициенты использовали в качестве начальных приближений при идентификации нелинейных моделей методом Марквардта. На первом этапе использовали следующие опции: RELATE / MULTIPLE FACTORS / MULTIPLE REGRESSION, на втором: RELATE / MULTIPLE FACTORS / NONLINTAR REGRESSION /, входящие в состав пакета STATGRAPHICS V.15.

Оценки коэффициентов моделей, описывающих развитие язвенной болезни в пространстве и времени, и оценки качества полученных моделей приведены в табл. 3.

Наглядно качество полученных моделей показано на рис. 12...14. На этих рисунках показано соответствие расчётных значений (predicted) фактическим (observed).

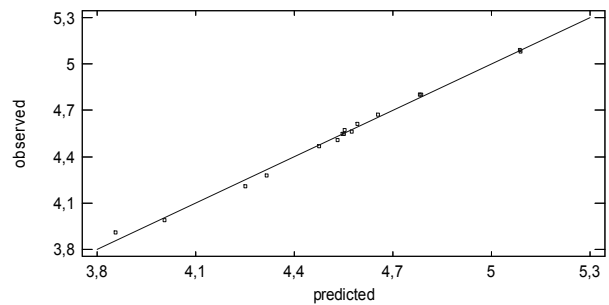


Рис. 12. Соответствие расчётных значений (predicted) фактическим значениям (observed)

$$\text{для модели вида } Npu = a(Qsu)^v t^w$$

Таблица 3

Оценки коэффициентов моделей, описывающих развитие язвенной болезни в пространстве и времени и оценки качества полученных моделей

Вид модели	Коэффициенты моделей			Качество модели	
	a	v	w	Скорректированный коэффициент детерминации, $R^2_{adj}, \%$	Средняя Абсолютная ошибка, MAE
$Npu = a(Qsu)^v t^w$	0,136872	0,958915	0,037237	99,41	0,0179
$Nps = a(Qss)^v t^w$	0,208427	0,929374	0,07929	99,14	0,054
$Npg = a(Qpg)^v t^w$	0,2659	0,966898	0,056023	99,75	0,050

Из графиков, приведенных на рис. 12...14 видно, что предлагаемые модели дают хорошие результаты для прогнозирования процесса развития язвенной болезни в среднем.

Для организации практического здравоохранения интерес представляет краткосрочный прогноз уровня заболеваемости на ближайший отрезок времени, в нашем случае на один год.

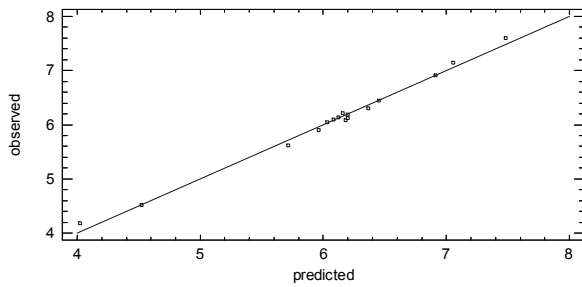


Рис. 13. Соответствие расчётных значений (predicted) фактическим (observed) для модели вида $Nps = a(Qss)^v t^w$

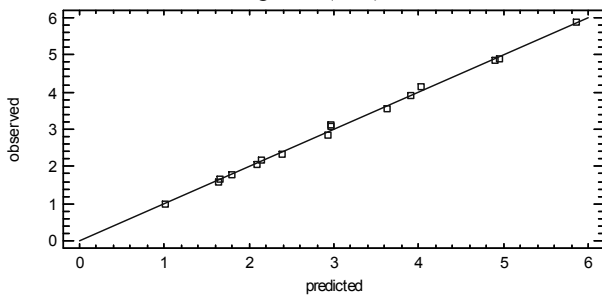


Рис. 14. Соответствие расчётных значений (predicted) фактическим (observed) для модели вида $Npg = a(Qpg)^v t^w$

Для этого использована опция FORECAST, входящая в состав пакета STATGRAPHICS V.15. Результаты её применения приведены в табл. 4.

Из приведенных в табл. 4 данных следует, что качество прогнозирования всех рассмотренных в работе показателей можно считать удовлетворяющим потребности практики.

При выполнении расчётов придерживались следующей последовательности действий. Выполняли прогноз фактических значений показателей на 2013 год по базе значений 1998-2012 г.г. Программная система выбрала для решения метод простого экспоненциального сглаживания. Параметр сглаживания α соответственно равен: 0,0899; 0,999; 0,512; 0,0396; 0,064; 0,551.

Доверительные верхние и нижние границы получаемых прогнозируемых значений (срединных значений) устанавливали на 95-процентном уровне доверительной вероятности.

Качество прогноза, в зависимости от величины его относительной ошибки, оценивали в соответствии с рекомендациями работы [18], приведенными в табл. 5.

Таблица 4

Ретроспективное прогнозирование уровня заболеваемости язвенной болезнью

Наименование показателя	Фактическое значение,	Прогнозируемое значение			Относительная ошибка прогнозирования, %
		Нижняя граница	Срединное значение	Верхняя граница	
Npu	4,8	3,90	4,56	5,22	5
Nps	6,21	4,61	6,05	7,49	2,5
Npg	3,1	0,14	2,45	4,75	21
Qsu	36,56	30,98	35,97	40,97	2
Qss	30,15	23,95	31,78	39,62	5
Qsg	10,32	0,3	8,46	17,24	18

Таблица 5

Оценка качества прогнозирования

Относительная ошибка прогнозирования, %	Интерпретация качества
<10	Высокое
10-20	Хорошее
20-50	Удовлетворительное
>50	Неудовлетворительное

Выводы

1. Предложены модели для прогнозирования эпидемического процесса язвенной болезни (язвенных кровотечений желудка и двенадцатиперстной кишки) с учётом факторов времени и уровня административно-территориального деления.

2. Методом ретроспективного прогнозирования выполнена проверка качества предложенной модели.

3. Показано, что качество прогнозирования развития эпидемического процесса язвенной болезни удовлетворяет потребностям практики.

Список литературы

1. *Is the Era of intravenous proton pump inhibitors coming to an end in patients with bleeding peptic ulcers? meta-analysis of the published literature. [Текст] / Z. Jian, H. Li, N.S. Race et al. – Br. J. Clin Pharmacol, 2015.– Dec 18. doi: 10.1111/bcp.12866.*
2. *Беликов В.В. Математическое моделирование, прогнозирование и разработка научно-обоснованных организационных мероприятий по профилактике осложненной язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки: дисс. ... докт. мед. наук: 05.13.01 / Беликов В.В. – М., 2006. – 220 с.*
3. *Лобжанидзе В.А. Научное обоснование деятельности хирургических отделений центральных районных больниц в условиях реформирования сельского здраво-*

охранения: дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.33 / Лобжанидзе В.А. – Санкт-Петербург, 2008. – 200 с.

4. Liang P.S. A national survey on the initial management of upper gastrointestinal bleeding / P.S. Liang, J.R. Saltzman // *J. Clin Gastroenterol.* [Текст]. – 2014. – Nov-Dec;48(10):e93-8.

5. Кизим Н.А. Анализ и прогнозирование тенденций заболеваемости Украины и Харьковской области [Текст] / Н.А. Кизим, А.В. Доровский // *Проблеми економіки.* – 2010. – № 3. – С. 39-44.

6. Кондратьев М.А. Методы прогнозирования и модели распространения заболеваний [Текст] / М.А. Кондратьев // *Компьютерные исследования и моделирование.* – 2013. – Т.5. – №5. – С. 863-882.

7. Трубецков Д.И. Феномен математической модели Лотки – Вольтера и сходных с ней [Текст] / Д.И. Трубецков // *Прикладная нелинейная динамика.* – Т.19. – №2. – С. 69-88.

8. Плавинский С.Л. Математическое моделирование распространения инфекций, передающихся половым путём [Текст] / С.Л. Плавинский // *Российский семейный врач.* – 2002. – № 1. – С. 16-22.

9. Боев Б.В. Прогнозно-аналитические модели эпидемий [Электронный ресурс] / Б.В. Боев. – Московский физико-технический институт. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.Armscontrol.ru/course/lectures05a/bvb050324.pdf> – 15.01.2015 г. Загл. с экрана.

10. Зарипов Ш.Х. Введение в математическую экологию: учебно-методическое пособие [Текст] / Ш.Х. Зарипов. – Казань: Изд-во Казанского университета, 2010. – 47 с.

11. Вуж Т.С. Оцінювання впливу просторово-розподілених шкідливих факторів на стан здоров'я населення на основі просторово-хронологічних моделей даних [Текст] / Т.С. Вуж, В.Б. Мокін // *Біомедичні оптико-електронні системи та прилади.* – 2014. – №2. – С. 71-80.

12. Кирьянов Б.Ф. Математические модели в здравоохранении: учеб. пособие [Текст] / Б.Ф. Кирьянов, М.С. Токмачёв. – Новгород. – Великий Новгород, 2009. – 279 с.

13. Дубницький В.Ю. Оцінка статистическої зв'язи между показателями частоты госпитализации и территориальной распространённостью язвенной болезни [Текст] / В.Ю. Дубницький, И.Д. Дужий, С.В. Харченко, А.И. Ходырев // *Системи обробки інформації.* – Х.: ХУ ПС, 2016. – Вып. 2(139). – С. 144-148.

14. Теорія статистики [Текст] / П.Г. Вашик, П.І. Пастер, В.П. Сторожук, Є.І. Ткач. – К.: Либідь, 2001. – 320 с.

15. Литвин О.М. Дивидириальные и мультигральные вычисления [Текст] / О.М. Литвин. – К.: Научная мысль, 2006. – 144 с.

16. Гадецька С.В. Применение дивидириального и мультигрального вычисления для определения мгновенного темпа роста немонотонных функций. [Текст] / С.В. Гадецька, В.Ю. Дубницький // *Системи обробки інформації.* – Х.: ХУ ПС, 2008. – Вып. 1 (68). – С.119-122.

17. Дубницький В.Ю. Нелинейное оценивание параметров производственной функции Кобба-Дугласа [Текст] / В.Ю. Дубницький, А.А. Савченко // *Системи обробки інформації.* – Х.: ХУ ПС, 2009. – Вып. 2 (76). – С. 109-112.

18. Садовникова Н.А. Анализ временных рядов и прогнозирование [Текст] / Н.А. Садовникова, Р.А. Шмойлова. – М.: Московский гос. ун-т экономики, статистики и информатики, 2001. – 67 с.

19. Пирогов Н.И. Севастопольские письма [Текст] / Н.И. Пирогов. – М.: Книжный клуб Книговед, 2011. – 384 с.

Поступила в редколлегию 3.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.М. Конорев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕПІДЕМІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРАЗКОВОЇ ХВОРОБИ З УРАХУВАННЯМ ЧИННИКІВ ЧАСУ І РІВНЯ АДМІНІСТРАТИВНО-ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ПОДІЛУ

В.Ю. Дубницький, І.Д. Дужий, В.А. Сміянов, С.В. Харченко, О.І. Ходирев

Отримано емпіричні рівняння, що встановлюють зв'язок між кількістю госпіталізованих хворих з діагнозом виразкова хвороба, які припадають на 10000 чол. населення (рівнем захворюваності) і кількістю госпіталізованих хворих, які припадають на 1000 кв. км. (щільністю захворюваності) для різних рівнів адміністративно-територіального поділу України. Для вивчення впливу зміни щільності захворюваності на зміну рівня захворюваності для розглянутих одиниць адміністративно-територіального поділу визначено функцію еластичності і функцію миттєвого зростання (дивідіру). Запропоновано модель впливу просторово-хронологічних чинників на рівень захворюваності. Запропоновано моделі для прогнозування епідемічного процесу виразкової хвороби (виразкових кровотеч шлунку і дванадцятипалої кишки) з урахуванням чинників часу і рівня адміністративно-територіального розподілу. Методом ретроспективного прогнозування виконана перевірка якості запропонованих моделей. Показано, що якість прогнозування розвитку епідемічного процесу виразкової хвороби задовольняє потребам практики.

Ключові слова: виразкова хвороба, виразкова хвороба шлунку та дванадцятипалої кишки, просторово-хронологічні моделі, нелінійна регресія, прогнозування, звичайне експоненційне згладжування.

MODELING OF ULCER DISEASE EPIDEMIC PROCESS WITH DUE CONSIDERATION OF TIME FACTORS AND ADMINISTRATIVE DIVISION LEVEL

V.Yu. Dubnitskiy, I.D. Duzhiy, V.A. Smiyanov, S.V. Kharchenko, A.I. Khodyrev

Obtained empirical equations specify a connection between the number of hospitalized patients with diagnosed ulcer disease per 10 000 population (morbidity level) and the number of hospitalized patients per 1 000 square kilometers territory (morbidity density) for various administrative division levels of Ukraine. In order to study the effect of morbidity density variation on morbidity level variation elasticity functions were determined as well as function of instant growth (dividers). A model was proposed for effect of spatial-temporal factors on morbidity level. Models were proposed for prediction of ulcer disease epidemic process (ulcer bleeding of stomach and duodenal) with due consideration of time factors and administrative division level. The proposed model quality was tested by retrospective forecasting method. The quality of ulcer disease epidemic process forecasting was shown to meet the requirements of practice.

Keywords: ulcer disease, ulcer disease of stomach and duodenal, spatial-temporal models, function elasticity, function divider, non-linear regression, forecasting, simple exponential smoothing.