



Вестник

Башкирского государственного медицинского университета

сетевое издание

ISSN 2309-7183



№3, 2016

vestnikbgmu.ru

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Вестник Башкирского государственного медицинского университета

сетевое издание

№3, 2016 г.

Редакционная коллегия:

Главный редактор: проф. Павлов В.Н. – ректор Башкирского государственного медицинского университета (Уфа)

Зам. главного редактора: проф. Нартайлаков М.А. (Уфа)

Члены редакционной коллегии: проф. Катаев В.А. (Уфа); проф. Ахмадеева Л.Р. (Уфа); доц. Цыглин А.А. (Уфа); проф. Галимов О.В. (Уфа); проф. Загидуллин Н.Ш. (Уфа); проф. Малиевский В.А. (Уфа); доц. Стрижков А.Е. (Уфа); проф. Еникеев Д.А. (Уфа); доц. Гончаров А.В. (Уфа); проф. Мавзютов А.Р. (Уфа); проф. Гильманов А.Ж. (Уфа); проф. Минасов Б.Ш. (Уфа); проф. Викторова Т.В. (Уфа); проф. Валишин Д.А. (Уфа); проф. Сахаутдинова И.В. (Уфа); проф. Садритдинов М.А. (Уфа); проф. Новикова Л.Б. (Уфа); проф. Верзакова И.В. (Уфа); проф. Моругова Т.В. (Уфа); проф. Гильмутдинова Л.Т. (Уфа).

Редакционный совет:

Чл.-корр. РАМН, проф. Тимербулатов В.М. (Уфа), проф. Бакиров А.А. (Уфа), проф. Ганцев Ш.Х. (Уфа), доц. Шебаев Г.А. (Уфа), проф. Мулдашев Э.Р. (Уфа), проф. Викторов В.В. (Уфа), проф. Кубышкин В.А. (Москва), проф. Гальперин Э.И. (Москва), проф. Вишневский В.А. (Москва), чл.-корр. РАМН, проф. Аляев Ю.Г. (Москва), чл.-корр. РАМН, проф. Чучалин А.Г. (Москва), чл.-корр. РАМН, проф. Долгушин И.И. (Челябинск), чл.-корр. РАМН, проф. Котельников Г.П. (Самара), проф. Созинов А.С. (Казань).

Состав редакции сетевого издания «Вестник Башкирского государственного медицинского университета»:

зав. редакцией – к.м.н. Кашаев М.Ш.

ответственный секретарь – к.м.н. Рыбалко Д.Ю.

научный редактор – к.фарм.н. Файзуллина Р.Р.

технический редактор – к.м.н. Насибуллин И.М.

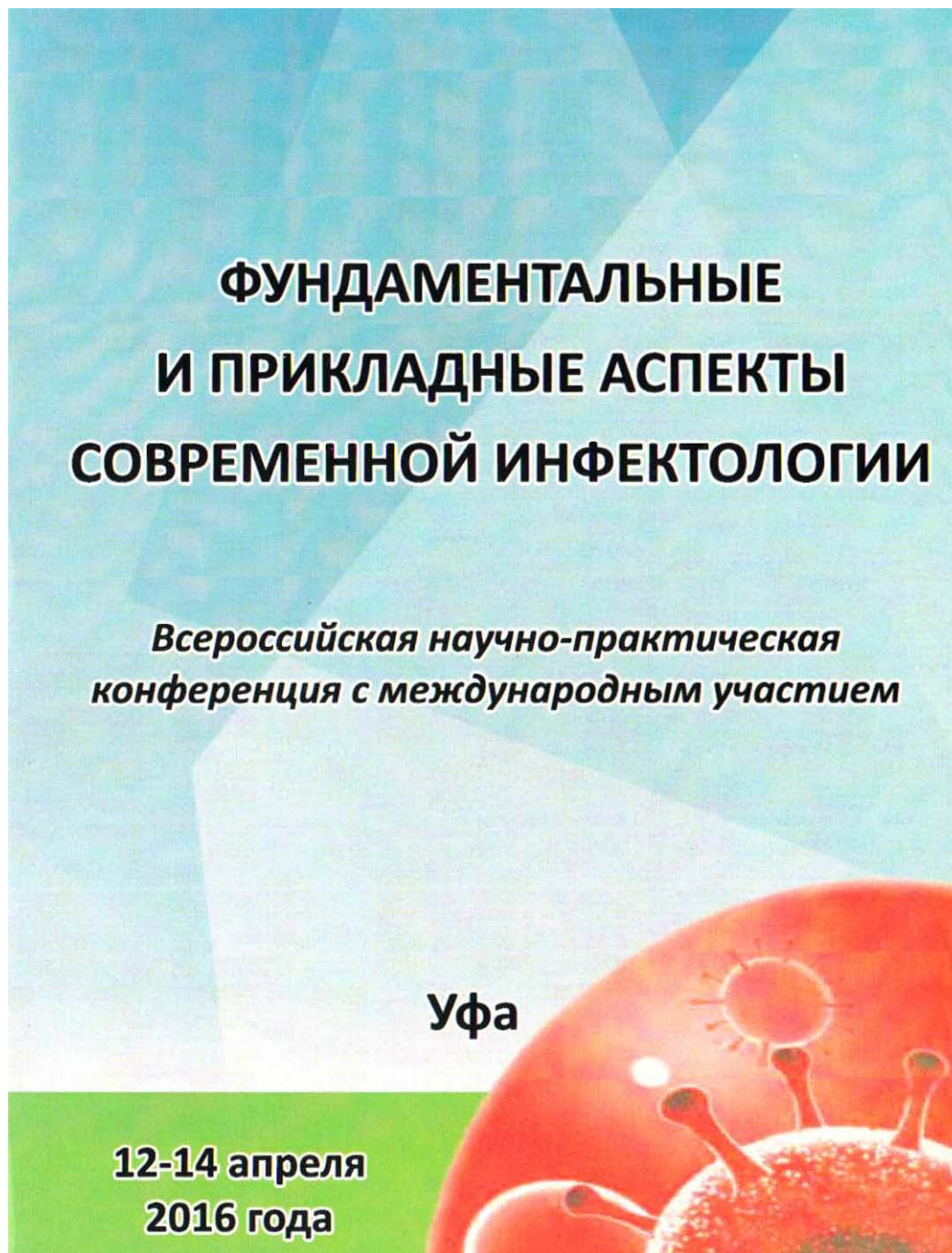
художественный редактор – доц. Захарченко В.Д.

технический секретарь редакции - Зиятдинов Р.Р.

корректор – Брагина Н.А.

корректор-переводчик – к.ф.н. Майорова О.А.

ЗАРЕГИСТРИРОВАН В ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЕ ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ СВЯЗИ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ 26.07.2013, НОМЕР СВИДЕТЕЛЬСТВА ЭЛ № ФС 77 - 54905.



В данный номер «Вестника БГМУ» вошли статьи победителей конкурса научно-исследовательских работ, проводимого в рамках **Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты современной инфектологии»**, получившей финансовую поддержку **ФГБУ «Российский фонд фундаментальных исследований»**, проект №16-04-20105

ответственный редактор – д.м.н., проф. Г.М. Хасанова

УДК 616.9-022.3-036

© Д.И. Чумаченко, Т.А. Чумаченко, 2016

Д.И. ЧУМАЧЕНКО¹, Т.А. ЧУМАЧЕНКО²

МОДЕЛЬ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗАБОЛЕВАНИЙ С
МНОЖЕСТВЕННЫМИ ПУТЯМИ ПЕРЕДАЧИ И ЕЕ ОЦЕНКА

¹Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского

Харьковский Авиационный Институт, Харьков, Украина.

²Харьковский национальный медицинский университет,

г. Харьков, Украина

В работе предложена имитационная модель распространения инфекционных заболеваний с множественными путями передачи на примере гепатита В. Описаны структура, состояния и правила взаимодействия агентов, а также среда моделирования. Предложенная модель позволяет прогнозировать заболеваемость инфекцией в заданное время на определенной территории с учетом демографических характеристик, и других социальных и экономических условий популяции.

Ключевые слова: имитационное моделирование, мультиагентная модель, гепатит В, агент, инфекции с множественными путями передачи.

CHUMACHENKO D.I.¹, CHUMACHENKO T.O.²

MODEL OF EPIDEMIC PROCESS OF INFECTIOUS DISEASES WITH MULTIPLE
ROUTES OF INFECTION TRANSMISSION AND ITS ESTIMATION

¹National Aerospace University Kharkiv Aviation Institute, Kharkiv, Ukraine,

²Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

The paper presents simulation model of the spreading of infectious diseases with multiple routes of infection transmission by the example of Hepatitis B. The structure, states and rules of cooperation of agents, as well as the simulation environment are described. The proposed model allows predicting the incidence of infectious diseases in a given time in a particular area based on demographic characteristics, and other social and economic conditions of the population.

Keywords: simulation, multiagent model, Hepatitis B, agent, infectious with multiple routes transmission.

Введение. Компьютерное моделирование процессов распространения инфекционных заболеваний позволяет выявить наиболее важные пути передачи заболевания, группы риска населения и основные закономерности динамики эпидемического процесса и, на основании полученных данных, принять правильное решение в проведении эпидемиологического

надзора. В последние десятилетия были предложены несколько моделей распространения гепатита В [1; 4; 5; 6; 7; 8; 9]. Наиболее известными моделями, которые используются для этих целей являются модель SIR [3], SEIRS [10]. Мы разработали имитационную модель заболеваний с множественными путями передачи инфекции на примере гепатита В с использованием эпидемиологических данных по городу Харькову (Украина) [2]. Тем не менее, в модели учитывались не все факторы, влияющие на эпидемический процесс гепатита В, такие как разделение агентов на типы и правила взаимодействия агентов. Для того, чтобы устранить эти ограничения была разработана улучшенная модель.

Цель. Оценить модель заболеваний с множественными путями передачи инфекции на примере распространения гепатита В.

Методы. Характер, сложность, а также особенности в поведении системы делают необходимым использование имитационного моделирования. Имитационная модель, которая построена на основе мультиагентной технологии позволяет учитывать множество факторов, которые влияют на динамику, интенсивность и проявления эпидемического процесса, детализировать свойства агентов и проводить эксперименты с достаточно большой численностью населения. Результаты моделирования при наличии адекватной модели подвергаются статистическому анализу для получения ответа об эффективности каких-либо изменений в системе. Информационная технология была разработана для моделирования эпидемического процесса.

Представим агента как набор свойств:

$$a = \langle s, s_t, c, t_a, l \rangle, \quad a \in A, s \in S, c \in C, t_a \in T_a,$$

где s_t - время в состоянии S ,

A - множество агентов,

S - множество различных состояний агентов,

C - множество ячеек рабочей области,

T_a - множество типов агентов,

l - продолжительность жизни.

Множество состояний агентов определено заранее и является постоянным:

$$S = \{\text{Susceptible, Exposed, Infected, Convalescent, Recovered, Dead}\}.$$

- **Susceptible** - агент здоров (может быть подвержен заражению). В данном случае под здоровым подразумевается агент, который является восприимчивым для заболевания моделируемого эпидемического процесса.

- Exposed - агент подвергся заражению. Данное состояние представляет собой инкубационный период. В течение этого времени агент ещё не является заболевшим, но уже имеет шансы передавать инфекцию (заражать других).
- Infected - агент болен. Агенты в этом состоянии являются наиболее вероятными источниками инфекции для других агентов.
- Convalescent - агент выздоравливает. Данное состояние характеризует период, когда исчезли клинические симптомы заболевания, но агент по-прежнему может быть носителем заболевания и источником инфекции. Наличие такого состояния характерно для определённых инфекционных заболеваний, в том числе для гепатита В.
- Recovered - агент выздоровел (приобрёл иммунитет). Агенты в этом состоянии более не подвержены возможности заболеть.
- Dead - агент умер от старости или вследствие заболевания.

Для экспериментов было определено 3 области:

- Домашняя область. В этой области допускаются только контакты между агентами.
- Область риска. В данной области, помимо контактов между агентами, возможно заражение от инфицированного инструмента.
- Область «Больница». В данной области возможен частичный контакт между агентами и инфицирование от инструмента. При попадании в эту область агент подвергается лечению, что снижает длительность заболевания.

При моделировании такого явления, как эпидемический процесс, очевидно, что участники процесса могут взаимодействовать друг с другом не только при непосредственном физическом контакте (например, заболевания, передающиеся только половым путём). При инфекциях с множественными путями передачи (инъекционный, при переливании крови, инструментальный, половой и т.п.) обработка такого рода событий довольно сложна, что приводит к замедлению процесса моделирования. В данной работе предлагается упростить рассмотрение момента инфицирования путём установления принадлежности агентов одной ячейке. Это позволяет учесть возможность взаимодействия агентов и при этом существенно снизить потерю производительности.

Кроме того, каждый тип предопределяет для агента длительность пребывания в каждой из областей. По истечению пребывания в конкретной области, агент с заданной вероятностью переходит в другую область. Переход осуществляется на основе того, в каком состоянии (CurrentState) и в какой области (CurrentRegion) находился агент, а также под воздействием вероятностей перехода, определённых его типом (рис. 1).

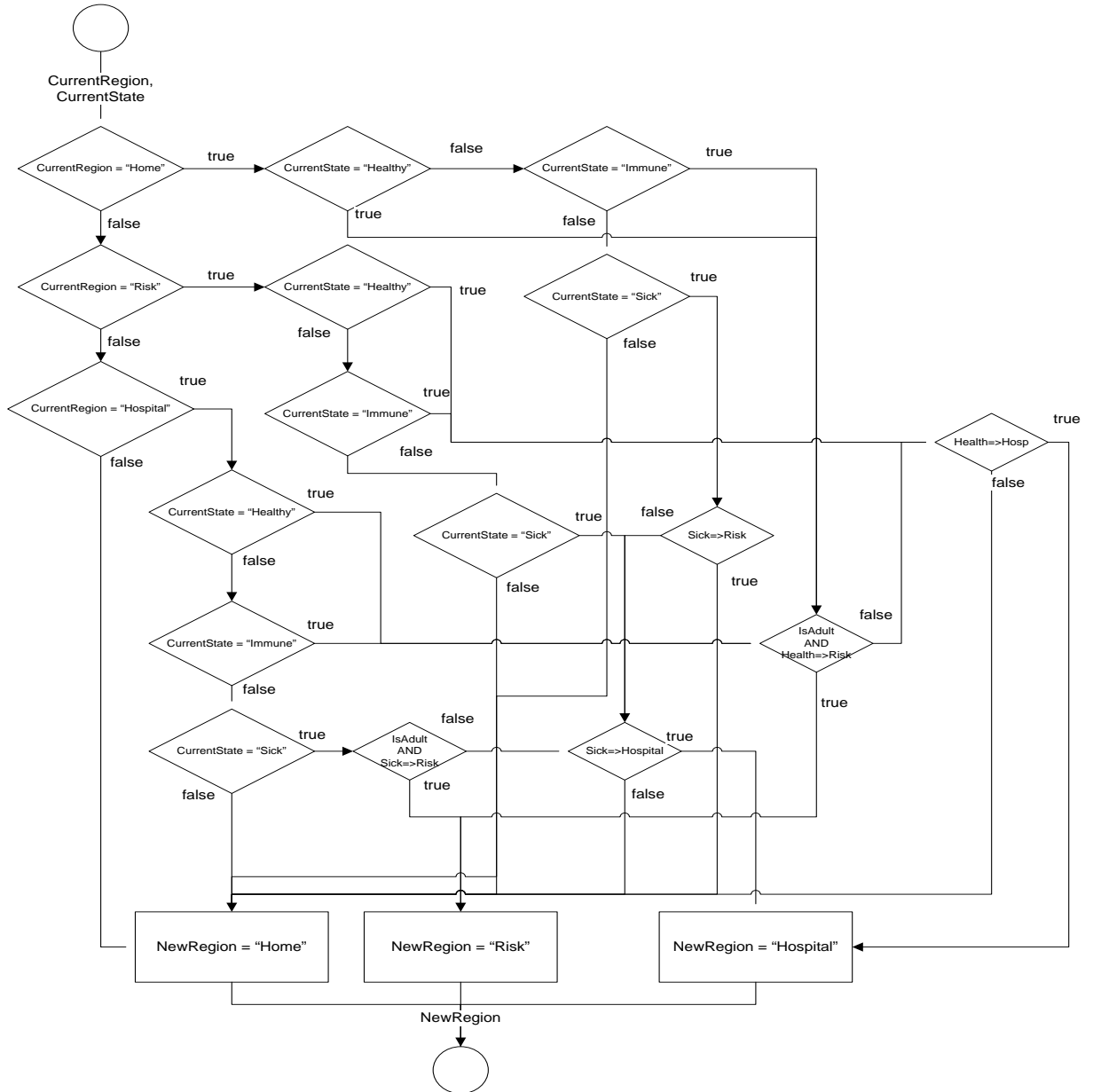


Рис. 1. Блок-схема переходов агентов в различные области.

Для повышения детализации населения с точки зрения его принадлежности к условным социальным группам (категоризация населения) были определены типы агентов, которые представлены следующим образом:

$$t = \langle \bar{P}_t, \bar{\tau}_t \rangle,$$

где \bar{P}_t - вектор вероятностей, которые являются специфическими для агентов различных типов,

$\bar{\tau}_t$ - вектор постоянных модельного времени.

Построенная модель может быть расширена за счет увеличения размерностей векторов, которые в рамках этой задачи ограничиваются следующим множеством:

$$\bar{P}_t = (P_b, P_{hr}, P_{hh}, P_{sr}, P_{sh}),$$

где P_b - вероятность рождения агента определенного типа,

P_{hr} - вероятность перехода агента в здоровом состоянии в зону риска,

P_{hh} - вероятность перехода агента в здоровом состоянии в область «Больница»,

P_{sr} - вероятность перехода агента в больном состоянии в зону риска,

P_{sh} - вероятность перехода агента в больном состоянии в область «Больница».

$$\bar{\tau}_t = (\tau_h, \tau_r, \tau_m),$$

где τ_h - модельное время, которое тратит агент определенного типа находясь в области «Дом»,

τ_r - модельное время, которое тратит агент определенного типа, находясь в зоне риска,

τ_m - модельное время, которое тратит агент определенного типа, находясь в области «Больница».

Результаты. На основании усовершенствованных методов моделирования была разработана модель гепатита В (рис. 2).

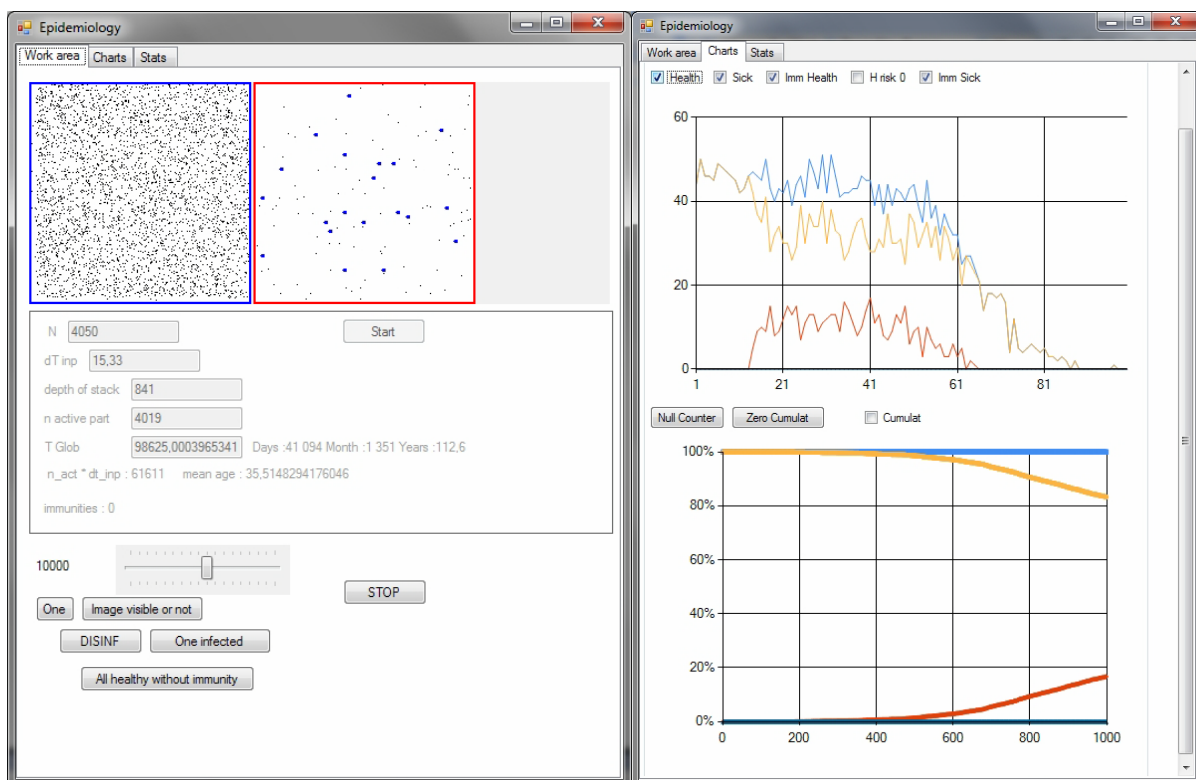


Рисунок 2. Основная панель управления процессом моделирования и графическая визуализация процесса моделирования.

Признаки агентов, их правила поведения и взаимодействия, а также свойства окружающей среды были учтены. Экспериментальные результаты модели были сопоставлены с данными реальной заболеваемости и групп риска в Харькове с 2003 по 2013 гг. Был сделан прогноз заболеваемости гепатитом В на 2014-2015 гг.

Выводы. В результате усовершенствования модели, она стала более точной и улучшила свою производительность. Результаты моделирования позволяют прогнозировать заболеваемость гепатитом В в определенный момент времени на определенной территории с учетом демографических характеристик и возможностей общественного здравоохранения и других социальных условий жизни населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ahmed E., Agiza H.N., Hassan S.Z. On modelling hepatitis B transmission using cellular automata // J. Stat. Phys., - 1998, - 92(3/4), – P. 116-120.
2. Chumachenko T., Chumachenko D., Sokolov O. Multiagent Simulation of the Hepatitis B Epidemic Process // ISDS 2012 Conference “International Society for Disease Surveillance Conference. Expanding Collaborations to Chart a New Course in Public Health Surveillance” / San

- Diego, USA / December, 4-5/ Abstracts. – San Diego, - 2012. – P. 39. Access mode: <http://www.syndromic.org/2012-ISDS-Conference-Abstracts.pdf>.
3. D'ébarre F. SIR models of epidemics [Electronic resource] / F. D'ébarre // Level 1 module in "Modelling course in population and evolutionary biology". – Zurich: Institute of Integrative Biology, - 2010. – Access mode: <http://www.tb.ethz.ch/education/model/SIR/sir.pdf>.
4. Hethcote H.W. The mathematics of infectious diseases // Society for Industrie and Applied Mathematics (SIAM review). – 2000; - 42. – P. 599-653.
5. Введение в математическое моделирование. Учебное пособие / Под ред. П.В. Трусова - М.: Логос, - 2004. - 440 с.
6. O'Leary C., Hong Z., Zhang F., Dawood M., Smart G., Kaita K., Wu J. A mathematical model to study the effect of hepatitis B virus vaccine and antiviral treatment among the Canadian Inuit population // European Journal Clinical Microbiological Diseases, - 2010, - 29. - P. 63-72.
7. Shoujun Z., Zhiyi X., Ying L. Mathematical model of hepatitis B virus transmission and its application for vaccination strategy in China // International Journal of Epidemiology, - 2000; - 29. – P. 744-752.
8. Sutton A.J., Gay N.G., Edmunds W.J., Andrews N.J., Hope V.D., Gilver R.L., Piper M., Gill O.N. Modeling the hepatitis B vaccination programme in prisons // Epidemiol. Infec., - 2006, - 134. – P. 231-242.
9. Sutton A.J., Gay N.G., Edmunds W.J., Hope V.D., Gill O.N. Modeling the force of infection for hepatitis B and C in injection drug users in England and Wales. Hickman // BMC Infectious Diseases - 2006, - 6. – P. 93.
10. Zhang L.J. Global Dynamics of an SEIRS Epidemic Model with Constant Immigration and Immunity / L.J. Zhang, L. Yingqiu, R. Qingqing, H. Zhenxiang // WSEAS transactions on mathematics. - 2013, - Issue 5, - Volume 12. – P. 630-640.

Сведения об авторах

Чумаченко Дмитрий Игоревич, ассистент кафедры информатики, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский Авиационный Институт», Харьков, Украина. e-mail: dichum@mail.ru

Чумаченко Татьяна Александровна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой эпидемиологии, Харьковский национальный медицинский университет, г. Харьков, Украина, e-mail: tachum@mail.ru
61023, Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 124, кв. 108.

СВЕДЕНИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала руководствуется положениями "Единых требований к рукописям, представляемым в биомедицинские журналы".

Статья должна быть представлена в редакцию (на адрес электронной почты: vestnikbgmu@gmail.com) в электронном виде в документе winword любой версии.

Оригинальные статьи должны быть построены по традиционному принципу для мировой научной периодики и структурированы по плану: актуальность, цель работы, материалы и методы, результаты и обсуждение, завершаться выводами.

Титульная страница должна содержать: УДК статьи, инициалы и фамилию автора (авторов), название статьи. Название организации представившей статью для публикации на русском и английском языках. Дополнительно отдельно необходимо представить фамилию, имя, отчество (полностью) авторов, с указанием должности, ученой степени, звания, места работы и адреса организации. Обязательно необходимо указать автора (фамилия, имя, отчество) ответственного за контакты с редакцией, его телефон и адрес электронной почты.

Краткое резюме на русском языке отражающее основную цель исследования и его результат, ключевые слова (не более пяти)

На английском языке: название статьи, инициалы и фамилии авторов, название организации, резюме и ключевые слова.

Текст статьи, напечатанным шрифтом Times New Roman, 12 кеглем, через 1,5 интервала, поля 2,0 без переноса. Рекомендуемый объем статьи, включая таблицы, рисунки, литературу и аннотацию до 15 страниц формата А4. Все страницы должны быть пронумерованы.

Текст статьи, все приведенные цитаты должны быть автором тщательно выверены, проверены по первоисточникам. Цитируемая литература приводится в конце статьи на отдельном листе. Список литературы печатается в алфавитном порядке, сначала - русские, затем зарубежные авторы, согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008. В тексте ссылки даются в квадратных скобках (если ссылка на несколько источников - то через запятую без пробелов) в соответствии с номером в списке литературы.

Следует использовать только общепринятые сокращения. Не следует применять сокращения в названии статьи. Полный термин, вместо которого вводится сокращение, следует расшифровать при первом упоминании его в тексте. Не требуется расшифровки стандартных единиц измерения и символов.

Таблицы должны иметь порядковый номер расположенный в правом верхнем углу, название таблицы. Рекомендуется представлять наглядные, компактные таблицы. Все числа в таблицах должны быть выверены и соответствовать числам в статье.

При использовании результатов статистического анализа данных обязательным условием является указанием использованного программного пакета и его версии, названий статистических методов, приведение описательных методов статистики и точных уровней значимости при проверке статистических гипотез. Для основных результатов исследования рекомендуется рассчитывать доверительные интервалы.

Единицы измерения физических величин должны представляться в единицах Международной метрической системы единиц- СИ.

Рисунки и диаграммы должны представляться отдельными графическими файлами в форматах bmp, jpg, tiff с указанием названия рисунка/диаграммы, его порядковым номером с разрешением не менее 300 dpi. В статье необходимо указывать место положения рисунка/диаграммы.

Все статьи, поступающие в редакцию проходят многоступенчатое рецензирование, замечания рецензентов направляются автору без указания имен рецензентов. После получения рецензий и ответов автора редколлегия принимает решение о публикации статьи.

Редакция оставляет за собой право отклонить статью без указания причин. Очередность публикаций устанавливается в соответствии с редакционным планом издания журнала.

Редакция оставляет за собой право сокращать, редактировать материалы статьи независимо от их объема, включая изменения названия статей, терминов и определений. Небольшие исправления стилистического, номенклатурного или формального характера вносятся в статью без согласования с автором. Если статья перерабатывалась автором в процессе подготовки к публикации, датой поступления считается день поступления окончательного текста.

Публикация статей в журнале бесплатная.

Направление в редакцию статей, которые уже посланы в другие журналы или напечатаны в них, не допускается.

Номера выходят по мере накопления статей, планируемая частота выхода - 6 номеров в год.