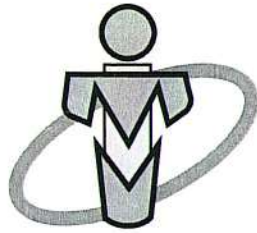


ФГБОУ ВПО Иркутский государственный  
университет путей сообщения



**Информационные технологии  
и проблемы математического  
моделирования сложных систем**

**Выпуск 13**

**Иркутск 2015**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

**Выпуск 13**

Иркутск 2015

УДК 004  
ББК 32.81  
И 74

Редакционная коллегия:

д. т. н., проф. **С. И. Носков** (главный редактор);  
к. ф.-м. н. **А. А. Бутин** (зам. главного редактора);  
д. ф.-м. н., проф. **О. В. Кузьмин**;  
д. т. н., проф. **А. В. Данеев**;  
д. т. н., проф. **Н. П. Деканова**;  
д. т. н., доц. **Л. В. Аршинский**;  
к. т. н., доц. **А. А. Ермаков**;  
к. т. н., доц. **О. В. Бутырин**;  
к. ф.-м. н., доц. **С. И. Белинская**;  
к. т. н. **М. П. Базилевский**;  
**Е. А. Петрова** (отв. секретарь)

И 74 **Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем.** – Вып. 13. – Иркутск : ИрГУПС, 2015. – 92 с.

ISBN 978-5-98710-293-0

В сборнике рассмотрены теоретические и прикладные проблемы создания и применения современных информационных технологий в различных областях, а также вопросы разработки и использования методов математического моделирования сложных систем. Опубликованные материалы связаны с применением информационных технологий для контроля и управления, теорией и практикой моделирования технических и социальных систем, разработкой моделей и вычислительных комплексов в учебном процессе вузов.

УДК 004  
ББК 32.81

ISBN 978-5-98710-293-0

© Иркутский государственный университет  
путей сообщения, 2015  
© Коллектив авторов, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>I. Применение информационных технологий для контроля и управления</b> .....	4
<i>Тимошенко А. А.</i> Реализация демодулятора многопозиционного частотного модулятора радиосигнала.....	4
<i>Чернигова А. Г.</i> Комбинаторика на словах и анализ корневых деревьев.....	10
<b>II. Теория и практика моделирования технических и социальных систем</b> .....	15
<i>Daneev A. V., Hao Yu T.</i> Finding rail solutions on the basis of the Chinese transport universities.....	15
<i>Daneev A. V., Yang X.</i> Train wheels as an object for modernization using computer techniques.....	21
<i>Буторина Н. И., Колокольникова Н. А.</i> Числа Эйлера и их обобщения. Приложения в теории вероятностей.....	25
<i>Гайтулин Н. А.</i> Основные алгоритмы первичных конструкций бент-функций.....	33
<i>Гефан Г. Д., Айвазян Э. А., Кравченко А. В.</i> Эконометрическая модель социального, экономического и политического развития стран мира.....	39
<i>Daneev A. V., Dorzhidzherem M.</i> Телекоммуникационная сеть Улан-Баторской железной дороги.....	50
<i>Малакичев А. О.</i> Изучение свойств плоских структур средствами компьютерного моделирования.....	54
<i>Малакичева А. А.</i> Применение эконометрических моделей в экономических исследованиях.....	59
<i>Носков С. И., Оленцевич В. А.</i> Регрессионная многофакторная модель динамики грузооборота.....	66
<i>Протопопов В. А.</i> Оценка уровня уязвимости железнодорожных мостов Восточной Сибири.....	69
<i>Старков В. А.</i> Комбинаторика на словах и помехоустойчивое кодирование.....	73
<b>III. Информационные технологии в учебном процессе</b> .....	81
<i>Кузьмина Е. Ю., Лавлинский М. В.</i> Информационно-интегративные связи курса дискретной математики в Лицее ИГУ.....	81

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мак-Вильямс Ф.Дж., Слоэн Н.Дж.А. Теория кодов, исправляющих ошибки : пер. с англ. – М.Ж. Связь, 1979. – 744 с., ил.
2. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов : учебник для вузов. – 2-е изд. – СПб. : Жпитер, 2004. – 364 с., ил.
3. Кузьмин О.В.. Обобщенные пирамиды Паскаля и их приложения. – Новосибирск : Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. – 294 с.
4. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки : пер. с англ. – М. : Мир, 1976. – 594 с.
5. Касами Т., Токура Н., Ивадари Е., Инагаки Я. Теория кодирования : пер. с яп. – М. : Мир, 1978. – 576 с.
6. Кузьмин О.В., Оркина К.П. Построение кодов, исправляющих ошибки, с помощью треугольника типа Паскаля. – Вестник Бурятского университета. Математика и информатика. Серия 13, выпуск 3. – Улан-Удэ : Издательство Бурятского госуниверситета, 2006.
7. Кузьмин О.В., Дружинин В.И. Коды Боуза – Чоудхури – Хоквингема в системах обнаружения и исправления ошибок при передаче данных // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2013. – № 3 (39). – С. 23–29.
8. Дружинин В.И., Кузьмин О.В. Коды Рида – Соломона в системах обнаружения и исправления ошибок при передаче данных // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2015. – № 1 (45). – С. 116–124.

### III. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

УДК 373.167.1:519.1:004.9

Е. Ю. Кузьмина, М. В. Лавлинский

#### ИНФОРМАЦИОННО-ИНТЕГРАТИВНЫЕ СВЯЗИ КУРСА ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКИ В ЛИЦЕЕ ИГУ

Реалии сегодняшнего дня таковы, что жизнь в информационном обществе обязывает образовательные организации совершенствовать методы обучения с ориентацией на использование компьютерной техники.

Применение информационных технологий традиционно сводится к двум основным направлениям. Первое состоит в использовании возможностей информационных технологий для увеличения доступности образования (электронные учебники, электронные библиотеки, дистанционное образование и т. д.). Второе направление предполагает использование этих технологий для изменения содержания и способов обучения.

Надо сказать, что информатизация существенным образом отражается не только в появлении новых способов деятельности и ее интенсификации, но и в глубоких изменениях в науке и прежде всего в математике. Для современной математической науки характерно резкое повышение интереса к конечным математическим структурам и, в частности, к конечным алгебраическим системам, которые нашли широкое применение практически повсюду. Для оптимизации процесса решения расчетных задач сегодня разработаны специальные компьютерные системы, способные осуществлять типовые алгебраические преобразования: подстановки в выражениях, упрощение выражений, операции со степенными многочленами (полиномами), решение линейных и нелинейных уравнений и систем, вычисление их корней и т. д.

Изменения в развитии математического знания сопряжены с необходимостью разработки новых учебных курсов с включением методов компьютерной математики. В последние годы эта идея высказывалась неоднократно многими выдающимися учеными-математиками и педагогами. Так, еще в конце XX в. Н. Я. Виленкин и А. Г. Мордкович [1] говорили о необходимости объединения ряда тем и вопросов из содержания математической подготовки в одну дисциплину интегрированного характера с целью

устранения дублирования, усиления прикладной направленности и реализации межпредметных связей математики с информатикой. В качестве такой дисциплины они предлагали курс дискретной математики, обладающей широкими внутри- и межпредметными связями. В частности, по мнению авторов, связь изучаемых в ней понятий и методов с информатикой делает актуальным вопрос о включении в содержание этой дисциплины элементов комбинаторики, теории графов, теории алгоритмов и т. д.

Современный этап развития математической науки во многом обусловлен интенсивным использованием методов дискретного анализа в таких новых областях приложений математики, как теория игр, системное программирование, теория передачи информации, криптография, статистика и теория динамического управления и др. На первый план в научном познании выходят объекты конечного, дискретного характера, которые составляют содержание курса дискретной математики.

На сегодняшний день проблема реализации межпредметных связей дискретной математики и курса информатики является одной из ключевых проблем совершенствования содержания математического образования. Она рассматривалась в работах О. И. Мельникова, И. Ю. Жмуровой, М. Е. Иванюк и др. [2]. В этих исследованиях подчеркивается интегративная роль лишь одного раздела курса – «Элементы теории графов». По мнению авторов, графы выступают в качестве универсальной модели, которая может быть использована в любой, а не только математической дисциплине. Не оспаривая этого факта, тем не менее считаем, что весь курс дискретной математики обладает особым интеграционным характером и его методы могут быть использованы в различных дисциплинах и разделах математики.

Развитие межпредметных связей возможно посредством усиления модельного и алгоритмического аспектов курса математики, в частности, синтаксической стороны изучаемых алгоритмов [3]. Здесь хотелось бы отметить тот факт, что именно дискретная математика обладает этими качествами, о чем свидетельствует содержание ее основных разделов, к которым относятся: элементы комбинаторики, рекуррентные соотношения, методы суммирования, элементы теории графов и элементы кодирования. Рассматривая информационную технологию как совокупность средств и методов преобразования информационных данных для получения информации нового качества, мы исходим из того, что главная цель использования информационных технологий в процессе изучения дискретной математики заключается в производстве информации, отражающей информационно-интегративные связи курса и удовлетворяющей информационным потребностям обучаемого, которые весьма разнообразны и могут быть связаны не только с принятием решений в данной области познания, но и в общении с другими людьми, а также в практической деятельности.

Из всего многообразия форм работы с использованием персонального компьютера (ПК) в учебном процессе выделим два основных направления: а) создание дидактического материала для лекций и семинарских занятий; б) использование программного обеспечения непосредственно в учебном процессе. Что касается первого направления, то оно традиционно и вполне очевидно. Это – разработка с помощью ПК разнообразного учебного материала, карточек-заданий для самостоятельной работы студентов, вариантов контрольных работ, а также создание презентаций для лекционных и практических занятий и т. п. Значительную часть курса дискретной математики составляет материал, связанный с решением задач, для которых необходимо использование ЭВМ и компьютерных демонстраций.

Второе направление значительно богаче и зависит не столько от личностных качеств преподавателя, его осведомленности в области новых образовательных технологий и уровня сформированности личных умений работы с ПК, сколько от содержания изучаемого материала и характера реализуемых информационно-интегративных связей. Вместе с тем реализация этого направления на практике осложнена недостаточной разработанностью проблемы, обновлением содержания математических курсов в соответствии с условиями нового информационно-образовательного пространства.

При использовании ПК в учебном процессе мы практикуем такие формы работы:

- применение профессиональных пакетов математического моделирования Matcad и Matlab, а также приложения Excel для решения задач курса дискретной математики, обработки данных эксперимента, проведения математического исследования и т. п.;
- использование готового программного обеспечения как средства наглядности по математике, например, Advanced Grapher, «Граф» и др.;
- применение программного обеспечения, разработанного самими преподавателями с использованием PowerPoint и других специальных сред;
- участие обучающихся в форумах и дистанционных олимпиадах по математике;
- использование ресурсов Интернета (при подготовке курсовых работ).

Применение пакетов математического моделирования Matcad и Matlab, а также приложения Excel осуществляется для сокращения времени на вычисления алгоритмического характера, которые, однако, вручную выполнить достаточно просто.

Весьма эффективным средством реализации информационно-интегративных связей дискретной математики в учебном процессе являются исследовательские задания с применением информационно-коммуникативных технологий (ИКТ). Тематика этих работ охватывает

практически весь курс дискретной математики от рекуррентных соотношений до элементов компьютерной алгебры.

Например, при изучении свойств чисел Фибоначчи можно предложить студентам исследование нестандартных способов изображения чисел на координатной плоскости с применением компьютерной техники и визуализации данных [4]. Применение данной технологии имеет большое значение, так как визуальное восприятие повышает мотивацию обучения, обеспечивает интенсификацию занятий, а также готовит их к применению современных информационных технологий.

Кроме этого, информационные технологии используются на практических занятиях, когда обучающимся, знающим некоторые графические редакторы, предлагается построить граф по заданной матрице. Строя графы, они не только применяют знания дискретной математики, но совершенствуют навыки работы в графических редакторах.

В классическом определении вероятности речь идет об экспериментах с равновероятными исходами [5]. Да и тогда не так-то просто эти исходы пересчитать. Существенную помощь в этом может оказать **моделирование** случайного эксперимента.

Моделирование играет в современной науке важнейшую роль. Наблюдение реальных процессов зачастую не только дорого, но и просто невозможно. Именно благодаря моделированию можно правильно рассчитать траекторию космического аппарата или спланировать бюджет страны на следующий год. Правильно построенная модель позволяет изучить все особенности реального процесса и даже предсказать его поведение в будущем.

Это в полной мере касается и моделирования случайных экспериментов. Инструментами такого моделирования могут служить обыкновенная монета, кубик, рулетка – короче говоря, какой-нибудь регулярный источник случая. Удобнее всего использовать в качестве такого источника специальную таблицу – **таблицу случайных чисел**.

Чаще всего в этой таблице приводится последовательность случайных цифр от 0 до 9, которая была получена в результате многократного повторения следующего эксперимента: в ящике лежит 10 шаров с написанными на них цифрами от 0 до 9; наугад вытаскиваем один шар и записываем его номер, после чего возвращаем шар обратно в ящик.

Если у вас есть компьютер, то таблицу случайных чисел может заменить **датчик случайных чисел**, которым снабжены многие программы и языки программирования. Такой датчик по вашему требованию выдает случайное число. При этом оно не обязательно лежит в диапазоне от 0 до 9, как в таблице. Чаще всего этот диапазон вы можете «заказать» датчику сами.

Компьютер может мгновенно повторить указанный эксперимент любое число раз, да еще подсчитать частоту интересующего вас события (нужно только научиться его об этом просить, т. е. писать программы).

*Пример.* Смоделируем 50 бросаний кубика с помощью компьютера.

*Решение 1.* Используем для этих целей электронную таблицу *Excel*. В этой таблице есть функция СЛЧИС(), которая дает случайное число от 0 до 1 в виде десятичной дроби. Если умножить его на 6, получим случайное число от 0 до 6. Остается взять от него целую часть и прибавить единицу – получится случайное целое число от 1 до 6:

$$=ОКРУГЛВНИЗ(СЛЧИС()*6;0)+1.$$

Для моделирования 50 бросаний кубика заполним этой формулой любые 50 ячеек электронной таблицы:

	A		A
1	=ОКРУГЛ ВНИЗ(СЛЧИС()*6;0)+1	1	4
2	=ОКРУГЛ ВНИЗ(СЛЧИС()*6;0)+1	2	1
...	...	...	...
50	=ОКРУГЛ ВНИЗ(СЛЧИС()*6;0)+1	50	3

Несмотря на одинаковую формулу, мы получим в указанных ячейках 50 случайных чисел.

С помощью таблицы *Excel* можно автоматически найти абсолютную и относительную частоту каждого исхода в наших испытаниях. Это может выглядеть, например, так.

	A	B	C	D
1	4	1	=СЧЕТЕСЛИ(A1:A50;"1")	=C1/C7
2	1	2	=СЧЕТЕСЛИ(A1:A50;"2")	=C2/C7
3	...	3	=СЧЕТЕСЛИ(A1:A50;"3")	=C3/C7
4	...	4	=СЧЕТЕСЛИ(A1:A50;"4")	=C4/C7
5	...	5	=СЧЕТЕСЛИ(A1:A50;"5")	=C5/C7
6	...	6	=СЧЕТЕСЛИ(A1:A50;"6")	=C6/C7
7	...		=СУММ(C1:C6)	=СУММ(D1:D6)

В столбце А расположены 50 случайных чисел – результатов эксперимента, в столбце В – сами исходы, в столбце С – их абсолютные частоты, в столбце D – относительные.

*Решение 2.* В любом языке программирования есть датчик случайных чисел. Например, в языке Pascal эта функция называется random(N) и дает целое случайное число от 0 до N-1. Значит, для получения искомой последовательности достаточно написать программу, которая 50 раз вызовет функцию random(6)+1:

```

program Cube;
const N=50; {Количество испытаний}
var i, r: integer;
F:array[1..6] of integer; {Массив абсолютных частот}
begin
for i:=1 to N do begin
  r:=random(6)+1; {Получение очередного исхода}
  write(r);
  inc(F[r]); {Подсчет частоты}
end;
writeln;
for i:=1 to 6 do
  writeln(i:2,F[i]:6,F[i]/N:8:3)
end.

```

Программа выдаст на экран исходы 50 бросаний:

11622521331316126352565212325231625636511141415455

и посчитает абсолютную и относительную частоту каждого исхода:

1	13	0,260
2	10	0,200
3	7	0,140
4	3	0,060
5	10	0,200
6	7	0,140

Интересно, что при повторном запуске эта программа выдаст ту же последовательность случайных исходов, чего никогда не бывает с настоящим кубиком. От этого недостатка легко избавиться, если провести в самом начале программы так называемую «рандомизацию» датчика случайных чисел – вызвать процедуру *randomize*. Теперь каждый новый запуск нашей программы будет давать новую последовательность исходов.

Не всякий случайный эксперимент состоит в получении одного случайного числа, как мы делали это при подбрасывании кубика. В многоэтапном эксперименте таких случайных чисел может быть несколько. К

тому же они могут быть каким-то образом связаны друг с другом, например, все должны быть различны. Такие эксперименты моделировать, конечно, сложнее.

*Пример.* Три человека пришли в ресторан в одинаковых шляпах, сдали их в гардероб, а уходя, надели их наугад. Найдите вероятность события  $B = \{\text{все надели чужие шляпы}\}$  с помощью статистического эксперимента.

Попробуем смоделировать ситуацию с помощью компьютера. Для этого нам необходимо разыграть, какую шляпу надел первый господин, какую – второй и какую – третий. Все шляпы занумеруем. Нам нужно получить три случайных числа от 1 до 3, причем все они должны быть различны (ведь в одной шляпе не могут уйти сразу двое!). Такая тройка называется *случайной перестановкой*.

Если нам удастся смоделировать такую случайную перестановку, то, повторив ее многократно, мы сможем оценить вероятность события  $B$  по его частоте. Вот так будет выглядеть программа на Паскале:

```

program Hats;
const k=3; {Количество человек}
var N, i, F: longint;
j, r, x, Count: integer;
H: array[1..k] of integer;
begin
randomize;
{Задаем число испытаний}
write('N='); readln(N);
F:=0;
for i:=1 to N do begin
  {Генерация случайной перестановки из k чисел}
  for j:=1 to k do H[j]:=j;
  for j:=k downto 1 do
  begin
    r:=random(j)+1;
    x:=H[j]; H[j]:=H[r]; H[r]:=x;
  end;
  {Сколько шляп надето на свои головы?}
  Count:=0;
  for j:=1 to k do if H[j]=j then inc(Count);
  {Подсчет частоты}
  if Count=0 then inc(F);
end;
writeln(F/N:7:5);
end.

```

А вот ее результаты при возрастающих значениях  $N$ :

$N$	Относительная частота
10	0,20000
100	0,29000
1000	0,35100
10000	0,34000
100000	0,33316

Заметьте, что компьютер дал возможность почти мгновенно провести 100000 экспериментов! Разумеется, проделать то же самое с реальными шляпами невозможно: даже если тратить на один эксперимент всего секунду, то понадобится около 27 часов непрерывных надеваний и снятий шляп...

По таблице несложно догадаться, что частота события  $B$  приближается к  $1/3$ . Еще одно достоинство этой программы (и компьютерного моделирования вообще): мы можем моделировать более общую ситуацию для произвольного количества людей, для этого достаточно изменить значение константы  $k$ .

Интеграционный характер курса дискретной математики и использование информационных технологий позволяют осуществить индивидуальный подход к учащимся и тем самым способствуют дифференциации образования, усилению контроля знаний и поддержанию на необходимом уровне мотивации учения [6]. В условиях, когда математические способности обучающихся развиты не одинаково, данный подход позволяет дать каждому ученику возможность работать в том темпе, при котором он наилучшим образом усваивает учебный материал.

В заключение отметим, что системное использование современных информационных технологий в процессе обучения дискретной математике способствует не только повышению доступности обучения и качества предметной подготовки, но и приобщению обучающихся к работе с новыми информационно-образовательными ресурсами [7].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виленкин Н.Я., Мордкович А.Г. Подготовку учителей математики – на уровень современных требований // Математика в школе. – 1986. – № 6. – С. 6–10.
2. Иванов М.Е. Интеграция математического образования студентов факультета информатики педагогического вуза с применением систем компьютерной математики : дис. канд. пед. наук. – М., 2005. – С. 4–7.
3. Кузьменко М.В. Развитие межпредметных связей курса математики в средних профессиональных учебных заведениях : автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 2009. – С. 3–9.

4. Миракова Т.Н., Жаворонкова И.М. Курс дискретной математики с использованием IT-технологий : учеб.-метод. пособ. для студ., слуш. ФПК и преп. пед. вузов. – Орехово-Зуево : МГОГИ, 2007. – 104 с.
5. Бушматов Е.А., Булычев В.А. Вероятность и статистика. 5–9 кл. : пособие для общеобразоват. учеб. заведений. – М. : Дрофа, 2002.
6. Кузьмин О.В. Роль дискретной математики в научной работе старшеклассников // Компьютер в школе. – 2000. – № 2 (16). – С. 12–14.
7. Кузьмин О.В., Бочко С.Б. Тестирование как способ мониторинга качества подготовки технических специалистов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2010. – № 1(25). – С. 257–260.