

Н.С. Рогозинская, А.С. Коваленко, Л.М. Козак

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Для определения причин современных демографических изменений в Украине необходимо рассмотреть их в контексте общеевропейских тенденций. В данной работе исследуется зависимость уровней общей и младенческой смертности по странам Европейского региона ВОЗ. Предложен информационный показатель «относительная младенческая смертность», который характеризует долю младенческой смертности в общей смертности на тысячу населения. Исследована регрессионная модель зависимости относительной младенческой смертности от объема государственного финансирования отрасли здравоохранения для стран Европейского региона ВОЗ.

Введение. Развитие государства в среднесрочной перспективе определяется, прежде всего, обеспеченностью необходимыми трудовыми ресурсами, которая, в свою очередь, зависит от воспроизводства населения. Регулирование численности населения трудоспособного возраста путем сокращения его смертности — процесс, безусловно, необходимый, однако требующий достаточно длительного времени и затрагивающий не одно поколение людей. Тем временем сокращение младенческой смертности — одна из задач, для решения которых необходимо немедленное вмешательство и которые, при условии последовательного и взвешенного регулирования, способны дать быстрые результаты относительно стабилизации и увеличения численности населения. Таким образом, исследование механизмов этих явлений в украинском обществе остро необходимо и должно учитывать весь комплекс социальных, экономических факторов и данных медико-демографической статистики.

Уменьшение младенческой смертности — тенденция мирового масштаба. Однако даже среди стран, входящих в Европейский регион ВОЗ (ЕР ВОЗ), наблюдается значительная неоднородность уровней как общей смертности, так и смертности детей до года. По уровням смертности и средней продолжительности жизни значительно различаются экономически развитые страны западной Европы и страны с переходной экономикой — молодые государства постсоветского пространства восточной Европы. Если младенческая смертность в первой группе стран вышла на уровень 4–6 случаев смерти на тысячу рожденных живыми младенцев, который можно объяснить влиянием глобальных экологических факторов, то во втором случае уровни смертности в некоторых странах достигают 26 случаев на тысячу живорожденных. Поэтому исследование соотношения уровней младенческой и общей смертности в этом регионе является актуальной задачей.

Постановка задачи. Поиск причин современных демографических изменений в Украине невозможен без рассмотрения их в контексте мировых и, в частности, общеевропейских тенденций движения населения. Известно,

что смертность детей в возрасте до года — это общепринятый международный индикатор соотношения качества и уровня жизни населения. Снижение к 2015 г. смертности среди детей в возрасте до 5 лет на две трети по сравнению с уровнями 2000 г. — одна из наиболее важных целей Декларации тысячелетия ООН [1].

На зависимость репродуктивных потерь от уровня жизни (а соответственно, от прибыли) населения указывают многие ученые [например, 2–4]. В ряде работ детально анализируются статистические данные о смертности по регионам Украины, а также сравниваются показатели смертности по Украине и по странам Европы. Усиление депопуляции авторы связывают с тяжелым экономическим положением населения Украины [2], с уровнем государственного финансирования отрасли здравоохранения [3], хотя и не приводят математико-статистических обоснований и соотношений, которые позволили бы смоделировать ситуацию и скорректировать негативные влияния. А.Г. Арсеенко [4] проводит детальный обзор статистических данных об экономическом состоянии Украины и связывает рост общей смертности с ухудшением условий проживания и питания. Однако в данной статье количественные оценки этих процессов не приводятся.

Соотношение внутреннего валового продукта (ВВП) на душу населения и ожидаемой продолжительности жизни при рождении, а также смертность мужского населения по странам мира за 2002 г. исследуется рядом авторов с использованием регрессионных зависимостей [5].

Смертность детей в возрасте до года рассматривается как составляющая интегрального индикатора качества жизни населения в исследовании С.А. Айвазяна [6]. К сожалению, результаты этого исследования не универсальны и требуют специальной адаптации для оценки какого-либо другого региона.

В работах [5, 6] показано, что проведение обоснованных реформ экономико-социального сектора, призванных повысить уровень жизни населения, направить медицинскую поддержку на сохранение здоровья нации, а также увеличить обеспеченность здравоохранения необходимыми ресурсами, возможно лишь при проведении исследований с применением математико-статистических методов.

В качестве целевой функции системы оценки качества услуг здравоохранения региона Ю.А. Кузнецова и С.А. Кириллова [7] предлагают использовать критерий «улучшение демографической ситуации региона за счет естественной составляющей» как более универсальный показатель по сравнению с широко используемым показателем ожидаемой продолжительности жизни. Хотя авторы обращают внимание на то, что уменьшение смертности детей в возрасте от 0 до 15 лет в общей численности населения — особо важный показатель, отражающий социальный эффект повышения качества медицинских услуг, они не предлагают своего четкого определения характеристики, в состав которой входили бы указанные показатели смертности.

В данной статье исследуются соотношения изменений показателей общей и младенческой смертности и показателей финансирования отрасли здравоохранения по странам ЕР ВОЗ за период 1998–2005 гг., а также математическое описание зависимости уровней смертности от объема отчислений на медицинское обеспечение.

Источником данных послужила база статистических показателей «Здоровье для всех» ВОЗ [8]. Для сопоставления выбраны три медико-демографических показателя (общий коэффициент смертности, количество случаев на тысячу населения; коэффициент младенческой смертности, количество случаев на тысячу живорожденных; общий коэффициент рождаемости, количество случаев на тысячу населения), а также экономические индикаторы (реальный ВВП на душу населения, в долларах США по паритету покупательской способности; бюджетные отчисления на здравоохранение на душу населения по оценкам ВОЗ, в долларах США по паритету покупательской способности; бюджетные расходы на охрану здоровья как часть ВВП, по оценкам ВОЗ).

11 из 53 стран ЕР ВОЗ не предоставили данных о демографических характеристиках населения (это Андорра, Бельгия, Босния и Герцеговина, Израиль, Македония, Монако, Сан-Марино, Таджикистан, Туркменистан и Турция), поэтому они не были задействованы в вычислениях. По этой же причине в выборку не были включены данные из Грузии, начиная с 2002 г., Кипра — с 1998 г., Армении и Италии — за 2004 г., Албании, Армении, Азербайджана, Болгарии, Кипра, Италии и Португалии — за 2005 г.

Исследование и построение регрессионных моделей зависимостей показателей смертности от уровней бюджетного финансирования здравоохранения проводилось с использованием пакета обработки статистических данных SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 13.0.

Результаты поиска информационного показателя. Для определения тенденций распределения государственных отчислений на медицинское обеспечение по странам ЕР ВОЗ исследовались их изменения как частей ВВП на протяжении 1998–2005 гг. и зависимость затрат на здравоохранение от объема ВВП.

По результатам наших исследований в странах западной Европы на медицинское обеспечение отчисляется приблизительно, от 7 % до 11 % ВВП, в то время как для стран Восточного региона такие отчисления составляют в среднем 3–6 % ВВП. Существует также промежуточная группа стран, отчисления которой на здравоохранение составляют 6–7 % ВВП. В эту группу входят страны центральной Европы и Балтии. Практически по каждой стране ЕР ВОЗ объем бюджетного отчисления на здравоохранение как часть ВВП в течение 1998–2005 гг. менялся лишь в пределах 1–2 % ВВП.

Исследование зависимости затрат на охрану здоровья в долларах США на душу населения от объема ВВП на душу населения подтвердило прямую пропорциональную связь этих показателей. Поскольку государственные от-

числения на здравоохранение рассчитываются как часть ВВП, то они косвенно отражают уровень жизни населения страны. В то же время бюджетные отчисления — это переменная величина, которая поддается регулированию со стороны государства, обеспечивая тем самым возможность улучшения системы здравоохранения. Ввиду указанных особенностей данная характеристика взята за основу для исследования зависимости уровней смертности от экономических факторов жизни населения.

Исследование зависимости уровней общей смертности от бюджетных затрат на финансирование здравоохранения позволило определить, что при больших объемах государственных отчислений (в среднем, от 1 тыс. долларов США на душу населения в год) смертность снижается, однако на протяжении всего исследуемого периода ее уровень не опустился ниже 6 ‰. Так, для стран центральной и западной Европы в течение 1998–2005 гг. размер финансирования медицинского обеспечения изменился в основном от 1 до 4 тыс. долларов США на душу населения в год, а уровни общей смертности снизились в среднем от 10 ‰ до 6 ‰. Страны с малым финансированием здравоохранения (до 700–1000 долларов США на душу населения в год) делятся на две группы: 1) с очень высокими и высокими уровнями общей смертности (13–17 ‰ и 11–12 ‰ соответственно — это страны восточной и центральной Европы, к которым относится и Украина), и 2) с относительно низкими и очень низкими уровнями общей смертности (в среднем, 10 ‰ и 4 ‰ соответственно — Грузия, Киргизстан, Азербайджан и Албания).

Рассмотрение зависимости младенческой смертности от бюджетных отчислений на нужды медицины показало, что у перечисленных выше стран Восточного региона и Албании на протяжении исследуемого периода были самые высокие показатели смертности детей в возрасте до года — от 12 ‰ до 28 ‰ (случаев смерти на тысячу живорожденных). Страны с высокими уровнями общей смертности (Россия, Украина, Белоруссия, Сербия, Латвия и Болгария) имеют также высокие показатели младенческой смертности. С увеличением объема финансирования здравоохранения уровни смертности детей до года снижаются в течение исследуемого периода (например, по данным Словакии: при изменении объема финансирования от 641 до 1130 долларов США на душу населения в год — уровень младенческой смертности снизился от 8,79 ‰ до 7,2 ‰).

При исследовании зависимости показателей смертности от финансирования отрасли здравоохранения была отмечена необходимость рассмотрения младенческой и общей смертности в одном комплексе. Для формирования такой комплексной информационной характеристики использовались стандартные показатели демографической статистики [9]:

— IDR (Infant Death Rate) — коэффициент младенческой смертности, количество случаев на 1000 живорожденных, который, определяется по формуле
$$\text{IDR} = \frac{M_0}{N} \cdot 1000;$$

— CDR (Crude Death Rate) — общий коэффициент смертности, количество случаев на 1000 населения, который рассчитывается по формуле

$$CDR = \frac{M}{P_{CP}} \cdot 1000;$$

— CBR (Crude Birth Rate) — общий коэффициент рождаемости, количество случаев на 1000 населения, который вычисляется как CBR =

$$= \frac{N}{P_{CP}} \cdot 1000.$$

Для данных показателей с учетом расчетного периода используются: M_0 — количество случаев смерти детей в возрасте 0 лет (до года); N — количество детей, рожденных живыми; M — количество случаев смерти по всем группам населения и от всех причин смертности; P_{CP} — общее количество населения, усредненное значение.

Сформирована информационная характеристика — показатель «относительная младенческая смертность», который отражает долю умерших детей в возрасте до года в общем количестве смертей на тысячу населения и, с учетом размерности всех составляющих определяется выражением

$$IMICM = \frac{IDR \cdot CBR}{CDR} = \frac{M_0}{M} \cdot 1000,$$

где IMICM (Infant Mortality Inside Crude Mortality) — относительная младенческая смертность — младенческая смертность в составе общей смертности, относительное количество случаев на тысячу населения.

Зависимость показателя относительной младенческой смертности от объема государственных затрат на медицинское обеспечение населения по странам ЕР ВОЗ представлена на рис. 1. Согласно рис. 1, с ростом затрат на здравоохранение по оценкам ВОЗ от 150 долларов США на душу населения (Азербайджан, Узбекистан) приблизительно до 500 долларов США на душу населения (например, Россия, Латвия, Литва, Эстония, Словакия) наблюдается резкое снижение доли младенческой смертности в общей смертности — в среднем от 70–80 ‰ (случаев на тысячу случаев общей смертности) до 7–9 ‰ соответственно. В дальнейшем с ростом объема финансирования отрасли здравоохранения относительная младенческая смертность постепенно спадает до уровня около 5 ‰.

Для определения математического вида зависимости относительной младенческой смертности от финансирования медицинского обеспечения по данным стран ЕР ВОЗ построены регрессионные модели (табл. 1). Для определения адекватности модели исходным значениям использовались значения коэффициента корреляции Пирсона (R) и уровень значимости расчета коэффициентов модели (Z_n).

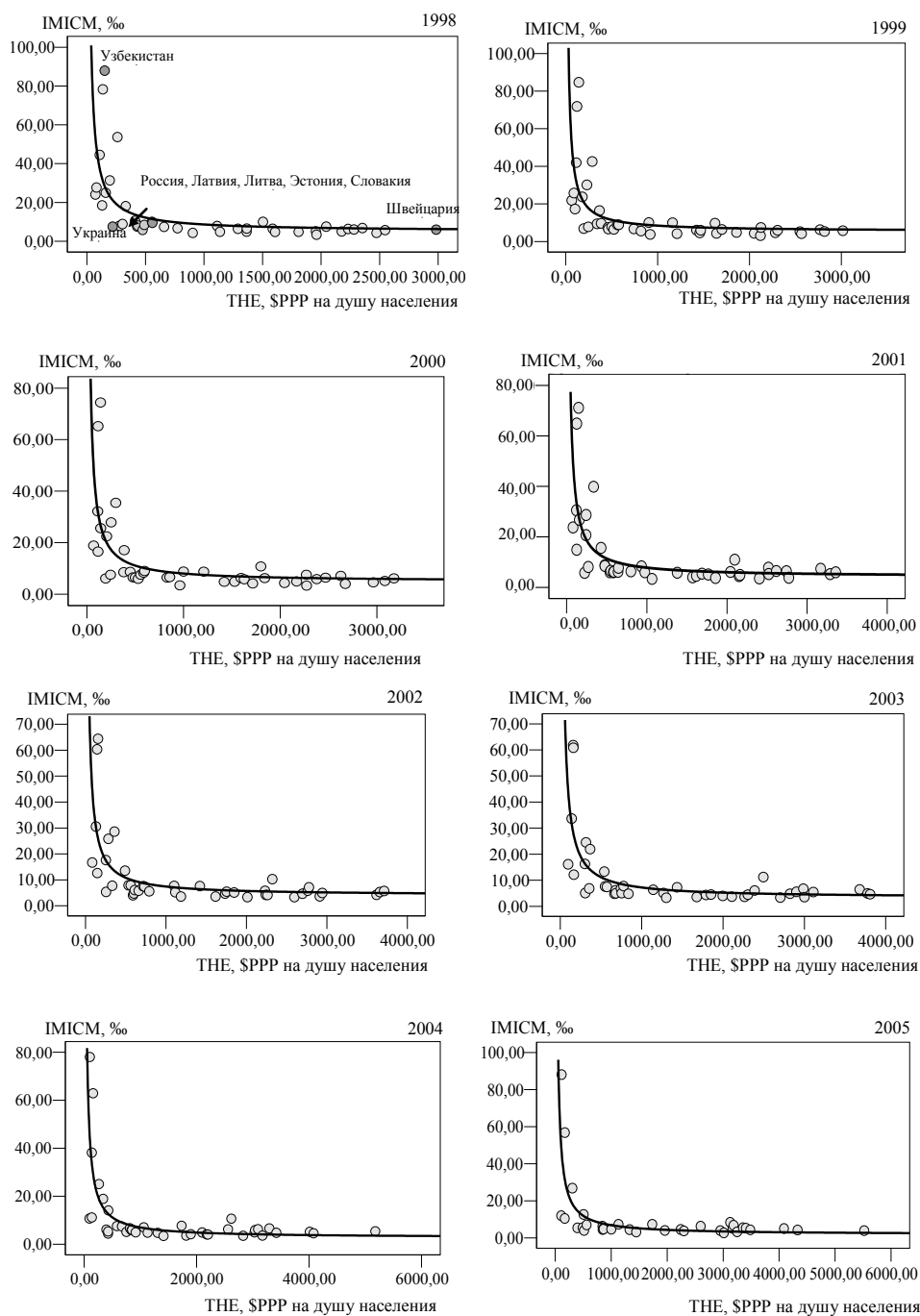


Рис. 1. Распределение стран ЕР ВОЗ по соотношению доля младенческой смертности в общей смертности (IMICM), государственные отчисления на здравоохранение (TNE) на душу населения по оценкам ВОЗ за период 1998–2005 гг.: ○ — исходные значения; — — регрессионная модель

По результатам анализа итоговых характеристик моделей наиболее адекватной относительно исходных данных оказалась модель обратной регрессии.

Таблица 1

Год	Типы моделей и их характеристики			
	Экспоненциальная		Обратная	
	<i>R</i>	Зн.	<i>R</i>	Зн.
1998	0,6528	2,8E-06	0,6089	1,9E-05
1999	0,6472	2,7E-06	0,6000	2,1E-05
2000	0,6251	7,4E-06	0,6358	4,6E-06
2001	0,5858	3,7E-05	0,6747	7E-07
2002	0,5777	6,2E-05	0,6474	3,6E-06
2003	0,5539	1,4E-04	0,6834	6,1E-07
2004	0,5012	9,9E-04	0,7200	1,6E-07
2005	0,4933	2,6E-03	0,7119	1,6E-06

Запишем математическое выражение модели обратной регрессии в общем виде:

$$Y = a + \frac{b}{X^n},$$

где Y , X — зависимая и независимая переменные соответственно; a , b — искомые регрессионные коэффициенты модели; n — скоростной параметр, отражающий степень влияния эндогенных факторов.

Модель обратной регрессии для относительной младенческой смертности имеет следующий вид:

$$\text{IMICM} = a + \frac{b}{\text{THE}},$$

где THE (Total Health Expenditures) — общие отчисления на здравоохранение на душу населения по оценкам ВОЗ, в долларах США по паритету покупательской способности; a , b — коэффициенты, рассчитанные по методу наименьших квадратов с помощью пакета SPSS 13.0 (табл. 2). Скоростной параметр n в данном случае равен единице.

Таблица 2

Коэффициенты	Модель для данных за год							
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
a	5,14	5,40	4,93	4,19	4,01	3,25	2,73	1,80
b	3533,23	3058,47	3082,06	3600,96	3396,55	3961,79	4243,62	5064,10

Показатель, с изменением которого можно регулировать величину относительной младенческой смертности — отчисления на здравоохранение, присутствует во втором слагаемом. Он имеет основное влияние на поведение кривой до тех пор, пока выполняется условие

$$\frac{b}{\text{THE}} > a \Rightarrow \text{THE} < \frac{b}{a}.$$

Другими словами, расходы на медицинское обеспечение населения теряют роль основного фактора влияния на изменение доли младенческой смертности в общей смертности, когда объем отчислений на здравоохранение превышает определенное, граничное значение (рис. 2). Кроме того, коэффициент a (первое слагаемое регрессионной модели, см. табл. 2) показывает, что даже при значительном превышении граничного объема отчислений снижение уровня относительной младенческой смертности остановится, достигнув фонового значения (a).

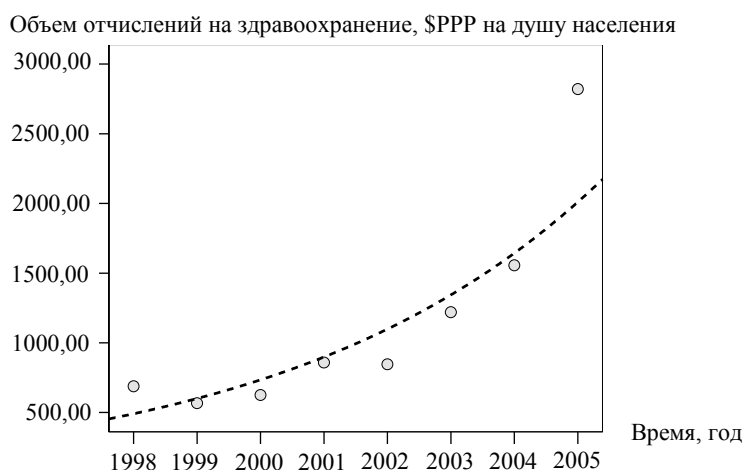


Рис. 2. Изменение граничного значения объема отчислений на здравоохранение, рассчитанного по коэффициентам регрессионных моделей

Из рис. 2 видно, что объем отчислений на здравоохранение, при которых уровень относительной младенческой смертности не прекращает снижаться (в среднем, с 5,5 до 2 случаев на тысячу случаев общей смертности) на протяжении исследуемого периода растет по экспоненциальному закону. Уравнение регрессии для изменения граничного объема бюджетных расходов на здравоохранение по странам ЕР ВОЗ за 1998–2005 гг. имеет вид

$$\text{ТНЕ}_{\text{ГР}} = 401,32 \cdot e^{0,201 \cdot T}, \quad T = 1, \dots, 8,$$

где $\text{ТНЕ}_{\text{ГР}}$ — граничное значение объема государственных отчислений на здравоохранение, рассчитанное по коэффициентам регрессионных моделей за определенные годы как a/b ; T — переменная, учитывающая изменение времени с 1998 до 2005 гг.

При этом значение неснижаемого уровня относительной младенческой смертности уменьшается в течение исследуемого периода согласно модели

$$\text{ИМІСМ}_{\text{min}} = 6,18 - 0,5 \cdot T, \quad T = 1, \dots, 8,$$

где $\text{ИМІСМ}_{\text{min}}$ — неснижаемый уровень младенческой смертности на тысячу случаев общей смертности; T — переменная, учитывающая изменение времени с 1998 до 2005 гг.

Заключение. Предложенный показатель «относительная младенческая смертность» является информативным для исследования зависимости изменения уровней общей и младенческой смертности от объемов финансирования здравоохранения.

Зависимости уровня относительной младенческой смертности от объема бюджетного финансирования здравоохранения для стран ЕР ВОЗ за 1998–2005 гг. описываются моделями обратной регрессии. Модель позволяет определить уровень, начиная с которого увеличение объема финансирования не влияет на быстрое снижение младенческой смертности в составе общей смертности населения. При достижении такого граничного объема финансирования здравоохранения снижение относительной младенческой смертности происходит в силу действия иных факторов. Граничный объем финансирования для стран ЕР ВОЗ с 1998 по 2005 гг. растет по экспоненциальному закону.

Модель обратной регрессии позволяет также определить неснижаемый уровень относительной младенческой смертности — фоновый уровень, который сохраняется при неограниченном увеличении объема финансирования здравоохранения. В течение исследуемого периода изменение неснижаемого уровня относительной младенческой смертности описывается линейной регрессионной моделью, согласно которой его значение уменьшается с 5,68 случаев на тысячу случаев общей смертности на 1998 г. до 2,18 случаев на 2005 год.

1. *Декларация тысячелетия ООН.* — <http://www.un.org/russian/documen/declarat/summitdecl.htm>.
2. *Прищук Н.* Смертність населення України: регіональний аспект // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. географічна. — 2007. — Вип. 34. — С. 201–209.
3. *Акчурин Р.С., Улумбекова Г.Э.* Недофинансированное здравоохранение — удел слабо развитого государства. — <http://ethnocid.netda.ru/analitika/akchurin.htm>.
4. *Арсенко А.Г.* Социальные издержки населения Украины в условиях перехода к рыночной экономике // Модели системной трансформации и социальная цена реформ (опыт России, СНГ и стран ЦВЕ). Материалы Междунар. конф. ИМЭПИ РАН 25–26 ноября 2004 г., Москва. — М.: ИМЭПИ РАН, 2005. — С. 128–136.
5. *Смертность* и состояние здоровья российского населения. — http://ns.worldbank.org.ru/files/rer/RER_12.3_rus.pdf.
6. *Айвазян С.А.* Разработка и анализ интегральных индикаторов качества жизни населения Самарской области. — М.: ЦЭМИ РАН, 2005. — 124 с.
7. *Кузнецова Ю.А., Кириллова С.А.* Критерии социальной полезности общественных услуг. — http://isei.communityhost.ru/thread/?thread__mid=229725049.
8. *База демографических и медико-статистических показателей «Здоровье для всех».* — http://www.euro.who.int/InformationSources/Data/20050117_3.
9. *Борисов В. А.* Демография — М.: Изд. дом NOTABENE, 1999–2001. — 272 с.

Международный научно-учебный центр
информационных технологий и систем
НАН Украины и Министерства образования
и науки Украины, Киев,

Получено 09.04.2009