

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Қазақстан Республикасының
Ғылым Академиясының
Әл-Фараби атындағы
Қазақ ұлттық университетінің

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
al-Farabi Kazakh National University

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

4 (344)

OCTOBER – DECEMBER 2022

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

БАС РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институты бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы (ғалым хатшы), Ақпараттық жүйелер саласындағы техника ғылымдарының (PhD) докторы, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институты директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, Сәтбаев университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физ-мат), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), **Н=23**

СМОЛАРЖ Анджей, Люблин политехникалық университетінің электроника факультетінің доценті (Люблин, Польша), **Н=17**

ӘМІРҒАЛИЕВ Еділхан Несіпханұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Жасанды интеллект және робототехника зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), **Н=12**

КИЛАН Әлімхан, техника ғылымдарының докторы, профессор (ғылым докторы (Жапония), ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), **Н=6**

ХАЙРОВА Нина, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), **Н=4**

ОТМАН Мохаммед, PhD, Информатика, коммуникациялық технологиялар және желілер кафедрасының профессоры, Путра университеті (Селангор, Малайзия), **Н=23**

НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебұланқызы, техника ғылымдарының докторы, доцент, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

БИЯШЕВ Рустам Гакашевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, Информатика және басқару мәселелері институты директорының орынбасары, Ақпараттық қауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Қазақстан), **Н=3**

КАПАЛОВА Нұрсұлу Алдажарқызы, техника ғылымдарының кандидаты, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялар институтының киберқауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина Ұлттық Ғылым академиясының академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), **Н=5**

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь Ұлттық Ғылым академиясының академигі (Минск, Беларусь), **Н=2**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), **Н=42**

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика-математикалық сериясы*».

Қазіргі уақытта: «*ақпараттық технологиялар*» бағыты бойынша *ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді*.

Мерзімділігі: *жылына 4 рет*.

Тиражы: *300 дана*.

Редакцияның мекен-жайы: *050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2022
Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

Главный редактор:

МУТАНОВ Галимкаир Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан), **Н=7**

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, (ученый секретарь), доктор философии (PhD) по специальности «Информационные системы», заместитель директора по науке РГП «Институт информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Саптаева (Алматы, Казахстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), **Н=23**

СМОЛАРЖ Анджей, доцент факультета электроники Люблинского политехнического университета (Люблин, Польша), **Н=17**

АМИРГАЛИЕВ Едилхан Несипханович, доктор технических наук, профессор, академик Национальной инженерной академии РК, заведующий лабораторией «Искусственного интеллекта и робототехники» (Алматы, Казахстан), **Н=12**

КЕЙЛАН Алимхан, доктор технических наук, профессор (Doctor of science (Japan)), главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=6**

ХАЙРОВА Нина, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=4**

ОТМАН Мохамед, доктор философии, профессор компьютерных наук, Департамент коммуникационных технологий и сетей, Университет Путра Малайзия (Селангор, Малайзия), **Н=23**

НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебулановна, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=3**

БИЯШЕВ Рустам Гакашевич, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института проблем информатики и управления, заведующий лабораторией информационной безопасности (Казахстан), **Н=3**

КАПАЛОВА Нурсулу Алдажаровна, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кибербезопасности РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), **Н=3**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), **Н=5**

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь), **Н=2**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), **Н=42**

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: *Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).*

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан **№ 16906-Ж** выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *серия физика-математическая.*

В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных ККСОН МОН РК по направлению «информационные коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раз в год.*

Тираж: *300 экземпляров.*

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2022
Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Chief Editor:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, acting General Director of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

EDITORIAL BOARD:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of the CS MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan), **H = 7**

Mamyrbayev Orken Zhumazhanovich, (Academic Secretary), PhD in Information Systems, Deputy Director for Science of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H = 5**

BAIGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), **H=3**

WOJCIK Waldemar, Doctor of Technical Sciences (Phys.-Math.), Professor of the Lublin University of Technology (Lublin, Poland), **H=23**

SMOLARJ Andrej, Associate Professor Faculty of Electronics, Lublin polytechnic university (Lublin, Poland), **H= 17**

AMIRGALIEV Edilkhan Nesipkhanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Head of the Laboratory of Artificial Intelligence and Robotics (Almaty, Kazakhstan), **H= 12**

KEILAN Alimkhan, Doctor of Technical Sciences, Professor (Doctor of science (Japan)), chief researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H= 6**

KHAIROVA Nina, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H= 4**

OTMAN Mohamed, PhD, Professor of Computer Science Department of Communication Technology and Networks, Putra University Malaysia (Selangor, Malaysia), **H= 23**

NYSANBAYEVA Saule Yerkebulanovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H= 3**

BIYASHEV Rustam Gakashevich, doctor of technical sciences, professor, Deputy Director of the Institute for Informatics and Management Problems, Head of the Information Security Laboratory (Kazakhstan), **H= 3**

KAPALOVA Nursulu Aldazharovna, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory cyber-security, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=3**

KOVALYOV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), **H=5**

MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus), **H=2**

TIGHINEANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), **H=42**

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

Physico-mathematical series.

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. 16906-Ж**, issued 14.02.2018

Thematic scope: *physical-mathematical series.*

Currently: *included in the list of journals recommended by the CCSES MES RK in the direction of «information and communication technologies».*

Periodicity: *4 times a year.*

Circulation: *300 copies.*

Editorial address: *28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2022

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X

Volume 4, Number 344 (2022), 30-42
<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1726.154>

УДК 004.942

**М.А. Кантуреева^{1*}, А.Ш. Хасенов¹, Д.А. Тусупов¹, А.Б. Закирова¹,
А.З. Алимагамбетова²**

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан;

²Учреждение «Esil university», Астана, Казахстан.
E-mail: ma_khantore@mail.ru

FLOOR FIELD МОДЕЛЬ ДЛЯ ДИНАМИКИ ЭВАКУАЦИИ

Аннотация. В этой статье мы предложим метод построения статического полевого модели Floor Field для сложных помещений произвольной геометрии. Полевая модель Floor Field статического метода является важным компонентом модели и должно быть задано перед моделированием. Моделирование пешеходов – одна из самых захватывающих областей науки и техники о дорожном движении. Причина в том, что предварительное понимание характеристик пешеходного потока очень важно при проектировании или улучшении таких общественных мест, как залы ожидания на железнодорожных или автобусных станциях, супермаркеты, банкетные залы, конференц-залы, театры и кинотеатры. Динамические свойства пешеходных толп, включая различные явления самоорганизации, наблюдались и успешно воспроизводились различными физическими методами. Однако наблюдать за эвакуацией пешеходов гораздо сложнее, чем за обычным потоком пешеходов, из-за опасности и паники, вызванных инцидентами. Реальный эксперимент по эвакуации практически невозможен. Это побуждает исследователей изучать поведение при эвакуации с помощью различных подходов к моделированию. В этой статье мы улучшаем модель FF для моделирования эвакуации пешеходов в помещениях как с несколькими выходами, так и с внутренними препятствиями.

Ключевые слова: клеточный автомат, эвакуация, управления движением людей, множество клеток, оператор, клетка массива, динамическое поле, статическое поле.

Финансирование: Работа поддержана Комитетом науки МВОН РК, грант № AP08855497.

**М.А. Кантуреева^{1*}, А.Ш. Хасенов¹, Д.А. Тусупов¹, А.Б. Закирова¹,
А.З. Алимагамбетова²**

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық технологиялар факультетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасы, Астана, Қазақстан;

²«Esil university» мекемесінің Қолданбалы ғылымдар факультетінің Ақпараттық жүйелер және технологиялар кафедрасы, Астана, Қазақстан.
E-mail: ma_khantore@mail.ru

ЭВАКУАЦИЯ ДИНАМИКАСЫНА АРНАЛҒАН FLOOR FIELD МОДЕЛІ

Аннотация. Бұл мақалада күрделі геометрияның күрделі нысаналары үшін статикалық Floor Field үлгісін салу әдісі ұсынылады. Статикалық әдіс Floor Field модельдің маңызды құрамдас бөлігі болғандықтан, модельдеудің алдында анықталуы керек. Жаяу жүргіншілерді модельдеу жол қозғалысы ғылымы мен технологиясының ең қызықты салаларының бірі. Себебі, пойыз немесе автовокзалдардың күту залдары, супермаркеттер, банкет залдары, мәжіліс залдары, театрлар мен кинотеатрлар сияқты қоғамдық орындарды жобалау немесе жақсарту кезінде жаяу жүргіншілер қозғалысының ерекшеліктерін алдын ала түсіну өте маңызды. Жаяу адамдар тобының динамикалық қасиеттері, соның ішінде әртүрлі өзін-өзі ұйымдастыру құбылыстары әртүрлі физикалық әдістермен байқалды және сәтті шығарылды. Алайда, жаяу жүргіншілердің эвакуациясын бақылау оқиғалардан туындаған қауіп пен үрейге байланысты қалыпты жаяу жүргіншілер қозғалысына қарағанда әлдеқайда қиын. Шынайы эвакуация эксперименті іс жүзінде мүмкін емес. Бұл зерттеушілерді әртүрлі модельдеу тәсілдері арқылы эвакуациялау тәртібін зерттеуге шақырады. Бұл мақалада жаяу жүргіншілерді нысанада эвакуациялауды бірнеше шығумен және ішкі кедергілермен модельдеу үшін FF үлгісі жетілдірілді.

Түйін сөздер: клетка автоматы, скулшутинг, террористік шабуыл, эвакуация, адамдардың қозғалысын басқару, көптеген клеткалар, оператор, массивтің клеткасы, динамикалық өріс, статикалық өріс.

Қаржыландыру: Жұмысты ҚР ЖБҒМ Ғылым комитеті, №AP08855497 гранты қолдады.

**M. Kantureyeva^{1*}, A. Khassenov¹, D. Tussupov¹, A. Zakirova¹,
A. Alimagambetova²**

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

²Esil University, Esil University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: *ma_khantore@mail.ru*

FLOOR FIELD MODEL FOR EVACUATION DYNAMICS

Abstract. In this article we will propose a method for constructing a static Floor Field model for complex rooms of arbitrary geometry. The Floor Field model of the static method is an important component of the model and must be specified before modeling. Pedestrian simulation is one of the most exciting areas of traffic science and technology. The reason is that a preliminary understanding of the characteristics of pedestrian traffic is very important when designing or improving public places such as waiting rooms at railway or bus stations, supermarkets, banquet halls, conference halls, theaters and cinemas. Dynamic properties of pedestrian crowds, including various phenomena of self-organization, have been observed and successfully reproduced by various physical methods. However, it is much more difficult to observe the evacuation of pedestrians than the usual flow of pedestrians, because of the danger and panic caused by the incidents. A real evacuation experiment is almost impossible. This encourages researchers to study evacuation behavior using various modeling approaches. In this article, we improve the FF model to simulate pedestrian evacuation in rooms with both multiple exits and internal obstacles.

Key words: cellular automaton, evacuation, human movement control, multiple cells, operator, array cell, dynamic field, static field.

Funding: *The work was supported by the Scientific Committee of the MHES of the RK, grant No. AP08855497.*

Введение. Клеточные автоматы (далее: КА) – это дискретные абстрактные вычислительные системы, которые оказались полезными как в качестве общих моделей сложности, так и в качестве более конкретных представлений нелинейной динамики в различных научных областях. Во-первых, КА (обычно) пространственно и временно дискретны: они состоят из конечного или исчисляемого набора однородных простых единиц, атомов или ячеек. В каждую единицу времени ячейки создают экземпляр одного из конечного набора состояний. Они развиваются параллельно с дискретными временными шагами, следуя функциям обновления состояния или правилам динамического перехода: обновление состояния ячейки выполняется с учетом состояний ячеек в ее локальной окрестности (следовательно, на расстоянии нет никаких действий). Во-вторых, КА абстрактны: они могут быть определены в чисто математических терминах, и физические структуры могут их реализовать.

В-третьих, КА – это вычислительные системы: они могут вычислять функции и решать алгоритмические задачи. Несмотря на то, что он функционирует иначе, чем традиционные устройства, подобные машине Тьюринга, КА с подходящими правилами может эмулировать универсальную машину Тьюринга и, следовательно, вычислять, учитывая тезис Тьюринга, что угодно вычислимое.

Клеточный автомат состоит из динамического правила, которое синхронно обновляет дискретную переменную, определенную на узлах (ячейках) d -мерной решетки. Одно и то же (локальное) правило перехода применяется ко всем ячейкам равномерно и одновременно. Правила КА могут быть выражены на языке, используемом для изучения динамических систем (Badii и др., 1997:49). Присвоение состояний всем ячейкам – это конфигурация. КА является обратимым (или реверсивным), если каждая конфигурация имеет ровно одного предшественника.

Могут быть определены различные типы окрестностей. В окрестности фон Неймана ячейки к северу, югу, востоку и западу от центральной ячейки определяются как соседи. Центральная ячейка имеет в общей сложности 5 соседей. Окрестность Мура также включает диагональные ячейки на северо-востоке, северо-западе, юго-востоке и юго-западе. С математической точки зрения КА представляют собой важный класс объектов, которые могут быть исследованы сами по себе и применяются для изучения природных явлений. Они ведут себя иначе, чем гладкие динамические системы, поскольку существование разрывов на сколь угодно малых интервалах препятствует какой-либо линеаризации динамики и, в свою очередь, простому исследованию свойств устойчивости траекторий. Тем не менее, некоторые инструменты, используемые для описания и классификации карт дискретного времени, могут быть расширены до КА; в частности, систематическое изучение повторяющихся конфигураций, поскольку они характеризуют асимптотическую эволюцию времени.

Необратимые КА представляют особый интерес для изучения сложных систем. При воздействии на начальное значение, состоящее из однородного фона из одинаковых символов, за исключением нескольких (возможно, одного), некоторые необратимые КА способны давать интересные предельные шаблоны, ни периодические, ни полностью неупорядоченные. Были предприняты попытки классифицировать многообразие КА как дискретные динамические системы. Вольфрам предложил различать четыре класса в соответствии с поведением КА; однако эта “феноменологическая” классификация страдает серьезными недостатками. В частности, Culik и Yu (Culik и др., 1988) показали, что нельзя решить, все ли конечные конфигурации данного КА становятся неподвижными и, следовательно, к какому классу он принадлежит. Были предложены и другие классификации. Например, Langton (Langton и др., 1990) предполагает, что правила КА могут быть параметризованы его параметром λ , который измеряет долю записей таблицы

правил без состояния покоя. Dubacq (Dubacq и др., 2001), а также Goldenfeld и Israeli (Goldenfeld и др., 2006) также предложили параметризацию правил КА, измеряемую их сложностью по Колмогорову.

КА можно рассматривать как модели распределенных динамических систем (Toffoli и др., 1984). Таким образом, они предстают как парадигма распределенных вычислений. Кроме того, можно отметить, что обратимый КА может выполнять обратимые, а именно сохраняющие информацию, вычислительные процессы.

Полевая КА-модель (Floor Field KA model). Широкое распространение получила полевая модель Floor Field (FF) (Song и др., 2005). В её основе лежит использование так называемых полей для моделирования движущей силы и взаимодействия с другими частицами.

Недавний прогресс в моделировании динамики пешеходов (Scheckenberg и др., 2001) замечателен, и многие ценные результаты получены с использованием различных моделей, таких как модель социальной силы (Helbing и др., 2000) и модель напольного поля (Burstedde и др., 2001) (Kirchner и др., 2002). Первая модель основана на системе связанных дифференциальных уравнений, которые должны быть решены, например, с использованием подхода молекулярной динамики, аналогичного изучению гранулированного вещества. Взаимодействие пешеходов моделируется с помощью сил отталкивания на большом расстоянии. В последней модели вводятся два вида полей пола, то есть статическое и динамическое, для перевода пространственного взаимодействия на большие расстояния в привлекательное локальное взаимодействие, но с памятью, аналогичное явлению хемотаксиса в биологии (Ben-Jacob и др., 1997). Интересно, что несмотря на то, что эти две модели используют разные правила для динамики пешеходов, они имеют много общих свойств, включая формирование полосы движения, колебания направления в узких местах (Burstedde и др., 2001) и так называемый эффект «быстрее-медленнее» (Helbing и др., 2000). Хотя это важные основы для моделирования пешеходов, еще многое предстоит сделать, чтобы применить модели к более практическим ситуациям, таким как эвакуация из здания со сложной геометрией.

В модели используются два поля: динамическое D и статическое S . Эти поля имеют такую же дискретную структуру, как и само пространство, по которому передвигаются частицы в КА моделях. Динамическое поле D соответствует виртуальному следу, который создается движением частиц по одной и той же ячейке и оказывает влияние на движение других. Оно имеет свою собственную динамику, а именно: рассеивание и забывание. Статическое поле S или поле расстояний не изменяется со временем, представляет своего рода карту местности, где каждая ячейка содержит обратное расстояние до ближайшего выхода с учетом всех недвижимых препятствий. То есть значение S увеличивается с приближением к выходу. Поле S не зависит от наличия или отсутствия частиц в рассматриваемой области.

В модели используются два поля: динамическое D и статическое S . Эти поля имеют такую же дискретную структуру, как и само пространство, по которому передвигаются частицы в КА моделях. Динамическое поле D соответствует виртуальному следу, который создается движением частиц по одной и той же ячейке и оказывает влияние на движение других. Оно имеет свою собственную динамику, а именно: рассеивание и забывание. Статическое поле S или поле расстояний не изменяется со временем, представляет своего рода карту местности, где каждая ячейка содержит обратное расстояние до ближайшего выхода с учетом всех недвижимых препятствий. То есть значение S увеличивается с приближением к выходу. Поле S не зависит от наличия или отсутствия частиц в рассматриваемой области. Переходные вероятности для всех частиц зависят от значений полей S и D в соседних клетках. Формула вычисления вероятностей устроена так, что наибольшая вероятность придается направлениям с наибольшими значениями поля.

При вычислении статического поля S (поля расстояний до выхода из любой точки пространства) могут использоваться несколько альтернативных методов. Для самых простых геометрий пространства (коридор, комната без дополнительных препятствий и поворотов) в (Song и др., 2005) поле S вычислялось посредством евклидова расстояния. Но для более сложных геометрий такой способ не подходит, так как необходимо учитывать препятствия и стены на пути к выходу. В (Ronchi и др., 2016) рассматривались различные способы вычисления поля расстояний (манхэттенское расстояние, расстояние Чебышева, применение алгоритма Дейкстры (Fukui и др., 1999)). Алгоритм Дейкстры более точен по сравнению с другими методами. Значения поля S влияют на динамику движения частиц в модели. В (Leng и др., 2014) сравнивались манхэттенское расстояние и алгоритм Дейкстры, при использовании алгоритма Дейкстры динамика движения частиц более правдоподобная. В FF моделях обычно используется обратное поле расстояний, т.е. значения поля S увеличиваются при приближении к выходу.

В FF моделях обычно используется синхронный режим работы КА: все частицы перемещаются на новые позиции одновременно. При таком режиме происходят конфликтные ситуации, когда две или более частицы претендуют на одну ячейку. Асинхронный режим исключает возникновение конфликтных ситуаций. Частицы для перемещения выбираются случайным образом (Yue и др., 2007).

Литературный обзор. В работах (Kretz и др., 2010) исследуются способы разрешения конфликтных ситуаций, возникающих при синхронном режиме работы КА. Идея состоит в следующем. С вероятностью $\mu \in [0,1]$ одной из частиц, которая выбирается случайно из всех кандидатов, разрешается переместиться в спорную ячейку, остальные остаются на месте. Это позволяет описывать эффект затруднения движения между частицами. Параметр μ можно интерпретировать как некоторый вид локального давления между частицами. Если значение μ близко к единице, тогда соседние частицы могут

сильно мешать друг другу достичь желаемых ячеек. μ называют фрикционным параметром. В простейшем случае при возникновении конфликтной ситуации случайным образом выбирается одна частица для перемещения, остальные остаются на прежних местах (Dijkstra и др., 1959) (Nishinari и др., 2010).

Формула для вычисления вероятностей переходов – самая вариативная деталь моделей движения людей. В классическую формулу не только вводятся новые элементы, но и изменяется сама формула. Но всегда используется компонента с полем S .

В (Kirchner и др., 2003) был введен эффект инерции. В (Yue и др., 2007) коэффициент k_s берётся с отрицательным знаком, чтобы частицы двигались в сторону понижения поля S . В (Varas и др., 2007) вероятность перехода в занятую ячейку не равна нулю, а уменьшается в два раза по сравнению с вероятностью в случае свободной ячейки, и приписывается текущей ячейке, что даёт возможность частице остаться на прежнем месте (в FF моделях запрещается переход в занятую ячейку и вероятность перехода в этом случае равна нулю). В (Varas и др., 2007) введён элемент паники, когда некоторой частицы запрещают передвигаться.

В (Fruin и др., 1974) и др. присутствуют компоненты психологического отталкивания от стен и от других частиц. Влияние стен определяется их близостью к текущей частице (Kirchner и др., 2003), при этом задаётся максимальное расстояние, на котором стены могут влиять на выбор направления. Влияние частиц определяется посредством плотности частиц или с помощью специального поля, в котором отражена некоторая мера близости ячейки до других частиц (Hoogendoorn и др., 2003). В (Helbing и др., 2001) плотность определяется как количество частиц, находящихся в окрестности Мура от рассматриваемой. В (Berg и др., 1997) – количество частиц в направлении.

В (Kretz и др., 2010) предложена такая форма расчёта переходных вероятностей, где к тому же учитывается принадлежность частицы к определенной группе (например, семья).

В моделях, где время дискретно, важным является вопрос о переводе модельных временных шагов в естественные единицы измерения. В (Yue и др., 2007) предполагается, что один дискретный шаг осуществляется за 0,3 секунды, исходя из того, что средняя скорость человека составляет около 1,3 м/с и размер ячейки равен $0,4 \times 0,4 \text{ м}^2$. В (Kirchner и др., 2003) скорость 1,2 м/с и шаг равен 0,33 секунды. В (Varas и др., 2007) один дискретный шаг осуществляется за 0,4 секунды (размер ячейки - $0,4 \times 0,4 \text{ м}^2$, средняя скорость движения 1 м/с).

Материалы и методы. Модели движения людей микроскопического (индивидуального) типа должны воспроизводить как индивидуальные свойства движения людей при малых плотностях людского потока, так и массовые при больших плотностях. Учёт индивидуальных свойств движения людей при моделировании должен обеспечивать выполнение закономерностей

движения потока при различных плотностях в различных геометриях пространства (прямой путь, сужения, повороты и т.д.) для различных видов движения людских потоков (слияние, пересечение и т.д.).

Из всего многообразия свойств, присущих движению людей, выделяется следующий минимум:

- Цель движения – достижение цели следования;
- Движение людей – случайный процесс. Траектория одного и того же человека при прохождении одинакового маршрута каждый раз пусть немного, но отличается от предыдущих;
- Психологическое отталкивание: люди стараются избегать излишнего контакта друг с другом и не приближаться близко к стенам;

Люди выбирают кратчайший путь к цели следования. Если использование кратчайшего пути невозможно, то человек использует альтернативный путь. То есть при движении человек старается минимизировать длину пути или время пути.

Поведение человека в панических ситуациях. Сначала мы обсудим различные виды человеческого поведения в ситуациях паники. Люди в помещении пытаются эвакуироваться в случае пожара, используя свою собственную стратегию. Стратегии эвакуации до сих пор хорошо изучены, и мы приводим пример эксперимента по эвакуации, который был проведен в крупном супермаркете. В ходе эксперимента пожарная сигнализация и ложное задымление были установлены внезапно, и после того, как люди сбежали из здания, их опросили об их выборе путей эвакуации и т.д. Были собраны данные от более чем 300 человек.

Следующий список показывает статистику данных ответов:

1. Я сбежал в соответствии с указателями и инструкциями, а также трансляцией или руководством продавщиц (46,7%).
2. Я выбрал направление, противоположное месту курения, чтобы как можно скорее спастись от огня (26,3%).
3. Я воспользовался дверью, потому что она была ближайшей (16,7%).
4. Я просто следил за другими людьми (3,0%).
5. Я избегал направления, в котором идут многие другие люди (3,0%).
6. Рядом с дверью было большое окно, и вы могли видеть снаружи. Это была самая “яркая” дверь, поэтому я воспользовался ею (2,3%).
7. Я выбрал дверь, к которой привык (1,7%).

0	$(i-1, j)$	0
$(i, j-1)$	(i, j)	$(i, j+1)$
0	$(i+1, j)$	0

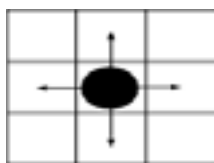


Рисунок 1. Целевые клетки для человека на следующем временном шаге. Для этой модели используется окрестность фон Неймана.

Мы видим, что были сделаны очень разные, иногда даже противоречивые, решения, указывающие на сложность проблемы эвакуации. Если мы предположим, что нет никаких знаков и указаний по радиопередачам, а также никакой информации о местоположении пожара, то, согласно анкетам, люди попытаются эвакуироваться, полагаясь как на свою память о маршруте до ближайшей двери, так и на поведение других людей. Это соревнование между коллективным и индивидуальным поведением имеет важное значение для моделирования явлений эвакуации.

Расширенная полевая модель. Здесь мы обобщим правила обновления расширенной модели поля метод для моделирования панического поведения людей, эвакуирующихся из помещения. Пространство дискретизировано на ячейки размером $40 \text{ см} = 40 \text{ см}$, которые могут быть либо пустыми, либо занятыми одним пешеходом (жесткое исключение). Каждый пешеход может перейти в одну из незанятых ячеек ближайшего соседа (i, j) (или оставаться в текущей ячейке) на каждом дискретном временном шаге $(t = t + 1)$ в соответствии с определенными вероятностями перехода $(P_{i,j})$.

В случае процессов эвакуации статическое поле метод S описывает кратчайшее расстояние до выходной двери. Напряженность поля $S_{i,j}$ устанавливается обратно пропорционально расстоянию от двери. Динамическое поле пола D — это виртуальный след, оставляемый пешеходами, подобный феромону при хемотаксисе (Ven и др., 1997). У него есть своя собственная динамика, а именно диффузия и распад, что приводит к расширению, разбавлению и, наконец, исчезновению следа. При $t = 0$ для всех узлов (i, j) решетки динамическое поле равно нулю, т. е. $D_{i,j} = 0$. Всякий раз, когда частица перескакивает из узла (i, j) в одну из соседних ячеек, D в исходной ячейке увеличивается на единицу.

Модель способна воспроизводить различные фундаментальные явления, такие как формирование полосы движения в коридоре, скопление и колебание в узком месте (Burstedde и др., 2001) (Kirchneг и др., 2002). Это незаменимое свойство для любой надежной модели динамики пешеходов, особенно для обсуждения вопросов безопасности.

Основные правила обновления. Правила обновления нашего КА имеют следующую структуру:

Поле динамического пола D модифицируется в соответствии с его правилами диффузии и затухания, контролируруемыми параметрами α и δ . На каждом временном шаге моделирования каждый отдельный бозон всего динамического поля D распадается с вероятностью δ и диффундирует с вероятностью α в одну из соседних ячеек.

Для каждого пешехода вероятности перехода $P_{i,j}$ для движения в незанятую соседнюю ячейку (i, j) определяются полями двух метода и собственной инерцией. Значения полей D (динамическое) и S (статическое) взвешиваются с двумя параметрами чувствительности k_D и k_S :

$$P_{i,j} = N \exp(k_D D_{ij}) \exp(k_S S_{ij}) P_1(i,j) P_w \quad (1)$$

с нормализацией N . Здесь p_i представляет эффект инерции (Burstedde и др., 2001), заданный $p_i(i,j) = \exp(k_i)$ для направления движения на предыдущем временном шаге, и $p_i(i,j) = 1$ для других ячеек, где k_i – параметр чувствительности. p_w представляет собой потенциал стенки. В (1) мы не учитываем ячейки препятствий (стены и т.д.), а также занятые ячейки.

Каждый пешеход случайным образом выбирает целевую ячейку на основе вероятностей перехода p_{ij} , определенных по формуле (1).

Всякий раз, когда два или более пешеходов пытаются переместиться в одну и ту же целевую ячейку, движение всех вовлеченных сторон отклоняется с вероятностью $\mu \in [0,1]$, т.е. все пешеходы остаются на своих площадках участники отклоняются с вероятностью $\mu \in [0,1]$, т.е. все пешеходы остаются на своих площадках (Kirchner и др., 2002). Это означает, что с вероятностью $1 - \mu$ одна из особей перемещается в нужную ячейку. Какому из них разрешено двигаться, решается с помощью вероятностного метода (Burstedde и др., 2001) (Kirchner и др., 2002).

Пешеходы, которым разрешено двигаться, совершают движение в целевую клетку, выбранную на шаге 3. D в исходной клетке (i,j) каждой движущейся частицы увеличивается на единицу: $D_{i,j} \rightarrow D_{i,j}+1$, т.е. –отрицательное целочисленное значение.

Вышеуказанные правила применяются ко всем пешеходам одновременно (параллельное обновление).

Вывод. Модели, основанные на теории клеточных автоматов, просты, понятны и способствуют более быстрому компьютерному вычислению (по сравнению с непрерывными моделями). Несмотря на активные исследования в данной области, остаются нерешёнными некоторые задачи.

Существующие КА-модели движения людей слабо формализованы (особенно, правила переходов). Описание модели проводится, как правило, в словесной форме, тогда как математическое описание позволяет однозначно интерпретировать модель и облегчает программную реализацию.

Поле расстояний в FF моделях используется в явном виде, что накладывает определённые ограничения на линейные размеры расчётной области.

Information about the authors:

Kantureyeva M. – Acting Associate Professor of the Department “Information Systems” of the Faculty of Information Technologies of the L.N. Gumilyov Eurasian National University, PhD. Astana, Kazakhstan, E-mail: ma_khantore@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5904-820X>;

Khasenov A. – Doctoral student of the Department “Information Systems” of the Faculty of Information Technologies of the L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: khssnv04@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6190-6776>;

Tussupov D. – Professor. Head of the Department “Information Systems” of the Faculty of Information Technologies of the L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: tussupov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9179-0428>;

Zakirova A. – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics of the L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: zakirova_ab@enu.kz, <http://orcid.org/0000-0001-8772-1414>;

A. Alimagambetova – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Lecturer of Department of Computer Science, Esil University, Astana, Kazakhstan. E-mail: ainash_777@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9859-2029>.

ЛИТЕРАТУРА:

Кантуреева М.А., Тусупов Д.А., Мурзин Ф.А. Моделирование поведения толпы людей на базе клеточных автоматов // Вестник КазАТК. Серия технические науки. – 2019. – №2(109). – С. 168-175.

Кантуреева М.А. Моделирование движения толпы на основе клеточных автоматов в системе ANYLOGIC // Традиц. междунар. апрельская матем. конф. в честь Дня работников науки Республики Казахстан и Workshop «Problems of modelling processes in electrical contacts», посв. 80-летию юбилею С.Н. Харина. – Алматы, 2019. – С. 118.

Милинский А.И. Исследование процесса эвакуации зданий массового назначения: дис. ... канд. тех. наук. – М.: МИСИ, 1951. – 97 с.

A. Kirchner and A. Schadschneider, “Simulation of evacuation processes using a bionics-inspired cellular automaton model for pedestrian dynamics,” *Physica A*, vol.312, pp.260–276, 2002.

A. Kirchner, K. Nishinari, and A. Schadschneider, “Friction effects and clogging in a cellular automaton model for pedestrian dynamics,” *Phys. Rev. E* (in press) (e-print cond-mat/0209383).

A. Kirchner, H. Klüpfel, K. Nishinari, A. Schadschneider, and M. Schreckenberg, “Simulation of competitive egress behavior: Comparison with aircraft evacuation data,” *Physica A*, vol.324, p.691 (2003).

C. Burstedde, K. Klauck, A. Schadschneider, and J. Zittartz, “Simulation of pedestrian dynamics using a twodimensional cellular automaton,” *Physica A*, vol.295, pp.507–525, 2001.

D. Helbing, I. Farkas, and T. Vicsek, “Simulating dynamical features of escape panic,” *Nature*, vol.407, pp.487–490, 2000.

D. Helbing, “Traffic and related self-driven many-particle systems,” *Rev. Mod. Phys.* vol.73, pp.1067–1141, 2001.

Dijkstra E.W. A note on two problems in connexion with graphs // *Numerische Mathematik*. – 1959. – Vol. 1. – P. 269-271.

E. Ben-Jacob, “From snowflake formation to growth of bacterial colonies II: Cooperative formation of complex colonial patterns,” *Contemp. Phys.* vol.38, pp.205–241, 1997.

Fukui M., Ishibashi Y. Self-organized phase transitions in cellular automaton models for pedestrians // *Journal of the Physical Society of Japan*. – 1999. – Vol. 68. – P. 2861-2863.

Kantureyeva M., Tussupov J., Murzin F., Usanova A., Abisheva A. Application of cellular automata for modeling and review of methods of movement of a group of people // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. – 2019. – Vol. 97, №15. – P. 4000-4010.

K. Abe, “Human Science of Panic” (in Japanese), Brain Pub. Co., Tokyo, 1986.

Kretz T., Bönisch C., Vortisch P. Comparison of various methods the calculation of the distance potential field // In book: *Pedestrian and Evacuation Dynamics* / ed. W.W.F. Klingsch, C. Rogsch, A. Schadschneider et al. – Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. – P. 335-346.

Leng B., Wang J., Zhao W., Xiong Z. An extended floor field model based on regular hexagonal cells for pedestrian simulation // *Physica A*. – 2014. — Vol. 402(0). – P. 119-133.

M. Scheckenberg and S.D. Sharma (Eds.), “Pedestrian and Evacuation Dynamics,” Springer-Verlag, Berlin, 2001.

M. de Berg, M. van Kreveld, M. Overmars and O. Schwarzkopf, “Computational geometry,” Springer-Verlag, Berlin, 1997.

Nishinari K., Suma Y., Yanagisawa D., Tomoeda A. et al. Nishi Toward smooth movement of crowds // In book: *Pedestrian and Evacuation Dynamics* / ed. W.W.F. Klingsch, C. Rognsch, A. Schadschneider, M. Schreckenberg. – Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. – P. 293-308.

Ronchi E., Kuligowski E.D. Assessing the verification and validation of building fire evacuation models // *Fire Technology*. – 2016. – Vol. 52. – P. 197-219.

S.P. Hoogendoorn, “Walker Behavior Modelling by Differential Games,” *Computational Physics of Transport and Interface dynamics*, Springer, 2003.

Song W., Yu Y., Fan W., Zhang H. A cellular automata evacuation model considering friction and repulsion // *Science in China Ser. E Engineering and Materials Science*. – 2005. – Vol. 48, №4. – P. 403-413.

V.L. Streeter, E.G. Wylie, and K.W. Bedford, “Fluid mechanics,” McGraw-Hill. 9ed., New York, 1985.

Varas A., Cornejo M.D., Mainemer D. et al. Valdivia Cellular automaton model for evacuation process with obstacles // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – 2007. – Vol. 382(2). – P. 631-642.

Yue H., Hao H., Chen X., Shao C. Simulation of pedestrian flow on square lattice based on cellular automata model // *Physica A*. – 2007. – Vol. 384(2). – P. 567-588.

REFERENCES:

Kantureeva M.A., Tusupov D.A., Murzin F.A. Modeling the behavior of a crowd of people on the basis of cellular automata” // *Bulletin of KazATK. Series of technical sciences*. – 2019. – №2(109). – Pp. 168-175.

Kantureeva M.A. Modeling of crowd movement based on cellular automata in the ANYLOGIC system // *Traditional International. april math. conf. in honor of the Day of Science Workers of the Republic of Kazakhstan and Workshop “Problems of modeling processes in electrical contacts”*, dedicated to the 80th anniversary of C.N. Kharin. – Almaty, 2019. – p. 118.

Milinsky A.I. Investigation of the process of evacuation of mass buildings: dis. ... Candidate of Technical Sciences. – M.: MISI, 1951. – 97 p.

A. Kirchner and A. Schadschneider, “Simulation of evacuation processes using a bionics-inspired cellular automaton model for pedestrian dynamics,” *Physica A*, vol.312, pp.260–276, 2002.

A. Kirchner, K. Nishinari, and A. Schadschneider, “Friction effects and clogging in a cellular automaton model for pedestrian dynamics,” *Phys. Rev. E* (in press) (e-print cond-mat/0209383).

A. Kirchner, H. Klüpfel, K. Nishinari, A. Schadschneider, and M. Schreckenberg, “Simulation of competitive egress behavior: Comparison with aircraft evacuation data,” *Physica A*, vol.324, p.691 (2003).

C. Burstedde, K. Klauack, A. Schadschneider, and J. Zittartz, “Simulation of pedestrian dynamics using a twodimensional cellular automaton,” *Physica A*, vol.295, pp.507–525, 2001.

D. Helbing, I. Farkas, and T. Vicsek, “Simulating dynamical features of escape panic,” *Nature*, vol.407, pp.487–490, 2000.

D. Helbing, “Traffic and related self-driven many-particle systems,” *Rev. Mod. Phys.* vol.73, pp.1067–1141, 2001.

Dijkstra E.W. A note on two problems in connexion with graphs // *Numerische Mathematik*. – 1959. – Vol. 1. – P. 269-271.

E. Ben-Jacob, “From snowflake formation to growth of bacterial colonies II: Cooperative formation of complex colonial patterns,” *Contemp. Phys.* vol.38, pp.205–241, 1997.

Fukui M., Ishibashi Y. Self-organized phase transitions in cellular automaton models for pedestrians // *Journal of the Physical Society of Japan*. – 1999. – Vol. 68. – P. 2861-2863.

Kantureyeva M., Tussupov J., Murzin F., Uspanova A., Abisheva A. Application of cellular automata for modeling and review of methods of movement of a group of people // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. – 2019. – Vol. 97, №15. – P. 4000-4010.

K. Abe, “Human Science of Panic” (in Japanese), Brain Pub. Co., Tokyo, 1986.

Kretz T., Bönsch C., Vortisch P. Comparison of various methods the calculation of the distance potential field // In book: *Pedestrian and Evacuation Dynamics* / ed. W.W.F. Klingsch, C. Rogsch, A. Schadschneider et al. – Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. – P. 335-346.

Leng B., Wang J., Zhao W., Xiong Z. An extended floor field model based on regular hexagonal cells for pedestrian simulation // *Physica A*. – 2014. — Vol. 402(0). – P. 119-133.

M. Schreckenberg and S.D. Sharma (Eds.), “Pedestrian and Evacuation Dynamics,” Springer-Verlag, Berlin, 2001.

M. de Berg, M. van Kreveld, M. Overmars and O. Schwarzkopf, “Computational geometry,” Springer-Verlag, Berlin, 1997.

Nishinari K., Suma Y., Yanagisawa D., Tomoeda A. et al. Nishi Toward smooth movement of crowds // In book: *Pedestrian and Evacuation Dynamics* / ed. W.W.F. Klingsch, C. Rogsch, A. Schadschneider, M. Schreckenberg. – Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. – P. 293-308.

Ronchi E., Kuligowski E.D. Assessing the verification and validation of building fire evacuation models // *Fire Technology*. – 2016. – Vol. 52. – P. 197-219.

S.P. Hoogendoorn, “Walker Behavior Modelling by Differential Games,” *Computational Physics of Transport and Interface dynamics*, Springer, 2003.

Song W., Yu Y., Fan W., Zhang H. A cellular automata evacuation model considering friction and repulsion // *Science in China Ser. E Engineering and Materials Science*. – 2005. – Vol. 48, №4. – P. 403-413.

V.L. Streeter, E.G. Wylie, and K.W. Bedford, “Fluid mechanics,” McGraw-Hill. 9ed., New York, 1985.

Varas A., Cornejo M.D., Mainemer D. et al. Valdivia Cellular automaton model for evacuation process with obstacles // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – 2007. – Vol. 382(2). – P. 631-642.

Yue H., Hao H., Chen X., Shao C. Simulation of pedestrian flow on square lattice based on cellular automata model // *Physica A*. – 2007. – Vol. 384(2). – P. 567-588.

МАЗМҰНЫ

А.С. Баймаханова, А.Ж. Сейтмуратов DEEP LEARNING АЛГОРИТМІН ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ ЦИФРЛЫҚ ҚҰЖАТТАРДЫ ЖІКТЕУ.....	5
М.А. Болатбек, Ш.Ж. Мусиралиева, К. Багитова, А.Т. Нюсупов, Е. Абайұлы ВЕБ-РЕСУРСТАРДАҒЫ ФИШИНГТІК ХАБАРЛАМАЛАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ.....	16
М.А. Кантуреева, А.Ш. Хасенов, Д.А. Тусупов, А.Б. Закирова, А.З. Алимагамбетова ЭВАКУАЦИЯ ДИНАМИКАСЫНА АРНАЛҒАН FLOOR FIELD МОДЕЛІ...30	30
А.Д. Кубегенова, К.Т. Искаков, Е.С. Кубегенов, О.И. Криворотько ДЕРЕКТЕРДІ ИНТЕЛЕКТУАЛДЫ ТАЛДАУ АРҚЫЛЫ ЭПИДЕМИОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙДЫ БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ.....	43
Г. Қалман, М.А. Самбетбаева, Д.А. Ақтаева, А.С. Илюбаев МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН АНАФОРАНЫ ШЕШУ МОДЕЛІ.....	56
С.Т. Мамбетов, Е.Е. Бегимбаева, С.К. Джолдасбаев, Б.О. Куламбаев, Г.Н. Казбекова АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕНІҢ ҚАУІПТЕРІ МЕН ОСАЛ ТҰСТАРЫНЫҢ МОНИТОРИНГІ ТУРАЛЫ.....	68
У.Т. Махажанова, Б. Тасуов, А.А. Муханова, А. Мухиядин, Р.К. Жеткиншеков БҰЛДЫР ЖИЫНДАР ТЕОРИЯСЫ НЕГІЗІНДЕ БИЗНЕСТІҢ НЕСИЕ ҚАБІЛЕТІЛІГІН БАҒАЛАУ АЛГОРИТМІ.....	81
Р.Н. Молдашева, А.А. Исмаилова, А.К. Жамангара, А.М. Задағали, Г.Б. Турмуханова СУ ЭКО ЖҮЙЕЛЕРІН ЗЕРТТЕУДЕ АТЖ ӨЗІРЛЕУГЕ ҚОЙЫЛАТЫН ТАЛАПТАР.....	93
А.А. Муханова, У.Т. Махажанова, Н.Д. Мархабатов, Б. Тасуов, Ж.Б. Ламашева ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ТАЛДАУДА БҰЛДЫР ЛОГИКАНЫ ҚОЛДАНУ.....	106

Н.А. Сейлова, А.Б. Батыргалиев, Ж.А. Джангозин, Д.А. Байбатчаева, Н. Нұрғабылов ШУ КЕДЕЛДЕРІН БҮРКЕУДІҢ САПАСЫН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕМЕСІ.....	120
А.Ш. Хасенов, М.А. Кантурсева, Д.А. Тусупов, А.С. Омарбекова, Г.Б. Абдикеримова АГЕНТТІК МОДЕЛЬДЕУ ЖҮЙЕСІНДЕ ЭВАКУАЦИЯ МОДЕЛІН ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ ТӘСІЛІ.....	134
А. Шаушенова, А. Нурпейсова, Д. Досалянов, Г. Мауина ПРОКТОРИНГ ЖҮЙЕСІНДЕ ЖАСАНДЫ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН СӨЙЛЕУДІ ТАҢУ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	146
А.Ә. Шекербек, Г.Б. Абдикеримова, Ә.М. Сабыр, Ж.С. Әбілқайыр КЕУДЕ КЛЕТКАСЫНЫҢ ПАТОЛОГИЯСЫН АНЫҚТАУ ҮШІН ӘДІС ПЕН АЛГОРИТМДІ ҚОЛДАНУ.....	159

СОДЕРЖАНИЕ

А.С. Баймаханова, А.Ж. Сейтмуратов КЛАССИФИКАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМА DEEP LEARNING.....	5
М.А. Болатбек, Ш.Ж. Мусиралиева, К. Багитова, А.Т. Нюсупов, Е. Абайулы ФИШИНГОВЫЕ СООБЩЕНИЯ НА ВЕБ-РЕСУРСАХ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	16
М.А. Кантуреева, А.Ш. Хасенов, Д.А. Тусупов, А.Б. Закирова, А.З. Алимагамбетова FLOOR FIELD МОДЕЛЬ ДЛЯ ДИНАМИКИ ЭВАКУАЦИИ.....	30
А.Д. Кубегенова, К.Т. Искаков, Е.С. Кубегенов, О.И. Криворотько МОНИТОРИНГ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ.....	43
Г. Қалман, М.А. Самбетбаева, Д.А. Актаева, А.С. Илюбаев МОДЕЛЬ РАЗРЕШЕНИЯ АНАФОРЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	56
С.Т. Мамбетов, Е.Е. Бегимбаева, С.К. Джолдасбаев, Б.О. Куламбаев, Г.Н. Казбекова О МОНИТОРИНГЕ УГРОЗ И УЯЗВИМОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	68
У.Т. Махажанова, Б. Тасуов, А.А. Муханова, А. Мухиядин, Р.К. Жеткиншеков АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ БИЗНЕСА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ.....	81
Р.Н. Молдашева, А.А. Исмаилова, А.К. Жамангара, А.М. Задағали, Г.Б. Турмуханова ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ИАС-ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ.....	93
А.А. Муханова, У.Т. Махажанова, Н.Д. Мархабатов, Б. Тасуов, Ж.Б. Ламашева ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ПРИ АНАЛИЗЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	106

Н.А. Сейлова, А.Б. Батыргалиев, Ж.А. Джангозин, Д.А. Байбатчаева, Н. Нұрғабылов МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МАСКИРУЮЩИХ ШУМОВЫХ ПОМЕХ.....	120
А.Ш. Хасенов, М.А. Кантуреева, Д.А. Тусупов, А.С. Омарбекова, Г.Б. Абдикеримова ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ ЭВАКУАЦИИ В СИСТЕМЕ АГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	134
А.Г. Шаушенова, А.А. Нурпейсова, Д.Б. Досалянов, Г.М. Мауина ПРОБЛЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМЕ ПРОКТОРИНГА.....	146
А.А. Шекербек, Г.Б. Абдикеримова, А.М. Сабыр, Ж.С. Абулхаир ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА И АЛГОРИТМА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПАТОЛОГИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ.....	159

CONTENTS

A. Baimakhanova, A. Seitmuratov CLASSIFICATION OF DIGITAL DOCUMENTS USING DEEP LEARNING ALGORITHM.....	5
M. Bolatbek, Sh. Musiralieva, K Bagitova, A. Нюсупов, E. Abaiuly PHISHING MESSAGES ON WEB RESOURCES AND THEIR DETECTION BY MACHINE LEARNING METHODS.....	16
M. Kantureyeva, A. Khassenov, D. Tussupov, A. Zakirova, A. Alimagambetova FLOOR FIELD MODEL FOR EVACUATION DYNAMICS.....	30
A.D. Kubegenova, K.T. Iskakov, E.S. Kubegenov, O.I. Krivorotko MONITORING AND MODELING OF THE EPIDEMIOLOGICAL SITUATION USING DATA MINING.....	43
G. Kalman, M.A. Sambetbayeva, A.C. Ilyubayev, D.A. Aktaeva ANAPHORA RESOLUTION MODEL BASED ON MACHINE LEARNING METHODS.....	56
S.T. Mambetov, Ye.Ye. Begimbayeva, S. Joldasbayev, B.O. Kulambayev, G.N. Kazbekova ABOUT MONITORING THREATS AND VULNERABILITIES OF THE INFORMATION SYSTEM.....	68
U. Makhazhanova, B. Tassuov, A. Mukhanova, A. Mukhiyadin, R. Zetkinshekov AN ALGORITHM FOR ASSESSING THE CREDITWORTHINESS OF A BUSINESS BASED ON THE THEORY OF FUZZY SETS.....	81
R.M. Moldasheva, A.A. Ismailova, A.K. Zhamangara, A.M. Zadagali, G.B. Turmukhanova REQUIREMENTS TO DEVELOPMENT OF IAS FOR RESEARCH OF AQUEOUS ECOSYSTEMS.....	93
A. Mukhanova, U. Makhazhanova, N. Markhabatov, B. Tassuov, Zh. Lamasheva APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN THE ANALYSIS OF ECONOMIC SYSTEMS N.....	106

N.A. Seilova, A. Batyrgaliyev, Zh. Dzhangozin, D. Baibatchayeva, N. Nurgabylov METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF MASKING NOISE INTERFERENCES.....	120
A. Khassenov, M. Kantureyeva, D. Tussupov, A. Omarbekova, G. Abdikerimova APPROACH TO THE IMPLEMENTATION OF EVACUATION MODEL IN THE AGENT-BASED MODELING SYSTEM.....	134
A.G. Shaushenova, A.A. Nurpeisova, D.B. Dosalyanov, G.M. Mauina PROBLEMS OF SPEECH RECOGNITION BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE PROCTORING SYSTEM.....	146
A. Shekerbek, G. Abdikerimova, A. Sabyr, Zh. Abilkaiyr APPLICATION OF THE METHOD AND ALGORITHM FOR THE DETECTION OF CHEST PATHOLOGY.....	159

**Publication Ethics and Publication Malpractice
the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Заместитель директора отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жәліқызы*

Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 15.09.2022.

Формат 60x88/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

10,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.