

Негосударственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Камский институт гуманитарных и инженерных технологий»



ВЕСТНИК КИГИТ

Серия 7. Программная инженерия. Информационные технологии и защита информации

№ 07 (48) • 2014

Ижевск 2014

ББК 60
УДК 378

Редакционный совет: председатель – докт. техн. наук, проф., академик *Никулин В.А.*; зам. председателя – канд. экон. наук, PhD, доцент, канд. экон. наук, академик РИА *Дегтева О.А.*; докт. техн. наук, профессор *Митюков Н.В.*

Ответственный редактор серии: докт. техн. наук, проф., заслуженный работник высшей школы РФ, зав. каф. автоматизированных систем проектирования и программного обеспечения *Сенилов М.А.*

Члены совета: докт. техн. наук, проф., чл.-корр. РАН *Гусев Б.В.*; канд. техн. наук, академик МИА *Фомин П.М.*; докт. техн. наук, ст.н.с., чл.-корр. РИА *Толстых А.В.*; докт. техн. наук, проф., чл.-корр. РАН, академик РИА *Григорьев Б.А.*; докт. техн. наук, профессор *Касаткин В.В.*; докт. техн. наук, профессор *Сенилов М.А.*; докт. экон. наук, профессор *Павлов К.В.*; докт. техн. наук *Спирidonов С.В.*

Рецензенты: Российская инженерная академия (РИА); Удмуртское отделение Российской инженерной академии.

Вестник КИГИТ: Серия 7. Программная инженерия. Информационные технологии и защита информации. Ижевск: Издательство КИГИТ, 2014. 44 с.

ISSN 2308-6769

© НОУ ВПО «Камский институт гуманитарных и инженерных технологий», 2014
© Авторы, постатейно, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Габдрахимова А.И.</i> Автоматизированное определение номенклатуры листа карты по заданным координатам объекта в рамках электронного учебника по курсу ГИС | 4 |
| <i>Бильфельд Н.В., Измайлова Е.В.</i> Формирование матриц при управлении по модели..... | 9 |
| <i>Владимирова Е.В., Исаков В.Г.</i> Информационная система управления процессами содержания улично-дорожной сети в зимний период..... | 18 |
| <i>Караваев Н.А.</i> Построение изолиний распределения нечетких данных для системы создания карт экологических ситуаций..... | 26 |
| <i>Каторин Ю.Ф., Нурдинов Р.А.</i> Определение уровня защиты объекта на основании анализа информационных рисков | 31 |

УДК 004.9:528.916

А.И. Габдрахимова, студент

Ижевский государственный технический университет

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ
ЛИСТА КАРТЫ ПО ЗАДАНЫМ КООРДИНАТАМ ОБЪЕКТА
В РАМКАХ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА ПО КУРСУ ГИС**

Статья посвящена разработке функции определения номенклатуры листа карты по заданным координатам объекта в рамках электронного учебника по курсу ГИС. Разработано математическое описание программы, и построена схема IDEF-0 для описания реализации функции проверки правильности решения задачи, которое значительно упростит работу и сэкономит время, как студента, так и преподавателя.

The article is devoted to the relevance of the development functions determine the nomenclature of the map sheet according to the given coordinates of the object in the framework of the electronic textbook at the rate of GIS. Mathematical description of the program, and built the scheme of IDEF-0 to realize the function of checking the correctness of the decision of tasks, which will greatly simplify your work and save your time, a student and a teacher.

Ключевые слова: геоинформационные системы, учебный ресурс.

Key words: geographic information systems, training resource

21 век-век технологий, и технологии эти очень быстро проникли во все сферы нашей жизни, исключением не стало и образование. Взамен традиционным методам обучения, пришли наиболее современные, удобные средства. Пример тому - электронные учебники. Используя их, мы получаем множество дополнительных возможностей: авторизации, аудио и видеоматериалы, практические и тестовые задания, автоматическую проверку правильности решений задач, автоматическую оценку результатов.

С каждым годом, процесс усвоения учебного материала становится более интересным, эффективным. Благодаря адаптивности, процесс обучения можно настроить под конкретного человека с его личными целями обучения, предпочтениями, уровнем его подготовки, интеллектуальными возможностями и амбициями: пользователь имеет возможность самостоятельно выбрать курс, который он хочет изучить, уровень знаний, последовательность и время изучения. Применяя богатый

иллюстративный материал, мультимедиа, навигацию мы облегчаем запоминание материала, понятий и примеров.

Рассмотрев существующие программные продукты, а именно - электронные учебники по курсам "Геоинформационные системы" и "Экологическое картографирование", нам не встретился ни один учебник, с возможностью определения номенклатуры листа карты для объекта по заданным координатам. Поэтому, целью нашей работы стало: повышение эффективности обучения студентов основам геоинформационных систем и навыкам экологического картографирования с возможностью решения задачи определения номенклатуры листа карты разного масштаба и автоматической проверки решения.

Согласно рабочей программы для дисциплины "Геоинформационные системы и экологическое картографирование" направления «Техносферная безопасность» студентам необходимо решить задачу определения номенклатуры листа карты масштабов 1:1 000000, 1:500000, 1:200000 для объекта с заданными координатами. Номенклатура-это система нумерации листов географической карты после её разграфки (деления на многолистныe карты).

Предлагается реализовать задачу определения номенклатуры листа карты в рамках электронного учебника по дисциплине "Геоинформационные системы и экологическое картографирование". Студенту после регистрации в режиме пользователя доступно изучение теоретического материала и методических указаний по выполнению практических и лабораторных работ, а также решения практических задач [1]. Определение номенклатуры листа карты студентом производится согласно выданному варианту самостоятельно путем ввода своих ответов в диалоговое окно (рис. 1).

Далее проводится автоматическая проверка правильности ответов.

Для проверки правильности ответов студентов нам необходимо на основе математического описания разработать алгоритм. Ниже представлена математическая модель.

Входные данные:

Масштаб 1:1000000, 1:500000 1:200000, $X_i; Y$ - координаты объекта

Если $i = 1$, то X – северная широта; если $i = 2$, то X – южная широта;

Выходные данные:

K_1 – номер шестиградусной зоны; K – цифровое обозначение номенклатуры листа карты; R – номер буквы латинского алфавита, соответствующей обозначению листа по широте; R_0 – буква латинского алфавита, соответствующая обозначению листа по широте; S – буква русского алфавита, соответствующей обозначению листа карты масштаба 1:500000; L – латинская цифра, обозначающая номер листа карты масштаба 1:200000.

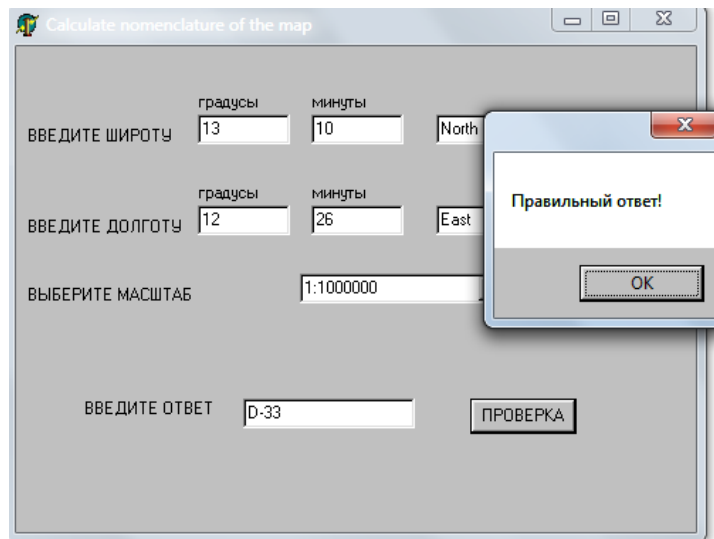


Рисунок 1 – Диалоговое окно ввода исходных данных и предлагаемого ответа

Расчет:

$K_1 = Y/6$, округлить до целого в большую сторону; если $K_1 < 30$, то $K = K_1 + 30$;
если $K_1 > 30$, то $K = K_1 - 30$;

$R = X/4$, округлить до целого в большую сторону;

Если $Y \geq [Y*(K-1)+Y*K]/2$, и $X_1 \geq [X_1*(R-1)+X_1*R]/2$, то $S = \text{«Б»}$;

Если $Y < [Y*(K-1)+Y*K]/2$, и $X_1 \geq [X_1*(R-1)+X_1*R]/2$, то $S = \text{«Г»}$;

Если $Y < [Y*(K-1)+Y*K]/2$, и $X_1 < [X_1*(R-1)+X_1*R]/2$, то $S = \text{«В»}$;

Если $Y \geq [Y*(K-1)+Y*K]/2$, и $X_1 < [X_1*(R-1)+X_1*R]/2$, то $S = \text{«А»}$;

Если $Y \geq [Y*(K-1)+Y*K]/2$, и $X_1 \geq [X_2*(R-1)+X_1*R]/2$, то $S = \text{«Г»}$;

Если $Y < [Y*(K-1)+Y*K]/2$, и $X_1 \geq [X_2*(R-1)+X_1*R]/2$, то $S = \text{«Б»}$;

Если $Y < [Y*(K-1)+Y*K]/2$, и $X_1 < [X_2*(R-1)+X_1*R]/2$, то $S = \text{«А»}$;

Если $Y \geq [Y*(K-1)+Y*K]/2$, и $X_1 < [X_2*(R-1)+X_1*R]/2$, то $S = \text{«В»}$;

Если $i = 1$, и масштаб 1:1000000, то обозначение листа карты **KRo**;

Если $i = 1$, и масштаб 1:500000, то обозначение листа карты **KRo-S**;

Если $i = 1$, и масштаб 1:200000, то обозначение листа карты **KRo-S-L**;

Если $i = 2$, и масштаб 1:1000000, то обозначение листа карты **KRo-ЮП**;

Если $i = 2$, и масштаб 1:500000, то обозначение листа карты **KRo-S-ЮП**;

Если $i = 2$, и масштаб 1:200000, то обозначение листа карты **KRo-S-L-ЮП**;

Разработанное математическое описание позволяет программно реализовать функцию проверки правильности решения задачи, что значительно упростит рабо-

ту преподавателя, экономит его время с целью более детального изложения основных и дополнительных материалов дисциплины.

На схеме IDEF-0, изображённом на рисунке 2, представлен порядок проверки правильности расчёта номенклатуры листа карты.

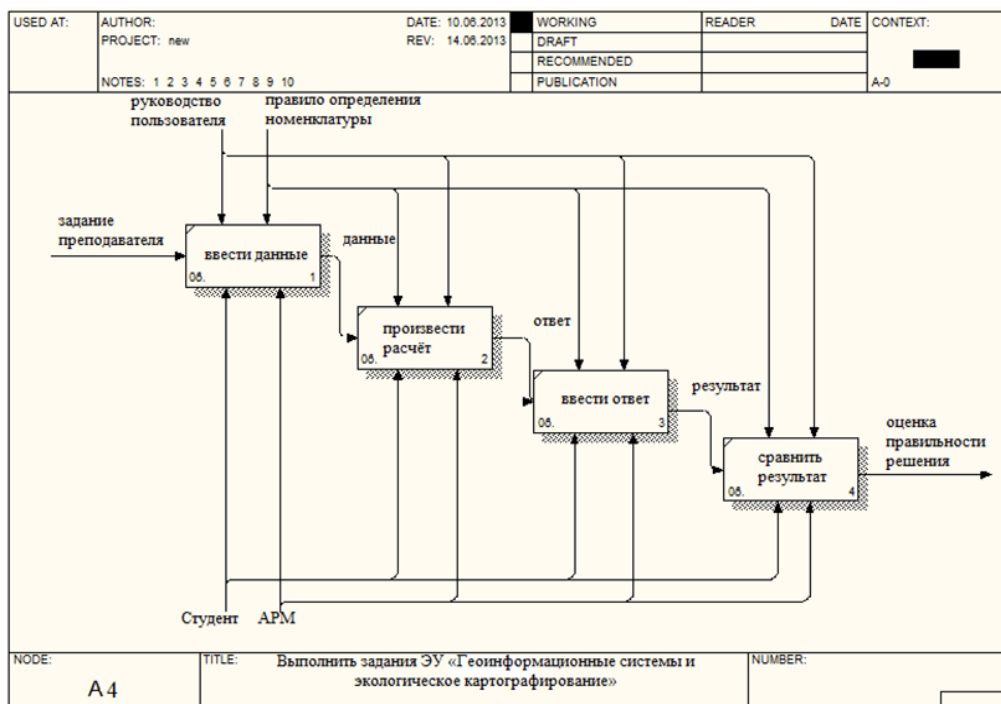


Рисунок 2 – Схема IDEF0

В целом, разработанная нами программа-это стандартная программа расчёта номенклатуры листа карты. Она очень простая и лёгкая в использовании, поэтому пользоваться этим продуктом могут люди с разным уровнем подготовки: требуется лишь ввести свои расчетные данные, и взамен вы сразу же автоматически получите результат.

Новизна нашей программы в том, что эта программа-часть электронного пособия, впервые в рамках учебного пособия разработан и программно реализован алгоритм определения номенклатуры листа карты, имеющего объект с заданными координатами, на основе её разграфки (предусмотрены определения номенклатуры листов карты масштабов 1:1000000, 1:500000, 1:200000).

Несомненно, данный электронный учебник необходимо довести до состояния электронного ресурса, для чего взять его за основу для изучения других дисциплин.

плин, связанных с изучением геоинформационных систем. Предполагается применение адаптации подачи, структуры, содержания материала, которые позволят «подстраиваться» под цели обучения, уровень знаний и предпочтений пользователя [2]. Для адаптации также нужна организация учебного материала в виде гипертекста с обязательным использованием возможностей мультимедиа.

Список литературы

1. *Телегина М.В., Габдрахимова А.И.* Опыт создания и использования электронного учебника по курсу «Геоинформационные системы» // Эколого-географические проблемы регионов России: сб. статей IV Всеросс. заочн. научн.-практ. конф. Самара: ПГСГА, 2013. С. 448–452.
2. *Русанов О.В., Семенов И.О., Сиговцев Г.С.* О моделировании адаптивных учебных ресурсов. // Информационная среда вуза XXI века: Тр. II Всеросс. конф. Петрозаводск, 2008. С. 127–130.

Н.В. Бильфельд, кандидат технических наук, доцент
Е.В. Измайлова, кандидат технических наук, доцент
Березниковский филиал Пермского национального
исследовательского политехнического университета

ФОРМИРОВАНИЕ МАТРИЦ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПО МОДЕЛИ

В статье показано, как определить численные значения коэффициентов усилителей прямых и обратных связей модели по передаточной функции объекта в MATLAB. Приведен код функции, разработанной в MatLab, которая позволяет достаточно быстро формировать коэффициенты усилителей модели любого порядка.

The article shows how to determine numerical values of coefficients of feedforward and feedback model amplifiers for the transfer function of the object in MatLab. Software listing of the function developed in MatLab for fast formation coefficients of amplifiers for any order model is given.

Ключевые слова: теория автоматического управления, модель, MatLAB, матрица, передаточная функция.

Keywords: theory of automatic control, model, MatLAB, matrix, transfer function.

Управление по модели подразумевает, что имеется модель объекта управления в виде, представленном на рис. 1, где S – блок интеграторов, A , B , C , D – блоки матричных усилителей.

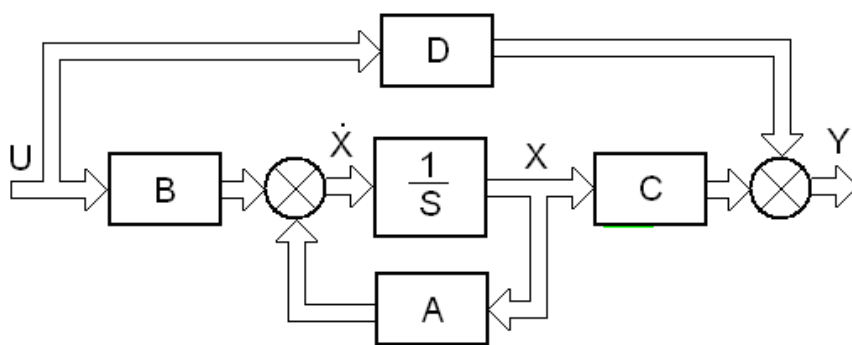


Рисунок 1 – Структурная схема модели в векторной форме

Если на реальном объекте, как правило, доступен только выходной сигнал, поступающий на вход регулятора, то в модели доступны промежуточные сигналы, которые можно использовать как управляющие воздействия. Используя современные контроллеры и OPC-серверы, можно управлять объектами, используя модели, реализованные непосредственно в MATLAB (*Simulink*).

На рис. 2 и 3 приведены структурные схемы моделей для объектов третьего порядка. Порядок модели обусловлен количеством используемых интеграторов. Модели объектов более высоких порядков строятся по аналогичному принципу. Блоки *Transfer Fcn* отношения к модели не имеют и используются только для проверки адекватности модели передаточной функции.

Цель данной статьи – показать, как определить численные значения коэффициентов усилителей прямых (*B*) и обратных (*A*) связей модели по передаточной функции объекта, полученной, в частности при идентификации объекта управления.

Данные коэффициенты можно получить из матриц описания системы в пространстве состояний (элементы матриц приведены под соответствующими усилителями).

Проблема заключается в том, что описать систему в пространстве состояний можно с помощью множества эквивалентных матриц, но далеко не все матрицы можно использовать для формирования коэффициентов усилителей, как показано на рисунках 2 и 3. Формируемые в MATLAB коэффициенты матриц зависят от предыдущих расчетов, базиса используемых матриц и многих других факторов.

Рассмотрим передаточную функцию:

$$W(s) = \frac{18s^2 + 12s + 1}{60s^3 + 47s^2 + 12s + 1} \quad (1)$$

Ниже приведен листинг кода для определения параметров модели:

```
W=tf([18 12 1],[60 47 12 1]);
%формируем матрицы системы
[A1,B1,C1,D1]=ssdata(W)
%формируем произвольную матрицу (магический квадрат)
E=magic(3);
%приводим матрицы к новому базису
Wss=ss(W); W2=ss2ss(Wss,E); [A2,B2,C2,D2]=ssdata(W2)
%строим графики
step(W);hold on; step(A,B,C,D);
step(A2,B2,C2,D2); grid on
```

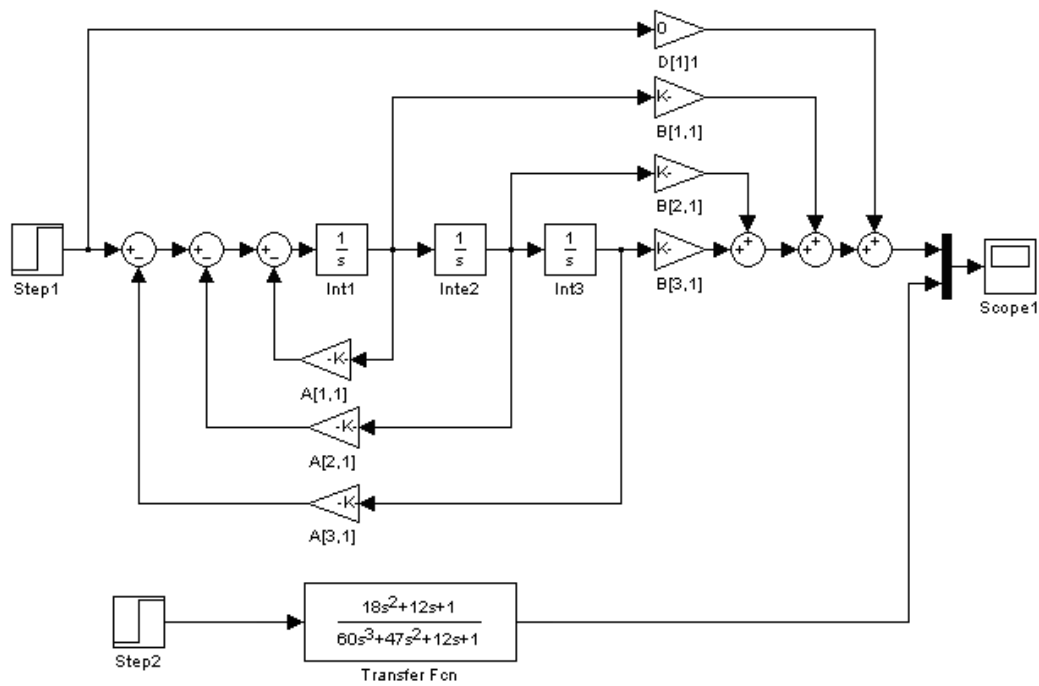


Рисунок 2 – Первый вариант структуры модели

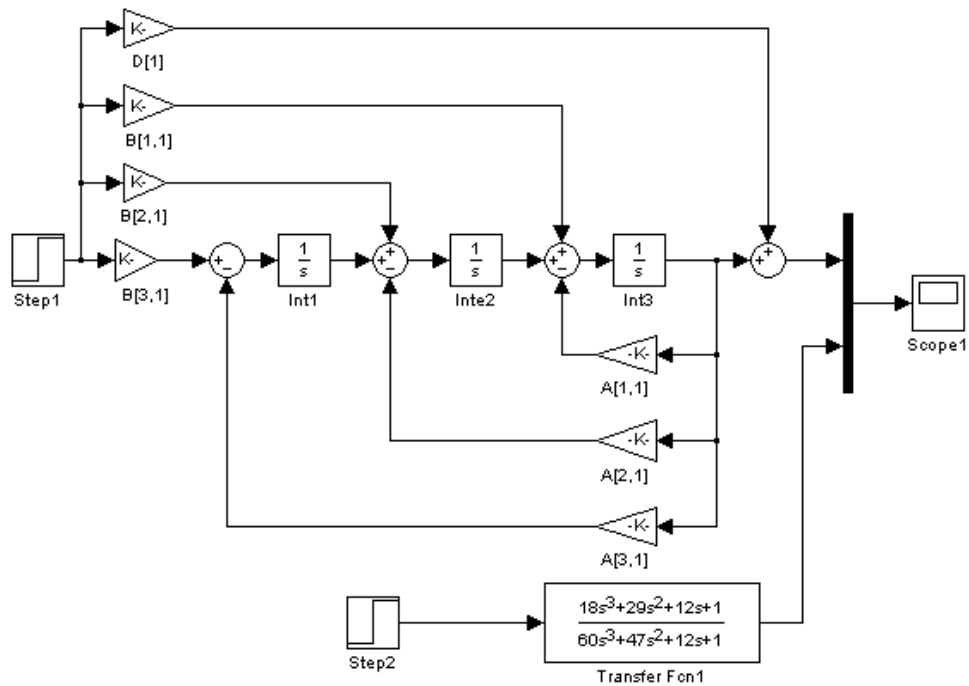


Рисунок 3 – Второй вариант структуры модели

В результате получим матрицы для первого ($A1, B1, C1, D1$) и второго ($A2, B2, C2, D2$) вариантов структуры:

$$A1 = \begin{bmatrix} -0.7833 & -0.2000 & -0.0667 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2500 & 0 \end{bmatrix}; B1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$C1 = [0.3 \quad 0.263 \quad 0.0667]; D1 = [0]$$

$$A2 = \begin{bmatrix} -0.7589 & 0.6578 & -0.2922 \\ 0.3238 & -0.3950 & 0.3112 \\ 0.8872 & -0.9044 & 0.3706 \end{bmatrix}; B2 = \begin{bmatrix} 8 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$C2 = [0.0306 \quad -0.0263 \quad 0.0334]; D2 = [0]$$

При построении графиков (рис. 4) видно, что все три графика совпадают, что свидетельствует об эквивалентности матриц и передаточной функции, хотя ни один вариант матриц для формирования модели использовать нельзя. Особенно это видно из матрицы $A2$. В данном случае нам потребовалось бы 9 усилителей обратной связи, при этом в модели используется только три интегратора.

Рассмотрим метод формирования матриц вручную по коэффициентам передаточных функций. Алгоритм данного метода получен автором опытным путем. Для этого запишем передаточную функцию (1) в общем виде:

$$W(s) = \frac{b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0} \quad (4)$$

Если порядок числителя меньше порядка знаменателя, матрицы формируются следующим образом:

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{a_2}{a_3} = -0.7833 & 1 & 0 \\ -\frac{a_1}{a_3} = -0.2000 & 0 & 1 \\ -\frac{a_0}{a_3} = -0.0167 & 0 & 0 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} \frac{b_2}{a_3} = 0.3000 \\ \frac{b_1}{a_3} = 0.2000 \\ \frac{b_0}{a_3} = 0.0167 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$C = [1 \quad 0 \quad 0]; D = [0]$$

Коэффициенты полученных матриц можно использовать при формировании моделей, приведенных на рис. 2 и 3.

Если порядок числителя равен порядку знаменателя, то матрица A формируется аналогичным образом. Матрица D формируется следующим образом:

$$D = \frac{b_3}{a_3} = 0.3 \quad (6)$$

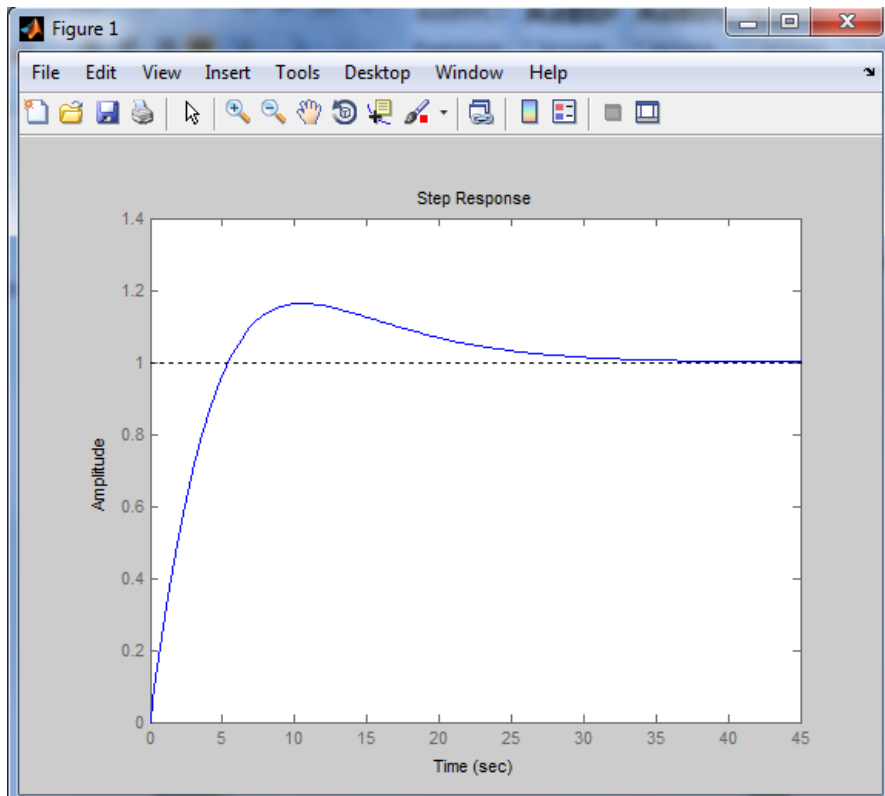


Рисунок 4 – Графики переходных процессов, полученные в результате выполнения программы

Коэффициенты матрицы B определяются следующим образом:

$$B = \begin{bmatrix} \frac{b_2}{a_3} - \frac{b_3}{a_3} \cdot \frac{a_2}{a_3} = 0.2483 \\ \frac{b_1}{a_3} - \frac{b_3}{a_3} \cdot \frac{a_1}{a_3} = 0.1400 \\ \frac{b_0}{a_3} - \frac{b_3}{a_3} \cdot \frac{a_0}{a_3} = 0.0117 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Автоматизируем данный процесс. Получим матрицы, для передаточной функции (1) и сократим передаточную функцию на старший коэффициент знаменателя, для этого используем функцию *minreal*:

```
W1=tf([18 12 1],[60 47 12 1]);
W2=minreal(W1)
```

В результате получим передаточную функцию:

$$W2(s) = \frac{0.3s^2 + 0.2s + 0.01667}{s^3 + 0.7833s^2 + 0.2s + 0.01667} \quad (8)$$

Матрица A такой передаточной функции приведена в формуле (2). Чтобы получить матрицу, соответствующую формуле (5), сначала выполним стандартную функцию *canon*, которая приводит систему к каноническому виду. В качестве второго параметра функции *canon* можно использовать либо *companion*, либо *modal*, во втором случае коэффициенты будут расположены по диагонали матрицы:

```
W3=canon(W2,'com');
[A,B,C,D]=ssdata(W3);
```

В результате получим матрицы:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -0.0167 \\ 1 & 0 & -0.2000 \\ 0 & 1 & -0.7833 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$C = [0.3 \quad -0.0350 \quad -0.0159]; D = [0]$$

Теперь коэффициенты матрицы располагаются в последнем столбце. Чтобы преобразовать полученную матрицу так, чтобы коэффициенты располагались в первом столбце, а диагональ из единиц соответствовала формуле (5) ее необходимо привести к другому базису. Для этого сформируем сначала единичную матрицу E , размер которой равен размеру матрицы A , и развернем ее слева направо:

```
L=length(A);
E=fliplr(eye(L))
```

В результате получим матрицу E :

$$E = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Теперь можно привести матрицы к другому базису:

```
W4=ss2ss(W3,E);
[A,B,C,D]=ssdata(W4)
```

В результате получим матрицы A, B, C, D :

$$A = \begin{bmatrix} -0.0167 & 1 & 0 \\ -0.2000 & 0 & 1 \\ -0.7833 & 0 & 0 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$C = [-0.0159 \quad -0.0350 \quad 0.3]; D = [0]$$

Необходимую матрицу B сформируем из коэффициентов числителя передаточной функции:

```
B1=tfdata(W2,'v');L1=length(B1);
B=B1(L1-L+1:L1,1:1)
```

Матрицу C сформируем как нулевую матрицу с первым единичным коэффициентом (5):

```
C=zeros(1,L);C(1,1)=1;
```

Все матрицы сформированы и соответствуют матрицам уравнений (5). Теперь можно ввести коэффициенты матриц в соответствующие усилители, как показано на рисунке 2, и проверить адекватность модели передаточной функции, сравнив полученные графики.

Если порядок числителя равен порядку знаменателя, матрица B в приведенных выше фрагментах формируется неверно. В этом случае будем определять ее, используя алгоритм ручного формирования:

```
if D~=0
    [B1,A1]=tfdata(W1,'v')
    for I=2:L1
        B(I-1)=(B1(I)-(B1(1)/A1(1))*A1(I))/A1(1);
    end;
end;
```

В данном фрагменте сначала проверяется, что матрица D не равна нулю, что возможно только в том случае, когда порядки числителя и знаменателя передаточной функции равны.

Все приведенные выше фрагменты кода можно объединить в одну функцию:

```
function [A,B,C,D]=mat_mod(W1)
W=minreal(W1);
B1=tfdata(W,'v');L1=length(B1);
```

```

W=canon(W,'com');
[A,B,C,D]=ssdata(W);
L=length(A);
E=flipr(eye(L));
W=ss2ss(W,E);
[A,B,C,D]=ssdata(W);
C=zeros(1,L);C(1,1)=1;
B=B1(L1-L+1:L1,1:1);
if D~=0
    [B1,A1]=tfdata(W1,'v')
    for I=2:L1
        B(I-1)=(B1(I)-(B1(1)/A1(1))*A1(I))/A1(1);
    end;
end;

```

Используем ее для формирования матриц модели для передаточной функции, где порядок числителя равен порядку знаменателя:

$$W(s) = \frac{18s^3 + 29s^2 + 12s + 1}{60s^3 + 47s^2 + 12s + 1} \quad (12)$$

Для этого выполним следующие команды:

```

W=tf([18 29 12 1],[60 47 12 1]);
[A, B,C,D]=mat_mod(W)

```

В результате получим матрицы:

$$A = \begin{bmatrix} -0,7833 & 1 & 0 \\ -0,2000 & 0 & 1 \\ -0,0167 & 0 & 0 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0.2483 \\ 0.1400 \\ 0.0117 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$C = [1 \ 0 \ 0]; D = [0.3]$$

Введем коэффициенты матриц в соответствующие усилители, как показано на рис. 3. После запуска модели получим графики, приведенные на рис. 5.

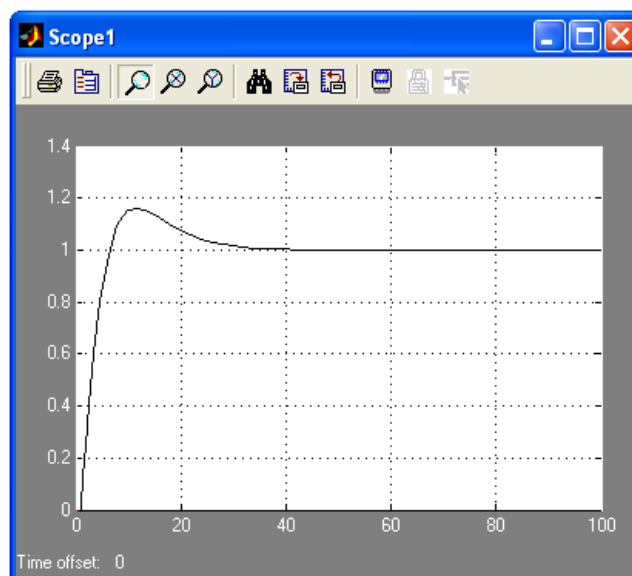


Рисунок 5 – Графики переходных процессов, полученных по передаточной функции и модели

Из рисунка видно, что графики практически совпадают, что свидетельствует об адекватности модели передаточной функции.

С помощью функции *mat_mod* можно достаточно быстро формировать коэффициенты усилителей модели любого порядка. Важно, чтобы данная функция находилась в той же папке, из которой к ней будет происходить обращение. Также необходимо отметить, что в MATLAB не следует использовать русские имена папок, что необходимо учесть при попытке практического использования материалов данной статьи.

Список литературы

1. Ануфриев И. Самоучитель MatLab 5.3/6.x. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 512 с.
2. Затонский А.В. Программные средства глобальной оптимизации систем автоматического регулирования. М.: РИОР: Инфра-М, 2013. 136 с.
3. Солонина А.И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MatLab. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 816 с.
4. Бильфельд Н.В., Затонский А.В. Применение самоорганизующихся систем при управлении сложными процессами // Проблемы теории и практики управления. 2007. № 12. С. 70–74.
5. Avseeva O.V., Kravets O.Ja., Tebekin Ju.B. Multiphase design and minimization of losses between interfaces. Yelm, WA, USA, 2013.

УДК 004.453

Е.В. Владимирова, магистрант
В.Г. Исаков, доктор технических наук, профессор
Ижевский государственный технический университет

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СОДЕРЖАНИЯ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

В данной работе представлена разработка информационной системы управления процессами содержания улично-дорожной сети в зимний период.

This paper presents the development of an information management system processes the content of the road network in the winter.

Ключевые слова: информационная система, управление процессами, дорожная сеть.

Keywords: information system, management processes, road network

В последнее десятилетие во все области деятельности человечества активно стали внедряться технологии, основанные на применении вычислительной техники, в частности компьютеров. Применение последних разработок в области автоматизации разработки технических средств, ведение самих процессов и их контроль с помощью компьютера значительно сокращает срок выполнения рутинных операций и позволяет более точно контролировать ход их выполнения. Поэтому к зимнему содержанию необходимо разработать комплексный подход работ, включающий защиту дорог от снежных заносов, очистку дорог от снега, борьбу с зимней скользкостью, защиту дорог от лавин, борьбу с наледями. Эти работы направлены на обеспечение бесперебойного и безопасного движения автомобилей.

Для этой цели была разработана информационная система (ИС) управления процессом содержания улично-дорожной сети (УДС) в зимний период, согласно критериям, представленным на рис. 1. Согласно W.S. Davis, D.C. Yen [1], *информационная система* – это совокупность технического, программного и организационного обеспечения, а также персонала, предназначенная для того, чтобы своевременно обеспечивать надлежащих людей надлежащей информацией.

Согласно данного определения ИС для управления процессами зимнего содержания УДС должна обладать следующими качествами:

- надежность – защищенность данных, как от аппаратных сбоев, так и от

неправильных действий пользователей;

- удобство применения при эксплуатации: полнота, наглядность, доступность интерфейса для пользователя;
- универсальность – гибкость, модифицируемость, наращиваемость;
- целостность – способность системы выполнять определенный организационно и функционально логичный круг вопросов;
- эффективность, характеризующая степень удовлетворения потребностей пользователя в обработке данных с учетом затрат экономических, человеческих и вычислительных ресурсов;
- корректность – полнота реализации заданных функций, достаточность их описания в программной документации, однозначность и непротиворечивость описаний;
- оперативность – способность системы обрабатывать данные в приемлемые для пользователя сроки.



Рисунок 1 – Критерии эффективности управления процессами содержания улично-дорожной сети в зимний период

Вышеуказанные критерии и качества информационной системы на примере управления зимнего содержания дорог должны обеспечить наилучшие условия для организации и планирования работ.

Зимнее содержание организуется по принципу приоритета. В первую очередь мероприятия проводятся на дорогах с постоянным автобусным движением [2]. Своевременное выполнение перечисленных видов работ повышает безопасность движения, пропускную способность УДС в зимнее время, поэтому математическую задачу процессов зимнего содержания (патрульная очистка улиц от снега и борьба с зимней скользкостью) можно сформулировать как задачу с ограничением по времени для проведения работ по зимнему содержанию на заданном участке УДС, который можно представить в виде графа [3]:

$$G = (N, A),$$

где: N – множество вершин, соответствующих перекресткам улиц (вершины $1, 2, \dots, n$) и исходной базе, в которой начинают и заканчивают свой маршрут снегоуборочная техника (вершина 0); A – набор дуг, соединяющих вершины графа, соответствующих улицам заданного участка УДС.

Введем обозначения:

C – множество улиц УДС, $|C| = n$;

i, j – i -й и j -й вершины (перекрестки), $i \in C, j \in C$;

$(i, j) \in A$ – дуга, соединяющая i -ю и j -ю вершины графа;

d_i – расход реагента, согласно норме распределения, для обработки i -го участка УДС (т.е. $d_i = \rho \cdot S_i$, где ρ – норма распределения, т/км², S_i – площадь обрабатываемой поверхности i -го участка, км²);

t_{ij} – время перемещения по дуге (i, j) , состоящее из времени обработки участка i и времени перемещения снегоуборочной техники от перекрестка i к перекрестку j ;

c_{ij} – стоимость перемещения снегоуборочной техники от перекрестка i к перекрестку j ;

V – количество идентичной снегоуборочной техники грузоподъемностью q ;

k – k -я единица снегоуборочной техники, $k \in V$;

B_{ij} – нормативная потребность в снегоуборочной технике для проведения работ по зимнему содержанию участка УДС от перекрестка i к перекрестку j ;

$[a_i, b_i]$ – «временное окно» – промежуток времени, в течение которого должен быть обработан i -й участок;

S_i^k – время прибытия k -ой единицы снегоуборочной техники к i -му участку; время отправления из базы для всех единиц снегоуборочной техники равно при патрульной снегоочистке времени оповещения, при ликвидации зимней скользкости – времени оповещения и времени загрузке (т.е. $S_0^k = t_{on}$ и $S_0^k = t_{on} + t_{заг}^k \quad \forall k \in V$);

X_{ij}^k – переменная, принимающая значения $\{0, 1\}$ и характеризующая направление движения снегоуборочной техники: $X_{ij}^k = 1$ – от перекрестка i к перекрестку j , $X_{ij}^k = 0$ – в обратном направлении.

С учетом этих обозначений математическая формулировка будет следующей: необходимо минимизировать целевую функцию (1) при ограничениях (2)–(9):

$$\sum_{k \in V} \sum_{(i, j) \in A} c_{ij} X_{ij}^k \quad (1)$$

$$\sum_{k \in V} k_i B_{ij} \sum_{j \in N} X_{ij}^k = 1, \forall i \in C \quad (2)$$

$$\sum_{i \in C} d_i \sum_{j \in N} X_{ij}^k \leq q, \forall k \in V \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} X_{0j}^k = 1, \forall k \in V \quad (4)$$

$$\sum_{j \in N} X_{ih}^k - \sum_{j \in N} X_{hj}^k = 0, \forall h \in C, \forall k \in V \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N} X_{i,0}^k = 1, \forall k \in V \quad (6)$$

$$\sum_{j \in N} X_{ij}^k (S_i^k + t_{ij} - S_j^k) \leq 0, \forall (i, j) \in A, \forall k \in V \quad (7)$$

$$a_i \leq S_i^k \leq b_i, \forall i \in N, \forall k \in V \quad (8)$$

$$X_{ij}^k \in \{0, 1\}, \forall (i, j) \in A, \forall k \in V. \quad (9)$$

Целевая функция (1) определяет цену всех маршрутов всех единиц снегоуборочной техники. Ограничение (2) полагает, что каждый участок УДС обслуживается только один раз и нормативным количеством единиц снегоуборочной техники. Ограничение (3) определяет, что при обработке проезжей части ПГМ транспортное средство не может обработать больше участков УДС при заданной норме распределения, чем позволяет его грузоподъемность. Ограничение (4) означает, что каждая единица снегоуборочной техники, при патрульной снегоочистке, покидает базу один раз. Ограничение (5) показывает, что транспортное средство может покинуть вершину h , только если он прибыл в эту вершину. Ограничение (6) означает, что все транспортные средства, при патрульной снегоочистке, возвращаются на базу, причем один раз, это ограничение следует из ограничений (4) и (5). Ограничение (7) означает что, если транспортное средство движется из вершины i в j , то время прибытия транспортного средства в j не может быть меньше суммы времени прибытия автомобиля в пункт i (S_i^k) и времени движения автомобиля из пункта i в пункт j (t_{ij}).

Ограничение (8) – это ограничение по времени, ликвидация зимней скользкости и очистка проезжей части от выпавшего снега должно быть в пределах временного окна.

Для решения поставленной задачи была разработана блок-схема, представленная на рисунке 2. Данный алгоритм стал основой для программного продукта, позволяющий реализовать предложенную модель решения задач зимнего содержания УДС.

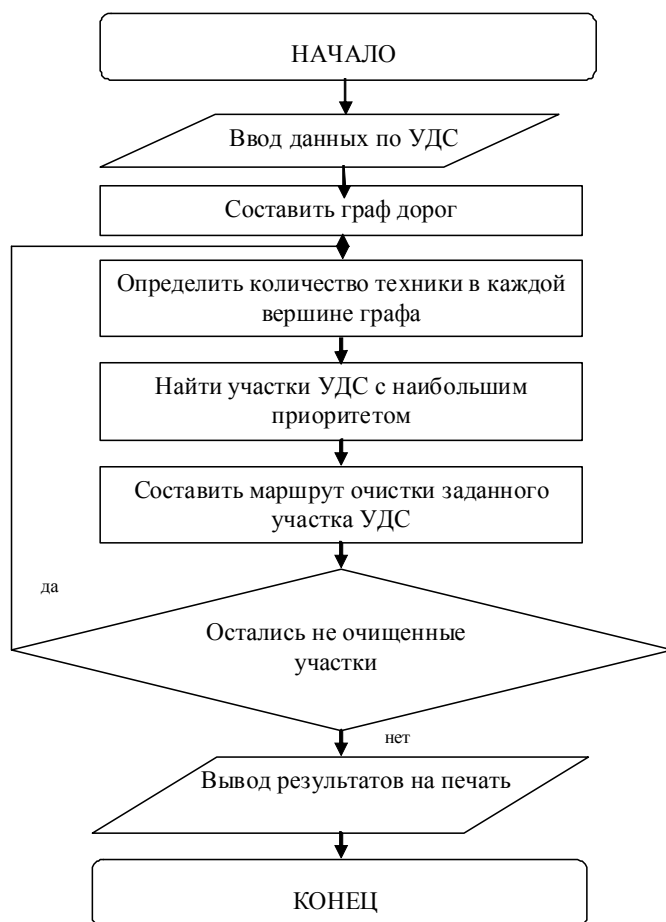


Рисунок 2 – Блок-схема ИС управления процессом содержания улично-дорожной сети в зимний период

Для составления транспортных маршрутов рассматривалась возможность применения полученного программного продукта на примере участка УДС Ижевска, представленный на рис. 3. На рисунке 4 представлен вид рабочего окна программного продукта для заполнения данных улично-дорожной сети.

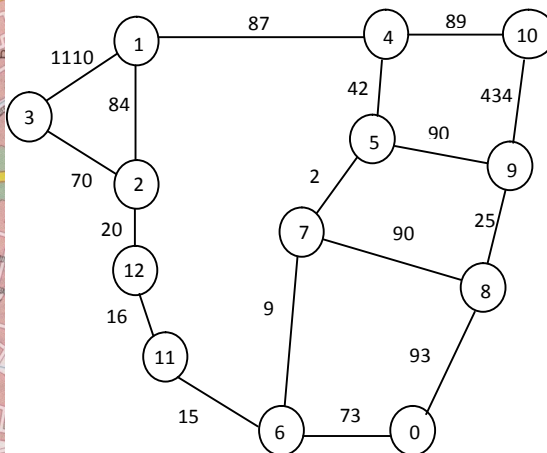
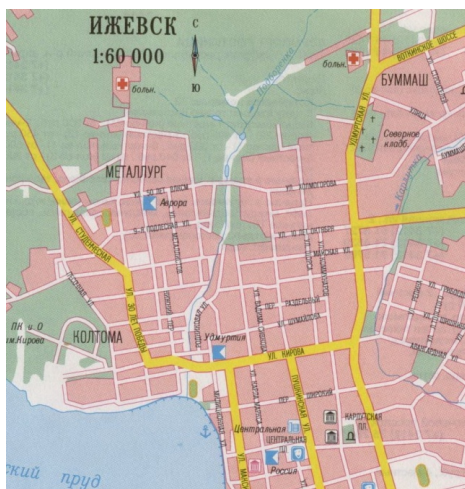


Рисунок 3 – Участок УДС Ижевска и обозначение магистральных улиц заданного участка в виде графа

| Название | Начальный у... | Конечный узел | Длина (м) | Повышение ... | Повышение ... | Снижение эк... | Снижение тр... | Кол-во техники |
|------------------|----------------|---------------|-----------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Удмуртская (...) | 0 | 8 | 937 | 9 | 8 | 1 | 4 | 1 |
| Удмуртская (...) | 8 | 0 | 937 | 8 | 9 | 1 | 4 | 5 |
| Кирова (Удму... | 0 | 6 | 733 | 7 | 8 | 4 | 3 | 4 |
| Кирова (Пушк... | 6 | 0 | 733 | 8 | 9 | 1 | 4 | 5 |
| Пушкинская (...) | 6 | 7 | 931 | 9 | 8 | 1 | 4 | 4 |
| Пушкинская (...) | 7 | 6 | 931 | 7 | 6 | 2 | 1 | 4 |
| Кирова (Пушк... | 6 | 11 | 1560 | 7 | 6 | 2 | 1 | 4 |
| Кирова (30 л... | 11 | 6 | 1560 | 8 | 9 | 1 | 3 | 5 |
| 30 лет Побед... | 11 | 12 | 1660 | 8 | 9 | 1 | 3 | 3 |
| 30 лет Побед... | 12 | 11 | 1660 | 5 | 3 | 5 | 7 | 3 |
| 50 лет ВЛКС... | 12 | 2 | 207 | 5 | 3 | 5 | 7 | 3 |
| 50 лет ВЛКС... | 2 | 12 | 207 | 2 | 2 | 5 | 4 | 3 |
| 50 лет ВЛКС... | 2 | 1 | 844 | 2 | 2 | 5 | 4 | 4 |
| Фруктовая (Б... | 3 | 2 | 1110 | 3 | 2 | 8 | 5 | 3 |
| Школьная (Ф... | 1 | 3 | 700 | 1 | 1 | 9 | 7 | 3 |
| Холмогорова... | 1 | 4 | 871 | 1 | 1 | 7 | 9 | 4 |
| Холмогорова... | 4 | 1 | 871 | 2 | 2 | 5 | 4 | 3 |
| Холмогорова... | 4 | 10 | 896 | 2 | 2 | 5 | 4 | 4 |
| Холмогорова... | 10 | 4 | 896 | 5 | 7 | 3 | 6 | 3 |
| Пушкинская (...) | 4 | 5 | 424 | 5 | 7 | 3 | 6 | 3 |
| Пушкинская (...) | 5 | 4 | 424 | 4 | 2 | 4 | 7 | 3 |
| Пушкинская (...) | 5 | 7 | 251 | 4 | 2 | 4 | 7 | 3 |
| Пушкинская (...) | 7 | 5 | 251 | 2 | 5 | 1 | 3 | 4 |
| Майская (Пу... | 7 | 8 | 901 | 2 | 5 | 1 | 3 | 3 |
| Майская (Уд... | 8 | 7 | 901 | 5 | 7 | 4 | 3 | 3 |
| Удмуртская (...) | 8 | 9 | 251 | 5 | 7 | 4 | 3 | 5 |
| Удмуртская (...) | 9 | 8 | 251 | 3 | 2 | 6 | 5 | 5 |
| 10 лет Октяб... | 9 | 5 | 901 | 3 | 2 | 6 | 5 | 3 |
| 10 лет Октяб... | 5 | 9 | 901 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| Удмуртская (...) | 9 | 10 | 434 | 5 | 4 | 3 | 3 | 5 |

Рисунок 4 – Вид рабочего окна программного продукта для заполнения данных улично-дорожной сети

Результаты расчетов процессов зимнего содержания на заданном участке УДС, представлены на рис. 5

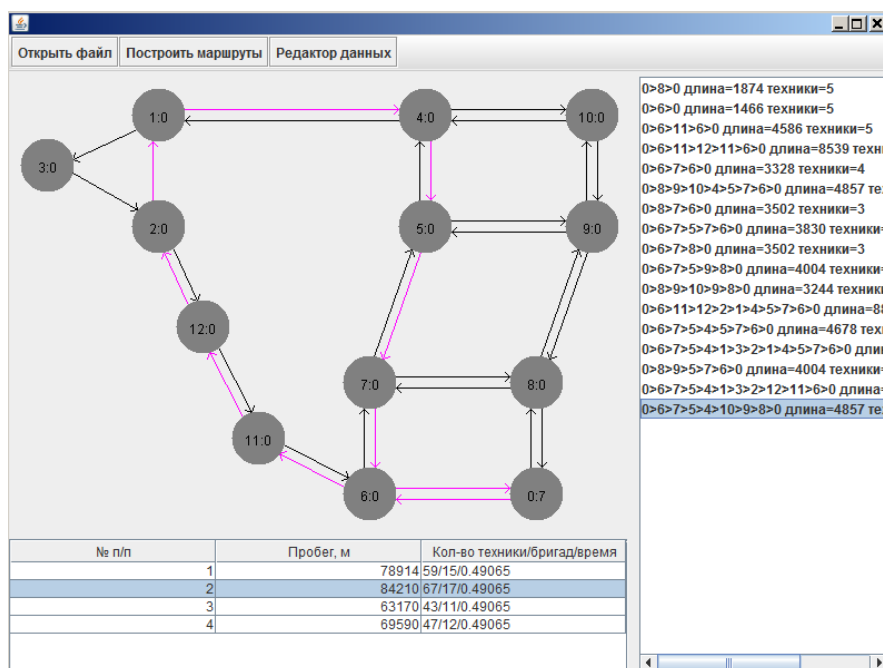


Рисунок 5 – Результаты расчетов процессов зимнего содержания на заданном участке УДС

Выводы:

1. Для управления процессами зимнего содержания улично-дорожной сети необходимо разработать комплексный подход, включающий защиту дорог от снежных заносов, очистку дорог от снега, борьбу с зимней скользкостью, защиту дорог от лавин, борьбу с наледями. Эти работы направлены на обеспечение бесперебойного и безопасного движения автомобилей.

2. Математическую постановку задачи управления процессами зимнего содержания (патрульная очистка улиц от снега и борьба с зимней скользкостью) можно сформулировать как задачу с ограничением по времени для проведения работ по зимнему содержанию на заданном участке УДС.

3. Реализация математической постановки задачи управления процессами зимнего содержания позволила создать программный продукт, который повышает пропускную способности УДС на 17%, при одновременном снижении экологической нагрузки на 25%; снижении трудоемкости на 18%.

Список литературы

1. Davis W.S., Yen D.C. The Information System Consultant's Handbook. Systems Analysis and Design. CRC Press, 1998.

2. ОДМ Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования. М., 2004. 229 с.
3. *Владимова Е.В., Дягелев М.Ю., Исаков В.Г.* Математическая модель определения выгодных маршрутов зимнего содержания улично-дорожной сети // Сборник научных трудов Sword. Выпуск 3. Т. 1. Одесса: Куприенко С.В., 2013 С. 37–41.
4. *Оре О.* Теория графов. М.: Наука, 1980. 336 с.

Н.А. Караваяев, магистр техники и технологий
Ижевский государственный технический университет

ПОСТРОЕНИЕ ИЗОЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЧЕТКИХ ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ КАРТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ

Статья посвящена описанию алгоритма построения карт на основе нечетких пространственных данных. Рассмотрены основные особенности карт для анализа экологических ситуаций. Предложен метод построения карт для четких и нечетких входных параметров. Разработан алгоритм решения. Приведены реализованные функции.

The article is devoted to the description of the algorithm for maps construction based on fuzzy spatial data. The main characteristics of maps for ecological analysis are reviewed. A method of constructing maps for strict and fuzzy inputs is given in the article. The algorithm solving this problem is developed. Implemented functions are shown.

Ключевые слова: нечеткие данные, изолинии, функция принадлежности, алгоритм, цифровые карты, распределение параметра.

Keywords: fuzzy data, isoline, membership function, algorithm, digital map, parameter distribution.

Для контроля и мониторинга экологической безопасности необходимо построение карт распределения контролируемых параметров и создание карт экологических ситуаций по многим контролируемым показателям. Часто при построении карт для поддержки принятия управленческих решений по обеспечению мер экологической безопасности приходится использовать не только известные значения параметров, но и нечеткие данные (сильное загрязнение, высокая заболеваемость и т.п.).

В существующих геоинформационных системах, предназначенных для создания, анализа пространственно распределенных параметров, как правило, отсутствуют функции построения экологических карт по нечетким данным. А функции создания карт экологических ситуаций должны быть основой для систем поддержки принятия решений при управлении экологической безопасностью.

Таким образом, проблема построения комплексных карт на основе четких и нечетких параметров остается актуальной. Учитывая все особенности нечетких данных, требуется создать такую систему, которая позволяла бы строить карты эко-

логических ситуаций по известным четким и нечетким пространственным данным, варьируя точность построения в зависимости от количества и типа предоставленной информации.

Для построения карт распределения нечетких параметров предлагается использовать интерполяционный метод. Эти методы подходят для выявления особенностей исходных данных, их анализа и построения поверхностей по отдельным точечным исходным значениям непрерывного в пространстве явления, оценки достоверности полученных результатов и их представления в наглядной для восприятия форме. Технология построения таких поверхностей включает четыре основных этапа: представление исходных данных; анализ исходных данных; подбор и применение модели интерполяции; оценка результата.

Пусть x_i - это набор известных точек на карте, y_i - значения функции в этих точках, а r_i - расстояние от известной точки до искомой. Тогда значение функции в произвольной точке на карте будет рассчитываться по формуле:

$$f(x) = \frac{\sum_i w_i(x) y_i}{\sum_i w_i(x)}, \quad (1)$$

где $w_i(x) = 1/r_i^2$

После того, как мы найдем интерполированное значение в каждой точке карты, требуется пройти по точкам карты с заданной величиной шага, и провести изолинию по точкам с постоянным исследуемым значением параметра.

```
Пока x < Map.width
  y = 0
  Пока y < Map.Height
    Если Найти_нуть(x, y, H, Epsilon, outx, outy)
      Поставить_курсор_на(x, y)
      Провести_линию_в(outx, outy)
    Конец если
    y = y + delta
  x = x + delta
```

Функция *Найти_нуть(x, y, H, epsilon, outx, outy)*: //функция, определяющая оптимальный путь построения изолинии, x, y - координаты точки, из которой проводится изолиния, H - значение параметра на изолинии, $Epsilon$ - погрешность вычислений, $outx, outy$ - координаты, в которые проводится вектор

```
outx = x - delta; // delta - шаг на карте,
outy = y;
Если |f(x + delta, y) - H| < |f(outx, outy) - H|
```

$outx=x+delta;$

Конец если

Если $|f(x,y-delta) - H| < |f(outx,outy) - H|$

$outy=y-delta;$

Конец если

Если $|f(x,y+delta) - H| < |f(outx,outy) - H|$

$outy=y+delta;$

Конец если

Конец функции

Так может быть построена карта по четким значениям входных данных. Характеристикой нечеткого множества выступает функция принадлежности. Обозначим через $MF_c(x)$ – степень принадлежности к нечеткому множеству S . Тогда нечетким множеством S называется множество упорядоченных пар вида $S=\{MF_c(x)/x\}$, $MF_c(x) [0,1]$. Значение $MF_c(x) = 0$ означает отсутствие принадлежности к множеству, 1 – полную принадлежность.

Существует свыше десятка типовых форм кривых для задания функций принадлежности. Будем рассматривать трапецеидальную функцию, так как она наиболее близка к моделированию оценок экспертов. Трапецеидальная функция принадлежности определяется четверкой чисел (a,b,c,d) (рис. 1):

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (2)$$

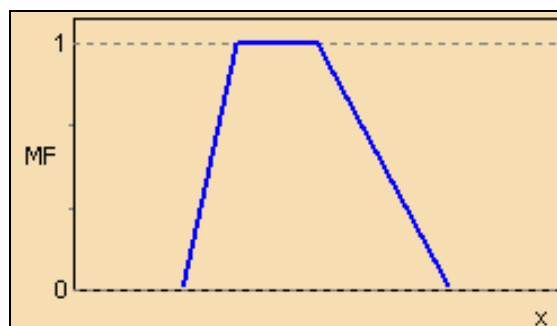


Рисунок 1 – Трапецеидальная функция принадлежности

Данное значение функции принадлежности можно использовать в вышеописанном алгоритме построения изолиний следующим образом.

Вместо четкого значения изолинии H используется нечеткое из множества допустимых значений. Интерполяционное значение каждой точки анализируется с точки зрения принадлежности к нечеткому множеству значения H . Область нечеткого значения строится по точкам, принадлежность которых превышает ϵ .

Для отображения результата работы системы смоделируем абстрактную предметную область. Рассмотрим нечеткое понятие "Значение параметра". Сформируем для него три нечетких переменных: "Слабое", "Среднее", "Сильное".

Зададим область рассуждения в виде $X = [0..10]$ (единиц). Зададим функцию принадлежности для каждой из трех переменных. Пусть они имеют трапецеидальную форму кривых.

Зададим три нечетких множества в контексте значения параметра: "слабое", "среднее", "сильное" (рис. 2): $a_{\text{слабое}} = 0$; $b_{\text{слабое}} = 0$; $c_{\text{слабое}} = 1$; $d_{\text{слабое}} = 4$; $a_{\text{среднее}} = 3$; $b_{\text{среднее}} = 5$; $c_{\text{среднее}} = 6$; $d_{\text{среднее}} = 8$; $a_{\text{сильное}} = 7$; $b_{\text{сильное}} = 9$; $c_{\text{сильное}} = 10$; $d_{\text{сильное}} = 10$.

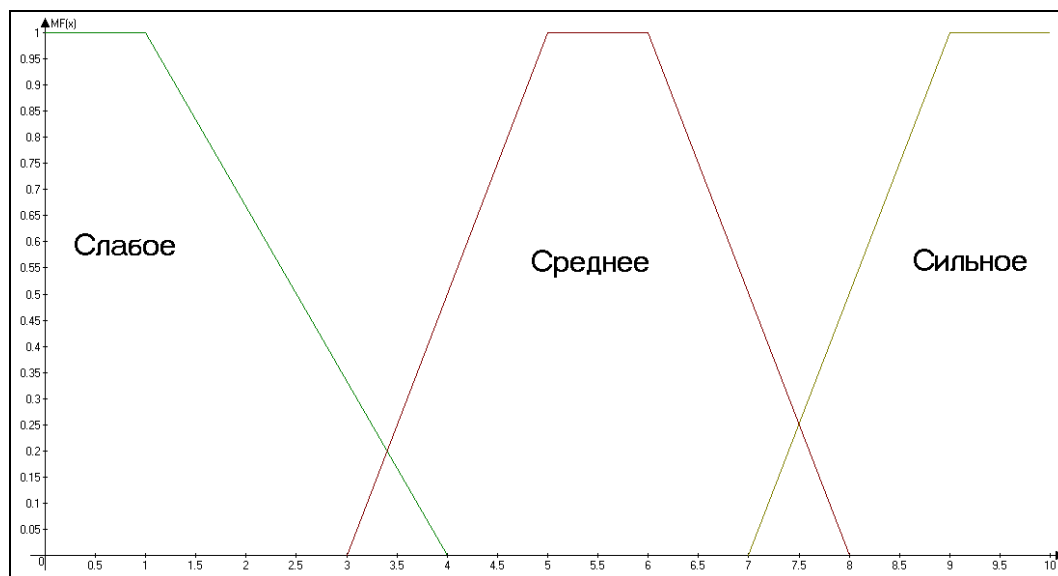


Рисунок 2 – Функции принадлежности моделируемой предметной области

Отметим на карте точки с известным значением параметра и с применением разработанного алгоритма рассчитаем и визуализируем область по среднему значению параметра. На рис. 3 показан результат построения карты анализируемого не-

четкого значения параметра. Темно-красным цветом отображена область "среднего" значения с вероятностью 100-75%, красным цветом - с вероятностью 75-50%.

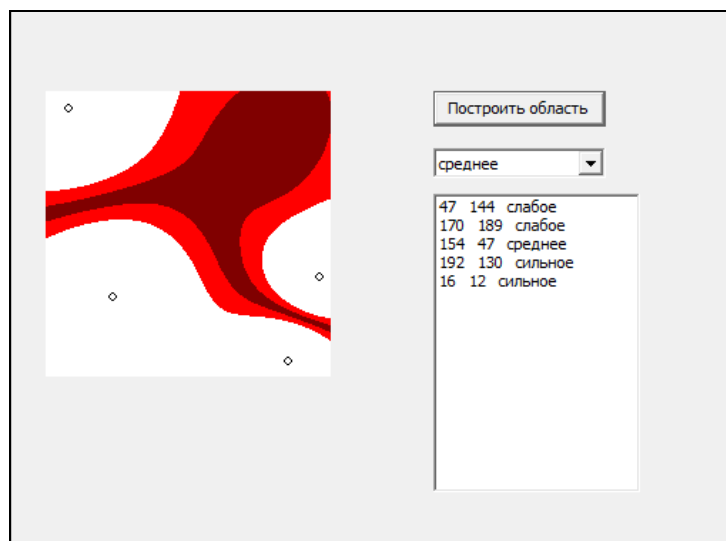


Рисунок 3 – Карта "среднего" значения параметра

Таким образом, разработан алгоритм построения карт по нерегулярной сети с четкими и нечеткими значениями параметров в узлах сети.

В дальнейшем в рамках разрабатываемой экспертной системы, планируется на основе экспертных оценок сформировать базу правил определения экологических ситуаций, взяв за основу созданные экологические карты.

Данный алгоритм может использоваться в геоинформационных системах для экологического картографирования и в системах поддержки принятия управленческих решений по обеспечению экологической безопасности.

Список литературы

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Лаборатория базовых знаний, 2003.
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982.
3. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах. Учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 200 с.

Ю.Ф. Каторин, доктор военных наук, профессор

Р.А. Нурдинов, аспирант

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТА НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИОННЫХ РИСКОВ

В статье рассказывается об основных методах анализа информационных рисков и определении на этой основе необходимого уровня защиты объекта.

The article tells about the basic methods of the analysis of information risks and the determination on this basis of the necessary level of the protection of object.

Ключевые слова: информационная безопасность, риск, анализ, критерий, уровень защиты.

Keywords: information security, risks, analysis, index, level of the protection of object.

В настоящее время термин «информационный риск» нашел широкое применение. Однако пока не существует принятой большинством ученых и практиков трактовки понятия «информационный риск», более того, еще не сложилось общепринятого толкования этой категории. Отдельные специалисты в это понятие вкладывают следующий смысл: информационный риск – это возможное событие, в результате которого несанкционированно удаляется, искажается информация, нарушается ее конфиденциальность или доступность. То есть, понятие информационного риска используется как синоним понятия угроза безопасности информации. Необходимо отметить, что ставший уже привычным термин «угроза безопасности» хоть и звучит мелодично, на самом деле является идиомой (идиоматическим оборотом). Безопасности никто никогда не грозил! Угрожают не состоянию и не ситуации, а объекту.

Такой подход нельзя признать верным. Исторически риск понимался как неопределенность, связанная с вероятностью благоприятного или неблагоприятного исхода, причем к негативным последствиям по понятным причинам интерес был намного выше. В разное время риск изучался как аспект игры (например, у Б. Паскаля, Х. Гюйгенса), элемент задачи оценки в страховании (например, у Д. Бернул-

ли). Были введены функции полезности, как количественно (у того же Д. Бернулли, Г. Госсена, и позднее у Дж. фон Неймана и О. Morgenштерна), так и качественно (например, в работах В. Парето), описывавшие выбор определенного решения. Как и начальные работы, большинство из них основано на понятии риска и связанных с ним характеристиках системы. Более того, сам по себе риск отделялся от понятия случайного события, поскольку являлся оценочной величиной, указывающей на возможные потери (начиная с работ Ф. Найта и др.).

Поэтому основным определением и сущностью понятия риска, как и ранее, остается следующее: «риск – это сочетание вероятности и последствий наступления некоторого события». Такое определение в разных вариациях и уточнениях предлагают различные авторы ([1-3] и др. – для экономического риска, [4-6] и др. – для технических рисков, [7-9] и др. – для информационного риска). В области информационного риска наблюдается стандартный подход к определению, который связывает в единую величину три составляющих – вероятность существования уязвимости, вероятность угрозы безопасности, вероятность негативного воздействия [9-11]. Очевидно, что в этом случае идет уточнение (декомпозиция) первого компонента риска – вероятности осуществления негативного события. Эта декомпозиция может быть более детальной, например, как в работе [12], или сводиться к простому вычислению вероятности из известного закона распределения случайной величины. Вместе с тем, именно определение уровня риска является принципиально важным моментом при формировании требований к системе безопасности информационных ресурсов.

Используется количественная или качественная оценка возможных рисков. Наиболее распространенной на практике остается качественная оценка информационных рисков, когда при отсутствии точных данных значения параметров устанавливает проводящий анализ рисков эксперт. Суть методики заключается в определении посредством экспертных оценок зависимости значения риска от определенных факторов – вероятности наступления события и ущерба от наступления данного события. Формула, чаще всего используемая в этом случае при расчете рисков, представляет собой произведение трех параметров:

- стоимость ресурса (Asset Value, AV). Указанная величина характеризует ценность ресурса. При качественной оценке рисков стоимость ресурса чаще всего ранжируется в диапазоне от 1 до 3, где 1 – минимальная стоимость ресурса, 2 – средняя стоимость ресурса и 3 – максимальная стоимость ресурса;
- мера уязвимости ресурса к угрозе (Exposure Factor, EF). Этот параметр показывает, в какой степени тот или иной ресурс уязвим по отношению к рассматриваемой угрозе. При качественной оценке рисков данная величина также ранжируется в диапазоне от 1 до 3, где 1 – минимальная мера уязвимости (слабое воздейст-

вие), 2 – средняя (подвергшийся воздействию ресурс подлежит восстановлению), 3 – максимальная (ресурс требует полной замены после реализации угрозы);

- оценка вероятности реализации угрозы (Annual Rate of Occurrence, ARO) демонстрирует, насколько вероятна реализация определенной угрозы за определенный период времени (как правило, в течение года) и также ранжируется по шкале от 1 до 3 (низкая, средняя, высокая).

На основании полученных данных выводится оценка ожидаемых потерь (уровень риска):

- оценка ожидаемого возможного ущерба от единичной реализации определенной угрозы (Single Loss Exposure, SLE) рассчитывается по формуле:

$$SLE = AV \times EF; \quad (1)$$

- итоговые ожидаемые потери от конкретной угрозы за определенный период времени (Annual Loss Exposure, ALE) характеризуют величину риска и рассчитывается по формуле:

$$ALE = SLE \times ARO. \quad (2)$$

Таким образом, конечная формула расчета рисков представляет собой произведение:

$$ALE = ((AV \times EF = SLE) \times ARO). \quad (3)$$

Полученные результаты излагаются в табличной форме. После ранжирования рисков определяются требующие первоочередного внимания; основным методом управления такими рисками является снижение, реже – передача. Риски среднего ранга могут передаваться или снижаться наравне с высокими рисками. Риски низшего ранга, как правило, принимаются и исключаются из дальнейшего анализа.

Диапазон ранжирования рисков принимается исходя из проведенного расчета их качественных величин. Так, например, если величины рассчитанных рисков лежат в диапазоне от 1 до 18, низкие риски находятся в диапазоне от 1 до 7, средние – в диапазоне от 8 до 14, высокие – в диапазоне свыше 14 [7]/ Управление рисками сводится к снижению величин высоких и средних рисков до характерных для низких рисков значений. Снижение величины риска достигается за счет уменьшения одной или нескольких составляющих (AV, EF, SLE) путем принятия определенных мер. В основном это возможно применительно к EF и SLE, так как AV (стоимость ресурса) – фиксированный параметр. Снижение параметра SLE, т. е. вероятности реализации угрозы, может быть достигнуто за счет технических мер защиты информации [17].

Как видим, при качественной оценке большинство из описанных параметров принимается на основе мнения эксперта. Распространенность этого метода связана с тем, что количественная оценка вероятности реализации угрозы весьма затруднена ввиду относительной новизны информационных технологий и, как следствие, отсутствия универсальных методик оценки, и достаточного количества статистических данных. Однако в случае экспертной оценки стоимости ресурса (AV) точная количественная оценка (например, в денежном эквиваленте) чаще всего не проводится, и тогда определение параметра SLE в абсолютных величинах невозможно. Вместе с тем, только существенно и качественно выполненный анализ информационных рисков позволяет в дальнейшем провести сравнительную оценку по критерию «эффективность-стоимость» различных вариантов защиты. Таким образом, сама по себе качественная оценка рисков не позволяет аргументировать размер инвестиций в безопасность, так как не содержит конкретных цифр для определения затрат в случае реализации угроз, а значит и аргументировать стоимость работ, направленных на снижение рисков.

Количественная оценка риска рассчитывается либо аналитически, но тогда для ее точного расчета требуется очень большой объем исходных данных, что вызывает скептическое отношение к таким оценкам ряда специалистов по анализу риска, ориентированных на практические задачи [7, 13]. Либо графически, с построением в заданном пространстве зависимости потерь от вероятности реализации угроз. Прогнозирование отдельных параметров риска с приемлемой точностью является весьма трудоемкой задачей, и получить точную количественную оценку сложно.

При этом стоимость ресурса рассчитывается с использованием экономических методик, а для расчета вероятности реализации угрозы требуется владеть методами, используемыми специалистами по информационной безопасности. Что еще больше усложняет задачу.

Предлагаемая методика выбора мер и средств защиты была разработана с учетом основных положений стандарта ISO/IEC 27005:2008 и включает одиннадцать этапов.

Этап 1. Выбор объектов защиты. В качестве стандартных объектов защиты определены следующие: предприятие, автоматизированная система, локальная вычислительная сеть, здание/помещение, автоматизированное рабочее место. Кроме того, предусмотрена возможность создания и описания новых видов объектов защиты.

Этап 2. Определение информационных активов. К первичным активам относят бизнес-процессы, файлы, базы данных, документы, к активам поддержки – программные и аппаратные средства обработки, хранения и передачи информации

[19]. Для каждого актива определяются критические свойства: конфиденциальность, целостность, доступность.

Этап 3. Перед расчётом стоимости информационных активов нужно обозначить компоненты, из которых она будет складываться. Эти компоненты делятся на три группы:

- затраты на создание (приобретение), внедрение и эксплуатацию;
- ожидаемая выгода (от использования, продажи, конфиденциальности актива);
- убытки организации от реализации угроз (ущерб репутации, ответственность за несоблюдение законов и договоров, простои в производстве и реализации услуг).

Для каждого компонента определяются критические свойства актива, которым он соответствует (табл. 1).

Таблица 1 – Компоненты стоимости информационного актива

| Компоненты стоимости актива | | Критические свойства актива |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Затраты на создание/покупку и эксплуатацию | Цена потребления актива, Цпотр | Целостность |
| | Выгода от продажи актива, Впрод | Конфиденциальность, целостность |
| Ожидаемая выгода от использования | Выгода от использования актива, Висп | Доступность, целостность |
| | Выгода от сохранения конфиденциальности, Вконф | Конфиденциальность |
| | Прочие выгоды, Впроч | Конфиденциальность, целостность, доступность |
| Убытки организации | Ущерб репутации, Уреп | Конфиденциальность |
| | Ответственность за несоблюдение законов, Узак | Конфиденциальность |
| | Простой в производстве/реализации услуг, Упрос | Доступность, целостность |
| | Прочие убытки, Упроч | Конфиденциальность, целостность, доступность |

Себестоимость создания информационного актива (С) находится по формуле:

$$C = Z_m + Z_o \left(1 + \frac{P_c}{100}\right) + A + Z_p, \quad (4)$$

где C – себестоимость; Z_m – затраты на материалы; Z_o – затраты на оплату труда; P_c – ставка отчислений в социальные фонды; A – амортизационные отчисления; Z_p – прочие затраты.

Для определения величины затрат на создание (приобретение), внедрение и эксплуатацию информационного актива находится его цена потребления [17]:

$$C_{\text{потр}} = C_{\text{пок}} (C) + Z_b + Z_s, \quad (5)$$

где $C_{\text{потр}}$ – цена потребления; $C_{\text{пок}}$ – цена покупки; Z_b – «затраты на внедрение; Z_s – эксплуатационные издержки.

Для каждого актива определяется массив $s_i[z]$ из семи элементов с индексами z от 1 до 7 (табл. 2).

Таблица 2 – Наборы критических свойств, соответствующие индексам массива $s_i[z]$

| Набор критических свойств | Индекс массива, z | Индекс в двоичной форме |
|----------------------------------------------|---------------------|-------------------------|
| доступность | 1 | 001 |
| целостность | 2 | 010 |
| целостность, доступность | 3 | 011 |
| конфиденциальность | 4 | 100 |
| конфиденциальность, доступность | 5 | 101 |
| конфиденциальность, целостность | 6 | 110 |
| конфиденциальность, целостность, доступность | 7 | 111 |

Элементы массива равны суммам значений компонентов стоимости актива с определённым набором критических свойств. Для наглядности можно представить индекс элемента в двоичной записи, в которой каждая из трёх двоичных цифр соответствует одному из трёх свойств информационных активов, при этом, если свойство является для него критическим, то она равна 1, а если нет, то 0.

Стоимость i -го информационного актива рассчитывается по формуле:

$$s_i = C_{\text{потр}i} + B_i + Y_i, \quad (6)$$

где s_i – стоимость актива; $C_{\text{потр}i}$ – цена потребления актива; B_i – ожидаемая выгода от использования актива; Y_i – убытки организации в случае реализации угроз активу.

Стоимость всех активов складывается, образуя стоимость объекта защиты (S_{O3}):

$$S_{O3} = \sum_{i=1}^n s_i \quad (7)$$

Этап 4. Составление перечня угроз. За основу может быть взят типовой перечень угроз из ISO/IEC 27005:2008. Определяются актуальные для объекта защиты угрозы и нарушаемые ими свойства информационных активов.

Этап 5. Определение вероятности реализации угроз. Для каждой угрозы, сопоставленной активу, определяется вероятность реализации методом экспертной оценки. Для того чтобы выяснить, насколько мнения экспертов согласованы между собой, находится коэффициент конкордации Кендалла:

$$W = \frac{12 \cdot D}{f^2 \cdot (h^2 - 1)}, \quad (8)$$

где W – коэффициент конкордации Кендалла; D – сумма квадратов отклонений оценок каждого эксперта от средней суммы оценок; f – количество экспертов; h – количество оцениваемых значений вероятности реализации угроз.

Для проверки значимости находится критерий Пирсона (χ^2):

$$\chi^2 = f \cdot (h - 1) \cdot W. \quad (9)$$

Если полученное значение χ^2 больше табличного $\chi^2_{кр}$, то мнения экспертов считаются значимыми. Для каждого актива определяется массив $p_i[z]$:

$$p_i[z] = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - p_{ij}[z]), \quad (10)$$

где $p_{ij}[z]$ – вероятность реализации j -ой угрозы i -му активу, нарушающей z -ый набор критических свойств актива.

Этап 6. Расчёт величины полного риска. Значение ущерба i -му активу от реализации угроз, нарушающих определённые критические свойства актива, равно сумме значений компонентов стоимости актива, связанных с этими свойствами:

$$q_i[z] = s_i[z]. \quad (11)$$

Зная вероятность реализации угроз и величину ущерба для семи наборов критических свойств, можно вычислить значение риска для i -го актива (R_i) по формуле:

$$R_i = \sum_{z=1}^7 p_i[z] \cdot q_i[z], \quad (12)$$

Полный риск ($R_{полн}$) представляет собой суммарное значение риска для объекта защиты до внедрения мер и средств защиты и вычисляется как сумма рисков для активов:

$$R_{полн} = \sum_{i=1}^n R_i. \quad (13)$$

Этап 7. Выбор мер и средств защиты. Осуществляется исходя из перечня угроз и значений рисков для отдельных информационных активов. Выбираются аль-

тернативные варианты мер и средств защиты. Для каждого из выбранных вариантов выполняются расчёты на этапах 8-11.

Этап 8. Определение затрат на защиту. Затраты на меры и средства защиты обозначаются как $s\lambda$. Затраты на защиту (S_3) определяются по формуле:

$$S_3 = \sum_{i=1}^n s\lambda_i. \quad (14)$$

Этап 9. Определение вероятности реализации угроз после внедрения мер и средств защиты. Для каждого актива находится массив $p'_i[z]$ аналогично этапу 5.

Этап 10. Расчёт величины остаточного риска. Значение риска для каждого i -го актива после внедрения мер и средств защиты вычисляется по формуле:

$$R'_i = \sum_{z=1}^7 p'_i[z] \cdot q_i[z]. \quad (15)$$

Суммарное значение риска после внедрения мер и средств защиты называется остаточным риском ($R_{ост}$) и находится по формуле:

$$R_{ост} = \sum_{i=1}^n R'_i. \quad (16)$$

Этап 11. Оценка эффективности мер и средств защиты. Коэффициент компенсации риска ($k_{кр}$) показывает, какую часть риска удалось компенсировать благодаря использованию выбранных мер и средств защиты:

$$k_{кр} = \frac{R_{полн} - R_{ост}}{R_{полн}}, \quad (17)$$

Коэффициент экономической эффективности (E) служит критерием для оценки целесообразности использования выбранных мер и средств защиты:

$$E = \frac{R_{полн} - R_{ост}}{S_3}. \quad (18)$$

Если $E > 1$, то данные меры и средства защиты целесообразно использовать, и напротив, если $E \leq 1$ – то нецелесообразно.

Однако на основании значений данных показателей нельзя выбрать оптимальный набор мер и средств защиты. Поэтому предлагается использовать показатель затратноёмкости информационных активов (ω) [18]:

$$\omega = \frac{S_3 + R_{ост}}{S_{сз}}. \quad (19)$$

Данный показатель определяет, какую часть от стоимости информационных активов составляют суммарные затраты, включающие в себя реальные затраты на защиту и ожидаемые затраты от реализации угроз безопасности информации, выраженные в виде остаточного риска. Наилучшим вариантом выбора защитных мер

и средств из нескольких будет тот, при котором значение затратноёмкости информационных активов будет наименьшим.

Выражение (12) можно разложить на слагаемые и ввести следующие обозначения:

$$\omega = \frac{S_{СЗИ} + R_{ОСТ}}{S_{ОЗ}} = \frac{S_{СЗИ}}{S_{ОЗ}} + \frac{R_{ОСТ}}{S_{ОЗ}} = \varepsilon + k, \quad (20)$$

где ε – затратноёмкость обеспечения безопасности информационных активов; k – рискоёмкость информационных активов.

Выражение (19) подходит для выбора средств защиты информации, а выражение (18) для обоснования целесообразности их использования. Данный метод универсален, поскольку позволяет вычислять и сравнивать показатели экономической эффективности и затратноёмкости информационных активов для разных средств защиты информации и объектов защиты.

Основной недостаток количественных методов оценки риска в их сложности. Кроме того для проведения точной количественной оценки требуется большой объём исходных данных. Поэтому эти методы больше подходят для организаций, накопивших определённый опыт оценки рисков упрощёнными методами.

В реальных случаях организации чаще всего идут от имеющегося негативного опыта, что и является главной проблемой анализа информационных рисков. К сожалению, в том случае, когда действие происходит раньше анализа, эффективность предпринятых мер также отдаётся на волю случая. Кроме того, поскольку при создании системы информационной безопасности неизменно решается вопрос о целесообразности затрат на предлагаемые контрмеры, процесс ее формирования тормозится до принятия руководством решений о целесообразности (или нецелесообразности) затрат на защиту информации. Избежать такой ситуации поможет стандартная процедура коммуникации риска, представленная на (рис. 1) и разработанная на основе. [14, 15]

Как уже было сказано выше, риск – возможность ущерба, которая возникает как результат взаимодействия пары «угроза» и «уязвимость». Для каждой угрозы требуется оценить убытки, которые будут иметь место при ее реализации. [14] Постановка задачи анализа рисков в теоретических исследованиях, как правило, заключена в получении на основе статистических и вероятностных исследований математической модели информационных рисков для объекта исследования (например, актива или группы активов организации). Такая постановка задачи апробирована во многих задачах анализа информационных рисков. В качестве примера можно привести модели, полученные с использованием экспертных оценок и перечисленные в [16].

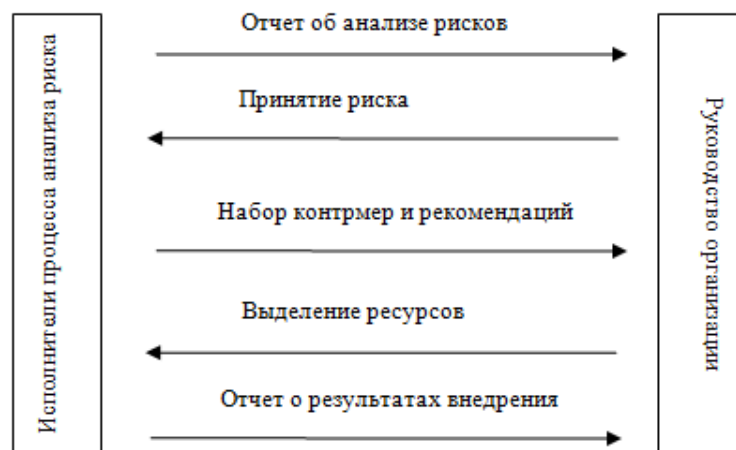


Рисунок 1 – Коммуникации риска

Основными этапами этой модели, применяемыми при количественной оценке информационных рисков, являются:

- первичный анализ рисков;
- планирование;
- внедрение мер защиты информации;
- мониторинг и тестирование уровня остаточного риска.

Естественно, приведенная модель не является единственной (широко известна, например, модель Carnegy Mellon University [13]). Количественная оценка рисков позволяет четко рассчитать и аргументировать инвестиции в безопасность, но она крайне трудоемка.

Таким образом, анализ рисков в «чистом виде» является или слишком трудоемким, или не дает в дальнейшем эффективно этими рисками управлять. Поэтому на практике наибольшее распространение получили два упрощенных подхода к обоснованию проекта подсистемы обеспечения безопасности, не требующие расчета рисков для конкретного объекта.

Первый из них основан на проверке соответствия уровня защищенности объекта требованиям одного из стандартов в области информационной безопасности. Это может быть класс защищенности в соответствии с требованиями руководящих документов ФСТЭК России, например, профиль защиты, разработанный в соответствии со стандартом ISO-15408, или какой-либо другой набор требований. Тогда показатель достижения цели в области безопасности – это выполнение заданного набора требований. Показатель эффективности – минимальные суммарные затраты на выполнение поставленных функциональных требований. Методика достаточно

эффективная, ибо ясно, что ФСТЭК, при разработке требований, учитывал средне-статистические риски для каждого класса объектов. Основной недостаток данного подхода заключается в том, что в случае, когда требуемый уровень защищенности жестко не задан (например, через законодательные требования или хотя бы приказы ФСТЭК) определить «наиболее эффективный» уровень защищенности объекта достаточно сложно. Кроме того «отнесение» конкретного объекта к определенному стандарту требует привлечение высококвалифицированных специалистов по ИБ.

Второй подход к построению системы обеспечения ИБ связан с оценкой и управлением рисками. Изначально он произошел из принципа «разумной достаточности» примененного к сфере обеспечения ИБ. Этот принцип будет описан следующим набором утверждений:

- необходимо соблюдать баланс между затратами на защиту и получаемым эффектом, в т.ч. и экономическим, заключающимся в снижении потерь от нарушений безопасности;
- стоимость средств защиты не должна превышать стоимости защищаемой информации (или других ресурсов – аппаратных, программных);
- затраты нарушителя на НСД к информации должны превышать тот эффект, который он получит, осуществив подобный доступ.

Если представить некоторую идеальную ситуацию, то идею такого подхода отображает приведенный график (рис. 2), позволяющий оптимизировать уровень защищенности объекта системой информационной безопасности на основе сравнения показателей стоимости совокупных потенциальных потерь информации без использования системы информационной безопасности и показателя стоимости реальных потерь при ее использовании.

По мере того, как затраты на защиту растут, размер ожидаемых потерь падает и если обе функции имеют вид, представленный на рисунке, то можно определить минимум функции «Ожидаемые суммарные результаты», который нам и требуется.

К сожалению, на практике точные зависимости между затратами и уровнем защищенности определить далеко не всегда представляется возможным, поэтому аналитический метод анализа рисков в представленном виде используется довольно редко.

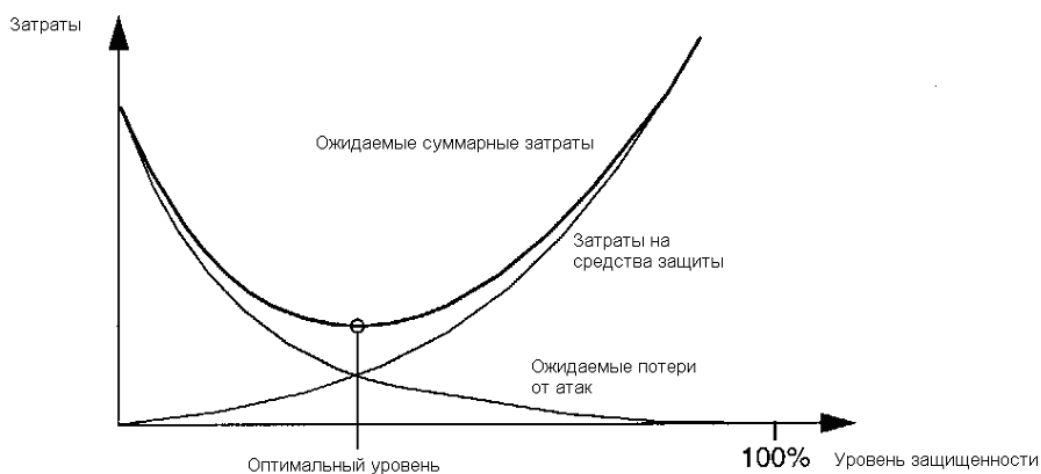


Рисунок 2 – Соотношение уровня затрат на средства защиты и ожидаемого ущерба

Список литературы

1. Долматов А.С. Математические методы риск-менеджмента: учеб. пособие. М.: Экзамен, 2007. 320 с.
2. Лобанов А.А., Чугунов М.В. Энциклопедия финансового риск-менеджмента – 2-е изд. М.: Альпина, 2006. 878 с.
3. Соложенцев Е.Д. Сценарное логико-вероятностное управление риском в бизнесе и технике. М.: Бизнес-пресса, 2006. 530 с.
4. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 704 с.
5. Рябинин И.А. Основы теории и расчета надежности судовых электроэнергетических систем. Л.: Судостроение, 1971. 456 с.
6. Сугак Е.В. и др. Надежность технических систем / под общей ред. Е.В. Сугака, Н.В. Василенко. Красноярск: МГП «Раско», 2001. 608 с.
7. Астахов, А.М. Искусство управления информационными рисками. М.: ДМК-Пресс, 2010. 312 с.
8. Peltier T.L. Information security risk analysis. 2 ed. Auerbach Publications, 2005. 361 p.
9. Tipton H.F., Krause M. Information security management handbook. 6 ed. Auerbach Publications, 2007. 328 p.
10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования. // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: сайт. URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=129018> (дата обращения: 20.05.2010).

11. Jones A., Ashenden D. Risk management for computer security. Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. 297 p.
12. Малюк А.А., Пазизин С.В., Погожин Н.С. Введение в защиту информации в автоматизированных системах. 2-е изд. М.: Горячая линия-Телеком, 2004. 148 с.
13. Петренко С.А., Симонов С.В. Управление информационными рисками. Экономически оправданная безопасность. М.: Компания АйТи, ДМК-Пресс, 2004. 384 с.
14. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799-2005. Информационная технология. Практические правила управления информационной безопасностью. М.: Стандартиформ, 2006. 20 с.
15. Суханов А. Анализ информационных рисков в управлении информационной безопасностью [электронный ресурс] // Журнал ВУТЕ. 2008. № 11. Безопасность: торговый каталог: сайт. URL: <http://sec.bl.by/articles/detail177766>.
16. Золотарев, В.В., Данилова Е.А. Управление информационной безопасностью. Часть 1. Анализ информационных рисков. Красноярск: Изд-во Сиб. гос. аэрокос. ун-та, 2010. 136 с.
17. Васюхин О.В. Основы ценообразования. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. 56 с.
18. Нурдинов, Р.А., Батова, Т.Н. Подходы и методы обоснования целесообразности выбора средств защиты информации // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/108-9131>. Дата обращения: 13.05.2013.
19. Международный стандарт ISO/IEC 27005:2008 «Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности».

Подписано в печать 25.07.2014. Формат 60×84/16.
Гарнитура Minion Pro. Усл. печ. л. 3,2. Уч.-изд. л. 3,4.
Тираж 300 экз. Заказ № 601.

Редакционно-издательский отдел
Камского института гуманитарных и инженерных технологий
426003, г. Ижевск, ул. Вадима Сивкова, 12 А.