



I T H E A



International Journal

INFORMATION

**CONTENT
&
PROCESSING**



2016 **Volume 3** **Number 1**



International Journal
INFORMATION CONTENT & PROCESSING
Volume 3 / 2016, Number 1

EDITORIAL BOARD

Editor in chief: **Krassimir Markov** (Bulgaria)

| | | |
|--------------------------------------|---|---------------------------------------|
| Alberto Arteta (Spain) | Gordana Dodig Crnkovic (Sweden) | Olga Nevzorova (Russia) |
| Abdel-Badeeh M. Salem (Egypt) | Gurgen Khachatryan (Armenia) | Oleksandr Stryzhak (Ukraine) |
| Abdelmgeid Amin Ali (Egypt) | Hasmik Sahakyan (Armenia) | Oleksandr Trofymchuk (Ukraine) |
| Albert Voronin (Ukraine) | Iliia Mitov (Bulgaria) | Orly Yadid-Pecht (Israel) |
| Alexander Eremeev (Russia) | Irina Artemieva (Russia) | Pedro Marijuan (Spain) |
| Alexander Grigorov (Bulgaria) | Yurii Krak (Ukraine) | Rafael Yusupov (Russia) |
| Alexander Palagin (Ukraine) | Yurii Kryvonos (Ukraine) | Rozalina Dimova (Bulgaria) |
| Alexey Petrovskiy (Russia) | Jordan Tabov (Bulgaria) | Sergey Krivii (Ukraine) |
| Alexey Voloshin (Ukraine) | Juan Castellanos (Spain) | Stoyan Poryazov (Bulgaria) |
| Alfredo Milani (Italy) | Koen Vanhoof (Belgium) | Tatyana Gavrilova (Russia) |
| Anatoliy Gupal (Ukraine) | Krassimira B. Ivanova (Bulgaria) | Vadim Vagin (Russia) |
| Anatoliy Krissilov (Ukraine) | Leonid Hulianytskyi (Ukraine) | Valeria Gribova (Russia) |
| Arnold Sterenharz (Germany) | Levon Aslanyan (Armenia) | Vasil Sgurev (Bulgaria) |
| Benoa Depaire (Belgium) | Luis Fernando de Mingo (Spain) | Vitalii Velychko (Ukraine) |
| Diana Bogdanova (Russia) | Liudmila Cheremisina (Belarus) | Vitaliy Snituk (Ukraine) |
| Dmitro Buy (Ukraine) | Lyudmila Lyadova (Russia) | Vladimir Donchenko (Ukraine) |
| Elena Zamyatina (Russia) | Mark Burgin (USA) | Vladimir Jotsov (Bulgaria) |
| Ekaterina Detcheva (Bulgaria) | Martin P. Mintchev (Canada) | Vladimir Ryazanov (Russia) |
| Ekaterina Solovyova (Ukraine) | Mikhail Alexandrov (Russia) | Vladimir Shirokov (Ukraine) |
| Emiliya Saranova (Bulgaria) | Nadiia Volkovych (Ukraine) | Xenia Naidenova (Russia) |
| Evgeniy Bodyansky (Ukraine) | Nataliia Kussul (Ukraine) | Yuriy Zaichenko (Ukraine) |
| Galyna Gayvoronska (Ukraine) | Natalia Ivanova (Russia) | Yurii Zhuravlev (Russia) |
| Galina Setlac (Poland) | Natalia Pankratova (Ukraine) | |

IJ ICP is official publisher of the scientific papers of the members of the ITHEA® International Scientific Society

IJ ICP rules for preparing the manuscripts are compulsory.

The rules for the papers for ITHEA International Journals as well as the **subscription fees** are given on www.ithea.org.

The papers should be submitted by ITHEA® Submission system <http://ij.ithea.org>.

Responsibility for papers published in IJ IMA belongs to authors.

International Journal "INFORMATION CONTENT AND PROCESSING" Volume 3, Number 1, 2016

Edited by the Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA, Bulgaria, in collaboration with
Institute of Mathematics and Informatics, BAS, Bulgaria,
V.M.Glushkov Institute of Cybernetics of NAS, Ukraine,
Universidad Politecnica de Madrid, Spain,
Hasselt University, Belgium
Institute of Informatics Problems of the RAS, Russia,
St. Petersburg Institute of Informatics, RAS, Russia
Institute for Informatics and Automation Problems, NAS of the Republic of Armenia.

Publisher: ITHEA®

Sofia, 1000, P.O.B. 775, Bulgaria. www.ithea.org, e-mail: office@ithea.org

Technical editor: Ina Markova

Printed in Bulgaria

Copyright © 2016 All rights reserved for the publisher and all authors.

© 2014 – 2016 "Information Content and Processing" is a trademark of ITHEA®

© ITHEA is a registered trade mark of FOI-Commerce Co.

ISSN 2367-5128 (printed)

ISSN 2367-5152 (online)

ВЕКТОРНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ

Альберт Воронин, Юрий Зиатдинов

Аннотация: Рассмотрена проблема количественной и качественной оценки проблемных ситуаций, включающих опасные (тревожные, неблагоприятные) события. Задача аналитической оценки решается методом вложенных скалярных свёрток векторного критерия с применением нелинейной схемы компромиссов. Качественная оценка осуществляется на основе вербально-числовой шкалы Харрингтона. Приведен иллюстрационный пример.

Ключевые слова: многокритериальная оценка, проблемные ситуации, вложенные скалярные свёртки.

ACM Classification Keywords: H.1 Models and Principles – H.1.1 – Systems and Information Theory; H.4.2 – Types of Systems.

Введение

Принятие управленческих решений направлено на разрешение проблемных (неблагоприятных, тревожных) ситуаций, возникающих в различных предметных областях. Понятие проблемной ситуации включает в себя ряд неблагоприятных событий. Каждое из таких событий характеризуется своей важностью и предусматривает реакцию (комплекс управленческих мер, направленных на ликвидацию соответствующей проблемы). В свою очередь, важность события характеризуется величиной возможного материального или иного ущерба, а также вызываемым общественным резонансом. Реакция характеризуется временем начала реагирования, стоимостью применяемых мероприятий и эффективностью предпринимаемых мер.

Принятие управленческого решения основывается на оценке данной проблемной ситуации. В соответствии с изложенным анализом, система оценки представляется иерархической структурой, показанной на Рис.1.

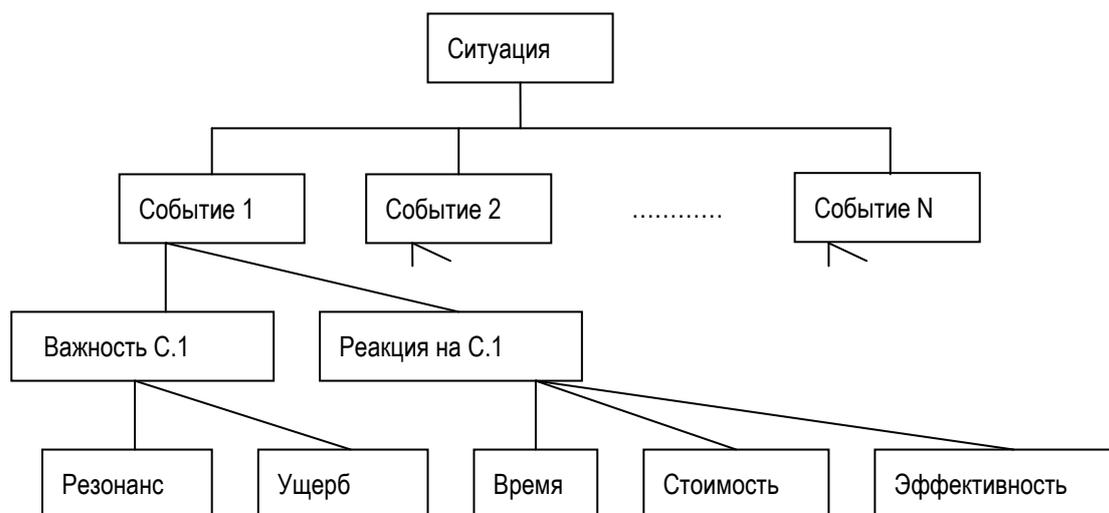


Рис. 1

Приведём несколько примеров событий, составляющих проблемную ситуацию:

1. Пожар на нефтебазе. Допустим, что важность (значимость) этого события определяется некоторым общественным резонансом и существенным материальным ущербом. Реакция на это событие характеризуется допустимым временем начала операции, обычной стоимостью мероприятий по тушению пожара и стандартной эффективностью предпринимаемых мер.

2. Рейдерский захват крупного предприятия. Пусть это событие вызывает значительный общественный резонанс. Нанесённый материальный ущерб мал. Время реагирования недопустимо велико. Стоимость ликвидации проблемы незначительна. Эффективность мероприятий низкая.

3. Авария на городском водопроводе. Резонанс небольшой, ущерб умеренный, время реагирования практически мгновенное, стоимость ремонта небольшая, эффективность высокая.

4. Из городского зоопарка бежали несколько хищников. Общественный резонанс огромный, время реагирования допустимое, стоимость мероприятий по поимке животных высокая, эффективность небольшая.

Формализация

Для формализации задачи оценки проблемных ситуаций необходимо всем качественным понятиям поставить в соответствие количественные величины. Из Рис.1 видно, что понятие ситуации подвергается декомпозиции, приводящей к иерархической структуре свойств. Свойства первого иерархического уровня могут делиться на следующие наборы свойств и т.д. Глубина деления определяется стремлением прийти до тех свойств, которые удобно сравнивать друг с другом.

Свойства, для которых существуют объективные численные характеристики, принято называть критериями. Более строго: **критериями** называются количественные показатели свойств объекта, числовые значения которых являются мерой качества объекта оценки по отношению к данному свойству. Получение набора критериев – конечный итог иерархической декомпозиции. На Рис.2 показана m -уровневая иерархия критериев. Количество уровней m зависит от требуемой глубины декомпозиции. В нашем случае имеет место четырёхуровневая иерархия. Свойства нижнего, первого уровня (т.е. критерии $y_k^{(1)}$) могут быть выражены в числах и являются отправным пунктом для решения задачи оценки проблемной ситуации.

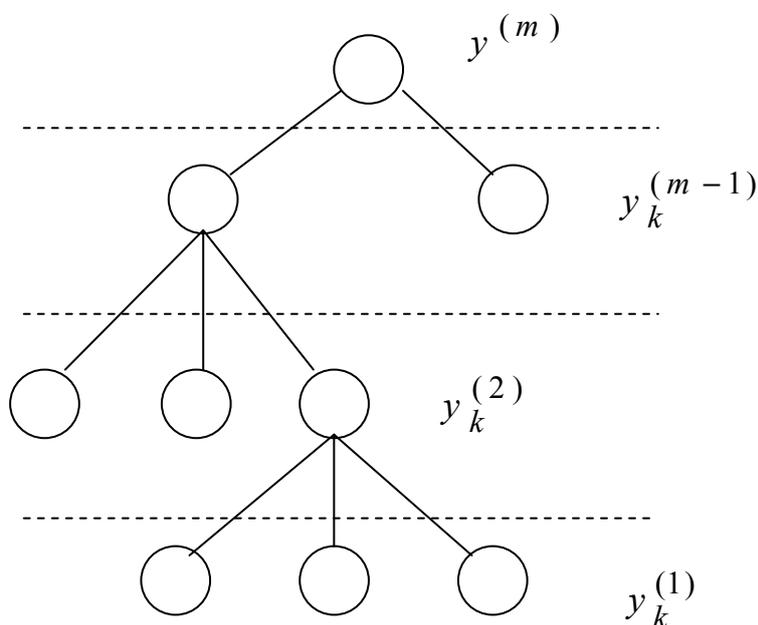


Рис.2

Подход сравнения по отдельным свойствам, при всей своей привлекательности, порождает серьезную проблему обратного перехода к требуемой оценке ситуации в целом. Эта проблема

предполагает решение задачи *композиции* критериев по уровням иерархии, что достаточно непросто, особенно при значительной глубине декомпозиции свойств. В простейшем и наиболее распространенном случае (двухуровневая иерархия) задача композиции решается традиционным получением однократной скалярной свертки критериев. Но уже при наличии трехуровневой иерархии требуются другие подходы.

Изложенное дает основание утверждать, что *любая многокритериальная задача может быть представлена иерархической системой*, на нижнем уровне которой осуществляется оценка объекта по отдельным свойствам при помощи вектора критериев, а на верхнем уровне посредством механизма композиции получается оценка объекта в целом. Центральной здесь является проблема композиции критериев по уровням иерархии.

Постановка задачи

Качество ситуации определяется иерархической системой векторов

$$y^{(j-1)} = \{y_i^{(j-1)}\}_{i=1}^{n^{(j-1)}}, j \in [2, m]$$

где $y^{(j-1)}$ – вектор критериев на $(j-1)$ -м уровне иерархии, по компонентам которого оценивается качество свойств ситуации на j -м уровне; m – количество уровней иерархии; $n^{(j-1)}$ – количество оцениваемых свойств $(j-1)$ -го уровня иерархии. Численные значения n критериев $y^{(1)} = y$ первого уровня иерархии для данной ситуации заданы. Ясно, что $n^{(1)} = n$ и $n^{(m)} = 1$.

Значимость каждой из компонент критерия $(j-1)$ -го уровня при оценке k -го свойства j -го уровня характеризуется коэффициентом приоритета, совокупность которых составляет систему векторов приоритета

$$p_{ik}^{(j-1)} = \{p_{ik}^{(j-1)}\}_{k=1}^{n^{(j)}}, j \in [2, m]$$

Требуется найти аналитическую оценку y^* и качественную оценку данной ситуации.

Метод решения

Для аналитической оценки иерархических структур предлагается применить метод вложенных скалярных свертки [Voropin, 2003]. Композиция осуществляется по «принципу матрешки»: *скалярные свертки взвешенных компонент векторных критериев низшего уровня служат компонентами векторных критериев высшего уровня*. Скалярная свертка критериев, полученная на самом верхнем уровне, автоматически становится выражением для оценки всей иерархической системы в целом.

Алгоритм решения задачи методом вложенных скалярных сверток представляется итерационной последовательностью операций взвешенной скалярной свертки векторных критериев каждого уровня иерархии снизу доверху с учетом векторов приоритета на основе выбранной схемы компромиссов

$$\{(y^{(j-1)}, p^{(j-1)}) \rightarrow y^{(j)}\}_{j \in [2, m]} \quad (1)$$

а поиск оценки эффективности всей иерархической системы (ситуации) в целом выражается задачей определения скалярной свертки критериев на верхнем уровне иерархии: $y^* = y^{(m)}$.

При использовании рекуррентной формулы (1) важным представляется рациональный выбор схемы компромиссов. Для метода вложенных скалярных сверток адекватной является *нелинейная схема компромиссов*, описанная в [Voronin et al, 2013]. Установлено, что без потери общности предпосылкой для ее применения является то, что все частные критерии неотрицательны, подлежат минимизации и являются ограниченными:

$$0 \leq y_i \leq A_i, A = \{A_i\}_{i=1}^n,$$

где A – вектор ограничений. Тогда, в соответствии с (1),

$$y_i^{(j)} = \sum_{i=1}^n p_i^{(j-1)} A_i^{(j-1)} [A_i^{(j-1)} - y_i^{(j-1)}]^{-1}.$$

Если критерии $(j-1)$ -го уровня нормированы по формуле $y_0 = y/A$, то выражение для оценки k -го свойства ситуации на j -м уровне иерархии с применением нелинейной схемы компромиссов имеет вид

$$y_k^{(j)} = \sum_{i=1}^{n_k^{(j-1)}} p_{ik}^{(j-1)} [1 - y_{0ik}^{(j-1)}]^{-1}, k \in [1, n^{(j)}], j \in [2, m] \quad (2)$$

где $y_{0ik}^{(j-1)}$ – компоненты нормированного вектора $y_0^{(j-1)}$, участвующие в оценке k -го свойства ситуации на j -м уровне иерархии; $n_k^{(j-1)}$ – их количество; $n^{(j)}$ – число оцениваемых свойств на j -м уровне.

Определение коэффициентов приоритета p на каждом уровне иерархии может быть выполнено методом экспертных оценок по шкале баллов.

Эксперт должен оценить относительное влияние каждого частного критерия низшего уровня иерархии на общую оценку k -го свойства альтернативы на следующем уровне в заданных условиях и соотнести свою оценку с соответствующей точкой на шкале, характеризуемой числом f . Допускается выбирать точки между числами или приписывать несколько критериев одной точке на шкале.

Областью определения коэффициентов приоритета $p \in \Gamma_p$ является симплекс

$$\Gamma_p = \left\{ p \mid p_i \geq 0, \sum_{i=1}^n p_i = 1 \right\}.$$

Такая нормировка выполняется, если коэффициенты приоритета определить по формуле

$$p_{ik}^{(j-1)} = f_{ik} / \sum_{i=1}^{n_k^{(j-1)}} f_{ik}, k \in [1, n^{(j)}], j \in [2, m],$$

где $p_{ik}^{(j-1)}$ – i -я компонента вектора приоритета критерия на $(j-1)$ -м уровне иерархии при расчете оценки эффективности k -го свойства j -го уровня; f_{ik} – оценка значимости i -го свойства $(j-1)$ -го уровня для k -го свойства j -го уровня (определяется экспертами или лицом, принимающим решение (ЛПР) по шкале баллов).

Для того, чтобы формула (2) отражала идею метода вложенных скалярных сверток в соответствии с рекуррентной формулой (1), необходимо полученное выражение *нормировать*, т.е. получить относительный критерий $y_{0k}^{(j)} \in [0;1]$ такой, чтобы он был минимизируемым, а его предельная величина была единицей. В работе [Voronin, 2009] рассмотрены вопросы такой нормировки и окончательное выражение для рекуррентной формулы расчета аналитических оценок свойств ситуаций на всех уровнях иерархии приобретает вид

$$y_{0k}^{(j)} = 1 - \left\{ \sum_{i=1}^{n_k^{(j-1)}} p_{ik}^{(j-1)} [1 - y_{0ik}^{(j-1)}]^{-1} \right\}^{-1}, k \in [1, n^{(j)}], j \in [2, m] \quad (3)$$

Качественная оценка ситуации

Качественная (лингвистическая) оценка ситуации получается сопоставлением аналитической оценки с вербально-числовой шкалой Харрингтона. Общее понятие об этой шкале описано в [Litvak, 2004]. Шкала Харрингтона является характеристикой степени выраженности критериального свойства и имеет универсальный характер. Числовые значения градаций получены на основе анализа и обработки большого массива статистических данных. Вербально-числовая шкала Харрингтона представлена Таблицей 1. Здесь показана связь между качественными градациями свойств объектов и соответствующими нормированными количественными оценками y_0 .

Таблица 1

| Описание градаций | Численное значение y_0 |
|-------------------|--------------------------|
| Очень высокая | 0,8-1,0 |
| Высокая | 0,64-0,8 |
| Средняя | 0,37-0,64 |
| Низкая | 0,2-0,37 |
| Очень низкая | 0,0-0,2 |

Можно сказать, что в терминах теории нечетких множеств [Zadeh,1976] вербально-числовая шкала выступает как универсальная функция принадлежности для перехода от числа к соответствующей качественной градации и обратно. Осуществляется переход от лингвистической переменной (средняя, высокая оценка и пр.) к соответствующим количественным оценкам по шкале баллов, т.е. переход от нечетких качественных градаций к числам и обратно.

Оценка ситуаций по единой вербально-числовой шкале Харрингтона дает возможность решать многокритериальные задачи, кроме традиционных постановок, и в том случае, когда требуется выбрать альтернативу из множества неоднородных альтернатив, для которых нельзя сформулировать единое множество количественных критериев оценки, а также для оценки единственной (уникальной) ситуации.

Модельный пример

Требуется найти количественную $y_0^* = y_0^{(4)}$ и качественную оценки ситуации, характеризуемой двумя событиями: 1) вооруженный захват заложников – это событие имеет неизвестную пока оценку $y_{01}^{(3)}$ – и 2) пожар школы, оцениваемый неизвестной пока величиной $y_{02}^{(3)}$. Первое событие оценивается по двум критериям – важность $y_{01}^{(2)}$ и реакция на это событие $y_{02}^{(2)}$. Аналогичным образом, второе событие оценивается важностью $y_{03}^{(2)}$ и реакцией $y_{04}^{(2)}$. Важность первого события характеризуется критерием общественного резонанса $y_{011}^{(1)}$ и величиной материального ущерба $y_{021}^{(1)}$. Реакция на первое событие оценивается временем $y_{012}^{(1)}$,

стоимостью предпринятых действий $y_{022}^{(1)}$ и их эффективностью $y_{032}^{(1)}$. Аналогично, критерии нижнего уровня для оценки второго события: общественный резонанс $y_{013}^{(1)}$, материальный ущерб $y_{023}^{(1)}$, время реакции $y_{014}^{(1)}$, стоимость мер пожаротушения $y_{024}^{(1)}$ и их эффективность $y_{034}^{(1)}$.

Все указанные критерии нормированы и приведены к одному способу экстремизации, а именно, все они подлежат *минимизации*. Среди критериев нижнего уровня имеются качественные критерии – оценки общественного резонанса и эффективности. Эти критерии определяются методом экспертных оценок [2] и находятся в пределах от нуля (минимум критериального свойства) до единицы (максимум). При этом минимизируемый критерий эффективности рекомендуется принимать как обратную величину экспертной оценки.

Количественные критерии нижнего уровня (материальный ущерб, время реакции и стоимость предпринятых мер) нормируются как отношение текущего значения критерия к предельно допустимой величине.

Критерии низшего уровня принимают участие в оценке свойств высшего уровня с коэффициентами приоритета $p_{ik}^{(j-1)}$, $j \in [2, m]$. Структурная схема четырехуровневой иерархии критериев для оцениваемой ситуации представлена на Рис.3.

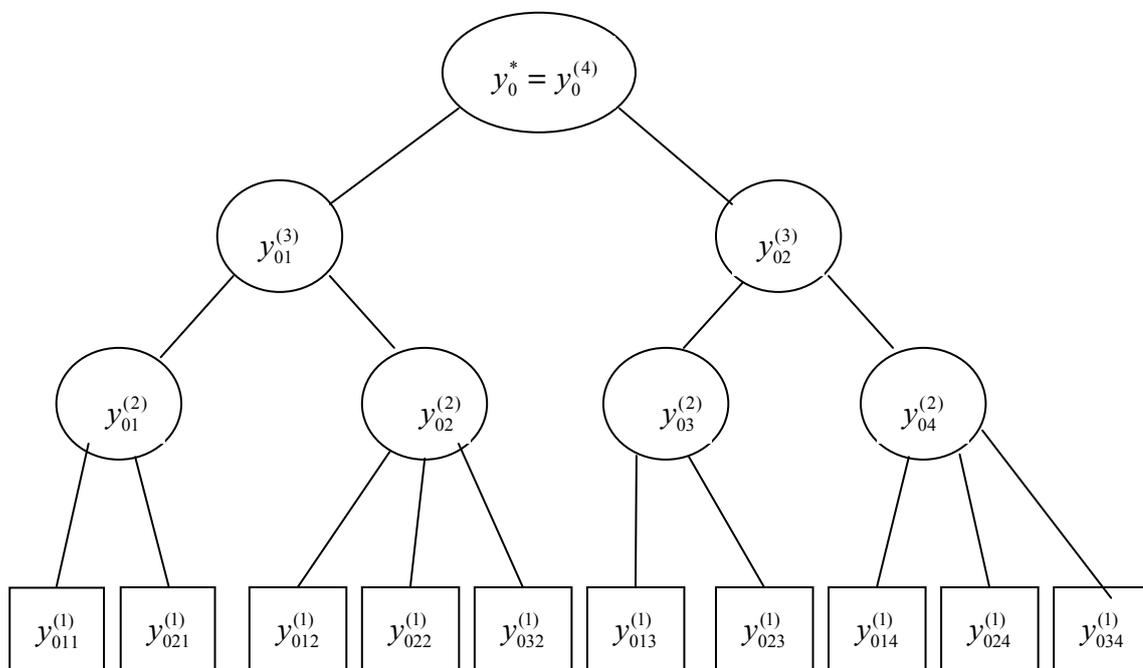


Рис.3

Заданы следующие числовые значения величин. Критерии нижнего (первого) уровня иерархии:

$$y_{011}^{(1)}=0,8; y_{021}^{(1)}=0,2; y_{012}^{(1)}=0,7; y_{022}^{(1)}=0,3; y_{032}^{(1)}=0,3;$$

$$y_{013}^{(1)}=0,1; y_{023}^{(1)}=0,6; y_{014}^{(1)}=0,2; y_{024}^{(1)}=0,4; y_{034}^{(1)}=0,2.$$

Коэффициенты приоритета:

$$p_{11}^{(1)}=0,7; p_{21}^{(1)}=0,3; p_{12}^{(1)}=0,6; p_{22}^{(1)}=0,1; p_{32}^{(1)}=0,3; p_{13}^{(1)}=0,5; p_{23}^{(1)}=0,5; p_{14}^{(1)}=0,6;$$

$$p_{24}^{(1)}=0,1; p_{34}^{(1)}=0,3; p_{11}^{(2)}=0,5; p_{21}^{(2)}=0,5; p_{32}^{(2)}=0,5; p_{42}^{(2)}=0,5; p_1^{(3)}=0,5; p_2^{(3)}=0,5.$$

На первом этапе композиции критериев, исходя из рекуррентной формулы (3), получим выражение для аналитической оценки важности события 1 (второй уровень иерархии):

$$y_{01}^{(2)} = 1 - \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_1^{(1)}} p_{i1}^{(1)} (1 - y_{0i1}^{(1)})^{-1}},$$

где $n_1^{(1)}=2$. Подставляя численные значения, получим

$$y_{01}^{(2)} = 1 - \frac{1}{0,7 \frac{1}{1-0,8} + 0,3 \frac{1}{1-0,2}} = 0,74.$$

Сопоставляя эту аналитическую оценку с Таблицей 1, найдем, что важность данного события качественно оценивается как *высокая*.

Выражение для аналитической оценки реакции на событие 1 (тоже второй уровень иерархии) имеет вид

$$y_{02}^{(2)} = 1 - \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_2^{(1)}} p_{i2}^{(1)} (1 - y_{0i2}^{(1)})^{-1}},$$

$n_2^{(1)}=3$. Подставляя численные значения, получим

$$y_{02}^{(2)} = 1 - \frac{1}{0,6 \frac{1}{1-0,7} + 0,1 \frac{1}{1-0,3} + 0,3 \frac{1}{1-0,5}} = 0,64.$$

В соответствии с Таблицей 1, качество реакции на данное событие оценивается как *среднее*.

Аналитическое выражение важности события 2 получим по формуле

$$y_{03}^{(2)} = 1 - \frac{1}{n_3^{(1)} \sum_{i=1} p_{i3}^{(1)} (1 - y_{0i3}^{(1)})^{-1}},$$

где $n_3^{(1)} = 2$. Подставим численные данные и получим

$$y_{03}^{(2)} = 1 - \frac{1}{0,5 \frac{1}{1-0,1} + 0,5 \frac{1}{1-0,6}} = 0,45.$$

По таблице 1 важность события 2 оценивается как *средняя*.

Реакцию на событие 2 оценим по формуле

$$y_{04}^{(2)} = 1 - \frac{1}{n_4^{(1)} \sum_{i=1} p_{i4}^{(1)} (1 - y_{0i4}^{(1)})^{-1}},$$

где $n_4^{(1)} = 3$. Расчёт с учётом числовых данных даёт результат

$$y_{04}^{(2)} = 1 - \frac{1}{0,6 \frac{1}{1-0,2} + 0,1 \frac{1}{1-0,4} + 0,3 \frac{1}{1-0,2}} = 0,23.$$

По таблице Харрингтона, опасение по поводу реакции на событие 2 следует считать *низким*.

Степень опасности события 1 рассчитаем по формуле

$$y_{01}^{(3)} = 1 - \frac{1}{n_1^{(2)} \sum_{i=1} p_{i1}^{(2)} (1 - y_{0i1}^{(2)})^{-1}},$$

где $n_1^{(2)} = 2$. Подставляя данные, получим

$$y_{01}^{(3)} = 1 - \frac{1}{0,5 \frac{1}{1-0,74} + 0,5 \frac{1}{1-0,64}} = 0,68.$$

Согласно Таблице 1, степень опасности события 1 *высокая*.

Степень опасности события 2 определяется формулой

$$y_{02}^{(3)} = 1 - \frac{1}{n_2^{(2)} \sum_{i=1} p_{i2}^{(2)} (1 - y_{0i2}^{(2)})^{-1}},$$

где $n_2^{(2)} = 2$. Расчёт даёт результат

$$y_{02}^{(3)} = 1 - \frac{1}{0,5 \frac{1}{1-0,45} + 0,5 \frac{1}{1-0,23}} = 0,36.$$

По таблице 1, степень опасности события 2 *низкая*.

И, наконец, степень опасности рассматриваемой ситуации в целом определим по формуле

$$y_0^* = y_0^{(4)} = 1 - \frac{1}{\sum_{i=1}^{n^{(3)}} p_i^{(3)} (1 - y_{0i}^{(3)})^{-1}},$$

где $n^{(3)} = 2$. После расчётов

$$y_0^* = y_0^{(4)} = 1 - \frac{1}{0,5 \frac{1}{1-0,74} + 0,5 \frac{1}{1-0,36}} = 0,59.$$

Согласно таблице Харрингтона, степень опасности данной ситуации в целом определяется как *средняя*.

Описанный процесс в сконцентрированном виде представлен Таблицей 2.

Таблица 2

| Шкала Харрингтона | | Профиль ситуации | | | | | | |
|-------------------|-------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| Градации | Числа y_0 | Критерии $y_0^{(j)}$ | | | | | | |
| | | $y_{01}^{(2)}$ | $y_{02}^{(2)}$ | $y_{03}^{(2)}$ | $y_{04}^{(2)}$ | $y_{01}^{(3)}$ | $y_{02}^{(3)}$ | $y_0^* = y_0^{(4)}$ |
| Оч.высокая | 0,8-1,0 | | | | | | | |
| Высокая | 0,64-0,8 | 0,74 | | | | 0,68 | | |
| Средняя | 0,37-0,64 | | 0,64 | 0,45 | | | | 0,59 |
| Низкая | 0,2-0,37 | | | | 0,23 | | 0,36 | |
| Оч.низкая | 0,0-0,2 | | | | | | | |

Профиль ситуации

Для визуализации векторной оценки проблемных ситуаций Таблица 2 даёт возможность использовать совокупность нормированных критериев U_{0k} . На этой основе строится графический образ ситуации («профиль ситуации»). Используется идея известного психофизиологического теста «Миннесота» [2]. Изучая реакции человека на внешние воздействия, психологи оценивают эти реакции по различным показателям, обозначают оценки точкой на шкале, соединяют точки линиями и выстраивают так называемый «профиль личности». Для опытного специалиста такой графический образ позволяет создать целостное представление об основных свойствах личности тестируемого человека. Аналогичным образом, концепция профиля ситуации позволяет создать *целостный* графический образ оцениваемой ситуации, что может оказаться весьма полезным, например, при экспресс-оценках для руководителя программы.

Заключение

Предложенный подход даёт возможность формализовано прорабатывать различные сценарии принятия управленческих решений для ликвидации проблемных ситуаций с разными вводными данными. Например, ЛПР может варьировать параметры реакций на проблемные события. Это позволит, в конечном итоге, принять наиболее адекватное в заданных условиях окончательное решение.

Acknowledgements

The paper is published with partial support by the project ITHEA XXI of the ITHEA ISS (www.ithea.org) and the ADUIS (www.aduis.com.ua).

Литература

- [Litvak, 2004] Литвак Б.Г. Экспертные технологии в управлении. – М.: Дело, 2004. – 400 с.
- [Voronin et al, 2013] Воронин А.Н., Зиятдинов Ю.К. Теория и практика многокритериальных решений: Модели, методы, реализация. – Lambert Academic Publishing, 2013. – 305 с.
- [Voronin, 2003] Воронин А.Н. Вложенные скалярные свертки векторного критерия // Проблемы управления и информатики. – 2003. – № 5. – С. 10-21.
- [Voronin, 2009] Воронин А.Н. Декомпозиция и композиция свойств альтернатив в многокритериальных задачах принятия решений // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 1. – С. 117-122.
- [Zadeh,1976] Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.

Сведения об авторах



Воронин Альберт Николаевич – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры компьютерных информационных технологий Национального авиационного университета, проспект Комарова, 1, Киев-58, 03058 Украина; e-mail: alnv@voliacable.com



Зиатдинов Юрий Кашафович – профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой компьютерных информационных технологий Национального авиационного университета, проспект Комарова, 1, Киев-58, 03058 Украина; e-mail: oberst@nau.edu.ua

Vector System of Evaluation of Problematic Situations

Albert Voronin, Yuriy Ziatdinov

Abstract: *The problem of quantitative and qualitative evaluation of problematic situations involving dangerous (alarming, unfavorable) events is considered. The problem of analytical assessment is solved by the nested scalar convolutions of vector criterion method with nonlinear trade-off scheme. Qualitative assessment is based on Harrington's verbal and numerical scale. The illustrative example is given.*

Keywords: *multicriteria evaluation, problematic situations, nested scalar convolutions.*

РЕКУРРЕНТНЫЙ АНАЛИЗ САМОПОДОБНЫХ И МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Людмила Кириченко, Алексей Барановский, Юлия Кобицкая

Аннотация: В работе проведен сравнительный рекуррентный анализ самоподобных и мультифрактальных стохастических временных рядов. Предложена методика построения рекуррентных диаграмм для фрактальных рядов, имеющих высокую степень неоднородности данных. Получены зависимости количественных мер рекуррентных диаграмм от фрактальных характеристик временного ряда. На основе предложенной методики проведен анализ некоторых медицинских, биологических и финансовых рядов.

Ключевые слова: самоподобные и мультифрактальные временные ряды, показатель Херста, рекуррентная диаграмма, рекуррентный анализ, мера сложности временного ряда.

ACM Classification Keywords: G.3 Probability and statistics - Time series analysis, Stochastic processes, G.1 Numerical analysis, G.1.2 Approximation - Wavelets and fractals.

Введение

Большинство динамических систем являются «сложными системами», что подразумевает многозвенную структуру с нелинейной обратной связью. К ним относятся процессы, присущие человеческому организму и природе, информационные, физические, технические и социальные процессы. На практике они представлены временными рядами (ВР), которые являются некоторой проекцией внутренних и внешних связей динамической системы. Одним из отражений сложности динамики системы является ее фрактальная структура.

В настоящее время стало общепризнанным, что многие ВР имеют долгосрочную зависимость и фрактальные свойства. Примером таких временных рядов являются медицинские и биологические сигналы, финансовые ряды, геофизические и геохимические сигналы, а также информационные трафики. Фрактальный анализ находит все большее практическое применение для исследования и прогнозирования ВР, однако фрактальные характеристики далеко не полностью отражают все сложность динамики систем.

Сравнительно новым методом исследования сложности динамики систем является построение рекуррентных диаграмм (РД). Рекуррентный анализ базируется на фундаментальном свойстве диссипативных динамических систем – рекуррентности (повторяемости состояний). Данный

метод анализа, основанный на представлении свойств процессов в виде геометрических структур, является инструментом для обнаружения скрытых зависимостей в наблюдаемых ВР. Первоначально предложенные в [Eckmann, 1987] методы рекуррентного анализа позволяют работать с рядами разных типов. Кроме того, преимущество используемого графического инструмента состоит в том, что он позволяет исследовать n -мерную траекторию фазового пространства посредством двумерного представления его рекуррентности и, следовательно, наглядно представлять динамическую картину в целом.

За прошедшие годы метод РД нашел широкое распространение для анализа стохастических временных рядов различной природы [Marwan N., 2008, Дербенцев В.Д., 2010, Владимирский, 2011, Кириченко, 2014, Baranovskyi, 2015]. Были разработаны количественные меры сложности структур РД [Marwan 2002, 2007, Zbilut, 2002, March, 2005]. Особое внимание уделялось хаотическим ВР, сложным колебательным процессам, зашумленным ВР и др. [Marwan 2007, Владимирский, 2011, Соловйов, 2003, Saprykin, 2015]. Однако до сих пор недостаточно внимания уделялось характерным особенностям рекуррентного анализа фрактальных ВР. Целью представленной работы является проведение сравнительного рекуррентного анализа самоподобных и мультифрактальных стохастических реализаций и разработка методики построения рекуррентных диаграмм для временных рядов, обладающих фрактальными свойствами.

Рекуррентный анализ

Главная идея применения методов нелинейной динамики к анализу траектории динамической системы состоит в том, что основная структура, содержащая в себе всю информацию о системе, а именно, аттрактор системы, может быть восстановлена через измерение только одной компоненты этой системы [Takens, 1981, Iwanski, 1998]. Широко используемая процедура Паккарда-Такенса позволяет восстановить фазовую траекторию динамической системы по одной реализации:

$$F(t) = [x(t), x(t + \tau), \dots, x(t + m\tau)], \quad (1)$$

где: $F(t)$ – m -мерное псевдофазовое пространство, $x(t)$ – временная реализация системы, τ – период запаздывания.

Рекуррентная диаграмма является проекцией m - мерного псевдофазового пространства на плоскость. Пусть точка x_i соответствует точке фазовой траектории $x(t)$, описывающей динамическую систему в m -мерном пространстве в момент времени $t = i$, для $i = 1, \dots, N$, тогда

рекуррентная диаграмма RP есть массив точек, где ненулевой элемент с координатами (i, j) соответствует случаю, когда расстояние между x_j и x_i меньше ε :

$$RP_{i,j} = \Theta(\varepsilon - \|x_i - x_j\|), \quad x_i, x_j \in R^m, \quad i, j = 1, \dots, N, \quad (2)$$

где ε – размер окрестности точки x_i , $\|x_i - x_j\|$ – расстояние между точками, $\Theta(\cdot)$ – функция Хэвисайда.

Анализ топологии диаграммы позволяет классифицировать наблюдаемые процессы: определять однородные процессы с независимыми случайными значениями; процессы с медленно меняющимися параметрами; периодические или осциллирующие процессы, соответствующие нелинейным системам и т.д. Численный анализ рекуррентных диаграмм позволяет вычислять меры сложности структур рекуррентных диаграмм, такие как мера рекуррентности, мера детерминизма, мера энтропии и др.

Мера рекуррентности (recurrence rate, RR)

$$RR = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N RP_{i,j}^\varepsilon, \quad (3)$$

показывает плотность рекуррентных точек, просто подсчитывая их. Данная мера показывает вероятность нахождения рекуррентной точки в РД (вероятность повторения состояния).

Следующая мера рассматривает диагональные линии. Частотное распределение длин l диагональных линий в RP $P^\varepsilon(l) = \{l_i; i = 1 \dots N_l\}$, где l_i – длина i -й диагональной линии, N_l – количество диагональных линий (каждая линия считается только один раз). Стохастические ВР могут порождать очень короткие диагонали либо вообще не порождать их, в то время как детерминистские процессы дают длинные диагонали и малое количество отдельных рекуррентных точек. Таким образом, отношение рекуррентных точек

$$DET = \frac{\sum_{l=l_{min}}^N l P^\varepsilon(l)}{\sum_{i,j} R_{i,j}^\varepsilon(l)}, \quad (4)$$

называется мерой детерминизма (determinism, DET) или предсказуемости системы. Следует отметить, что эта мера не имеет значения реального детерминизма процесса. При $l_{min} = 1$ выполняется отношение $DET = RR$.

Диагональные структуры показывают время, в течение которого участок траектории подходит достаточно близко к другому участку траектории. Таким образом, эти линии позволяют судить о расхождении элементов траектории. Средняя длина диагональных линий

$$L = \frac{\sum_{l=l_{\min}}^N l P^e(l)}{\sum_{l=l_{\min}}^N P^e(l)} \quad (5)$$

- это среднее время, в течение которого два участка траектории проходят близко один к другому, и может рассматриваться как среднее время предсказуемости.

Мера энтропии (entropy, ENTR) соотносится с энтропией Шеннона (Shannon) частотного распределения длин диагональных линий

$$ENTR = -\sum_{l=l_{\min}}^N p(l) \ln p(l), \text{ где } p(l) = \frac{P^e(l)}{\sum_{l=l_{\min}}^N P^e(l)} \quad (6)$$

и отражает сложность детерминистской составляющей в системе.

Рассмотрим точку траектории x_i и множество связанных с ней рекуррентных точек, формирующих вертикальные структуры на RP . Обозначим $P_i(v) = \{v_k; k=1, 2, \dots, K\}$ множество длин вертикальных структур и определим распределение длин вертикальных линий $P^e(v)$ для всего RP в целом.

Мера замирания (laminarity, LAM)

$$LAM = \frac{\sum_{v=v_{\min}}^{\tilde{N}} v P^e(v)}{\sum_{i,j}^N RP_{i,j}^e} \quad (7)$$

определяется отношением количества рекуррентных точек, образующих вертикальные линии, к общему количеству рекуррентных точек. Величина LAM характеризует наличие состояний замирания системы (т.е. когда движение системы по фазовой траектории останавливается или продвигается очень медленно). Средняя длина вертикальных структур

$$TT = \frac{\sum_v^{\tilde{N}} v P^e(v)}{\sum_{i,j}^N P^e(v)} \quad (8)$$

называется мерой времени остановки (trapping time, TT) и характеризует среднее время, которое система может провести в окрестности определенного состояния.

Самоподобные и мультифрактальные временные ряды

Задачи современной нелинейной физики, радиоэлектроники, теории управления, обработки изображений, требуют разработки и применения новых математических моделей, методов и алгоритмического обеспечения анализа данных. Как показали многочисленные исследования, многие стохастические процессы в природе и технике обладают долгосрочной зависимостью и

фрактальной структурой. Одними из первых реальных стохастических процессов, у которых были обнаружены самоподобные свойства, были информационные потоки данных в телекоммуникационных сетях. Существует большое количество публикаций, посвященных анализу самоподобных и мультифрактальных свойств трафика и их влияния на функционирование и качество обслуживания телекоммуникационной сети (см., например, [Шелухин, 2011]). Другим примером фрактальных стохастических структур являются современные финансовые рынки. Анализируя динамику возникновения участков с различной фрактальной структурой, можно диагностировать и прогнозировать нестабильные состояния (кризисы) рынка [Peters, 1996, Соловьев, 2015]. В последние годы многочисленные исследования показали, что многие биоэлектрические сигналы обладают фрактальной структурой [Stanley, 1999]. Отчетливые изменения фрактальных характеристик кардио- и энцефалограмм проявляются при различных заболеваниях, при изменении умственной и физической нагрузки на организм. Фрактальный анализ биоэлектрических сигналов может являться основой для проведения статистических исследований, что позволит сформулировать методики, которые будут значимы и для клинической практики.

Самоподобие случайных процессов заключается в сохранении вероятностных характеристик при изменении масштаба времени. Стохастический процесс $X(t)$ является самоподобным с параметром H , если процесс $a^{-H}X(at)$ описывается теми же законами конечномерных распределений, что и $X(t)$:

$$\text{Law}\{a^{-H}X(at)\} = \text{Law}\{X(t)\}, \quad \forall a > 0. \quad (9)$$

Параметр H , $0 < H < 1$, называемый показателем Херста, представляет собой степень самоподобия процесса. Наряду с этим свойством, показатель $H > 0.5$ характеризует меру долгосрочной зависимости стохастического процесса. Это означает, что если ВР в течении какого-то времени возростал (убывал), то с вероятностью, близкой к показателю Херста, ряд сохранит эту тенденцию в течение аналогичного промежутка времени [Feder, 1988]. Начальные моменты самоподобного случайного процесса можно выразить как $M\left[|X(t)|^q\right] = C(q) \cdot t^{qH}$, где величина $C(q) = M\left[|X(1)|^q\right]$.

В сравнении с самоподобными процессами (9) мультифрактальные процессы проявляют более сложное скейлинговое поведение:

$$\text{Law}\{X(at)\} = \text{Law}\{\mathcal{M}(a) \cdot X(t)\}, \quad a > 0, \quad (10)$$

где $\mathcal{M}(a)$ – случайная функция, независимая от $X(t)$. В случае самоподобия процесса $\mathcal{M}(a) = a^H$.

Для моментов мультифрактальных процессов выполняется отношение $M[|X(t)|^q] = c(q) \cdot t^{qh(q)}$, где $c(q)$ – некоторая детерминированная функция; $h(q)$ – обобщенный показатель Херста, являющийся в общем случае нелинейной функцией. Значение $h(q)$ при $q=2$ совпадает со значением степени самоподобия H . Для монофрактальных процессов обобщенный показатель Херста не зависит от параметра q : $h(q) = H$. [Reidi, 2002].

Мультифрактальные объекты являются статистически неоднородными самоподобными объектами. Для мультифрактальных ВР статистическая неоднородность объекта выражается в неоднородности распределения данных ряда, т.е. наличии тяжелых хвостов функции плотности распределения вероятностей ВР. Для моделирования неоднородных ВР удобно использовать математические модели, основанные на использовании устойчивых случайных величин.

Модели монофрактальных и мультифрактальных процессов

Фрактальное броуновское движение [Feder, 1988]. Одной из наиболее известных и простых моделей стохастической динамики, обладающих монофрактальными свойствами, является фрактальное броуновское движение (ФБД), которое нашло широкое применение в физике, химии, биологии, экономике и теории информационного трафика.

Гауссовский процесс $X(t)$ называется фрактальным броуновским движением с параметром H , $0 < H < 1$, если приращения случайного процесса $\Delta X(\tau) = X(t + \tau) - X(t)$ имеют распределение вида:

$$P(\Delta X < x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0\tau^H} \cdot \int_{-\infty}^x \text{Exp}\left[-\frac{z^2}{2\sigma_0^2\tau^{2H}}\right] dz, \quad (10)$$

где σ_0 – коэффициент диффузии. ФБД с параметром $H=0,5$ совпадает с классическим броуновским движением. Приращения ФБД называются фрактальным гауссовским шумом (ФГШ). На рис.1 представлены реализации ФБД и ФГШ, построенные при значениях показателя Херста $H = 0.3, 0.5, 0.8$.

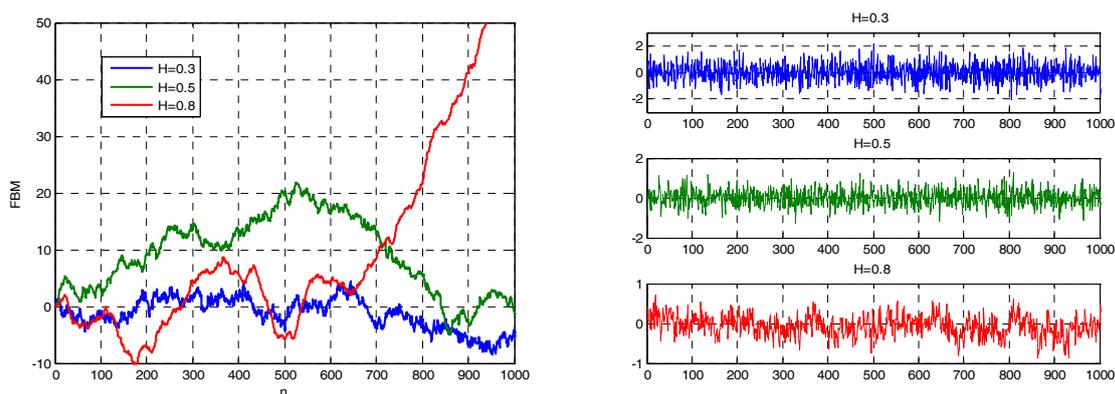


Рисунок 1. Реализации ФБД (слева) и ФГШ (справа) для разных значений H

Фрактальное движение Леви [Cont R., 2004, Stoev S., 2004]. Случайная величина X называется α -устойчивой, если для любых двух положительных чисел a и b найдется число $c > 0$ такое, что $\text{Law}(aX_1 + bX_2) = \text{Law}(cX)$, где $\text{Law}(\cdot)$ обозначает закон распределения, X_1 и X_2 - независимые случайные величины. В этом случае существует такое $\alpha \in (0, 2]$, не зависящее от a и b , что выполняется равенство $c^\alpha = a^\alpha + b^\alpha$.

Параметр α называется индексом устойчивости и определяет, насколько выражен тяжелый хвост распределения. При $0 < \alpha < 2$ случайные величины имеют бесконечную дисперсию, а при $0 < \alpha \leq 1$ обладают бесконечным математическим ожиданием. Функции плотности распределений устойчивых случайных величин обладают хвостами, спадающими по степенному закону (тяжелыми хвостами).

Стохастический процесс $X(t)$ является α -устойчивым ординарным движением Леви, если он обладает стационарными независимыми α -устойчивыми приращениями. Такой процесс является самоподобным с параметром $H = 1/\alpha$.

Фрактальное движение Леви (ФДЛ) является самоподобным и устойчивым процессом со стационарными приращениями и бесконечным интервалом корреляции. Такой процесс определяется двумя основными параметрами: показателем Херста H и индексом устойчивости α . Фрактальное движение Леви является обобщением фрактального броуновского движения, где приращениями являются случайные величины с «тяжелыми хвостами». На рис. 2 приведены типичные реализации ФДЛ и его приращений с показателем Херста $H = 0.6$ (слева) и $H = 0.9$ (справа). Индекс устойчивости в обоих случаях $\alpha = 1.5$.

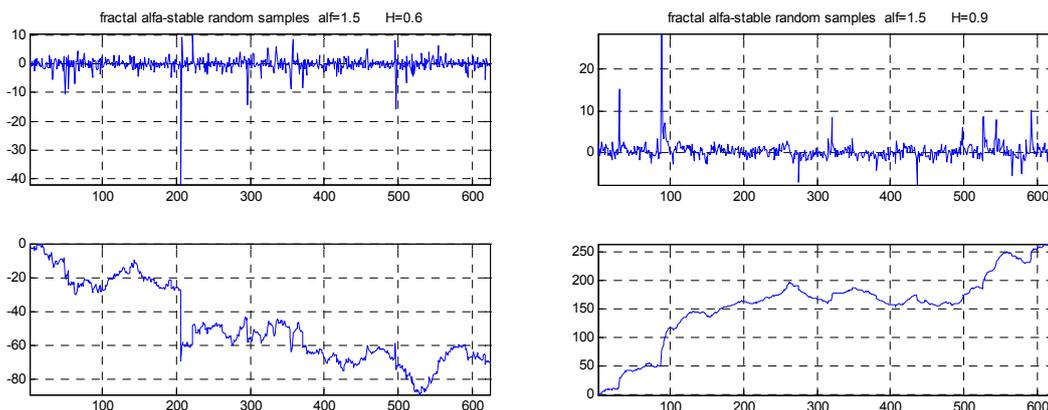


Рисунок 2. Реализации ФДЛ для $H = 0.6$ (слева) и $H = 0.9$ (внизу), $\alpha = 1.5$

Методика проведения численного эксперимента

Большое значение при изучении динамики временных рядов и, в частности для проведения рекуррентного анализа, имеет свойство формирования ВР: построен ли ВР по кумулятивному принципу, либо он является рядом приращений. Типичным примером кумулятивных ВР являются финансовые ряды, которые показывают, как изменяется цена в каждый момент времени. Моделями таких рядов являются реализации ФБД или ФДЛ. Рядами приращений в данном примере являются ряды изменения цен – доходности. Моделями таких рядов являются реализации ФГШ или ряды устойчивых случайных величин. Кумулятивные ряды в большинстве случаев являются нестационарными и обладают различными трендами.

Для того, чтобы проводить сравнительный рекуррентный анализ разных ВР, необходимо провести определенную нормировку этих рядов, для того чтобы выбрать одинаковые параметры для построения рекуррентных диаграмм. Наиболее популярными являются нормировки следующих видов:

$$X_{norm} = \frac{X - \bar{X}}{X_{max} - X_{min}} \quad \text{или} \quad X_{norm} = \frac{X - \bar{X}}{S_X}, \quad (11)$$

где $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – исследуемый ряд.

Следующим шагом в построении диаграммы является выбор метрики, по которой считается расстояние между точками. Наиболее популярной являются евклидова (форма окрестности – круг радиуса ε) и максимальная норма (форма окрестности – квадрат со стороной 2ε). Во многих случаях выбор нормы не является принципиальным, но для каждой конкретной задачи имеет смысл поэкспериментировать. При анализе ВР очевидным является факт, что для однородных рядов, где фазовое пространство является достаточно плотно заполненным, подходящей будет евклидова норма, а в случае неоднородных, резко изменяющихся рядов, для

выявления скрытых корреляций и тенденций более уместен выбор максимальной нормы, для которой окрестность имеет большую площадь.

Одной из первостепенных задач при построении рекуррентной диаграммы является выбор величины окрестности ε . На практике величина ε выбирается в диапазоне 10% от значения S_x для стационарных данных, которыми считаются ряды приращений. В случае использования нестационарных данных, в частности, кумулятивных ВР, величина ε может уменьшаться до 1% [Zbilut 1992].

Выбор ε в зависимости от среднеквадратического отклонения ВР вполне оправдан для однородных рядов. Однако в случае ВР, имеющего большие выбросы, что характерно для мультифрактальных ВР (см. рис. 2), средние величины будут завышенными, что приведет к завышенному значению ε . Соответственно изменяется не только внешний вид, но и количественные рекуррентные параметры, что приводит к некорректному сравнительному анализу ВР. Поэтому в данной работе при вычислении среднего квадратического значения предложено использовать вместо среднего медиану, которая является более устойчивой величиной, чем среднее арифметическое.

В табл. 1 представлены средние квадратические и медианные значения отклонений, посчитанные по выборочным данным нормированного ФДЛ для разных значений индекса устойчивости α . Длина ВР составляла 1000 значений, показатель Херста $H = 0.7$. Очевидно, что во всех случаях, особенно для рядов приращений, медианное отклонение меньше, чем среднее квадратическое, и разрыв возрастает с увеличением величины α .

Таблица 1. Средние квадратические и медианные значения отклонений для ФДЛ

| α | ФДЛ (кумулятивный ряд) | | ФДЛ (ряд приращений) | |
|----------|------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| | S | S_{med} | S | S_{med} |
| 1,8 | 0,26 | 0,17 | 0,06 | 0,03 |
| 1,6 | 0,27 | 0,16 | 0,04 | 0,01 |
| 1,4 | 0,26 | 0,18 | 0,025 | 0,003 |
| 1,2 | 0,19 | 0,11 | 0,03 | 0,001 |

На рис.3 показаны рекуррентные диаграммы, построенные для ФДЛ ($H = 0.7, \alpha = 1.6$) для случая, когда окрестность ε выбиралась стандартным методом (а) и с помощью медианного

расчета (б). В первом случае окрестность больше, потому что сильно зависит от величины выбросов.

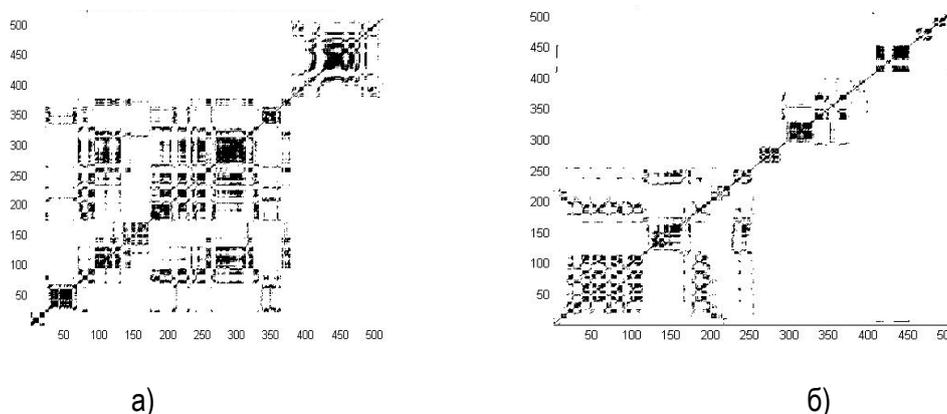


Рисунок 3. РД для ФДЛ: ε выбиралось стандартным методом (а) и с помощью медианного расчета (б)

Для сравнения в табл. 2 рассмотрены средние квадратические и медианные значения отклонений для ФБД и ФГШ. Хотя в случае нормального распределения теоретические значения математического ожидания и медианы совпадают, для выборочных реализаций ограниченной длины (в данном случае-1000 значений) медианное отклонение также меньше, чем среднее квадратическое. Показатель Херста $H = 0.7$.

Таблица 2. Средние квадратические и медианные значения отклонений для ФБД

| ФБД | | ФГШ | |
|------|-----------|------|-----------|
| S | S_{med} | S | S_{med} |
| 0.26 | 0.17 | 0.15 | 0.1 |

При проведении нижеописанных исследований РД были использованы максимальная норма и медианное отклонение.

Результаты исследований модельных данных

Проведенный в работе рекуррентный анализ выявил сильные различия, как в визуальной топологии, так и в численных характеристиках реализаций фрактальных процессов. Во всех случаях проявляется определенная зависимость структуры и количественных характеристик РД от степени самоподобия. Ниже представлены типичные реализации и диаграммы для

кумулятивных рядов и приращений ФБД и ФДЛ с разными показателями Херста и индексами устойчивости. В таблицах приведены значения количественных характеристик РД, усредненные по реализациям длиной 1000 значений.

Реализации фрактального броуновского движения. На рис 4 приведены типичные реализации и РД для ФГШ с показателем Херста $H=0.6$ (слева) и $H=0.9$ (справа). При возрастании показателя Херста проявляется неравномерная структурированность фазового пространства, которая отсутствует для рядов с параметром Херста, близким к 0.5.

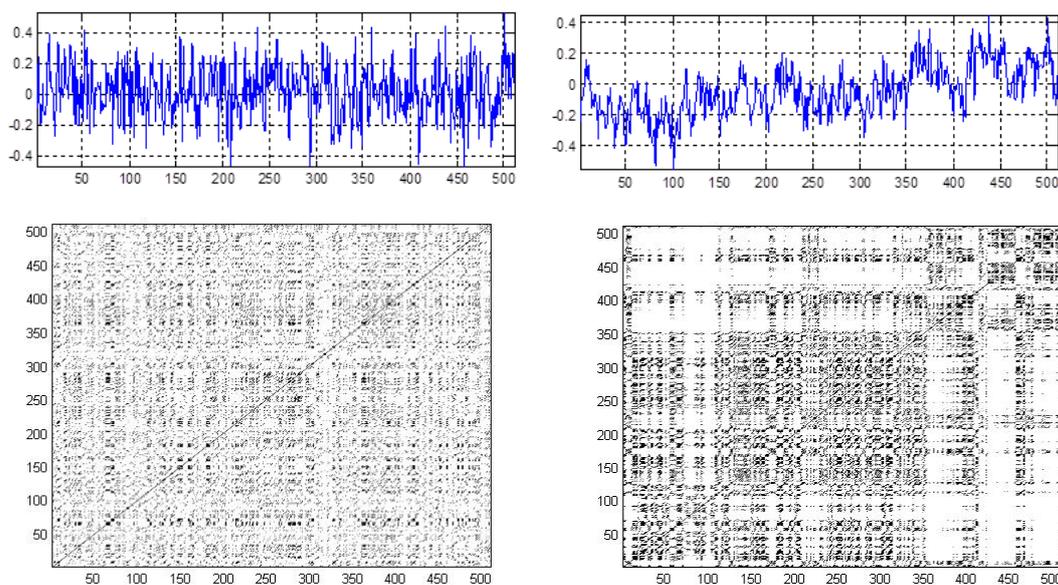


Рисунок 4. Реализации и РД для ФГШ при $H=0.6$ (слева) и $H=0.9$ (справа).

На рис. 5 приведены реализации и диаграммы ФБД с показателем Херста $H=0.6$ (слева) и $H=0.6$ (справа). Реализации с большим параметром Херста более персистентны, они имеют гораздо меньшую изрезанность. На РД реализации с большой персистентностью выстраиваются вдоль диагональной линии, в то время как для рядов с небольшим параметром Херста рекуррентные точки заполняют большую область фазового пространства.

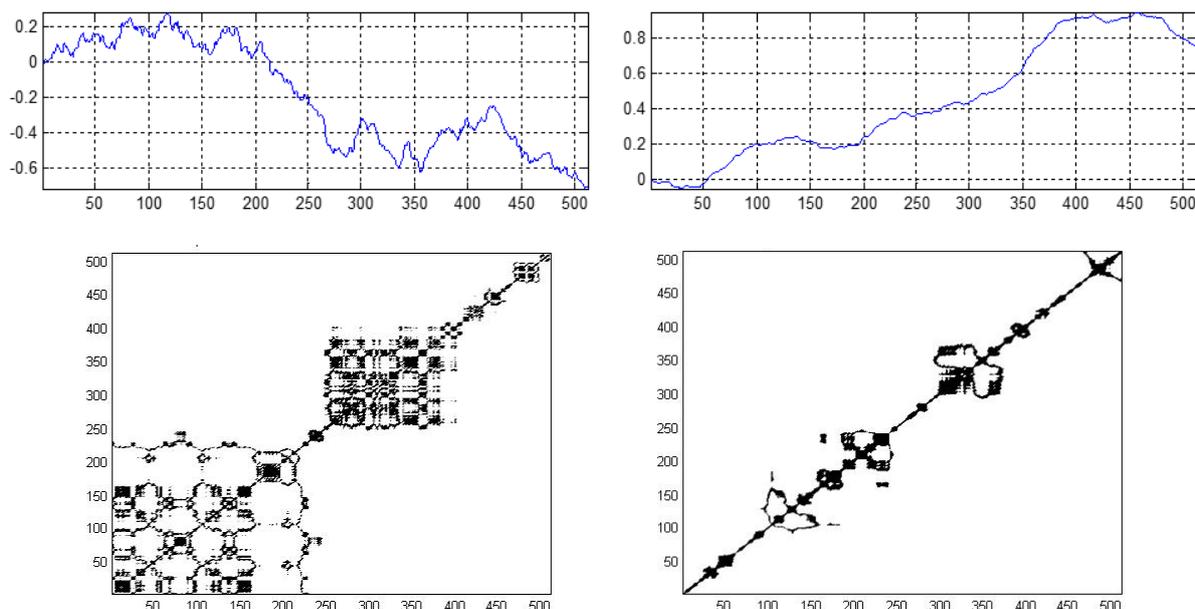


Рисунок 5. Реализации и РД для ФБД при $H = 0.6$ (слева) и $H = 0.9$ (справа).

Структурные различия нашли свое отражение в количественных характеристиках. В табл.3 представлены средние значения характеристик РД (левая колонка для ряда приращений, а правая для кумулятивного ряда), демонстрирующие, что с возрастанием показателя Херста увеличиваются детерминистические составляющие, а следовательно предсказуемость ВР. Интересно отметить, что хотя плотность точек (RR) у реализаций ФБД на порядок ниже, чем у ФГШ, средняя длина диагональных линий (L) и среднее время, которое система может провести в определенном состоянии (TT) в несколько раз больше. Мера детерминизма (Det) в обоих случаях близка к показателю Херста H и может быть использована как дополнительный критерий самоподобия ВР.

Таблица 3. Количественные характеристики РД для ФБМ

| H | RR | | Det | | L | | $ENTR$ | | LAM | | TT | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | ФГШ | ФБД | ФГШ | ФБД | ФГШ | ФБД | ФГШ | ФБД | ФГШ | ФБД | ФГШ | ФБД |
| 0,6 | 0,188 | 0,027 | 0,615 | 0,684 | 2,763 | 3,866 | 1,206 | 1,826 | 0,476 | 0,824 | 2,659 | 4,010 |
| 0,7 | 0,192 | 0,035 | 0,696 | 0,752 | 2,821 | 8,371 | 1,254 | 2,871 | 0,544 | 0,880 | 2,776 | 9,547 |
| 0,8 | 0,204 | 0,044 | 0,780 | 0,858 | 2,937 | 15,959 | 1,342 | 3,330 | 0,616 | 0,910 | 2,898 | 16,352 |
| 0,9 | 0,228 | 0,049 | 0,889 | 0,937 | 3,180 | 23,292 | 1,508 | 3,831 | 0,717 | 0,937 | 3,207 | 22,235 |

Реализации фрактального движения Леви. ФДЛ характеризуется двумя параметрами – показателем Херста и индексом устойчивости. Поэтому необходимо исследовать зависимость количественных характеристик диаграмм от обоих параметров. На рис. 6 приведены типичные реализации приращений ФДЛ с показателем Херста $H = 0.6$ (вверху) и $H = 0.9$ (внизу). В левой части рис.6 представлены реализации с индексом устойчивости $\alpha = 1.8$, справа – реализации с индексом $\alpha = 1.2$.

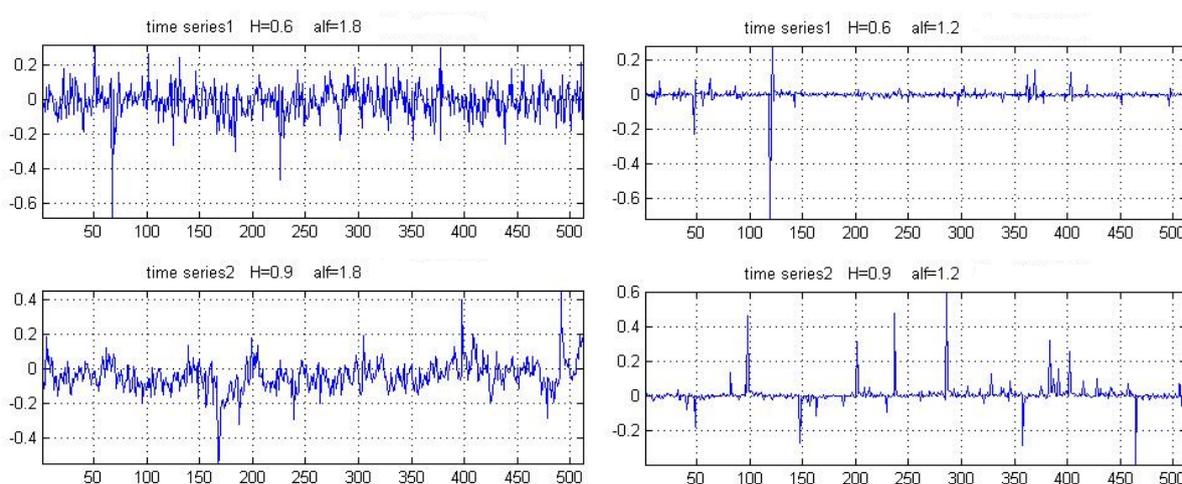


Рисунок 6. Реализации приращений ФДЛ для $H = 0.6$ (вверху) и $H = 0.9$ (внизу), $\alpha = 1.8$ (слева) и $\alpha = 1.2$ (справа).

На рис. 7 приведены РД для приращений ФДЛ с показателем Херста $H = 0.6$ (слева) и $H = 0.9$ (справа) и значением индекса устойчивости $\alpha = 1.2$. При возрастании показателя Херста проявляется неравномерная структурированность фазового пространства, которая отсутствует для рядов с параметром Херста, близким к 0.5. Поскольку РД построены с помощью медианного отклонения, существенных различий в РД для реализаций с разными значениями α не наблюдается.

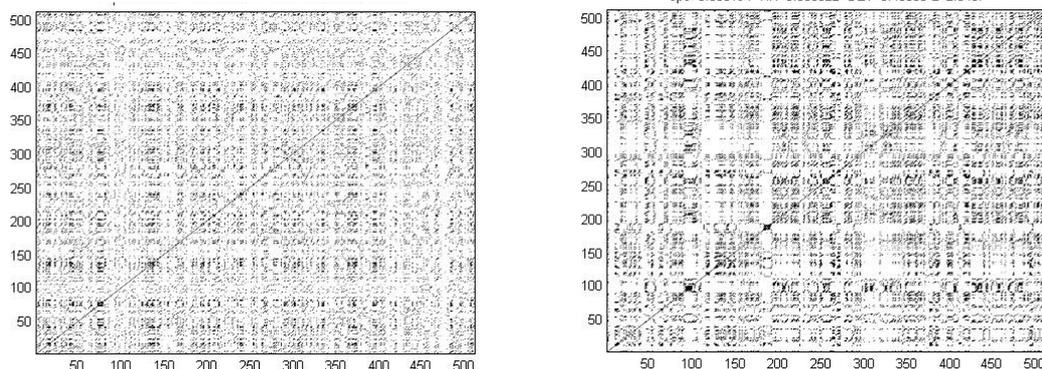


Рисунок 7. РД для приращений ФДЛ при $H = 0.6$ (слева) и $H = 0.9$ (справа).

На рис. 8 приведены типичные реализации ФДЛ с показателем Херста $H = 0.6$ (вверху) и $H = 0.9$ (внизу). В левой части рис.8 представлены реализации с индексом устойчивости $\alpha = 1.8$, справа – реализации с индексом $\alpha = 1.2$.

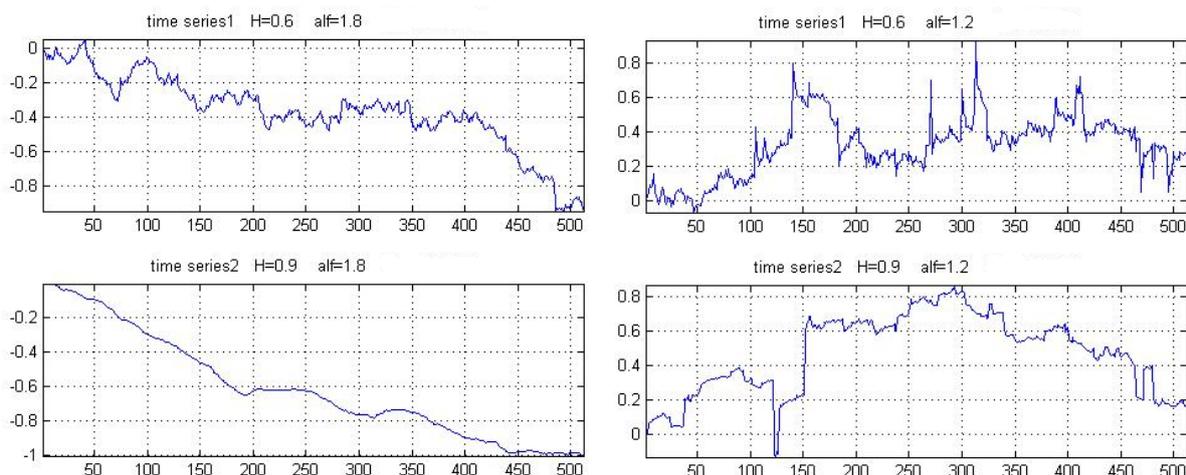


Рисунок 8. Реализации ФДЛ для $H = 0.6$ (вверху) и $H = 0.9$ (внизу), $\alpha = 1.8$ (слева) и $\alpha = 1.2$ (справа).

На рис. 9 приведены РД для ФДЛ с показателем Херста $H = 0.6$ (слева) и $H = 0.9$ (справа) и значением индекса устойчивости $\alpha = 1.2$. Реализации с большим параметром Херста имеют гораздо меньшую изрезанность. На РД реализации с большим показателем Херста выстраиваются вдоль диагональной линии, в то время как для рядов с параметром Херста, близким к 0.5 рекуррентные точки заполняют большую часть фазового пространства. Поскольку РД построены с помощью медианного отклонения, существенных различий в РД для реализаций с разными значениями α не наблюдается.

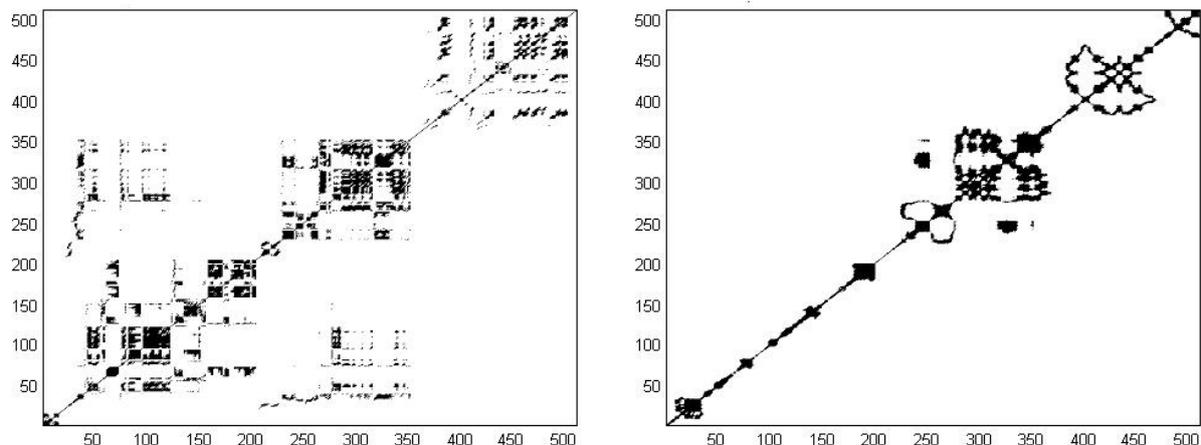


Рисунок 9. РД для ФДЛ при $H = 0.6$ (слева) и $H = 0.9$ (справа).

Количественные характеристики РД показаны в табл.4 (левая колонка для ряда приращений, а правая для кумулятивного ряда). Очевидны те же основные зависимости, которые характерны для ФБД. С возрастанием показателя Херста увеличиваются значения величин, характеризующие детерминистические составляющие, мера детерминизма (Det) в обоих случаях близка к показателю Херста H и может быть использована как дополнительный критерий самоподобия ВР.

Таблица 4. Количественные характеристики РД для ФДЛ

| H | RR | | Det | | L | | $ENTR$ | | LAM | | TT | |
|-----|--------------|-------|--------------|-------|--------------|--------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|--------|
| | Δ ФДЛ | ФДЛ | Δ ФДЛ | ФДЛ | Δ ФДЛ | ФДЛ | Δ ФДЛ | ФДЛ | Δ ФДЛ | ФДЛ | Δ ФДЛ | ФДЛ |
| 0,6 | 0,112 | 0,011 | 0,558 | 0,659 | 2,506 | 2,750 | 0,961 | 1,200 | 0,340 | 0,652 | 2,494 | 2,934 |
| 0,7 | 0,148 | 0,033 | 0,633 | 0,911 | 2,661 | 4,701 | 1,115 | 2,134 | 0,464 | 0,926 | 2,647 | 5,629 |
| 0,8 | 0,166 | 0,030 | 0,677 | 0,944 | 2,764 | 6,311 | 1,203 | 2,533 | 0,563 | 0,964 | 2,753 | 7,821 |
| 0,9 | 0,144 | 0,041 | 0,777 | 0,983 | 2,766 | 12,046 | 1,206 | 3,241 | 0,578 | 0,987 | 2,776 | 14,115 |

Стоит отметить, что наибольшие отличия в количественных характеристиках РД между ФБД и ФДЛ проявляются в значениях величины L – средней длины диагональных линий, которое может рассматриваться как среднее время предсказуемости ряда, и величины TT – среднее время, которое система может провести в окрестности определенного состояния. Эти характеристики в несколько раз больше для ФБД, что объясняется большей изрезанностью и перепадами значений реализаций ФДЛ (см. рис. 8).

Исследование фрактальных временных рядов

Рассмотрим применение рассмотренных методов рекуррентного анализа на примерах реальных ВР, обладающих фрактальными свойствами. Исследованные в работе ВР можно условно отнести к различным научным областям: медицинской, биологической и финансовой.

Медицинские данные. Одним из методов диагностики сердечных заболеваний, является анализ рядов, построенных по RR-интервалам. RR-интервал представляет собой промежуток времени между соседними зубцами электрокардиограммы и равен продолжительности сердечного цикла. Исходные данные были получены на специализированном сайте [PhysioNet], где приведены данные RR-интервалов пациентов до и после приема медицинского препарата, применяющегося для лечения и предотвращения тахикардии. На рис. 10 показаны типичные последовательности RR-интервалов до (слева) и после (справа) применения препарата пациентом. Проведенный фрактальный анализ показал, что данные ряды обладают мультифрактальными свойствами, в частности индексом устойчивости, существенно меньшим 2. Представленные ряды являются рядами приращений и методика построения РД может базироваться на результатах исследований приращений ФДЛ. В нижней части рис.10 представлены соответствующие рекуррентные диаграммы.

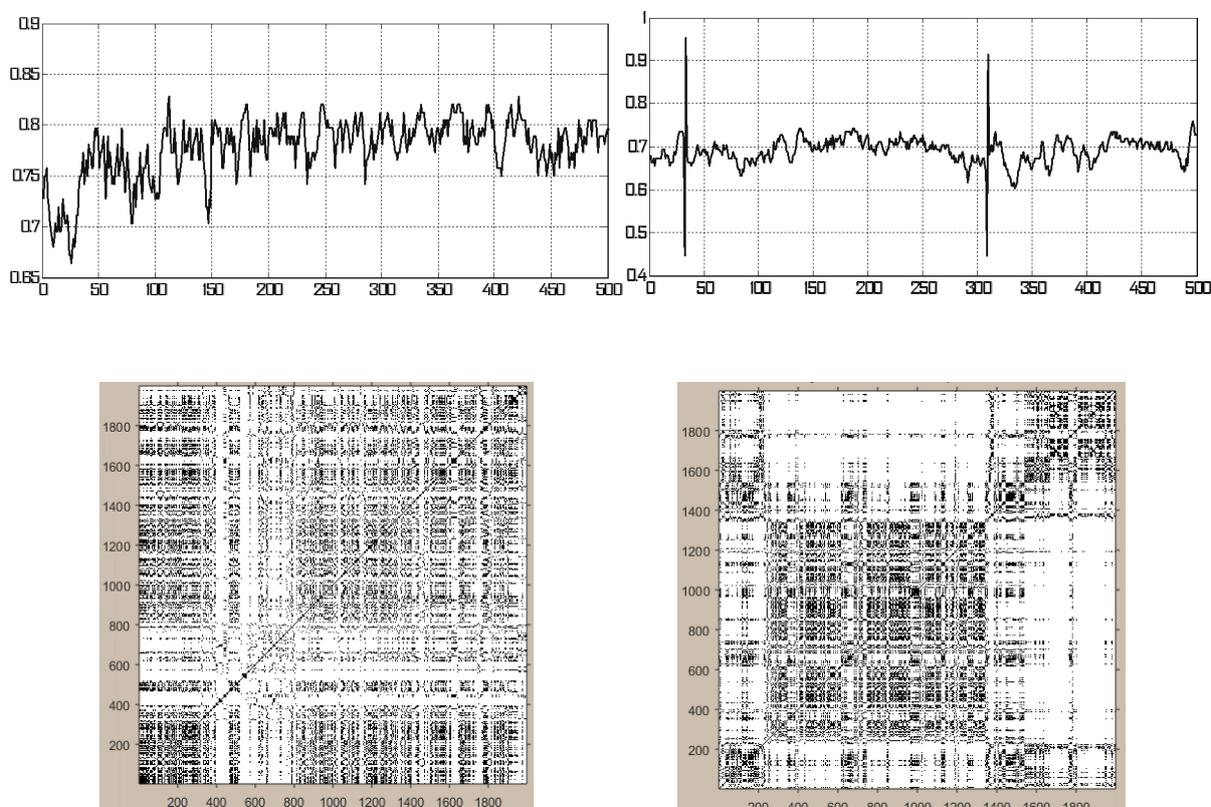


Рисунок 10. Реализации и РД для RR-интервалов до (слева) и после (справа) применения препарата

Количественные характеристики, представленные в табл.5, демонстрируют, что после принятия препарата увеличиваются мультифрактальные свойства ВР. Мера детерминизма (*Det*) изменяется пропорционально изменению показателя Херста *H*. Также значимо отличаются такие параметры как *LAM* и *TT*. Анализ реализаций RR-интервалов может быть использован для уточнения состояния пациента.

Таблица 5. Количественные характеристики РД для RR-интервалов

| | <i>H</i> | α | <i>RR</i> | <i>Det</i> | <i>L</i> | <i>ENTR</i> | <i>LAM</i> | <i>TT</i> |
|-------|----------|----------|-----------|------------|----------|-------------|------------|-----------|
| До | 0.81 | 1,8070 | 0,1009 | 0,5787 | 4,7309 | 1,4655 | 0,4418 | 5,2909 |
| После | 0.87 | 1,5542 | 0,1337 | 0,8095 | 3,4059 | 1,6301 | 0,7857 | 3,8428 |

Кольца деревьев. Годичные кольца деревьев уже стали традиционным источником количественных данных в различных областях научного знания. Ширина годичных колец и их изотопный состав содержат информацию о солнечной активности и климатических эффектах на большой шкале времени в прошлом. Г. Херстом было установлено, что ряды приращений кодовых колец обладают свойством самоподобия [Feder 1988, Hurst, 1965]. В представленной работе были исследованы некоторые ряды колец деревьев, прораставших в разных штатах США. Значение показателя Херста во всех случаях лежит в диапазоне $0.7 \leq H \leq 0.8$, а индекс устойчивости практически равен 2. В этом случае мы можем считать ряды монофрактальными и методика построения РД может базироваться на результатах исследований ФГШ. На рис. 11 показан ВР и соответствующая РД для годичных колец деревьев.

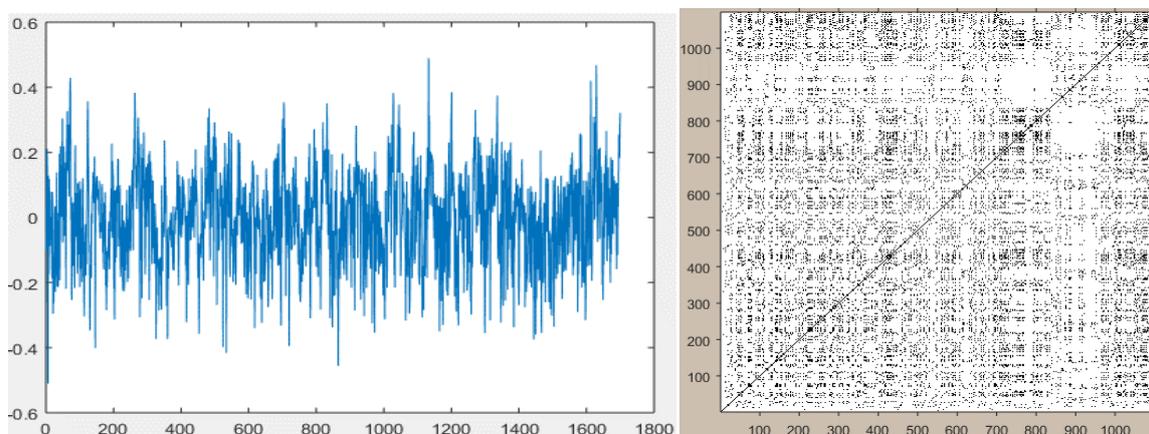


Рисунок 11. ВР и РД для годичных колец деревьев

В табл.6 приведены количественные характеристики РД, полученные для нескольких ВР. Первый столбец указывает года роста дерева. Очевидно, что значения характеристик близки между собой, что свидетельствует о типичности процесса образования колец у данных деревьев.

Таблица 6. Количественные характеристики РД для годовых колец деревьев

| Года | RR | Det | L | ENTR | LAM | TT |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 286-1985 | 0,0861 | 0,5273 | 2,4576 | 0,9069 | 0,3444 | 2,4803 |
| 000-1989 | 0,0865 | 0,5235 | 2,4638 | 0,9139 | 0,3674 | 2,4441 |
| 800-1954 | 0,0961 | 0,5412 | 2,4724 | 0,9236 | 0,3901 | 2,5205 |
| -5141 - 1963 | 0,0925 | 0,5516 | 2,5126 | 0,9681 | 0,4193 | 2,5833 |

Финансовые ряды. Общеизвестным примером фрактальных стохастических структур являются современные финансовые рынки. Многие финансовые ряды, такие как валютные пары, экономические индексы, цены акций и др. обладают самоподобными и мультифрактальными свойствами. Изменение этих свойств является предвестником кризисных состояний [Соловьев, 2003, 2015]. Однако изменение фрактальных свойств сопровождается изменением рекуррентных свойств, поэтому изучение рекуррентных характеристик финансовых рядов является актуальной задачей анализа финансовых рядов.

На рис. 12 сверху показан типичный ВР цены акций компании Тесла с минутным интервалом. Проведенный фрактальный анализ показал, что данные ряды обладают слабыми персистентными свойствами, показатель Херста $0.5 < H \leq 0.55$, а индекс устойчивости практически равен 2. Данный ряд является кумулятивным и построение РД может базироваться на результатах исследований ФБД. Справа показана соответствующая РД для этого ряда.

В нижней части рис. 12 показан ВР объемов продаж акций компании Тесла, соответствующий ряду изменения цены акций. Проведенный фрактальный анализ показал, что ряды объемов продаж обладают мультифрактальными свойствами, в частности индексом устойчивости, существенно меньшим 2. Показатель Херста находится в диапазоне $0.7 \leq H \leq 0.85$.

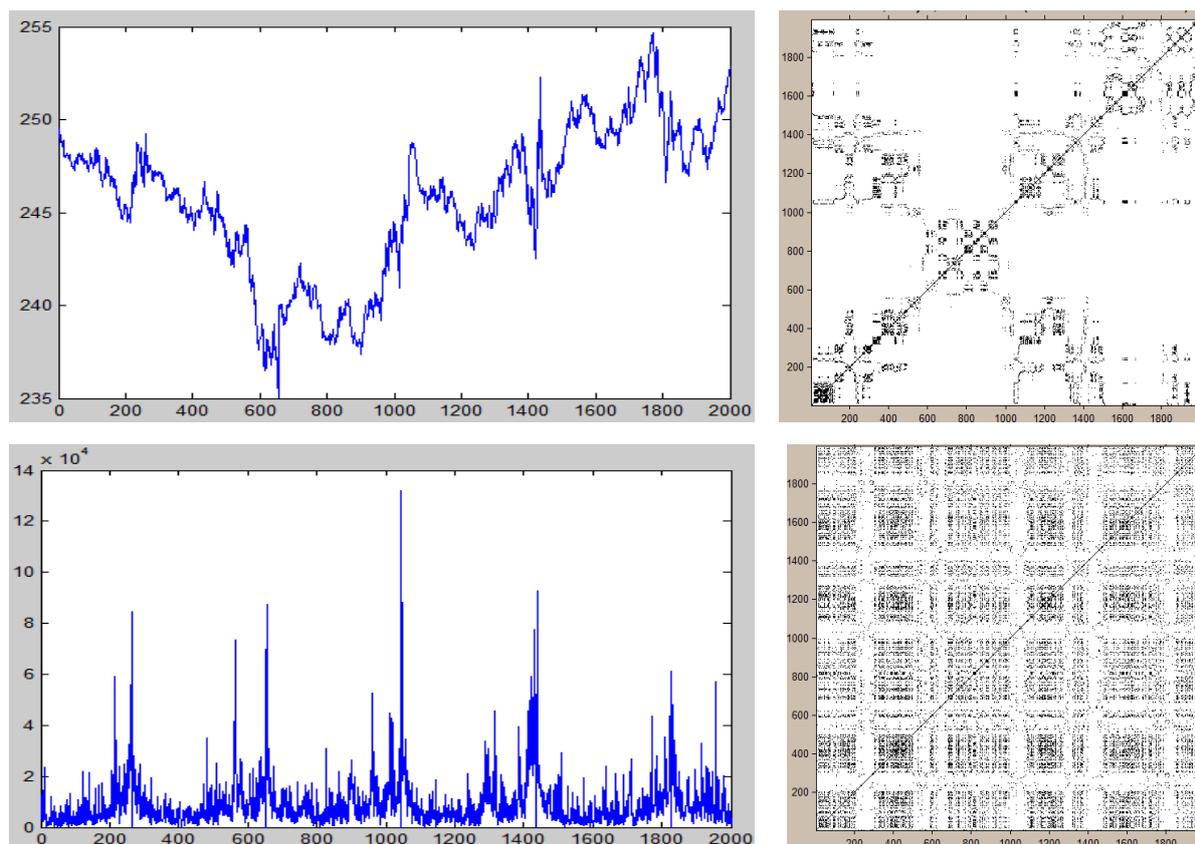


Рисунок 12. ВР и РД для цен и объемов продаж акций Tesla

Представленные ряды являются рядами приращений и методика построения РД может базироваться на результатах исследований приращений ФДЛ. Справа показана РД для этого ряда. В табл.7 приведены количественные характеристики РД, полученные для вышеописанных ВР.

Таблица 7. Количественные характеристики РД для акций и объемов продаж

| | α | H | RR | DET | L | $ENTR$ | LAM | TT |
|---------------|----------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Цены акций | 1,9999 | 0.54 | 0.0378 | 0.8536 | 3.9165 | 1.8605 | 0.8588 | 4.3641 |
| Объемы продаж | 1,2453 | 0.78 | 0,1254 | 0,6782 | 2,8539 | 1,2779 | 0,5619 | 3,0029 |

Благодарности

Работа опубликована при поддержке проекта ITHEA XXI общества ITHEA ISS (www.ithea.org) и ADUIS (www.aduis.com.ua).

Заклучение

В работе проведено исследование характерных особенностей РД для самоподобных и мультифрактальных стохастических ВР. Была предложена методика вычисления окрестности точки РД для монофрактальных и мультифрактальных рядов, имеющих высокую степень неоднородности данных. Получены зависимости количественных мер РД от фрактальных характеристик ВР. Показано, что основным параметром, влияющим на структуру и количественные меры РД является показатель Херста. На основе предложенной методики проведен рекуррентный анализ некоторых медицинских, биологических и финансовых ВР.

Литература

- [Baranovskyi O., 2015] Baranovskyi O. Recurrence Plots as Method for Information Flows Analysis. The advanced science journal, USA, Volume 2015, Issue 2, 2015, P. 45-49.
- [Cont R., 2004] Cont R., Tankov P. Financial modelling with jump processes, Chapman & Hall: CRC Press. 2004, 527 p.
- [Eckmann J.P., 1987] Eckmann J.P., Kamphorst S.O., Ruelle D. Recurrence Plots of Dynamical Systems. Europhysics Letters 5, 1987, P. 973-977.
- [Feder J., 1988] J. Feder. Fractals. J. Feder. Plenum, New York, 1988.
- [Hurst H.E., 1965] Hurst H.E., Black R.P., Simaila Y.M. Long-Term Storage: An Experimental Study. Constable, London, 1965.
- [Iwanski J.S., 1998] Iwanski J. S., Bredley E. Recurrence plots of experimental data: To embed or not to embed? Chaos, №8(4), 1998 P. 861-871.
- [Kirichenko L., 2014] Kirichenko L., Kobitskaya Yu., Habacheva A. Comparative Analysis of the Complexity of Chaotic and Stochastic Time Series. «Радіоелектроніка. Інформатика. Управління», №2 (31), 2014, С.126-134.
- [March T.K., 2005] March T.K., Chapman S. C., Dendy R. O. Recurrence plot statistics and the effect of embedding. Physica D, 2005, P. 171-184.
- [Marwan N., 2002] Marwan N., Wessel N., Meyerfeldt U., Schirdewan A., Kurths J. Recurrence-plots-based measures of complexity and application to heart-rate-variability data. Physical Review, E66, 2002.
- [Marwan N., 2007] Marwan N., Romano M., Thiel M., Kurths J. Recurrence plots for the analysis of complex system. Physics Reports, 2007, P. 237-329.
- [Marwan N., 2008] Marwan N. A historical review of recurrence plots. The European Physical Journal Special Topics, № 164, 2008, P. 3-12.

- [Peters E., 1996] Edgar E. Peters. Chaos and Order in the Capital Markets: A New View of Cycles, Prices, and Market Volatility. Edgar E. Peters. Wiley, 2 edition, 1996.
- [PhysioNet] PhysioNet, the research resource for complex physiologic signals: www.physionet.org
- [Reidi R.H., 2002] R.H.Riedi. Multifractal processes, in Doukhan P., Oppenheim G., Taqqu M.S. (Eds.), Long Range Dependence: Theory and Applications: Birkhuser. -2002. -P. 625–715.
- [Saprykin G., 2015] Saprykin G., Kobyska Yu., Kirichenko L. Using the Characteristics of Chaotic Dynamics in the Knowledge Base of Decision Support System. Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції (CSIT-2015), 2015, С. 162-165.
- [Stanley, 1999] H. E. Stanley, L. A.N. Amaral, A.L. Goldberger, S. Havlin, P.Ch. Ivanov, C.-K. Peng. Statistical Physics and Physiology: Monofractal and multifractal approaches. Physica A 270, 1999, P. 309-324.
- [Stoev S., 2004] S. Stoev, M. S. Taqqu. Simulation methods for linear fractional stable motion and FARIMA using the fast Fourier transform. Fractals, N.12(1), 2004, pp 95-121.
- [Takens F., 1981] Takens F., Rand D. A., Young L.-S. Detecting strange attractors in turbulence. Dynamical Systems and Turbulence: Lecture Notes in Mathematics, Springer-Verlag, vol. 898, 1981, P. 366–381.
- [Zbilut J.P., 2002] Zbilut J.P., Zaldívar-Comenges J.-M., Stozzi F. Recurrence quantification based Liapunov exponent for monitoring divergence in experimental data. Phys. Lett. A, V. 297, 2002, P. 173-181.
- [Владимирский Э.И., 2011] Владимирский Э.И., Исмаилов Б.И. Синергетические методы управления хаотическими системами. Баку, 2011, 240 с.
- [Дербенцев В.Д., 2010] Дербенцев В.Д., Сердюк О.А., Соловйов В.М., Шарапов О.Д. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем. Монографія. Черкаси: Брама-Україна, 2010, 287 с.
- [Соловйов В.М., 2003] Соловйов В.М., Дербенцев В.Д., Шарапов О.Д. Моделювання явищ самоорганізації в фінансово-економічних системах. Міжвідомчий науковий збірник «Моделювання та інформаційні системи в економіці, Київ, КНЕУ, Вип. 70, 2003, с.74-85.
- [Соловйов В.М., 2015] Соловйов В.М. Мережні міри складності соціально-економічних систем. Вісник Черкаського університету, сер. «Прикладна математика. Інформатика», № 38 (371), 2015, с.67-79.
- [Шелухин О. И., 2011] О. И. Шелухин. Мультифракталы. Инфокоммуникационные приложения / О. И. Шелухин . М.: Горячая Линия - Телеком, 2011. – 578 с.

Информация об авторах



Людмила Кириченко – д.т.н., профессор Харьковского национального университета радиозлектроники; пр. Науки 14, 61166, Харьков, Украина; e-mail: lyudmyla.kirichenko@nure.ua .

Основные области научных исследований: самоподобные и мультифрактальные временные ряды, фрактальный анализ, вейвлет-анализ, детерминированные хаотические системы.



Алексей Барановский - к.т.н., старший преподаватель Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт"; пр. Победы 37, 03056, Киев; email: o.baranovskyi@kpi.ua .

Основные области научных исследований: фрактальный анализ, анализ рекуррентных диаграмм, теория безопасности, информационная безопасность, информационные операции и воздействия.



Юлия Кобицкая - аспирант Харьковского национального университета радиозлектроники; пр. Науки 14, 61166, Харьков, Украина; e-mail: yulija.kobyska@nure.ua .

Основные области научных исследований: анализ самоподобных временных рядов, фрактальный, рекуррентный и энтропийный анализ временных рядов.

Recurrent analysis of self-similar and multi-fractal time series

Lyudmila Kirichenko, Alexei Baranovskyi, Julia Kobitskaya

Abstract: A comparative recurrent analysis of the self-similar and multi-fractal stochastic time series is presented in the work. A methodic of construction recurrent diagrams of fractal series with a high degree of heterogeneity is proposed. The dependencies between quantitative measures of recurrent diagrams and fractal characteristics of time series are obtained. On the basis of the proposed methodic, some medical, biological and financial series are analyzes.

ACM Classification Keywords: G.3 Probability and statistics - Time series analysis, Stochastic processes, G.1 Numerical analysis, G.1.2 Approximation - Wavelets and fractals.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОПИСАНИЯ И ОБРАБОТКИ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Виктор Крисиллов, Екатерина Городничая

Аннотация: В данной работе описываются типы объектов и виды временных характеристик объектов для формализации операций на них. Проводится исследование шкал, на которых могут быть описаны временные характеристики объектов. Также в работе описаны преобразования масштабов временных характеристик объектов на шкалах, для формализации операций сравнения на временных характеристиках.

Ключевые слова: нечеткая логика, неопределенность, типы шкал, временные характеристики объектов, преобразования на временных характеристиках объектов.

ACM Classification Keywords: I.2.4 Knowledge Representation Formalisms and Methods - Temporal logic, I.5.1 Models - Fuzzy set, Structural, F.4.1 Mathematical Logic - Temporal logic

Введение

Во всей без исключения информации, которой пользуется человек, присутствуют объекты, которые описаны с помощью временных характеристик, будь то документы, базы данных, договоренность о встрече, обсуждение проблем или задач на определенный промежуток времени. Временные характеристики событий и процессов могут использоваться в таких предметных областях: темпоральная логика, медицина и здравоохранение, образование, спорт, а также информатика.

Спецификой объектов, которые описаны с помощью временных характеристик, является то, что они могут быть описаны как на количественных, так и на качественных шкалах, а также могут отличаться масштабами, на которых представлена временная характеристика:

- указание точной даты/времени, например: 19 марта 1946 года;
- указание временного интервала, например: 336 г. до н. э. — 323 г. до н. э.;
- использование различных терминов с разной степенью подробности, например: вторая половина III ст. д.н.э, последняя треть II века д.н.э.

Из-за такого описания временных характеристик, возникают существенные ограничения при выполнении операций на временных характеристиках объектов, которые описаны по-разному: затрудняет или делает невозможным поиск, упорядочивание, группирование и сравнение

объектов по временным характеристикам. Таким образом, целесообразно исследовать временные характеристики объектов и шкалы, на которых они могут быть описаны.

Над объектами, которые описаны с помощью временных характеристик, могут выполняться различные операции: операции сравнения, поиска, группировки и упорядочивания событий и процессов [Добронец, 2004; Шарый, 2007]. В настоящее время, при поиске временных величин, есть возможность находить лишь величины, которые представлены с помощью одинакового масштаба либо на одинаковом типе шкалы. Но при этом нет возможности найти потенциально подходящие объекты, которые соответствуют запросу, но описаны с другой степенью подробности.

Из этого следует, что на сегодняшний день, нет возможности качественно использовать операции на временных характеристиках объектов без правильного преобразования шкал. Таким образом, необходимо описать способы преобразования одной шкалы в другую и способы изменения масштаба временной характеристики объекта.

Часто лишь приблизительно известно, когда произошло интересующее событие. По этой причине может появляться неопределенность описания временных характеристик объектов. К неопределенности описания временных характеристик объектов может относиться неточность измерений, неопределенность текстовых данных, погрешность обработки временных характеристик и др. Неопределенность описания временных характеристик объектов также проявляется в случаях, когда для описываемых событий искусственно расширяется временной диапазон. Все это накладывает ограничения на операции, проводимые над объектами, которые описаны с помощью временных характеристик.

Таким образом, необходимо выделить типы объектов [Сергеев, 2009; Васильев, 2008] и виды описания временных характеристик объектов для формализации типичных операций на временных характеристиках объектов.

Целью данной работы является исследование шкал, на которых могут быть описаны временные характеристики объектов, описание типов объектов и видов временных характеристик объектов для формализации операций на временных характеристиках объектов, таких как: операции сравнения, группировки, упорядочивания и поиска.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследование шкал, на которых могут быть описаны временные характеристики объектов.
2. Выделение типов объектов, для описания которых необходимы временные характеристики.
3. Выделение видов описания временных характеристик объектов.
4. Исследование преобразований масштабов временных характеристик объектов на шкалах.

Типы измерительных шкал

Определение. Шкала – это знаковая система, для которой задано отображение, ставящее в соответствие реальным объектам тот или иной элемент шкалы. [Крисилов, 2015а]

При сравнении временных характеристик объектов важно на какой шкале измерения и с какой подробностью они были описаны, т.к. нечеткие временные характеристики объектов могут принимать вид четких значений либо наоборот, в зависимости от того на какой шкале они описаны. Таким образом, операции на временных характеристиках объектов можно разделить на операции внутри одной шкалы и на операции на разных шкалах.

В зависимости от требуемой точности входных данных, используются различные типы измерительных шкал [Крисилов, 2015а]. В практике научных исследований получили распространение такие типы шкал:

- качественные: шкала порядка и шкала наименований;
- количественные шкалы: абсолютная шкала (шкала отношений), шкала интервалов.

Шкалы порядка и наименований менее информативны и используются для представления качественных данных.

Номинативные шкалы (шкалы наименований) – шкалы, устанавливающие соответствие признака тому или иному классу. Шкала наименований хранит информацию лишь об отношениях равенства/неравенства. На данной шкале можно описывать дихотомические свойства объектов, например: происходило ли событие в 1956 году (да, нет) и недихотомические, например: происходило ли событие в 1956 году (да, скорее всего да, нет).

В ранговой, или порядковой шкале при сравнении величин друг с другом можно сказать, больше или меньше выражено свойство, но не можем сказать, насколько больше или насколько меньше оно выражено. При измерении в ранговой шкале из всех свойств значений учитывается то, что они разные, и то, что одно значение больше, чем другое. [Щербак, 2007] Таким образом шкала порядка сохраняет лишь порядок следования значений измеряемых величин, то есть отражает информацию только об отношениях больше/меньше и отношения равенства/неравенства между значениями данных.

Представление данных на количественных шкалах являются более информативным. Количественные шкалы представляет собой полностью упорядоченный ряд с измеренным расстоянием между точками шкалы. В шкале интервалов отсчет начинается с произвольно выбранной величины. Таким образом, в шкале интервалов нулевая точка отсчета может устанавливаться произвольно, а величины единиц и направление отсчета могут определяться по избираемым константам. Измерение в абсолютной шкале отличается от интервального тем, что

в ней устанавливается нулевая точка, соответствующая полному отсутствию выраженности измеряемого свойства [Загоруйко, 1999; Щербак, 2007].

При работе с временными характеристиками целесообразно использовать шкалы порядка, наименований и абсолютные шкалы.

Типы временных характеристик. Виды описания временных характеристик объектов

Будем различать следующие типы объектов, содержащих в своем описании временные характеристики:

- событие;
- процесс.

Определение. Событием будем называть объект, который в условиях данной задачи не содержит в своем описании других событий, т.е. не декомпозируется на шаги либо этапы.

Определение. Процессом будем называть объект, который содержит в своем описании последовательность событий.

К видам описания временных характеристик объектов будем относить интервал с нечеткими границами, интервал с детерминированными границами, точечное значение.

Интервал с нечеткими границами

Интервал с нечеткими границами может описывать либо события, либо процессы, в которых лишь приблизительно известно время начала и окончания события или процесса. Кроме того, интервал с нечеткими границами могут принимать процессы, при описании которых была известна интенсивность происхождения процесса.

Интервал, который описывает событие, для которого неизвестно точное время его начала или окончания будем называть «нечетким» событийным интервалом.

Чаще всего под интервалом понимают диапазон значений, ограниченный с двух сторон, но для временных характеристик объекта также существуют интервалы с одной границей. Количество границ интервала называется его граничностью. Тогда интервалы с одной границей это 1-граничные интервалы (или просто - 1-интервалы), интервалы с двумя границами - 2-граничные интервалы. [Крисилов, 2015а]

Интервалы с одной границей используются в двух случаях:

1. Неизвестно время начала процесса или события (рис.1.а). Интервалы, которые образуются по этой причине будем называть интервалами «не позже чем» – на таких интервалах, указано до какого времени длится событие/процесс, без указания его начала.

2. Процесс или событие еще не закончилось (рис.1.б). Интервалы, которые образуются по этой причине будем называть интервалами «не раньше чем» – на таких интервалах, указано от какого момента времени ведется отсчет события/процесса и не указано, когда событие закончено.

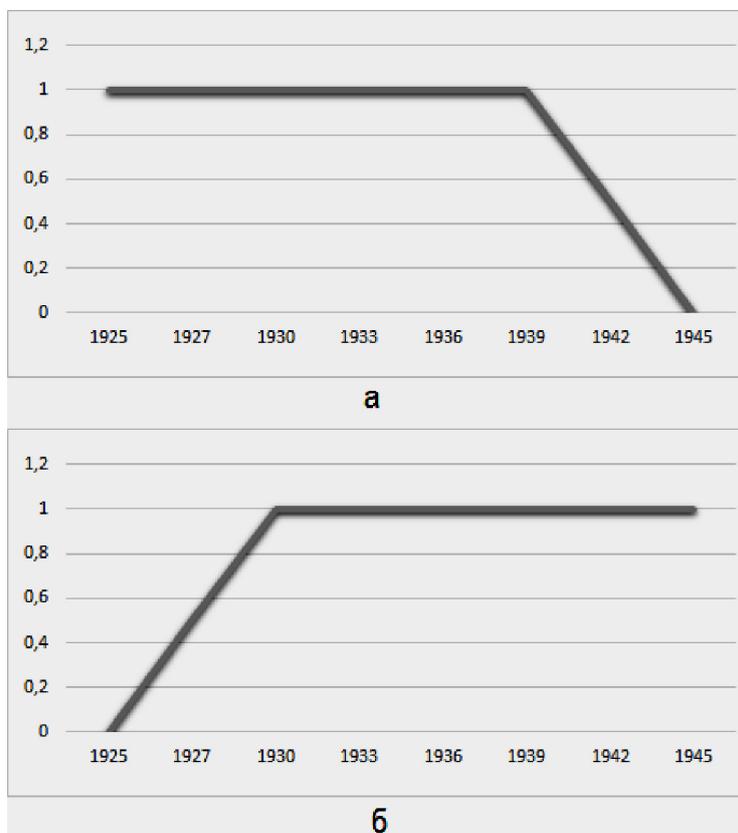


Рис.1. Интервалы с одной границей: а – Интервал «не позже чем»; б– Интервал «не раньше чем»
Для интервалов с двумя границами будем выделять специальный вид интервалов – минимальные.

Определение. Минимальным называется интервал, который состоит из двух соседних точек на шкале. [Крисилов, 2015а; Ковалев, 2001]

Интервал с детерминированными границами

Вид интервала с детерминированными границами принимают:

1. Процессы, в случае, когда при его описании точно известно начало и окончание процесса;
2. «Четкие» события, в случае, когда для проведения некоторой операции необходимо выполнить увеличение масштаба временных характеристик четкого события. Для описания данного случая, введем специальный вид интервала - «четкий» событийный интервал.

Определение. «Четкий» событийный интервал – это интервал, который описывает событие, для которого известно точное время его начала и окончания, и который может возникать при

описании «менее подробного» события на «более информативной» шкале, а также при увеличении масштаба описания временной характеристики объекта.

Пример. Существует объект «Амфора. Аттика», который описан с помощью лингвистической переменной «четверть века»: I четверть V века, т.о. для изображения этого объекта применяется шкала «четверть века» и объект принимает вид точечного значения. Для того, чтобы провести операцию сравнения данного объекта с объектом, который описан с помощью лингвистической переменной «год», необходимо увеличить масштаб объекта «Амфора. Аттика». Т.о. объект «Амфора. Аттика» принимает вид интервала с детерминированными границами. (рис.2)

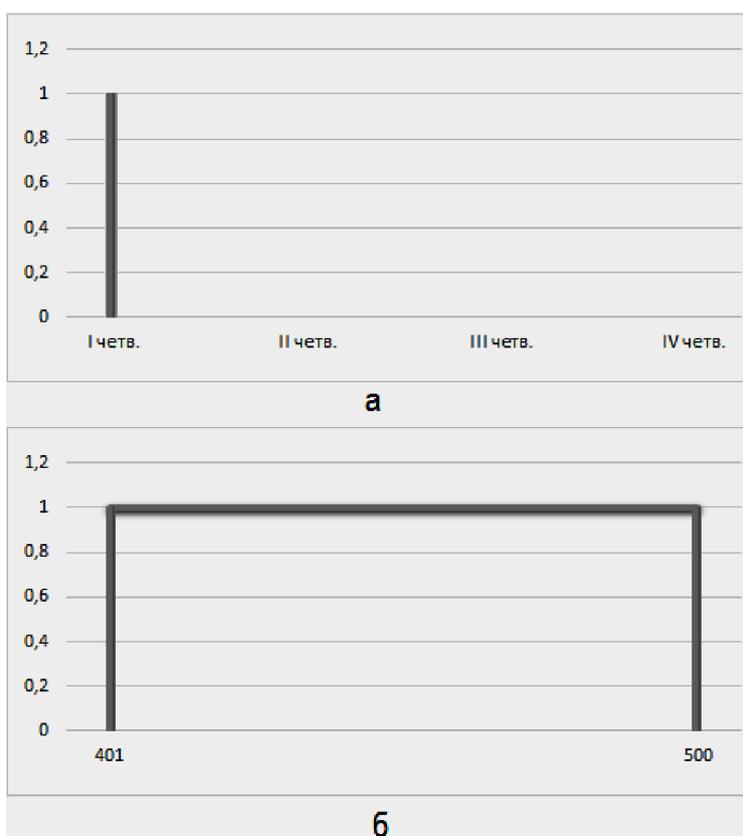


Рис. 2. Отображение объекта «Амфора. Аттика»: а) Отображение объекта «Амфора. Аттика» на шкале «четверть века»; б) Отображение объекта «Амфора. Аттика» на шкале «год»

Точечное значение

Вид точечного значения принимают:

1. События, в случае, когда при их описании точно известно его начало и окончание.
2. «Нечеткие» события, в случае, когда для проведения некоторой операции необходимо выполнить уменьшение масштаба временных характеристик «нечеткого» события. При уменьшении масштаба временных характеристик, «нечеткое» событие (рис.3.а) принимает вид точечного значения, только в случае очень сильного уменьшения масштаба шкалы (рис.3.г). В

некоторых случаях, «нечеткое» событие при уменьшении масштаба временных характеристик, сохраняет вид «нечеткого» событийного интервала. (рис.3.б-рис.3.в).

На рис.3.а. изображено «нечеткое» событие, описанное с помощью лингвистической переменной «день». На рис. 3.б. интересуемое событие изображено с помощью лингвистической переменной «месяц», а на рис.3.в. – «квартал». Т.о. показано, что в некоторых случаях при уменьшении масштаба, объект, описанный с помощью временных характеристик, сохраняет вид «нечеткого» событийного интервала.

На рис. 3.г. данное событие изображено с помощью лингвистической переменной «год». В этом случае, произошло уменьшение масштаба временной характеристики объекта с точностью описания «день» до описания «год», т.о. показано, что при значительном уменьшении масштаба, «нечеткое» событие (рис.3.а) принимает вид точечного значения (рис.3.г).

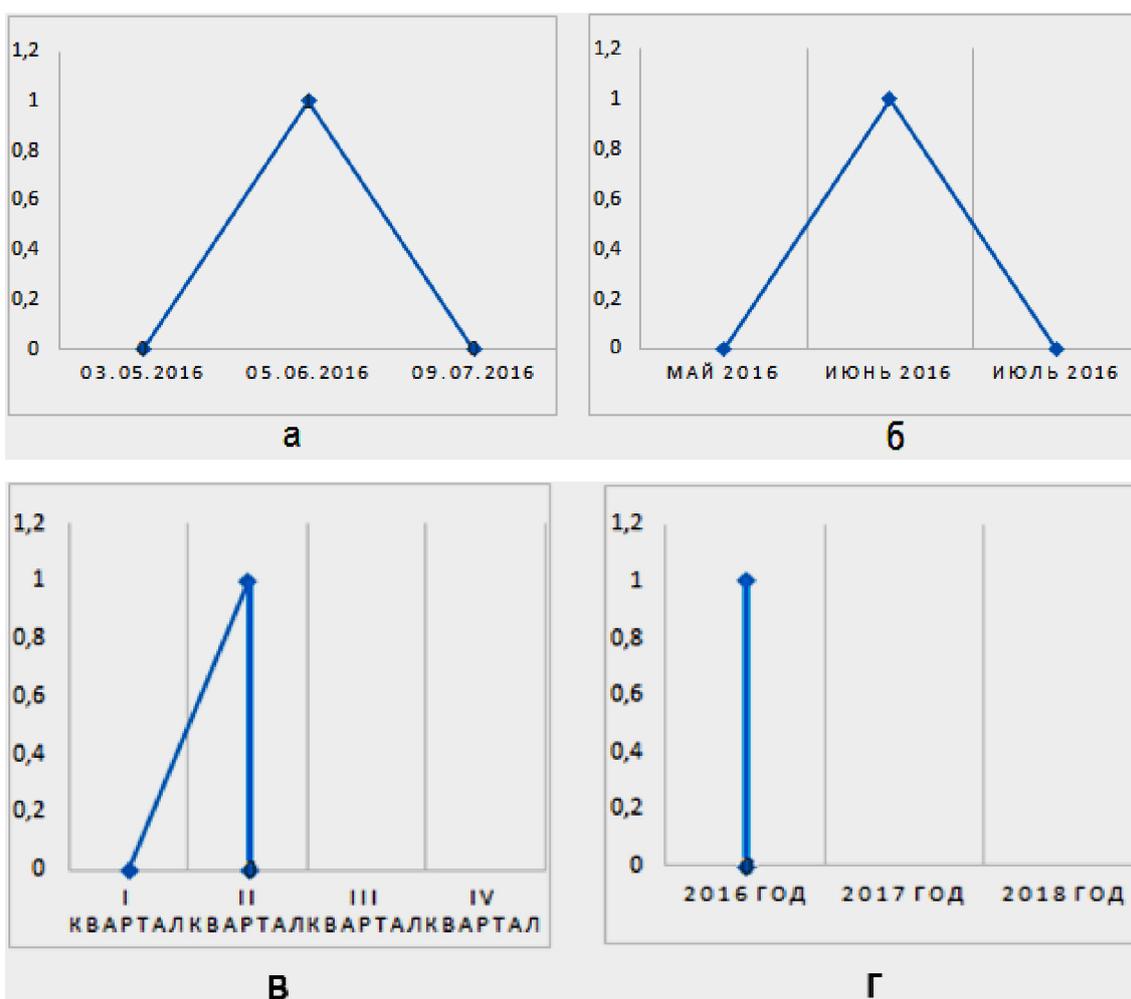


Рис.3. Преобразования «нечеткого» события в зависимости от масштаба шкалы: а) Отображение объекта на шкале «день»; б) Отображение объекта на шкале «месяц»; в) Отображение объекта на шкале «квартал»; г) Отображение объекта на шкале «год»

3. Процесс, в случае, когда происходит уменьшение масштаба временной характеристики процесса: это может происходить в случае, когда для проведения некоторой операции необходимо выполнить уменьшение масштаба шкалы, на которой описан процесс, без привлечения эксперта. В данном случае фактически происходит вырождение процесса в событие, т.к. при таком описании процесса в нем не учитывается последовательность событий. Но, целесообразно выполнять такое преобразование, в условиях конкретных задач, например: сравнение события и процесса, в случае, когда нецелесообразно изменение менее информативной шкалы в более информативную.

Пример. Существует процесс «Заключение договора» который описан с помощью лингвистической переменной «день»: 25 мая 2015 – 30 мая 2015, т.о. для изображения этого объекта применяется шкала «день» и объект принимает вид интервала с детерминированными границами. Для того, чтобы провести операцию сравнения данного объекта с объектом, который описан с помощью лингвистической переменной «месяц», было решено описать объект «Заключение договора» на менее информативной шкале. Т.о. объект «Заключение договора» принимает вид точечного значения. (рис.4)

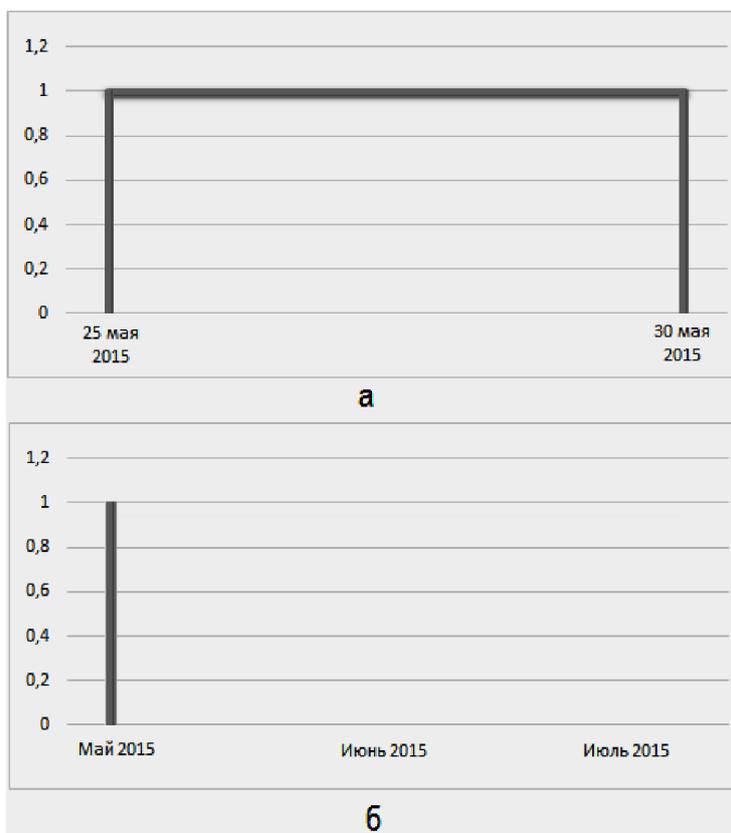


Рис. 4. Отображение объекта «Заключение договора»: а) Отображение объекта «Заключение договора» на шкале «день» ; б) Отображение объекта «Заключение договора» на шкале «месяц»

Можно сделать вывод о видах описания событий и процессов в зависимости от условий поставленной задачи.

Таким образом, событие может быть описано в виде:

- точечного значения, в случае описания «четкого» события, либо в случае уменьшения масштаба временных характеристик «нечеткого» события;
- «четкого» событийного интервала, в случае, когда увеличивается масштаб временных характеристик «четкого» события;
- «нечеткого» событийного интервала, в случае описания «нечеткого» события.

Процесс может быть описан в виде:

- интервала с нечеткими границами, в случае, когда лишь приблизительно известно время начала и окончания процесса, или в случае, когда при описании процесса известна интенсивность его происхождения;
- интервала с детерминированными границами, в случае, когда точно известно время начала и окончания процесса;
- точечного значения, в некоторых случаях уменьшения масштаба временных характеристик процесса.

Преобразования временных характеристик, которые описаны на одном типе шкалы

Часто лишь приблизительно можно определить, когда произошло интересующее событие. От правильности описания временной характеристики объекта зависит дальнейшее представление исторических событий. Поэтому предлагается описывать временные характеристики объектов в виде лингвистических переменных, т.к. нечеткость описания временной характеристики, а также использование различных шкал при описании объекта затрудняет или делает невозможным дальнейший анализ и поиск временного промежутка исторических событий и процессов [Крислов, 2015b].

Для описания временных характеристик объектов, могут быть использованы следующие лингвистические переменные, которые характеризуют масштаб временных характеристик:

1. «Век». Поскольку рассматривается временной домен $[0; 100]$, то этой лингвистической переменной соответствует единственное значение нечёткого множества «век».
2. «Половина века» = («первая», «вторая»).
3. «Треть века» = («первая»; «вторая»; «последняя»).
4. «Часть века» = («начало века»; «середина века»; «конец века»)

5. «Четверть века» = («первая»; «вторая»; «третья»; «последняя»).

6. «Год»

7. «Месяц»

8. «День»

При использовании одного типа шкал, подробность с которой описаны временные характеристики объектов, могут различаться, в зависимости от того какими лингвистическими переменными описаны временные объекты.

При сравнении временных характеристик, каждая из которых описана с помощью различных лингвистических переменных, имеет место:

1. Уменьшение масштаба (свертка) временной характеристик.

2. Увеличение масштаба (декомпозиция) временной характеристики.

Уменьшение масштаба временной характеристики [Клевцова, 2008] или свертка происходит в случаях, когда более детальную временную характеристику объекта описывают с большей степенью абстракции. Например, временной объект, описанный лингвистической переменной «год», представляют в виде лингвистической переменной «век».

«Четкое» событие при уменьшении масштаба временных характеристик данного объекта не изменяет свой вид, а остается описано в виде точечного значения. «Нечеткое» событие при уменьшении масштаба временных характеристик объекта может отображаться в виде «нечеткого» событийного интервала (рис.3.а-в), либо иметь вид точечного значения (рис.3.г)

«Четкий» процесс при уменьшении масштаба временных характеристик объекта может сохранять вид интервала с детерминированными границами, либо принимать вид точечного значения (рис.4.).

«Нечеткий» процесс при уменьшении масштаба временных характеристик может иметь вид нечеткого интервала или принимать вид точечного значения (рис.5.).

Увеличение масштаба временной характеристики [Клевцова, 2008] или декомпозиция происходит в случаях, когда менее детально описанный временной объект описывают с большей подробностью. Например, временной объект, описанный лингвистической переменной «треть века», приставляют в виде лингвистической переменной «четверть века».

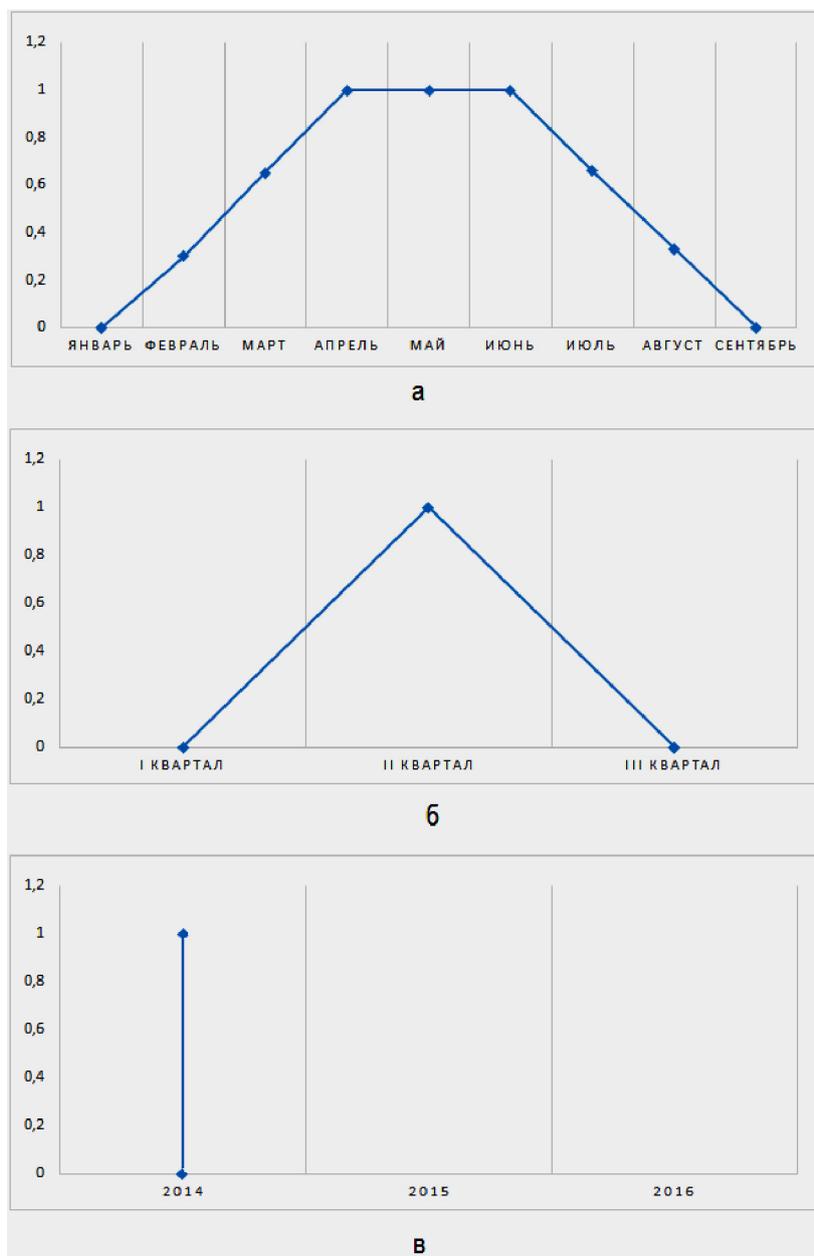


Рис.5. Преобразования «нечеткого» процесса в зависимости от масштаба шкалы: а) Отображение объекта на шкале «месяц»; б) Отображение объекта на шкале «квартал»; в) Отображение объекта на шкале «год»

Увеличение масштаба временной характеристики возможно в двух случаях:

1. Увеличение масштаба временной характеристики объекта с помощью известных хронологических периодов. Например, век: 0-100гг, первая половина века: 0-50гг и т.д. Т.о. при декомпозиции, исторический объект, который описан с помощью лингвистической переменной «четверть века» можно представить с помощью лингвистической переменной «год»: «Амфора. Аттика» (I четверть V века -> 525-500 гг. д.н.э.)

2. Увеличение масштаба временной характеристики объекта с помощью привлечения экспертов. Для увеличения масштаба временной характеристики объекта рекомендуется привлечение экспертов, т.к. в данном случае, правильность описания временной характеристики объекта будет больше, а неопределенность описания временной характеристики объекта – меньше, чем при увеличении масштаба шкалы с помощью известных хронологических периодов.

При увеличении масштаба временных характеристик, «четкое» событие принимает вид «четкого» событийного интервала, «нечеткое» событие (рис.б.а) будет иметь вид интервала с нечеткими границами (рис.б.б)

При увеличении масштаба временных характеристик «четкий» процесс всегда сохраняет вид интервала с детерминированными границами, а «нечеткий» процесс – вид интервала с нечеткими границами.

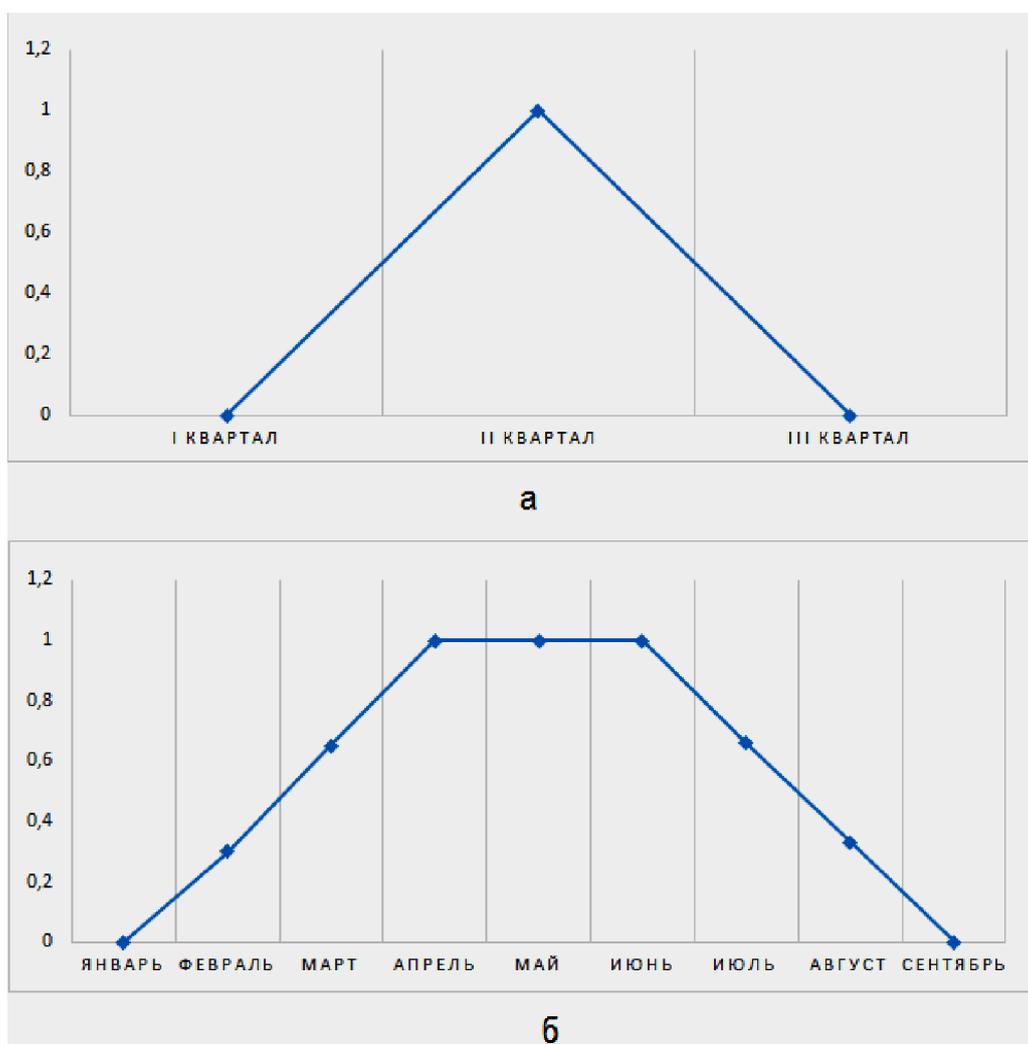


Рис.6. Преобразования «нечеткого» события в зависимости от масштаба шкалы: а) Отображение объекта на шкале «квартал»; б) Отображение объекта на шкале «месяц»

Преобразования временных характеристик, которые описаны на различных шкалах

Информации, содержащейся в абсолютных шкалах, достаточно, чтобы сделать ее однозначное отображение на качественные шкалы. Обратное отображение — неоднозначно и требует использования дополнительных измерений.

Выбор шкалы для измерения входных данных обусловлен:

- точностью представления данных, которая необходима и достаточна для решения конкретной задачи;
- возможностью получения входных данных с требуемой точностью, например, возможностями измерительных приборов.

А значит, могут возникнуть две ситуации:

- выбрана более информативная шкала, чем требуется;
- выбрана менее информативная шкала.

В случае операций на временных характеристиках объектов, которые описаны на различных шкалах, необходимо обеспечить их корректную сопоставимость, т.е. предварительно преобразовать шкалу одного из них.

В первом случае, при использовании «слишком» информативной шкалы, входные данные приобретают большую подробность, чем это необходимо. Это влечёт за собой затраты времени на обработку «слишком» подробных данных, требуются более сложные приборы измерения, сбор информации становится более трудоёмким. При этом входные данные становятся более подвержены «помехам» — случайным колебаниям значений. Это повышает риск принятия некорректных решений системой, на основе этих случайных значений входных данных. Таким образом, если требуемая точность входных данных для конкретной задачи невысока, то имеет смысл переходить от количественных шкал к качественным шкалам. Тем более, что такой переход однозначен.

Во втором случае — выбранная измерительная шкала менее информативна, чем требуется для решения задачи. Например, выбрана шкала порядка, в то время как требуется представление данных на абсолютной шкале. В результате невозможно получить решение задачи с требуемой точностью. Сложность этой ситуации в том, что невозможно совершить однозначное преобразование от «слабой» шкалы к более «сильной». Таким образом, для того чтобы использовать уже полученные данные, необходимо привлечь знание экспертов и, на базе слабо формализованных процедур, провести это преобразование. Второй способ разрешения такой ситуации — произвести повторное получение данных с необходимой подробностью и отображение этих данных на соответственных шкалах, если это возможно.

Вывод

В данной работе были исследованы шкалы, на которых могут быть описаны временные характеристики объектов. Был сделан вывод, что при работе с временными характеристиками целесообразно использовать шкалы порядка, наименований и абсолютные шкалы.

На основании исследования шкал, были описаны возможности преобразования шкал, на которой описаны временные характеристики объекта, если это необходимо для решения поставленной задачи: поиск, сравнение, или группировка объектов, которые описаны на различных шкалах.

Были выделены типы объектов, для описания которых необходимы временные характеристики, и виды описания таких объектов. Т.о. будем различать события и процессы. Временные характеристики объектов могут быть описаны в условиях неопределенности, поэтому были выделены следующие виды их описания: интервал с нечеткими границами, интервал с детерминированными границами, точечное значение.

На основании выделения типов и видов описания временных характеристик объектов, были описаны способы преобразования масштабов временных характеристик объектов, когда они описаны на одном типе шкал, но с различной степенью подробности.

Выделение типов временных характеристик объектов и видов описания временных характеристик объектов, в зависимости от складывающихся условий позволит формализовать операции сравнения на временных характеристиках объектов. Формализация операций сравнения позволит в будущем описать операции упорядочивания, группирования и поиска объектов по их временным характеристикам, т.к. для использования любой из перечисленных операций необходимо обращаться к операциям сравнения.

Bibliography

[Васильев, 2008] Васильев А.В. Модальная логика в исследовании значения видовременных форм – Уфа: Вестник башкирского университета, 2008. – Том: 13, Номер: 3. – С. 550 – 556.

[Добронец, 2004] Добронец Б. С. Интервальная математика – Красноярск: Издательство КГУ, 2004 – 216 с.

[Загоруйко, 1999] Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний – Новосибирск:ИМ СО РАН, 1999–270с.

[Клевцова, 2008] Клевцова А.А. Шкалы измерения. Режим доступа: http://stateexpert.org/articles/шкалы_измерения

[Ковалев, 2001] Ковалев С.М. Нечеткие темпоральные системы в моделях анализа акустических процессов//Материалы международного конгресса «Искусственный интеллект в 21 веке». -М.: Физматлит. -2001. -847 с.

-
- [Крисилов, 2015a] Крисилов В.А., Городничая Е.А. Масштабы временных характеристик/ Збірник наукових праць «Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій» - Д.: Ліра, 2015 – Т.19. – С.15-23
- [Крисилов, 2015b] Крисилов В.А., Городничая Е.А. Методика оценки релевантности результатов запросов к базам данных // Труды Одесского Политехнического Университета. – 2015. – №1(45). – Стр. 121-127.
- [Сергеев, 2009] Сергеев Н.Е., Целых Ю.А. Использование темпоральных отношений при описании сложных сцен по видеоизображениям – Ростов-на-Дону: Известия ЮФУ. Технические науки, 2009. – Номер 12 (101). – С. 134 – 142.
- [Шарый, 2007] Шарый С. П. Конечномерный интервальный анализ – М.: Издательство «XYZ», 2007 – 607 с.
- [Щербак, 2007] А.П. Щербак. Математико-статистическая обработка материалов научной и методической деятельности. Режим доступа: <http://citoweb.yvspu.org/link1/metod/met90/met90.html>

Сведения об авторах



Крисилов Виктор – профессор кафедры системное программное обеспечение, директор Института медицинской инженерии Одесского национального политехнического университета, пр. Шевченко, 1, Одесса, 65004, Украина; e-mail: krissilovva@mail.ru



Городничая Екатерина – аспирант кафедры системное программное обеспечение Одесского национального политехнического университета, пр. Шевченко, 1, Одесса, 65004, Украина; e-mail: katherine.gorodnichaya@ukr.net

Formalization of the description and processing the time characteristics of objects under uncertainty

Victor A. Krisilov, Katherine Gorodnichaya

Abstract: *This paper describes the types of objects and types of time characteristics of objects to formalize operations on the time characteristics of objects. Conducted research of scales on which the time characteristics of objects can be described. Also described the conversion of the time characteristics of objects on scales for formalize the comparison operations of time characteristics.*

Keywords: *fuzzy logic, uncertainty, types of scales, time characteristics of objects, transform objects over time characteristics.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВОСТРЕБОВАННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ УСЛУГ В УКРАИНЕ

Галина С. Гайворонская, Сергей В. Брицкий

Аннотация: В статье рассмотрены особенности новых инфокоммуникационных услуг таких как: удаленная операция, медицинский консилиум, передача запаха по сети. Проведена классификация инфокоммуникационных услуг по типу передаваемой информации и выявлены наиболее критичные параметры для каждого класса услуг. Выполнен анализ статистической информации о востребованности отдельных инфокоммуникационных услуг пользователями Украины. Поскольку исследуемая случайная величина не имеет нормального распределения, для анализа использованы непараметрические методы анализа статистической информации. С использованием коэффициентов Фехнера, Спирмена и Кендалла проанализировано наличие корреляции между скоростью доступа к Интернет, обеспечиваемой пользователям Украины, и востребованностью отдельных услуг. Выполнен многомерный анализ статистических данных по востребованности инфокоммуникационных услуг в Украине.

Ключевые слова: инфокоммуникационная услуга, коэффициент корреляции, ресурсы, информация.

Ключевые слова классификации ACM: C.2 COMPUTER-COMMUNICATION NETWORKS; H. Information Systems - H.1 Models and Principles;

Введение

На каждом этапе развития телекоммуникационной сети особое внимание уделяется инфокоммуникационным услугам (далее – ИКУ), для предоставления которых эта сеть разрабатывается. Это подтверждается результатами исследований, посвященных перспективным ИКУ и их классификации, проводимыми международной организацией по стандартизации – Международным союзом электросвязи (МСЭ) [ITU, 2016], а также руководящими нормативными документами различных стран, такими как «Руководящий нормативный документ 45-076-98», утвержденный Министерством транспорта и связи Украины [UA DOC, 2001] и «Руководящие документы сферы «Телематические службы» и сферы «Сети и службы передачи данных» [DOC, 2009]. Основная деятельность МСЭ по регулированию процесса предоставления услуг отражена в рекомендациях серий F, G, H, P, X, Q, Y и других,

разрабатываемых сектором телекоммуникаций МСЭ (англ.: International Telecommunication Union, ITU). Кроме того, предоставление услуг контролируется национальными нормативными и законодательными документами, анализ которых показал что на сегодняшний день осталось еще достаточно много вопросов не отраженных в перечисленных документах следовательно задача исследования особенностей и характеристик ИКУ не потеряла своей актуальности. Этой же тематике посвящены и публикации ряда специалистов в нашей стране: выполненный анализ некоторых работ [Pavlov, 2009; ITU, 2016; ETSI, 2016; ANSI, 2016; IEEE, 2016; Gayvoronska, 2000; Zaharchenko, 2000; Zaharchenko Gayvoronska, 2000; Gayvoronska, 2004; Gayvoronska, 2006; Gayvoronska, 2007; DOC, 2009; DOC, 2001] показывает, что опубликованные результаты исследований, посвященных анализу ИКУ, требуют уточнения и доработки для учета особенностей новых перспективных ИКУ, и степени их востребованности их пользователями нашей страны. Это объясняется тем, что необходимость проведения подобного рода исследований появилась недавно, а также потребностью не только охватить все услуги, которые существуют на рынке, но и предусмотреть появление новых.

Стремительное развитие научно-технического прогресса в области телекоммуникаций и информатики обеспечивает в настоящее время возможность предоставления обширного спектра ИКУ широкому кругу пользователей. Номенклатура ИКУ постоянно расширяется, что обусловлено следующими факторами:

- появлением новых технологий, способных предоставлять более скоростные и ресурсоемкие услуги;
- увеличением потребностей в предоставлении определенного рода узкоспециализированных услуг;
- изменениями, которые происходят в, экономической, социальной и политической жизни страны;
- процессами демонополизации и развития разных форм собственности;
- открытостью рынка телекоммуникаций.

В результате влияния этих факторов, количество услуг, предлагаемых пользователям, очень велико, что затрудняет планирование развития телекоммуникационных сетей (далее – ТС) для предоставления этих услуг, так как сеть должна выполнять требования каждой из предоставляемых услуг, поэтому целесообразно проанализировать характеристики наиболее востребованных ИКУ, а также тех из них, которые, скорее всего, получат широкое применение в ближайшем будущем.

Наиболее значимые параметры используемых ИКУ и варианты их классификации

В тексте рекомендации G.1010 - «Категории качества обслуживания мультимедийной информации конечных пользователей» указано: «Рекомендация определяет категории модели качества обслуживания мультимедиа с точки зрения конечного пользователя. В ней определены восемь отдельных категорий услуг на основе толерантности к задержке и потери информации» [ITU G.1010, 2001] (Таблица 1).

Таблица 1 – Матрица услуг приведенная в рекомендации G.1010

| | | | | |
|-------------------------|--|--|--|--|
| Толерантные к ошибкам | Аудио- и виде в конференции | Голосовые и видеосообщения | Потоковое аудио и видео | Факс |
| Нетолерантные к ошибкам | Функции управления и контроля (Telnet интерактивные игры) | Передача данных (электронная коммерция, web-серфинг, электронная почта) | Обмен сообщениями (СМС и т.д.), передача данных | Фоновые приложения (Usenet и др.) |
| Критичность к задержке | Сверхчувствительные (задержка << 1с) | Чувствительные (задержка ~ 2с) | Слабокритичные (задержка ~ 10с) | Не критичные (задержка >> 10с) |

В этой рекомендации предложена классификация ИКУ с указанием наиболее значимых характеристик для каждого типа услуг. Всего по типам передаваемой выделено четыре большие группы ИКУ: аудио, видео, данные и фоновые приложения.

В свою очередь, группа аудиоуслуг включает в себя услуги голосовых переговоров, обмена аудиосообщениями и предоставления потокового аудио, критичными для этой группы являются параметры задержки, вариации задержки и потери информации.

Группа видеослужб включает в себя услуги видеоконференций и потокового видео, а критичные параметры для этой группы с точки зрения пользователя: задержка, вариация задержки, и пропускная способность.

Группа услуг, связанных с передачей данных (ПД) включает в себя: web-серфинг, услуги передачи больших объемов данных (передача файлов), имеющие высокий приоритет передачи

информации (электронная коммерция), реализацию функции мониторинга и управления, передачу фотографий, интерактивные игры, электронную почту, обмен мгновенными сообщениями и т.д. В этой группе наиболее важным будет учет коэффициента ошибок BER, а так же ряд других параметров зависящих от конкретной услуги.

В группу фоновых приложений входят услуги факса, услуги частных пользовательских сетей (англ.: User Network, Usenet), в качестве ключевых параметров группы выступают задержки и потеря информации.

Рекомендация G.1010 вводит модель категорий качества обслуживания конечных пользователей услуг (КЯОК), в зависимости от толерантности / не толерантности к ошибкам и допустимого диапазона задержек [ITU G.1010, 2001]. Модель КЯОК иллюстрирует каким образом можно сгруппировать приложения с определенными требованиями к нарушению целостности информации и задержкам, не вводя жесткой классификации, как это сделано в иерархических моделях, где характеристики каждого высшего класса всегда превышают характеристики низшего.

Распространенной является и классификация услуг по типу передаваемой информации. В ней выделены следующие услуги.

Услуги передачи и приема видео в реальном времени включает в себя видеоконференции различных форматов: CIF (англ.: Common Intermediate Format), QCIF (англ.: Quarter Common Intermediate Format), 4CIF, высокой четкости (англ.: High Definition, HD), протокола H.323, протокола H.264, Skype, а также видеонаблюдение, телевидение: стандартной четкости (англ.: Standard-Definition Television, SDTV 480i), SDTV 576i, высокой четкости (англ.: High-Definition Television, HDTV) 1080i, HDTV 1080p, IP (англ.: Internet Protocol Television, IPTV), IPTV сверхвысокой четкости (англ.: Internet protocol High-Definition Television, IPHDTV).

Услуги потокового видео: Rutube, Fs.to, ex.ua, megogo.net, Youtube формата 240p, 360p, 720p, 1080p.

Услуги передачи и приема аудио в реальном времени: приложение Skype, IP-телефония, аудиотекст, Интернет-радио.

Игровые и развлекательные услуги: электронные игры «Counter Strike: Source», «Counter Strike: Global Offensive», «Counter Strike: Promod», «Quake III», «Point Blank», «Шахматы Windows», «FIFA-2012», MMORPG «World of Tanks», MMORPG «Line Age», «World Of Warcraft», «Perfect World», «AudioSurf», «Steam» и «Кривое зеркало».

Услуги обмена текстовой информацией: короткие текстовые сообщения, передаваемые по мобильным сетям (англ.: Short Message Service, SMS), услуги обмена текстовыми сообщениями в

Интернет ICQ, QIP, Jabber , Skype, электронная почта (англ.: e-mail), короткие текстовые сообщения социальных сетей «Вконтакте», «Одноклассники», «Facebook», «Twitter», «Fotostrana», «Мой мир».

Услуги обмена мультимедийными сообщениями в сетях мобильной связи (англ.: Multimedia Messages, MMS).

Услуги доступа к файлообменным серверам: с помощью пиринговых сетей (англ.: peer-to-peer, p2p), файлообменных сервисов по протоколу IP: «Ex.ua», «RapidShare», «Letitbit», «Sky Drive», «OneDrive» и «iCloud».

Услуги просмотра Web-страниц (web-серфинг): гипертекстового материала стандартов «Web 1.0», «Web 2.0», «HTML5».

Услуги удаленного мониторинга и управления: устройствами жилого дома нового типа «Умный дом», удаленным компьютером с помощью «TeamViewer», «Virtual Network Computing» (VNC), Remote Desktop, RDP, Telnet, SSH, передачи сигналов пожарной и охранной сигнализации.

Услуги электронной коммерции: управление ресурсами предприятия на базе программных комплексов «1С» и «Парус», банковские услуги, осуществляемые с помощью Java клиентов и браузерных расширений.

В работах [Gayvoronska, Pavlov 2006; Pavlov, 2008; Pavlov #2, 2008] предложен вариант классификации ИКУ, учитывающий пять основных параметров предоставления услуг, на основе которого выделены классы ИКУ. Для этого проанализированы параметры предоставления услуг на реальной ТС и обоснована достоверность процесса и полученного результата классификации ИКУ. Для каждого из классов ИКУ определены требования к ТС и оборудованию, установленному на этих сетях. Разработан метод определения класса любой существующей или планируемой ИКУ. Построена модель представления классов ИКУ и показано как эта модель может быть расширена дополнительными параметрами предоставления услуг.

Особенности предоставления некоторых перспективных ИКУ

В последние годы появились новые услуги, особенности предоставления которых требуют обновления и уточнения классификации ИКУ. В частности, результаты исследований относящихся к предоставлению **услуг web-серфинга**, опубликованные на сайте habrahabr.ru иллюстрируют распределение количества сайтов от их объема. Эта зависимость представлена на графике (рис. 1).

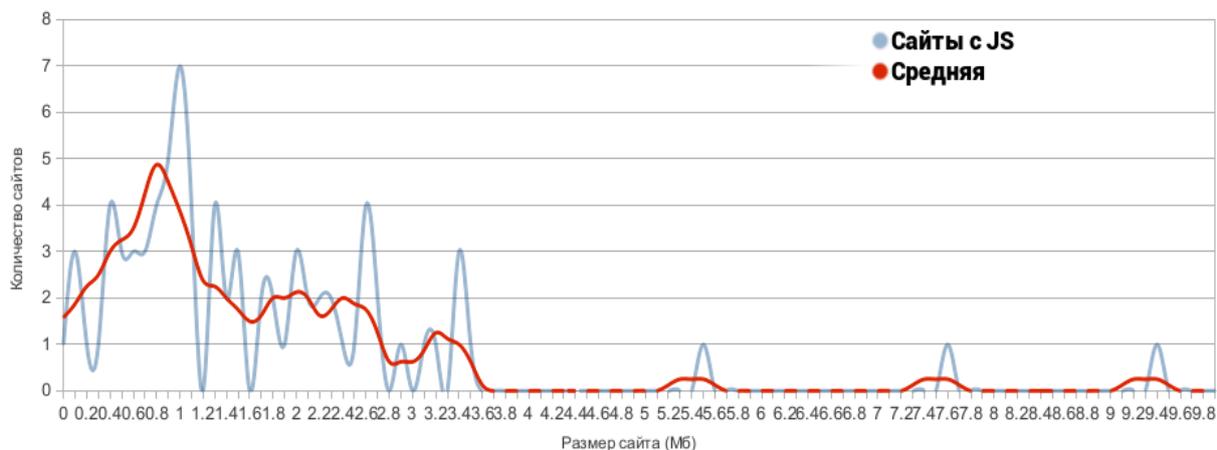


Рисунок 1 – «Зависимость количества сайтов от объема передаваемых данных, необходимых для отображения гипертекстового материала»

Согласно графику средний объем сайта составляет 1.4 Мбайт, в результате необходимая минимальная скорость передачи данных для отображения страницы за одну секунду составляет 11Мбит.

Информационное взаимодействие с устройствами «smart watch» (умные часы или умные браслеты) носимыми на теле человека иногда называют услугой «**Носимая электроника**». Для этого осуществляется обмен информацией между «smart watch» и маршрутизатором по стандартам IEEE Std 802.11a, 802.11b, 802.11g, и 802.11n. В идеальных условиях стандарт IEEE 802.11a/b/g предполагает скорость передачи данных 54Мбит/с, однако реальная скорость не превышает 25Мбит/с. Согласно статистической информации, полученной в результате исследований наиболее популярных приложений в «GooglePlay» с помощью носимой электроники осуществляется передача данных для получения сведений о погоде, почтовых уведомлений, а так же услуги web-серфинга. Сведения о погоде требуют передачи информации объемом 1...10кб, в зависимости от пользовательских настроек, период между сессиями составляет от 1 минуты до 1 дня. По информации, представленной на форуме 4pda.ru, запрос сведений о погоде возникает с периодичностью 1 час. Почтовые уведомления имеют такие же требования к передаваемым данным благодаря множественной реализации алгоритмов на стороне клиентского приложения.

Услуга доступа к сетям P2P подразумевает возможность одновременной передачи данных от пользователя к пользователю равномерно разделенными фрагментами. Функционирование реализовано таким образом: файл не копируется с какого-либо одного сервера, а забирается по

частям у множества пользователей, таким образом, пользователь не зависит от нагрузки сервера и его доступности. С помощью сервера, именуемого трекером (tracker), происходит контроль передачи отдельных элементов файла. У пользователя получающего информацию необходимо установить специальную программу торрент-клиент для скачивания и сборки элементов файла воедино. Это взаимодействие происходит по протоколу BitTorrent, основанному на принципе «ты мне, я тебе». В этом случае пользователю необходимо не только скачивать файлы, но и раздавать их, причем скорость загрузки часто зависит от скорости раздачи и настроек торрент-трекера.

В последних документах МСЭ и ETSI для обеспечения концепции всеобщего доступа предусмотрена реализация ряда услуг, в частности услуг телемедицины, которые включают: мультимедийную услугу удаленной операции и услугу удаленного медицинского консилиума.

Мультимедийная услуга удаленной операции может использоваться с помощью хирургического робота Да Винчи, который укомплектован специальными инструментами обеспечивающими хорошую маневренность. Видеосистема, являющиеся обязательным элементом, позволяет передавать изображения высокого качества на два цветных экрана в формате 3-D. Благодаря этому хирург имеет представление о хирургической картине операции. При этом передаваемое изображение может укрупняться, оптимизироваться, усиливаться и подавлять шумы за счет использования специального синхронизатора, мощного светового источника, а также блока управления работы камеры. Хирург получает качественное изображение, без мерцания, чтобы в точности контролировать картину операционного поля органа. К работе с хирургической системой да Винчи допускаются лишь те специалисты, которые имеют достаточно опыта в соответствующей области медицины и практического опыта по управлению роботизированной техникой. За счет своего удобства и высокой степени точности, система Да Винчи имеет очень широкий спектр применения.

Согласно стандарту AVCHD 3D передача видео в формате FullHD 3D ведется на скорости 28 000 Кбит/сек, аудио в формате PCM типа «uncompressed audio» со скоростью 1500 Кбит/сек. В спецификациях оборудования системы Да Винчи указано, что встроенный процессор анализирует действия хирурга со скоростью 1000 единиц в секунду, устраняя любые возможные проявления тремора. На примере это может выглядеть следующим образом: есть три оси координат: X, Y, Z. Предположим, что необходимо 1000 раз в секунду успешно передать значение этих координат. У робота имеется четыре манипулятора. Допустим, что передача координат одного манипулятора в текущий момент занимают 10 Кбайт, что для четырех манипуляторов составляет 40 Кбайт или 32 000 Кбит/сек. Таким образом для реализации услуги удаленной операции требуется пропускная способность в 32Мбит/сек, минимальная задержка в 5мс и максимально жесткие требования к коэффициенту ошибок.

Услуга удаленного медицинского консилиума, которую в частном случае может быть реализована за счет предоставления совокупности ИКУ: потоковой передачи видео с расширением 4K (стандарт H.265) и передачи речи, например, по протоколу Skype. Так как чаще всего при проведении услуг **удаленного медицинского консилиума** работает не один объект передачи/приема видеосигнала, то следует принять во внимание последние стандарты из области потоковой передачи видео и добавить запас в виде одной самой емкой услуги. Информация передается в форме видеопотока, представляющего собой временную последовательность кадров определенного формата, закодированных в битовый поток. Скорость передачи несжатого видеопотока с чересстрочной разверткой разрядностью 10 бит и цветовой субдискретизацией 4:2:2 стандартной четкости составит 270 Мбит/с. Такой поток получается при сложении произведения частоты дискретизации на разрядность каждой компоненты: $10 \times 13,5 + 10 \times 6,75 \times 2 = 270$ Мбит/с. Для передачи с расширением 4К-видео стандарта H.265 требуется скорость передачи около 15 мегабит в секунду.

$$15\text{Мбит} \times 2 = 30\text{Мбит} \text{ (на два 4к видео)} + 0,32\text{Мбит} = 30,32\text{Кбит} / \text{с}$$

Таким образом, для реализации услуги медицинского консилиума необходимо обеспечить пропускную способность 30,32Мбит/с.

Кроме того, в последние годы начали пользоваться популярностью услуги, связанные с **передачей запаха**, например, для продажи духов. Компания DigiScent создала устройство iSmell, которое может передавать запахи. Устройство iSmell получает код, который конвертируется в команды по смешиванию и распылению в определенных пропорциях соответствующих ингредиентов, имеющих тот или иной запах. Принцип работы устройства, непосредственно смешивающего и распыляющего исходные компоненты, аналогичен действию струйного принтера. Как известно, струйный принтер смешивает чернила нескольких цветов и при этом создает массу оттенков. Так же и синтезатор запахов из ограниченного набора «элементарных» ароматизаторов может создавать тысячи запахов. База данных запахов «ReminiScents», содержит информацию об ароматах в файлах ScentObjects формата *.whiff. Поскольку эти файлы небольшого размера (менее 500 байт) то они не требуют большой пропускной способности для их передачи и могут быть переданы с помощью email или любого другого метода низкоскоростной передачи данных.

Анализ рассмотренных видов классификации ИКУ позволяет получить приближенные типичные требования к характеристикам сети со стороны определенного класса услуг, что не противоречит классификации МСЭ приведенной в рекомендации ITU G.1010 [ITU G.1010, 2001].

Анализ статистической информации востребованности ИКУ

Для того чтобы выяснить какие именно услуги наиболее затребованы в Украине проанализировано использование разных ресурсов Интернет отличающихся типом предоставляемых услуг, а так же зависимость спроса на разные типы ресурсов [ITU, 2016] от средней скорости доступа к Интернет в Украине [UIA, 2016].

Данные по средней скорости доступа в Интернет в Украине взяты из международного статистического ресурса «Statista» [Statista, 2016], объем ежегодной выборки составил 1-3 млн. пользователей Интернет Украины. Данные по затребованности ресурсов Интернет среди украинской аудитории взяты с ресурса «Интернет ассоциация Украины» [UIA, 2016], объем выборки составил 16 млн. пользователей Интернет, что ориентировочно представляет всю численность пользователей Интернет в Украине.

Для решения поставленной задачи анализа данных использованы такие методы, как анализ вариационного ряда, цель которого - предоставить метрические характеристики выборки, а также анализ многомерных данных, основной задачей которого является установление наличия или отсутствия корреляции или других видов взаимосвязи между различными компонентами многомерных признаков.

Анализ вариационного ряда востребованности ИКУ

Вариационный ряд составлен из значений количества пользователей различных ресурсов Интернет в процентах представленных в [UIA, 2016].

Исходный анализируемый вариационный ряд имеет вид: 61,55, 43, 31,30,30, 22, 25, 20,19,60, 59, 53, 37, 30, 29, 27, 25, 20, 18, 48, 45, 37, 30,26, 24, 22, 22, 21, 20, 32, 28, 26, 24, 23, 23, 21, 18, 17, 17, 60, 25, 22, 20, 18.

Таблица 2 - Статистика затребованности ресурсов Интернет в Украине при предоставлении ИКУ

| Тип ресурсов | № п.п. | Название ресурса | Количество пользователей, % от опрошенных |
|--|--------|------------------|--|
| Многофункциональные услуги Интернет | 1 | google | 61 |
| | 2 | vk | 55 |
| | 3 | youtube | 43 |
| | 4 | odnoklassniki | 31 |
| | 5 | ucoz | 30 |
| | 6 | facebook | 30 |
| | 7 | microsoft | 22 |

| | | | |
|---------------------------------|----|--------------|----|
| | 8 | ex | 25 |
| | 9 | ask | 20 |
| | 10 | adobe | 19 |
| Порталы Интернет | 11 | mail.ru | 60 |
| | 12 | yandex.ua | 59 |
| | 13 | Ukr.net | 53 |
| | 14 | i.ua | 37 |
| | 15 | bigmir | 30 |
| | 16 | meta | 29 |
| | 17 | online | 27 |
| | 18 | rambler | 25 |
| | 19 | vgorode | 20 |
| | 20 | join | 18 |
| Услуги электронной коммерции | 21 | slando | 48 |
| | 22 | rozetka | 45 |
| | 23 | prom | 37 |
| | 24 | aukro | 30 |
| | 25 | ria | 26 |
| | 26 | marketgid | 24 |
| | 27 | modnakasta | 22 |
| | 28 | bonprix | 22 |
| | 29 | all-biz | 21 |
| | 30 | Price.ua | 20 |
| Развлекательные услуги | 31 | kinopoisk | 32 |
| | 32 | zaycev | 28 |
| | 33 | muzofon | 26 |
| | 34 | worldoftanks | 24 |
| | 35 | Fs.online | 23 |
| Развлекательные услуги | 36 | filmix | 23 |
| | 37 | kakprosto | 21 |
| | 38 | panzar | 18 |
| | 39 | delfi | 17 |
| | 40 | n-mobile | 17 |

| | | | |
|-----------------------------------|----|----------------|----|
| Службы общения в реальном времени | 41 | Skype | 60 |
| | 42 | Mail.ru | 25 |
| | 43 | ICQ | 22 |
| | 44 | Live Messenger | 20 |
| | 45 | QIP | 18 |

Отсортировав вариационный ряд в порядке возрастания, получим последовательность приведенную в табл. 3:

Таблица 3 – Вариационный ряд в порядке возрастания

| №п.п. | Значение | №п.п. | Значение | №п.п. | Значение |
|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| 1 | 17 | 16 | 22 | 31 | 30 |
| 2 | 17 | 17 | 23 | 32 | 30 |
| 3 | 18 | 18 | 23 | 33 | 31 |
| 4 | 18 | 19 | 24 | 34 | 32 |
| 5 | 18 | 20 | 24 | 35 | 37 |
| 6 | 19 | 21 | 25 | 36 | 37 |
| 7 | 20 | 22 | 25 | 37 | 43 |
| 8 | 20 | 23 | 25 | 38 | 45 |
| 9 | 20 | 24 | 26 | 39 | 48 |
| 10 | 20 | 25 | 26 | 40 | 53 |
| 11 | 21 | 26 | 27 | 41 | 55 |
| 12 | 21 | 27 | 28 | 42 | 59 |
| 13 | 22 | 28 | 29 | 43 | 60 |
| 14 | 22 | 29 | 30 | 44 | 60 |
| 15 | 22 | 30 | 30 | 45 | 61 |

Далее вычислена частота уникальных элементов вариационного ряда Ω_i и накопленные частоты v . Результаты вычисления относительных и накопленных частот приведены в табл. 4. Согласно полученным результатам, построены графики относительной и накопленных частот, при этом на рисунке 2 в качестве оси X графика относительных частот взято множество значений

элементов выборки, в качестве оси Y - значения относительных частот, а на рисунке 3 в качестве оси X графика накопленных частот взят порядковый номер элемента вариационного ряда, в качестве оси Y - значение накопленных частот.



Рисунок 2 - График относительных частот



Рисунок 3 - График накопленных частот

Для вариационного ряда получены среднее и среднее квадратическое отклонение.

Для выбора методов исследования статистической информации выполнен анализ распределения исследуемой случайной величины с помощью критерия χ^2 . Для достоверности полученных результатов этот же анализ выполнен еще и по трем другим критериям: Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса и W-критерием Шапиро-Уилка, Кроме этого определены показатели асимметрии и эксцесса, которые показывают симметричность кривой распределения и ее островершинность. Показатель асимметрии:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \times \delta^3}, \quad (3)$$

где \bar{x} – конкретное значение исследуемой случайной величины,

δ – среднее квадратическое отклонения,

n - количество наблюдений.

Рассчитанный показатель асимметрии равен 1,2, следовательно распределение имеет правостороннюю асимметрию.

Если в распределении преобладают значения, близкие к среднему арифметическому, то формируется островершинное распределение. В таком случае показатель эксцесса

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n \times \delta^4}. \quad (4)$$

стремится к положительной величине, а у нормального распределения эксцесс равен нулю. В нашем случае показатель эксцесса равен 0,135. что соответствует бимодальному распределению. Ошибки репрезентативности расчета асимметрии и эксцесса определены как:

$m_a = \sqrt{\frac{6}{n}} = 0.365$; $m_e = 2 \times \sqrt{\frac{6}{n}} = 0.73$. Значения этих величин соответственно равны: 0,365 - для асимметрии и 0,73 - для эксцесса.

Поскольку показатели асимметрии и эксцесса превышают соответствующие значения ошибок репрезентативности $1,2 > 0,365$ ($A > m_a$), то это подтверждает вывод о том, что распределение не является нормальным, поэтому для дальнейшего анализа применяем методы непараметрической статистики. С помощью этих методов для исследуемой выборки определены три значения моды: 20, 22, 30, и медиана равная 25. Вариационный размах, показывающий крайние отклонения признаков и характеризующий границы вариативного признака равен 44.

Коэффициент вариации $V = \frac{\delta}{M} \times 100\%$, характеризующий однородность совокупности равен 43,31%, поскольку он превышает 33% видим, что исследуемая совокупность неоднородна.

Таблица 4 - Характеристики вариационного ряда

| № п/п | Значение элемента | Количество повторений | Относительные частоты | Накопленные частоты | Квадрат отклонений |
|-------|-------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|
| 1 | 17 | 2 | 0,0444 | 0,0444 | 353,1891358 |
| 2 | 18 | 3 | 0,0666 | 0,1111 | 453,0503704 |
| 3 | 19 | 1 | 0,0222 | 0,1333 | 127,4390123 |
| 4 | 20 | 4 | 0,0888 | 0,2222 | 423,4449383 |
| 5 | 21 | 2 | 0,0444 | 0,2666 | 172,5669136 |
| 6 | 22 | 4 | 0,0888 | 0,3555 | 274,822716 |
| 7 | 23 | 2 | 0,0444 | 0,4 | 106,2558025 |
| 8 | 24 | 2 | 0,0444 | 0,4444 | 79,10024691 |
| 9 | 25 | 3 | 0,0666 | 0,5111 | 83,91703704 |
| 10 | 26 | 2 | 0,0444 | 0,555 | 36,7891358 |
| 11 | 27 | 1 | 0,0222 | 0,5777 | 10,81679012 |
| 12 | 28 | 1 | 0,0222 | 0,6 | 5,239012346 |
| 13 | 29 | 1 | 0,0222 | 0,6222 | 1,661234568 |
| 14 | 30 | 4 | 0,0888 | 0,7111 | 0,33382716 |
| 15 | 31 | 1 | 0,0222 | 0,7333 | 0,505679012 |

| № п/п | Значение элемента | Количество повторений | Относительные частоты | Накопленные частоты | Квадрат отклонений |
|-------|-------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|
| 16 | 32 | 1 | 0,0222 | 0,7555 | 2,927901235 |
| 17 | 37 | 2 | 0,0444 | 0,8 | 90,07802469 |
| 18 | 43 | 1 | 0,0222 | 0,8222 | 161,5723457 |
| 19 | 45 | 1 | 0,0222 | 0,8444 | 216,4167901 |
| 20 | 48 | 1 | 0,0222 | 0,8666 | 313,6834568 |
| 21 | 53 | 1 | 0,0222 | 0,8888 | 515,7945679 |
| 22 | 55 | 1 | 0,0222 | 0,9111 | 610,6390123 |
| 23 | 59 | 1 | 0,0222 | 0,9333 | 824,3279012 |
| 24 | 60 | 2 | 0,0444 | 0,9777 | 1765,500247 |
| 25 | 61 | 1 | 0,0222 | 1 | 943,1723457 |

Для исследуемого вариационного ряда первый квантиль равен 0,25, второй - 0,75, а квантили: $Q_{0,25} = 21$; $Q_{0,75} = 31$. Затем определен интерквартильный размах то есть характеристика разброса распределения случайной величины, он равен: 10. Медиана и интерквартильный размах используются вместо математического ожидания и дисперсии в случае распределений с большими выбросами, либо при невозможности вычисления последних [Yukhym, 2016].

Результаты анализа данных показали, что в среднем востребованность ИКУ составляет 30,3%; чаще всего встречаются услуги, которыми пользуются соответственно 20, 22 и 30 процентов пользователей Интернет в Украине. Следует выделить высокие значения среднеквадратического отклонения (13,12) и коэффициента вариации (43,31%), что свидетельствует о значительной вариативности в востребованности ИКУ и в перспективе позволит выделить только наиболее затребованные услуги для дальнейшего исследования.

Исследование корреляции между количеством пользователей ИКУ и средней скоростью доступа к Интернет

С целью выявления характера и структуры взаимосвязей между компонентами исследуемого многомерного признака использован многомерный статистический анализ [Pidruchniki, 2016]. Для анализа выбраны данные, по количеству пользователей таких приложений и услуг, как YouTube (согласно таблице 1 - популярного приложения потокового видео) и Wikipedia (один из самых популярных в мире энциклопедических ресурсов) и показатели средней скорости доступа к

Интернет в Украине, начиная с первого квартала 2012 года, заканчивая вторым кварталом 2014 [UIA, 2016].

Таблица 5 - Исходные данные анализа многомерной выборки.

| Квартал и год | Популярность приложения | | Средняя скорость доступа к сети Интернет в Украине, Кбит / с |
|---------------|-------------------------|-----------------|--|
| | YouTube, чел. | Wikipedia, чел. | |
| I.2012 | 6423485 | 4633574 | 4378 |
| II.2012 | 6374042 | 5139617 | 4540 |
| III.2012 | 6949117 | 5558722 | 4586 |
| IV.2012 | 7326927 | 5792115 | 4792 |
| I.2013 | 7115078 | 5440411 | 5717 |
| II.2013 | 6623731 | 5349923 | 6767 |
| III.2013 | 7483400 | 5456211 | 7978 |
| IV.2013 | 7823921 | 5812469 | 7325 |
| I.2014 | 8536108 | 5837990 | 8130 |

Корреляцию между исследуемыми параметрами определили следующим образом. Сначала выяснили, коррелируют ли между собой параметры средней скорости доступа к Интернет в Украине и количество украинских пользователей услуги потокового видео YouTube. После чего, определили наличие корреляции между средней скоростью доступа к Интернет в Украине и количество пользователей Wikipedia. Наличие корреляции устанавливали с помощью коэффициентов корреляции Спирмена, Фехнера и Кендалла для каждого из рассмотренных случаев. В табл. 4, 5 приведены исходные данные, использованные для расчета коэффициентов корреляции.

Для определения коэффициента Фехнера, то есть оценки степени согласованности направлений отклонений индивидуальных значений факторного и результативного признаков от средних значений [Pidruchniki Moda, Mediana, 2016], воспользуемся формулой: $K_{\phi} = \frac{C - H}{C + H}$, где C, H – количество случаев для которых по паре признаков X, Y наблюдается соответственно совпадение (C) или расхождение (H) знаков отличия для средних уровней. Результат расчета

этого коэффициента приведены в табл. 6 и 7 соответственно для каждой пары выборок, в этих же таблицах приведены рассчитанные значения коэффициентов Спирмена и Кендалла.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена: $K_c = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$, где $\sum d^2$ – сумма квадратов

разных рангов, n – число парных наблюдений, являющийся непараметрической оценкой степени статистической зависимости между двумя переменными, оценивает насколько точно можно описать отношение между двумя переменными с помощью монотонной функции [Louli, Maksvell 1967]. Коэффициент корреляции Кендалла – мера линейной связи между случайными

величинами $K_k = \frac{2S}{n(n-1)}$, где n – количество наблюдений, $S = Q - P$. При расчете S

учитывается частота нарушения порядка следования по признаку Y , при условии, что по признаку X ранги следуют друг за другом строго упорядоченно. Корреляция Кендалла является ранговой, то есть для оценки силы связи используются не численные значения, а соответствующие им ранги. Коэффициент инвариантный по отношению к любому монотонному превращению шкалы измерений.

Таблица 6 - Результаты расчета коэффициентов вариации между средней скоростью доступа к Интернет в Украине и количеством украинских пользователей YouTube

| Коэффициент корреляции | Коэффициент Фехнера | Коэффициент Спирмена | Коэффициент Кендалла |
|------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| $r = 0,848$ | $K_f = 0,8$ | $K_c = 0,988$ | $K_k = -0,956$ |

Таблица 7 - Результаты вычисления коэффициентов вариации между средней скоростью доступа к

Интернет в Украине и количеством украинских пользователей Wikipedia

| Коэффициент корреляции | Коэффициент Фехнера | Коэффициент Спирмена | Коэффициент Кендалла |
|------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 0,574 | $r = 0,2$ | $K_c = 0,988$ | $K_k = -0,956$ |

Выводы

В результате анализа различных вариантов классификации инфокоммуникационных услуг показано, что в настоящее время наиболее важным параметром классификации является вид передаваемой информации и требования пользователей к качеству предоставления услуг. Предложен вариант классификации позволяющий выделить наиболее критичные параметры для каждой группы инфокоммуникационных услуг, что позволит упростить формирование требований к сети и оборудованию для предоставления этих услуг.

Анализ характеристик наиболее экзотических, с точки зрения пользователя, инфокоммуникационных услуг таких как мультимедийная услуга удаленной операции, услуга удаленного медицинского консилиума и передача запахов по сети показал, что наиболее объемным видом передаваемой информации являются различные комбинации передачи видеопотока, остальные же услуги с помощью кодирования и сжатия информации могут быть переданы по обычным пользовательским линиям доступа, не требующим существенных сетевых ресурсов, например услуга передачи запаха не является ресурсозатратной и не требует взаимодействия в реальном времени, что позволяет передать шаблон запаха с помощью электронного письма или любого другого метода низкоскоростной передачи данных.

В результате анализа статистических данных о востребованности инфокоммуникационных услуг в Украине можно отметить следующее:

- средняя популярность рассматриваемых услуг Интернет составляет 30,29% от общего количества пользователей Интернет в Украине, что соответствует среднему значению исследованной выборки;
- востребованность услуг является очень вариативной и неоднородной, поскольку значение среднеквадратического отклонения составляет 13,4, что составляет более половины значения математического ожидания.

Исследование корреляции между количеством пользователей ИКУ и средней скоростью доступа к Интернет для услуги потокового видео Youtube и энциклопедия Wikipedia показало, что в первом случае показатели корреляции очень высокие 0,85, а втором случае, корреляция менее выражена, что показывают небольшие значения коэффициентов корреляции 0,57.

Благодарности

Настоящая работа выполнена при поддержке интернационального проекта ITHEA XXI Института информационных теорий и их приложений FOI ITHEA и Ассоциации ADUIS Украина (Ассоциация разработчиков и пользователей интеллектуальных систем).

The paper is published with financial support by the project ITHEA XXI of the Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA (www.ithea.org) and the Association of Developers and Users of Intelligent Systems ADUIS Ukraine (www.aduis.com.ua).

Литература

- [ANSI, 2016] "Американский национальный институт стандартов", Internet-ресурс: <http://www.ansi.org>.
- [DOC, 2001] Руководящий нормативный документ 45-076-98», утвержденный Министерством транспорта и связи Украины.
- [DOC, 2009] "Руководящие документы сферы «Телематические службы» и сферы «Сети и службы передачи данных»", Internet-ресурс: www.technolaw.ru.
- [ETSI, 2016] "Европейский институт телекоммуникационных стандартов (ETSI)", Internet-ресурс: <http://www.etsi.org>.
- [Gaydishev, 2001] Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник / И. Гайдышев // СПб: Питер, 2001. – 752 с.
- [Gayvoronska, 2000] Гайворонская Г.С. Основные рекомендации МСЭ по информационным сетям, Учеб. пособие. Одесса, УГАС, 2000, 86 с.
- [Gayvoronska, 2004] Гайворонская Г.С., Принципы разработки плана управления сетью Вісник УБЕНТЗ № 2 2004, Киев с. 28-37.
- [Gayvoronska, 2006] Гайворонская Г.С., Инфокоммуникации: Учеб. пособ. – Одесса: ОДАХ, 2006. – 90 с.
- [Gayvoronska, 2007] Гайворонская Г.С. Уровневая модель представления инфокоммуникационных услуг // Зв'язок. – 2007. – №1. – №1. С. 49-55.
- [Gayvoronska, Pavlov 2006] Гайворонская Г. С., Павлов С. В. Классификация инфокоммуникационных услуг и разработка требований к сети для их предоставления // Сб. науч. тр. IV семинара «Информационные системы и технологии». (Приложение к журналу Холодильна техніка і технологія).– Одесса: ОДАХ, 2006.– С. 12-13.
- [IC-UKRAINE, 2016] Інформаційний центр «Україна» // [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukraine.ru/catalog/regions/odessa-obl.html> (дата обращения: 01.04.2016)
- [IEEE, 2016] "Институт инженеров электроники и электротехники (IEEE)", Internet-ресурс: <http://www.ieee.org>.
- [ITU G.1010, 2001] ITU G.1010 « End-user multimedia QoS categories»// ITU Recommendation – 2001.
- [ITU, 2016] "Международный союз электросвязи (ITU)", официальное Интернет-представительство, Internet-ресурс: <http://www.itu.int>.

- [ITU, 2016] Міжнародний союз електрозв'язку. М.3000 [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <https://www.itu.int/rec/T-REC-M.3000-200002-l/en> (12.03.2016).
- [Louli, Maksvell 1967] Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод.– М.: Мир, 1967.– 144 с.
- [Pavlov #2, 2008] Павлов С.В. Автоматизация процесса определения класса инфокоммуникационных услуг // IV Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології»: – Киев: ДУІКТ, 2008.– С. 81.
- [Pavlov, 2008] Павлов С.В. Классификация инфокоммуникационных услуг методом дискриминантного анализа// II научно-техническая конференция «Проблемы телекоммуникаций – 2008»: – Киев: НТУУ КПИ, 2008.– С. 340.
- [Pavlov, 2009] Павлов С.В. Выделение значимых показателей как входных параметров для формирования классов инфокоммуникационных услуг // V Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології»: – Киев: ДУІКТ, 2009.– С. 54.
- [Pidruchniki Moda,Mediana, 2016] Навчальні матеріали онлайн. Мода, медіана, квартилі і децилі [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://pidruchniki.com/1317020453016/statistika/moda_mediana_kvartili_detsili (01.04.2016)
- [Pidruchniki, 2016] Онлайн бібліотека підручників, [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://pidruchniki.com/1708080753006/statistika/ryadi_rozpodilu (01.04.2016)
- [StatExpert, 2016] Аналитическая группа «СтатЭксперт», Статистический анализ эмпирических исследований. Калькулятор объема выборки // [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://statexpert.org/articles/10/> (дата звернення: 01.04.2016)
- [Statista, 2016] Statista [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.statista.com/> (01.04.2016).
- [UIA, 2016] Інтернет аудиторія України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.audience.com.ua/>, (01.04.2016).
- [Wikipedia, 2016] Вільна енциклопедія Вікіпедія. Кореляція [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/Кореляція> (01.04.2016)
- [Yukhym, 2016] Yukhym, Дисперсія та середнє квадратичне відхилення [Електронний ресурс] – <http://yukhym.com/uk/vipadkovi-velichini/dispersiya-ta-seredne-kvadratichne-vidkhilennya.html> (01.04.2016)
- [Zaharchenko Gayvoronska, 2000] Захарченко Н.В. Гайворонская Г.С. Ещенко А.И. и др Сети и системы телекоммуникаций, Киев, Техника, 2000, Т.1, 304 с.
- [Zaharchenko, 2000] Захарченко Н.В. Гайворонская Г.С. Особенности проектирования сетей связи в современных условиях, Труды УГАС "Информатика и связь", 2000, № 3 с. 11-18.

Информация об авторах



Гайворонская Галина Сергеевна – Институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского, факультет информационных технологий и кибербезопасности ОНАПТ, д.т.н., профессор кафедры компьютерной инженерии; Украина, Одесса, 65026, ул. Дворянская, 1/3; тел. (048)-720-91-48;

e-mail: gsgayvoronska@gmail.com

Области научных исследований: оптимизация переходных периодов при эволюции телекоммуникационных сетей. Потoki вызовов, нагрузка и межузловое тяготение в сетях. Проблемы создания сетей доступа. Проблема построения полностью оптических сетей и систем коммутации.



Брицкий Сергей Владимирович – Институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского, факультет информационных технологий и кибербезопасности ОНАПТ, аспирант кафедры компьютерной инженерии, Украина, Одесса, 65026, ул. Дворянская, 1/3; тел. (048)-720-91-48;

e-mail: wariormagistr@gmail.com

Области научных исследований: разработка архитектуры приложений, синтез оптических сетей доступа.

RESEARCH OF FEATURES AND DEMAND OF MODERN INFOCOMMUNICATION SERVICES IN UKRAINE

Galina Gayvoronska, Sergey Brickiy

Abstract: Features of the new infocommunication services, such as remote operation, medical consultation, smell transfer, are considered in the article. Classification by type of transmitted information is done and the most critical parameters for each class of service are defined. Analysis of statistical information about the demand of individual infocommunication services' Ukrainian users is done. Nonparametric methods were used for the analysis because of abnormal distribution of investigated random variable. Estimation of the correlation between Internet access speed provided for Ukrainian users and demand for certain services is done with the usage of Fechner, Spearman and Kendall coefficients. Multidimensional analysis of statistical data about the demand for infocommunication services in Ukraine is done.

Keywords: infocommunication service, correlation coefficient, resource, information.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРЕЦЕДЕНТНОГО ПОДХОДА В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Олександр Куземин, Михаил Щукин, Богдан Ткаченко, Мария Ткаченко

Abstract: *In this work we described database for emergencies prediction and decision making system, also we designed intellectual knowledge base for real-time data population and intellectual analysis*

Keywords: *emergencies, natural disaster, knowledge base, database, intellectual system, decision making*

ACM Classification Keywords: *H.3.3 Information Search and Retrieval*

Введение

Широко известные проблемы предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) определяются в первую очередь недостатком времени для анализа ситуации, а во вторую качеством исходной информации для анализа ситуации и принятия адекватных управляющих решений. Создание ситуационных центров (СЦ) [1] и систем поддержки принятия решений (СППР) [2] требуют значительных усилий для решения следующих проблем:

- анализ методов и моделей при выделении перечня **релевантной** информации для баз данных (БД) и базы знаний (БЗ) с использованием как количественных, так и качественных показателей;
- выявление **при поиске в Internet и социальных сетях** полезной и достоверной информации из текстовой информации (от очевидцев, средств массовой информации, ведомственных отчетов, исторических сведений и т.п.) для наполнения БЗ [3];
- обоснование надежных **средств и форм представления, интерпретации, сбора, обработки, анализа и отображения** разнородной накапливаемой информации в СЦ и СППР.

Постановка задачи для исследования

В общем виде мониторинг ЧС предусматривает получение в результате наблюдений и измерений **данных** (факты, характеризующие отдельные свойства объектов, процессов, явлений), **знаний** (закономерности, связывающие данные и позволяющих решать поставленные задачи в зоне ЧС, полученные очевидцами ЧС и экспертами из практической деятельности) и **контент** (неструктурированные документы, карты, рисунки, схемы, и т.п.).

Рассмотрим задачу исследования для природной ЧС. На начальном этапе сбора информации о ЧС фиксируются основные параметры:

- геоинформационная привязка зоны, в которой возможно возникновение ЧС;
- характеристики причин возникновения ЧС, тип/вид и площадь ЧС;
- данные мониторинга окружающей среды, которые снимаются и вносятся для анализа, обработки и хранения в БД;
- оценки текущего социально-экономического ущерба, количество пострадавших людей, характеристики разрушений и оценки прогноза возможного развития ЧС;
- характеристика сценария развития ЧС, оценки риска для жизнедеятельности людей и расчетные параметры плана уменьшения ущерба, количественные оценки объемов необходимых ресурсов, сил и средств, которые необходимо для локализации и ликвидации последствий ЧС;
- сравнительные оценки возможности использовать прецедентный опыт.

Этот далеко не полный перечень оценочных и фактических данных и знаний, которыми надо обеспечить СППР для предупреждения и развития, ликвидации последствий ЧС. Для решения этих проблем необходима разработка информационной модели ЧС, которая позволит с минимальными затратами времени и средств учесть динамику развития ЧС и существующий прецедентный опыт. Важными аспектами предлагаемого подхода являются:

- использование для принятия решений в СППР расширенной БЗ о прошедших ЧС из Internet и социальных сетей [3];
- применение рассуждений по аналогии (по прецедентам, case-based reasoning) [4], данный подход является реализацией метода интеллектуального анализа данных (Data Mining).

Использование Internet и социальных сетей, прежде всего, позволяют получить информацию тогда, когда в месте наблюдения до и после ЧС можно использовать мнение значительного числа экспертов. Кроме того, свидетельства могут дать информацию в том случае, когда нет централизованных средств получения информации.

Конечно, есть проблема, которая связана с тем, что не всегда можно доверять качеству знаний полученных таким способом. Предлагаемые методы формализации, моделирования и анализа позволяют с определенной степенью достоверности получить значительное число качественных знаний. Исследуемая модель прецедента обладает свойством адаптивности к условиям поиска решений на основе модели предметной области и обобщенной структуры прецедента, которая

позволяет решить многокритериальную задачу оптимизации управленческих решений в условиях неопределенности [4].

Технология разработки моделей прецедента имеет следующие шаги:

Шаг 1. Строится модель предметной области для контролируемой зоны ЧС.

Шаг 2. Тестируется модель для заданных критериев при решении различных задач анализа и принятия решений в зоне ЧС. Решаются тестовые задачи многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности.

Шаг 3. По результатам оптимизации корректируется модель предметной области (расширяется или дополняется).

Шаг 4. Разрабатываются модели прецедента для контроля, анализа, предупреждения, снижения ущерба и ликвидации последствий ЧС.

Шаг 5. Отбор в прецедентную БЗ наиболее удачных решений, которые с наилучшими показателями снижения риска безопасности жизнедеятельности людей, социального риска, материальных потерь и т.п.

Шаг 6. Оценивается близость контролируемой ЧС к прецеденту.

Шаг 7. Адаптируются решения по заданным критериям.

Шаг 8. В случае не удовлетворительного результата при поиске решений в БД и БЗ ищется новый прецедент, и процесс решения возвращается к шагу 5.

Для решения поставленной задачи при разработке информационной модели ЧС используем понятия микроситуации [5] и вывод на основе прецедентов [6].

Технология системного анализа и выбора управленческих решений с использованием прецедентов для предупреждения, ликвидации последствий ЧС, снижения затрат времени, используемых средств, уменьшения социальных рисков и потерь при возникновении ЧС в контролируемой зоне ЧС предлагается выполнять в следующей последовательности:

Шаг 1. Выполняется временной и дисперсионный анализ влияния климатических параметров $\{X\}$ окружающей среды в зоне ЧС. Формируется множество микроситуаций – $\{Msit\}$ для контролируемой ЧС.

Шаг 2. Ранжируются микроситуации – $Msit$ из множества микроситуаций – $\{Msit\}$ по степени влияния на возникновение ЧС [6].

Шаг 3. Из данных о прошедших ЧС формируется БД микроситуаций для контролируемой ЧС

$$\left\{ \text{Msit} \left\langle \text{Geo}, X, \mathfrak{S}, \text{Res}, R_{\text{ef}} \right\rangle \right\},$$

где Geo – параметры геоинформационной привязки;

\mathfrak{S} – необходимые управленческие решения;

Res – требуемые ресурсы в условиях ЧС;

R_{ef} – эффект от снижения риска

$$R_{\text{ef}} = \frac{R_{\text{before}} - R_{\text{after}}}{C_{\text{var}}},$$

где R_{after} – подверженность риску до возникновения ЧС и после возможного применения требуемого управленческого решения и снижения риска; C_{var} – затраты, связанные с применением данного управленческого решения (причем управленческое решение приемлемо при значении $R_{\text{ef}} > 1$).

Шаг 4. Поиск для контролируемой ЧС формируются текущие микроситуации и осуществляется поиск близких для $\left\{ \text{Msit} \left\langle \text{Geo}, X, \mathfrak{S}, \text{Res}, R_{\text{ef}} \right\rangle \right\}$ контролируемой ЧС аналогов из базы прецедентов $\left\{ \text{Msit}^* \left\langle \text{Geo}^*, X^*, \mathfrak{S}^*, \text{Res}^*, R_{\text{ef}}^* \right\rangle \right\}$. Сравнение осуществляется на основе расстояния, вычисляемого по метрике Хемминга. Близость прецедентов-аналогов ЧС определяется как произведение близости всех микроситуаций.

Шаг 5. Для микроситуаций, которые расположены по шкале ранжирования в верхней позиции шкалы (т.е. имеют наибольшее влияние на возникновение ЧС) определяются наилучшее управляющее решение для управления рисками – \mathfrak{S}^* и выбранные при этом эффективные ресурсы Res^* .

Шаг 6. В экспертной системе СППР оцениваются, рекомендуемые по результатам предыдущего шага управляющие решения.

Шаг 7. Результаты передаются лицу принимающему решение (ЛПР) в СЦ.

Упомянутая выше проблема расширения информации о ЧС за счет поиска ее в Интернет и социальных сетях вызывает необходимость раскрытия технологии наполнения БЗ. Необходимо решить проблемы организации поиска информации и использовании этой информации при моделировании предметной области.

Необходимо отметить, что знания, выявленные с помощью Интернет и социальных сетей, имеют вербальное описание, которое может обладать детализированным перечнем возможных отклонений от нормы смысловой определенности:

1. Приблизительное представление о некоторых процессах при ЧС, состоянии объектов, событиях, понятиях, отношениях и связях и т.п.
2. Двусмысленность, допускающая двоякое истолкование.
3. Неточность — нет подробного указания признаков.
4. Слабая детализированность.
5. Формулировки даны в общих терминах, охватывающих довольно много различных случаев, со значительными погрешностями или вообще не правильных.
6. Описание не очень полное, нет ответа на некоторые, сформулированные выше вопросы.

Кроме того, развитие технологии поиска решений за счет использования понятия микроситуации [5].

Решению некоторых значимых проблем, которые упоминались выше и посвящается данное исследование.

Особенности разработки базы знаний с использованием интернет

В последнее время в предотвращении и ликвидации последствий ЧС стали играть принципиально новые субъекты гражданского общества в виде локальных структур – комьюнити (community) или сетевых сообществ. Это связано с бурным развитием социальных сетей и необходимостью своевременного выявления и получения дополнительных сведений о ЧС, которые не могут быть реализованы в существующих системах управления в условиях ЧС. Социальные ресурсы сетевых сообществ позволяют им реализовать ряд функций, с помощью которых происходит актуализация сетевых сообществ как субъектов действий в условиях ЧС [9]. Разработка БЗ будет формироваться и анализироваться в экспертной системе СППР с учетом ввода текстовой информации из Интернет и социальных сетей.

В результате проведения объектно-структурного анализа зоны ЧС для заполнения БЗ необходимо получить ответы о предметной области, связанной с ЧС на следующие вопросы:

ЗАЧЕМ нужны знания (полученные в результате стратегического анализа ЧС: представление о типе ЧС, функциях субъектов и объектов в зоне ЧС);

КОМУ и **КТО** готовит знания (полученные в результате организационного анализа: для службы мониторинга, спасательных организаций, структуры министерства по чрезвычайным обстоятельствам и т.п.);

ЧТО представляют собой знания (полученные в результате концептуального анализа: концепты и отношения);

КАК представлены знания (в результате функционального анализа: гипотезы, правила вывода, факты и модели для СППР);

ГДЕ происходит ЧС – знания (поступившие в результате пространственного анализа: окружающая ЧС среда, информация об объектах и оборудовании в зоне ЧС);

КОГДА поступают знания (в результате временного анализа: временные параметры событий сопровождающих ЧС, критические данные и ограничения);

ПОЧЕМУ произошла ЧС – знания (поступившие в результате каузального анализа для формирования подсистемы объяснений в СППР);

СКОЛЬКО ожидается или требуется затрат, ожидается потерь от происшедшей ЧС знания (поступившие в результате экономического анализа о том какие экономические, социальные и материальные ресурсы необходимы для смягчения и ликвидации последствий ЧС и требуемые коммуникации).

Ответы на сформулированные выше вопросы могут быть получены в результате опроса очевидцев ЧС. Однако, для качественного анализа при формировании БЗ требуют специальных методов обработки и моделей представления. Наиболее предпочтительными могут быть опросные, структурированные последовательности вопросов. В случае не возможности провести такой опрос необходим лингвистический и семантический анализ опубликованных текстовых сообщений.

Сбор информации в прецедентную БЗ либо на основе диалога с очевидцами (задаются в определенной последовательности вопросы типа «какой тип ЧС?», «что Вы наблюдаете?», «где?», «когда...?», «сколько...?» и т.п. Используются различные типы шаблонные ответы, из которых «очевидец» может выбрать ответ.

Остановимся на особенностях выявления знаний при общении с компьютером. В этом случае интеллектуально-вербальная коммуникация с очевидцами ЧС основана на связи объекта наблюдения – ЧС, поведения – представления динамики в предметной области и слова –

описания наблюдаемых событий. В данном случае некоторый физический или абстрактный объект из окружающей среды является некоторым понятием и выражается определенным словом. Данная связь схематически представлена на (Рис 1.)



Рисунок 1 – Связь объекта, понятия и слова

Процессы словесного озвучивания объектов и восприятия слов изображены на (Рис. 2).

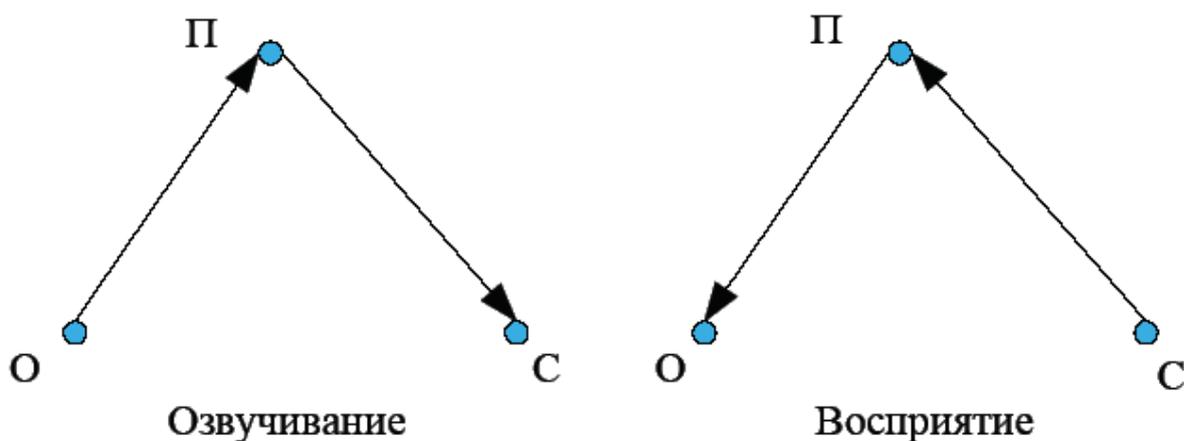


Рисунок 2 – Озвучивание объектов и восприятие слов

Человек представляя определенный объект в своем сознании находит соответствующее ему понятие, к которому затем подбирает подходящее слово и озвучивает его. Восприятие текста происходит в обратном направлении. Получив через органы коммуникации некоторое слово, человек связывает его с определенным понятием в зависимости от контекста ситуации, своего опыта и других факторов. После формирования в сознании определенного понятия формируется представление о ЧС.

Проблемы в интеллектуально-вербальной коммуникации возникают при использовании неверных слов. Это происходит в случае наличия различных ассоциаций между понятием и словом. Один участник коммуникативного процесса выражает понятие одним словом, с которым у другой стороны ассоциируется другое понятие. На (Рис. 3) отображена проблема, которая характеризует обмен информацией между двумя лицами 1 и 2. В данном случае имеются две связки $O-P-C-O_1-P_1-C_1$ и $O_2-P_2-C_2$ у каждого из участников соответственно. Первый из них считает, что слово C_2 выражает понятие P_1 . Второй, будучи уверенным, что понятию P_1 соответствует слово C_1 , воспринимает слово C_2 как выражение понятия P_2 . Поэтому в данном информационном обмене наблюдается неверная передача объекта O_1 , который принимающая сторона воспринимает как объект O_2 .

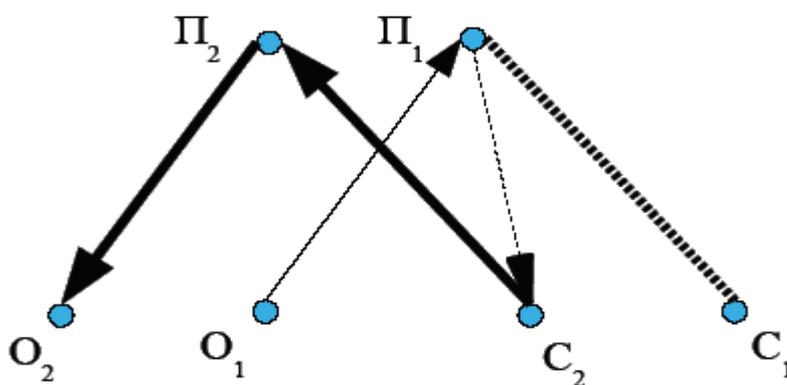


Рисунок 3. – Ошибка в выборе слова

Описанная проблема особенно актуальна на начальных стадиях заполнения БЗ, когда происходит описание окружающей среды на основе поиска знаний в Интернет. Необходимо уточнить задачи, которые стоят перед инженером по знаниям в экспертной системе (ЭС) СППР. Разногласия на данном этапе ведут к возникновению серьезных ошибок.

Однако не смотря на вышеописанные проблемы текстовое представление является одним из наиболее эффективных с выразительной точки зрения и с точки зрения затрат ресурсов на подготовку и создание описания. Для $C_2 O_2 C_1 O_1 P_1 P_2$ можно сформулировать две гипотезы относительно представления информации об объектах связанных с ЧС.

Гипотеза 1. Всю информацию об объекте управления, ресурсах, используемых при смягчении влияния и ликвидации последствий ЧС можно выразить средствами обычного естественного языка.

Гипотеза 2. Всякий текст, описывающий объект управления может быть переведен на формальный язык.

Безусловно, для некоторых случаев при возникновении ЧС могут существовать объекты, для которых гипотезы не верны, однако опыт показывает справедливость приведенных гипотез и целесообразность их использования.

ЧС состоит из множества понятий ее образующих. Как было отмечено выше, для поиска эффективного управленческого решения в условиях контролируемой или наблюдаемой ЧС необходимо провести сравнение данной контролируемой ситуации с множеством прецедентных из БД и БЗ.

На начальном этапе моделирования предметной области формируется идентификация понятий, входящих в нее. Классические методы классификации, такие как кластерный анализ, в чистом виде не подходят, потому что при моделировании предметной области заранее неизвестно, что собой представляют понятия, которые используются в модели ЧС и как их атрибуты соотносятся с атрибутами прецедентных понятий. Поэтому перед описанием модели ситуации требуется разработка и проведение ряда дополнительных исследований по идентификации понятий.

В первом приближении наиболее подходящие для сравнения ситуаций и понятий можно сделать на коэффициенты Жакара, Роджерса и Танимото, но они не учитывают асимметричность подобия и поэтому требуют изменения.

Основная проблема с идентификацией понятий и ситуаций, которая присутствует в контексте рассматриваемой проблемы – это то, что сравниваемые объекты (в зоне контролируемой ЧС и из прецедентной БЗ) могут быть разнородными и имеющих разную размерность. В этом случае неприменимы известные меры сходства без соответствующих доработок. Здесь находят применение выше упомянутый инструмент моделирования предметной области с использованием понятия микроситуация [4–6]. Реально можно определить близость значений

для текущей контролируемой зоны ЧС и накопленных данных и знаний прошедших наблюдений, представленных в виде прецедентной БЗ, т.к. поиск близких значений обретает реальные контуры за счет снижения неопределенности и использования микроситуаций, значимых для поиска решений.

При моделировании предметной области, кроме введенных понятий, необходимо рассматривать процедуры, операции, действия, кроме того необходимо использовать и другие термины. Так большой комплекс действий, приводящий к выполнению, который связан с ликвидацией последствий ЧС, называют «направлением работ». Для привязки действий ко времени употребляются термины «стадия» и «этап». Однако главным системным понятием здесь может оставаться операция. Разложение процесса решения в условиях ЧС только на необходимые направления работ или стадии и этапы выполнения, например, спасательных работ практически всегда связано с неопределенностью и многокритериальностью решаемой проблемы.

В общем случае любое действие в условиях ЧС имеет три основные характеристики:

1. цель действия;
2. описание действия;
3. способ его выполнения.

Все эти характеристики можно представить в виде вопросов, которые способствуют организации действия:

Цель (назначение) – это ответ на вопросы в зависимости от ситуации:

«Зачем?» или «Каков должен быть результат?».

Описание действия – это ответ на вопрос «Что делать?»

Способ выполнения (умение и возможность) – это ответ на вопрос «Как делать?»

Или коротко система вопросов будет выглядеть так: «Что?», «Зачем?», «Как?»

Продумывание решения задачи – это способ организации вопросов, т.е. выбор схемы из достаточно небольшого множества (рис. 4).

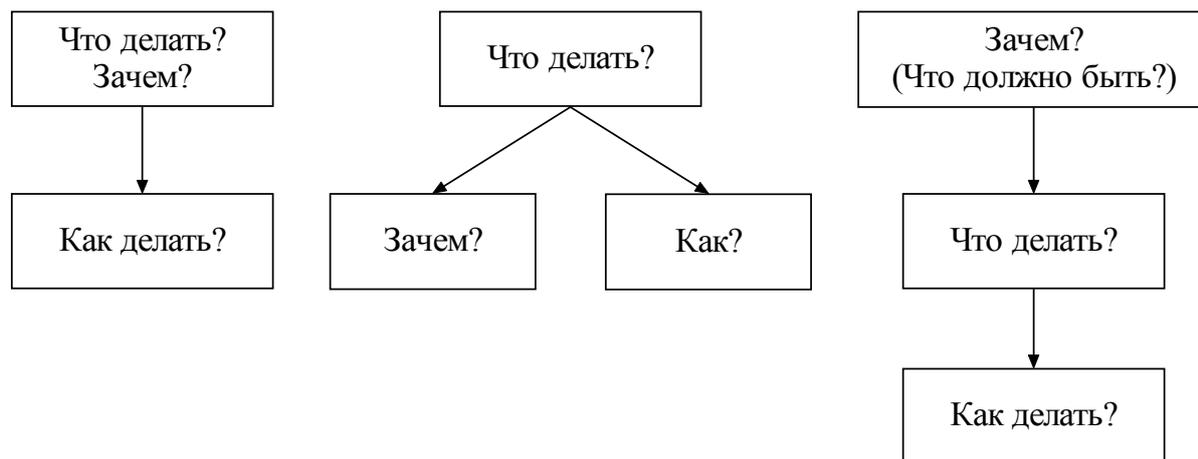


Рисунок 4 – Типовые приемы организации отдельных действий

Однако существуют и ситуации, которые в некотором смысле являются крайними. Их наличие только лишь подчеркивает, что только наличие ответов на все три вопроса приведет к уверенности в правильной организации действий.

Первый случай – это наличие только ответа на вопрос «Как?». Это случай, когда следует действовать **по инструкции в условиях ЧС**.

Второй случай – это пренебрежение ответом на вопрос «Зачем?». Это, как правило, действия по выбору, когда проще перебрать все случаи, чем искать ответ на вопрос «Зачем?». Например: мы что-то пробуем, переделываем и так и эдак, пока не найдем то, что ищем, например, причину потери связи в разрушенном здании или наилучшее решение какой-то проблемы ликвидации последствий ЧС.

Третий случай – это случай пренебрежения вопросом «Как?». Такие действия являются абстрактной схемой, неконструктивным подходом или схоластическим решением. К действиям без «Как?» относятся действия, для которых пока что нет технологии, нет информационных средств с требуемыми ресурсами. Здесь либо требуется специальные исследования, направленные на поиск ответа, на вопрос «Как?», либо выполняется поиск осуществляемого набора действий, заменяющего данный, либо происходит изменение (упрощение) задачи.

Изобразим теперь наиболее распространенную схему организации действий по решению задачи (Рис. 5).

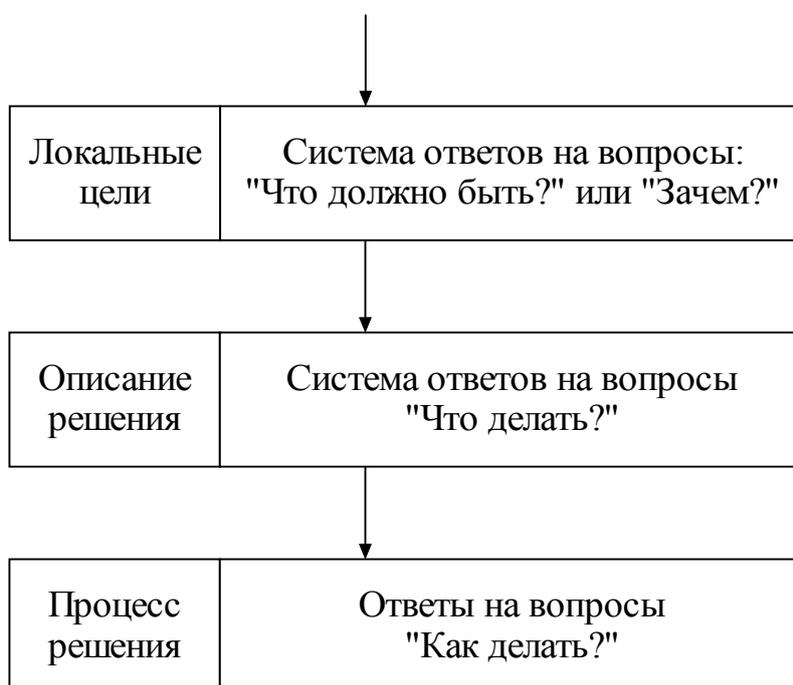


Рисунок 5 – Типичный вариант организации систем действий по решению задачи ликвидации последствий ЧС

Заметим, что нижняя ячейка не является системой (в отличие от двух верхних), так как ответы на вопросы «Как?» не обладают внутренними связями. Замена одного способа выполнения другим обычно не приводит к каким-либо изменениям в решении задачи; однако замена ответа на вопрос «Что?» или «Зачем?» влечет изменение других действий или целей. Тут уместно было бы использовать модели, которые используют Байесовский подход для решения проблемы. Результаты работы, которые представлены в следующей статье, должны расширить возможности решения поставленной проблемы.

Выделим совокупность локальных целей $\{g_j^s\}$, обеспечивающих выполнение цели общей по ликвидации последствий ЧС – G_j с помощью операции J :

$$\{g_j^s\} \rightarrow G_j, s=\overline{1, \sigma}.$$

Данная запись означает лишь достаточность достижения целей множества целей $\{g_j^s\}$ для осуществления общей глобальной цели – G_j ; может существовать и другая совокупность

локальных целей, которая обеспечит достижение той же цели – G_j . Основным смыслом этой записи в том, что можно «забыть» про цель G_j и выполнить более простые цели $g_j^1, g_j^2, \dots, g_j^\sigma$.

Систему локальных целей принято создавать сверху, с введения набора целей первого иерархического уровня. Декомпозиция целей должна сопровождаться их согласованием, которое является главным условием того, что все они вместе приведут к достижению глобальной цели задачи ликвидации последствий ЧС.

В общем случае, который обусловлен сложностью рассматриваемой задачи и структурой связей между локальными целями имеют произвольный характер. В качестве крайних ситуаций можно считать следующие случаи:

- случай, когда выполнение любой цели связано с выполнением каждой из остальных целей достижения одного условия (что соответствует отсутствию иерархических связей между целями);
- случай полной независимости целей, т.е. каждая из них достигается самостоятельно.

Можно выделить простейшие и одновременно основные типы связей между целями – их существует всего три.

Пусть имеется цель G_j , которую можно разделить на две цели g^1 и g^2 (индекс j здесь для простоты опустим). Тогда это можно записать так:

$$\{g^1, g^2\} \rightarrow G_j.$$

При этом возможно:

- **последовательное** выполнение – только достижение одной цели, которое дает возможность выполнять действия для достижения другой цели;
- **параллельное** выполнение – цели могут достигаться независимо;
- **циклическое** выполнение – частичное выполнение одной из множества целей, при этом данное действие позволяет частично достигать другую цель, что в свою очередь позволяет вернуться к выполнению первой цели, и так до выполнения обеих целей.

Цели на рисунке 6.а называются **связанными**, на рисунке 6.б – **несвязанными**, на рисунке 6.с – **сложно-связанными**. Последние с точки зрения кибернетики являются примером системы с обратной связью.

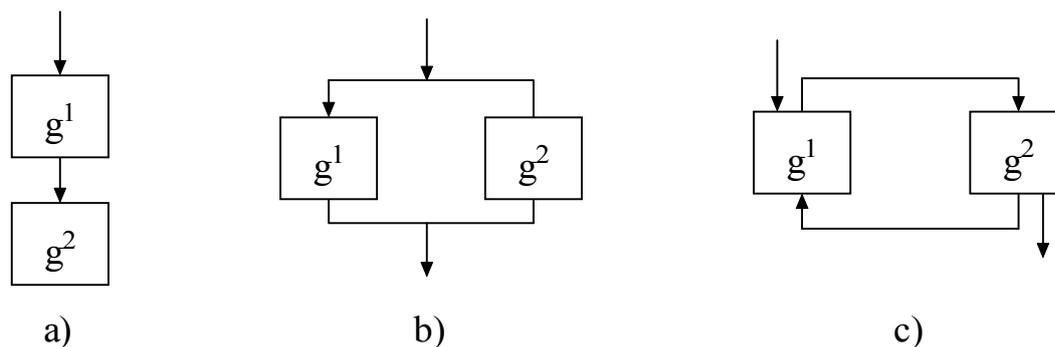


Рисунок 6 – Способы достижения двух целей

Способ достижения каждой из целей g^1 и g^2 в отдельности может быть дискретным (порциями, скачками) и непрерывным. В первом случае схему (Рис. 4.а) также называют интерактивной, а каждый переход от цели g^1 к g^2 и обратно – итерацией, шагом, циклом.

Для более двух локальных целей связь между ними будет комбинированием приведенных выше типов. Схематические примеры некоторых из них для случая трех локальных целей изображены на (Рис. 7).

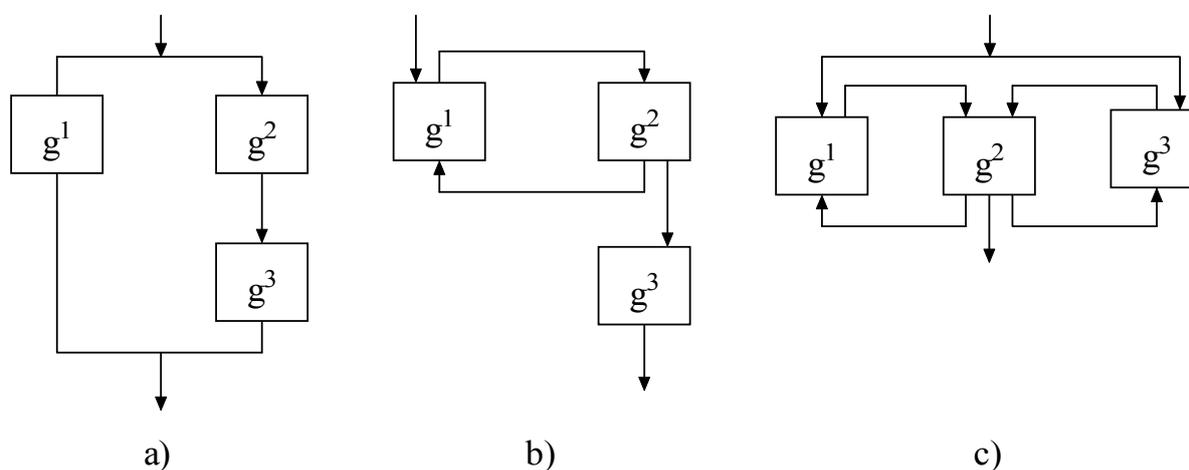


Рисунок 7 – Некоторые способы достижения трех целей

Для более двух локальных целей связь между ними будет комбинированием приведенных выше типов.

Часто выполнение одной локальной цели может затруднить и даже исключить выполнение другой. Такие цели (две и более) называют антагонистическими. В сложных системах практически не удается избавиться от той или иной степени антагонистичности локальных целей.

После анализа текста, который был получен из Интернет или социальных сетей необходимо для правильной идентификации понятий входящих в описание, которые связаны с ЧС необходимо использовать алгоритм категорийной классификации понятий. Этот алгоритм позволяет эффективно соотнести неизвестное понятие к уже известному классу. Данный алгоритм подразумевает наличие групп категорий классов понятий. Эти категории строятся в виде иерархий, которые образованы по родовому признаку.

Выполняя моделирование ЧС, проектировщик строит модель предметной области, которая есть по своей сути отражение в сознании наблюдателя свойств объектов и событий, их отношений в решении задачи исследования ЧС.

С учетом вышесказанного модель ЧС – Mod , как отражение целей ликвидации последствий ЧС, для определения эффективных средств управления при ликвидации последствий ЧС, можно определить в следующем виде [4]:

$$Mod = \langle A, O, G, P, \Theta \rangle,$$

где A - элементы (компоненты, части модели ЧС) системы управления рисками для ЧС – Mod ,

O - отношения (связи) элементов модели,

G - цели подсистем модели,

P - инженер по знаниям и аналитик ЭС (разработчики модели ЧС – Mod),

Θ - язык моделирования (выбранный метод семантического и логического моделирования ЧС).

Задача моделирования ЧС – это удовлетворение целей G при ликвидации последствий ЧС. На начальных стадиях анализа ЧС и принятия решений в ЭС и СППР инженер по знаниям и аналитик ЭС P с помощью различных, в том числе и языковых средств моделирования – Mod проводит исследование Mod , чтобы выяснить, как соотносятся понятия, элементы модели – A которые имеют отношения O для достижения целей системы G .

Во многом успешность данного процесса моделирования ЧС определяется способностью инструментария Mod наиболее полно и достоверно учесть цели системы.

Модели ЧС можно рассматривать как модель, которая состоит из множества понятий, находящихся в отношениях или связях друг с другом, образующих целостность или органическое единство.

Ситуация формируется как множество количественных (из БД) и качественных (из БЗ) микроситуаций. Ситуация Sit представляется как совокупность из n микроситуаций $\{Msit_i\}, i=\overline{1,n}$ [5]:

$$Sit = \{Msit_i\}, i=\overline{1,n}, Msit_i = \langle e_i, O_{e_i} \rangle.$$

Часть модели Mod, которая определяется знаниями из БЗ и может быть представлена парой $Msit^e = \langle e, O_e \rangle$, называется микроситуацией понятия e .

Понятие e называется центральным понятием микроситуации $Msit^e = \langle e, O_e \rangle$, множество $\{O_e\}$ является контекстом центрального понятия e . Центральным является понятие, являющееся центральной смысловой единицей, вокруг которой базируется анализируемая микроситуация. Множество $O_e = \{o_j\}, j=\overline{1,m}$ состоит из понятий, выражающих отношение центрального понятия e с остальными второстепенными понятиями, участвующими в микроситуации для рассматриваемой ЧС.

Ситуация включает множеством понятий, каждое понятие отражает свойства ситуации в одной из множества характеристических категорий [6].

Структура категории представляет собой иерархию понятий, построенную по родовому принципу, правила формирования, которой будут представлены ниже. Вместе с категориями, представляющими сущностные понятия, будут присутствовать категории с понятиями, представляющими отношения.

Категория Kat представляется в виде иерархии с помощью ориентированного графа $Kat = \langle E, \Theta \rangle$ понятий, построенного по родовому признаку, где E – множество вершин графа – множество понятий $\{e_1, e_2, \dots, e_{n-1}\}$ и $A = \{\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_{n-1}\}$ – множество дуг графа,

выражающих отношение наследования между двумя понятиями в направлении от наследника к предку. Понятия e_1 является изначальным понятием категории Kat , которое определяет самый общий элемент в иерархии.

Каждое из понятий включает в себя указатель на решающее правило, которое определяет группу признаков, позволяющих отличать данное понятие от других. Признаком понятия является то, что так или иначе, его характеризует, то, в чем они похожи или отличаются друг от друга, как в плане наличия (положительный признак), так и в плане отсутствия (отрицательный признак) [7].

Для нахождения подходящего проектного решения аналитику необходимо выразить *проблемную ситуацию* в терминах понятий существующих категорий. Объекты понятий, описывающие текущую проблемную ситуацию, классифицируются по имеющимся категориям, описываются связи между ними и затем производится поиск прецедентной ситуации в БЗ, близкой к исследуемой. Прецедентные ситуации, с которыми производится сравнение, называются *эталонными ситуациями*.

Этапы поиска эффективных управленческих решений для ликвидации последствий ЧС (с использованием прецедентной БЗ) выполняются в следующей последовательности:

Шаг 1. Из Интернет и социальных сетей в результате работы поискового робота получают тексты наблюдений очевидцев ЧС для текущей ситуации (предметной области) в виде повествовательного текста.

Шаг 2. Выявление из полученного описания множество понятий из имеющихся категорий.

Шаг 3. Построение описания на языке представления ситуаций (моделирование ЧС).

Шаг 4. Поиск в пределах заданного интервала близости эталонной ситуации из прецедентной БЗ, близкой по структуре к проблемной или контролируемой ЧС.

Шаг 5. Сужение поиска путем включения в поиск учета атрибутов объектов понятий.

Сначала текущая ситуация описывается в виде простого повествовательного текста, отражающего по группам категорий участников и среду. Полученный таким образом текст, является основой для построения описания на языке представления ситуаций. Для перехода к нему необходимо, чтобы описание велось на основе понятий из существующих категорий. Это осуществляется посредством классификации понятий, когда понятия, описанные на модельном языке предметной области, замещаются известными понятиями.

Обозначим текстовое описание ситуации, полученное от эксперта или очевидца ЧС как $TxtExp$. Понятие предметной области из первичного текстового представления $etExp$, а понятие, выраженное в терминах имеющихся категорий – e . Процесс выявления понятий $etExp$ из текста $etExp$ является функцией, отображающей текст на множество понятий:

$$EF(TxtExp) \rightarrow \{etExp_i\}$$

где EF – функция выявления понятия, $etExp_i$ – выявленные понятия имеют значение $i=\overline{1,n}$.

При поиске кандидатов в понятия можно руководствоваться классическим методом, т.е. рассматривать стандартные категории объектов и пытаться выделить из полученного описания понятия, которые, по мнению эксперта или аналитика могли бы принадлежать данным категориям [8]. Для этого можно воспользоваться представленными ранее описаниями групп категорий и самих категорий. Следует отметить, что на данном этапе не происходит классификации понятий по категориям. Используется лишь описание групп и категорий, которые могут послужить определяющими для выделения дополнительных понятий из описания ситуации.

Таким образом, анализируя ситуацию – Sit получаем два множества кандидатов: cE - множество понятий, являющихся сущностями и cO - множество понятий, выражающих отношение между другими понятиями.

Первым шагом является выделение из множества кандидатов cE множества центральных понятий – $cKat$. В первую очередь это существительные, который являются подлежащими в предложениях, из которых они были получены. Затем поиск центральных понятий проводится среди остальных элементов множества кандидатов cE . Для выделения центральных понятий следует использовать следующие рекомендации:

- центральное понятие является обобщающим понятием его составных частей (других понятий);
- центральное понятие каким-либо образом управляет деятельностью или состоянием других понятий.

Обособленное центральное понятие может не иметь связей с другими понятиями предметной области, но являться неотъемлемой частью описания ситуации. В данном случае при изъятии этого понятия описание теряет полноту.

Следующим шагом будет выделение связей полученных кандидатов в центральные понятия. Для этого сначала из множества кандидатов cE удаляются элементы множества центральных понятий cE , в результате чего получится множество отношений и второстепенных понятий $cA=cE/cKat$. Задача стоит в выделении подмножества отношений (ассоциаций) $cO \subset c\Theta$.

Ассоциация центрального понятия с другими понятиями может выражать следующие типы активных связей между этими понятиями:

- подчинение – руководство;
- управление – зависимость;
- слежение – уведомление;
- связь – прием и передача других понятий;
- отношение агрегирования – «целое-часть».

Первыми кандидатами на отношения являются выделенные ранее глагольные формы. Для каждого из полученных центральных понятий множества $cKat$ проводится поиск связанных с ним глагольных форм по приведенным выше типам связей. Затем происходит поиск связей, не выраженных явно глагольной формой, но подразумевающихся в контексте найденного Интернет или социальных сетях описания ЧС, приведенного рассказа, описывающего проблемную ситуацию. Это могут быть следующие дополнительные виды ассоциаций:

- следование правилам, указаниям и т.д.;
- описание среды центрального понятия.

Таким образом, руководствуясь списком типов активных и дополнительных связей, получим элементы множества отношений cO . Каждый из элементов множества отношений $o_i \in cO$ будет связан с определенным центральным понятием $c_i \in cKat$, формируя множество микроситуаций $Msit_i = \langle c_i, O_{c_i} \rangle$, в котором элементы множеств O_{c_i} являются элементами множества cO . На данном этапе полученные микроситуации еще не являются полными, поскольку элементам множества cO еще не поставлены в соответствие второстепенные понятия.

В качестве второстепенных понятий могут выступать любые элементы множества кандидатов cE , независимо от того попали ли они в множество центральных понятий $cKat$, множество

отношений сО или ни в одно из них. В большинстве случаев второстепенные понятия получаются из дополнений к глагольным формам, выделенным ранее. В общем случае второстепенные понятия – это те понятия, на которые ссылаются ассоциации. В качестве примера для приведенных выше видов отношений второстепенными понятиями могут такие понятия:

- подчиняющееся или руководящее понятие – работник или начальник;
- управляющее понятие – министерство чрезвычайных ситуаций (МЧС), подчиняющееся – региональная служба МЧС;
- следящее понятие – пост наблюдения МЧС;
- уведомляющее понятие – датчик температуры, свидетельство очевидца;
- прием и передача – почтовый ящик, модем;
- агрегирование – инструменты для спасательных работ и транспортное средство;
- следование правилам – закон, инструкция по выполнению спасательных работ;
- среда – влажность, сила тока, давление и т.п.

Указания на второстепенные понятия у отношений представляются в виде ссылок на данные понятия.

Полученное представление проблемной ситуации в терминах проблемной области необходимо теперь описать с помощью понятий, представленных в имеющихся категориях. Каждый из классов понятий, расположенный в категории, имеет свои отличительные черты и характеристики, по которым данное понятие можно отличить от других. Каждой категории ставится в соответствие *стратегия* выявления понятий. Стратегия представляется в виде ориентированного графа. Вершинам графа, именуемым *точками*, соответствуют классы понятий из категории, которой соответствует данная стратегия, а дугам, именуемым *переходами*, соответствуют различные решающие правила, приводящие к переходу от одной точки к другой.

Решающим правилом является логическое выражение, состоящее из группы вопросов, представляющих собой характеристические признаки понятия. Истинность данного выражения говорит о том, что понятие, к которому были применены данные признаки и принадлежат к данному классу понятий. При добавлении класса понятия в категорию, в решающее правило включается только те признаки, которых нет у родительских объектов, т.е. выделяются признаки,

отличающие его от непосредственного родителя. Решающее правило представляется в следующем виде:

$$DR = \hat{F}_i$$

где F_i - отдельный признак.

При подсчете значения решающего правила DR каждому из признаков F_i ставится в соответствие значение истины, если данный признак присутствует у понятия и ложь в противном случае.

Стратегия идентификации понятий в категории не является отдельным множеством, а всего лишь смысловым объединением над иерархией понятий в категории и их решающими правилами. Выделение такого отдельного представления позволяет отдельно рассматривать стратегию в алгоритмах как самостоятельный элемент. Стратегия не является статическим множеством, она выстраивается в зависимости от текущей структуры категории и понятий ее наполняющих.

Стратегия для категории $Kat = \langle E, \Theta \rangle$ представляется в виде следующего множества:

$$Sit_{Kat} = \langle P, D, p_0, D_0 \rangle,$$

которое состоит из множества точек $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$,

множества переходов $D = \{D_i\}$, $i = \overline{1, n}$ в каждую из точек $p_i \in P$,

ссылки на изначальную точку $p_0 \in P$, с которой начинается идентификация,

ссылки на изначальный переход $D_0 \in D$, с помощью которого принимается решение о принадлежности понятия к данной категории.

$D_k = \{d_{j,k}\}$, параметры $j = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, n}$ означают, что переход направлен от точки p_j к точке p_k или по-другому от класса понятия e_j к классу понятия e_k .

Данному переходу D_k от некоторого класса понятия к классу понятия e_k соответствует решающее правило DR_k .

Таким образом, видно, что возможность перехода к некоторой точке определяется лишь связанным с соответствующим классом решающим правилом. Направление переходов $D_k = \{d_{jk}\}$ обратно направлению дуг из множества $A = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$. Каждой из дуг $G_j(e_i, e_k)$ соответствуют переходы D_i для пары точек p_k и p_i .

Каждая стратегия начинается с *изначального перехода* D_0 , осуществив который считаем, что искомое понятие может принадлежать данной категории. Изначальный переход ведет к *изначальной точке* e_k , соответствующей изначальному понятию e_0 категории Kat . Пример соответствия категории и дерева решений изображено на (Рис. 8).

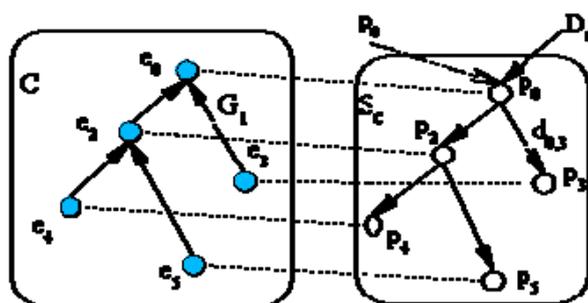


Рисунок 8 – Стратегия выбора понятия

В данном примере стратегия S_c построена для категории Kat . Каждому из классов понятий e_0, e_2, e_3, e_4, e_5 соответствуют точки p_0, p_2, p_3, p_4, p_5 , каждой из дуг G_j множества A соответствует определенная группа дуг D_j из множества D . Например, на рисунке отношению наследования $G_1(e_3, e_0)$ соответствует переход $d_{0,3}$. Из точки p_0 в точку p_2 и из точки p_2 в p_5 имеется несколько переходов – 2 и 3 соответственно.

Движение по графу стратегии S_c начинается с изначального перехода D_0 успешность которого ведет к изначальной точке p_0 . Далее проверяется возможность осуществления переходов D_2 или D_3 .

Способность осуществить такой переход определяется истинностью решающей правила эталонного понятия для проблемного понятия. Для примера, изображенного на (Рис.5), таким переходом является $d_{0,3}$. Например, если категория Kat содержит типы организационных структур, состоящую из различного рода организаций и их подразделений, переход $d_{0,3}$ требует наличия в проблемном понятии следующего признака: «Организация управляется коллективом спасателей».

Дальнейшее продвижение вниз по иерархии сужает критерии поиска эталонного понятия. Понятие считается найденным, если продвижение на нижние уровни с точки зрения предметной области не имеет смысла. Если проблемное понятие не может быть классифицировано ни по одному из имеющихся в категории классов, то необходимо добавить новый класс понятий, взяв в качестве родительского понятие, за которым поиск теряет смысл. Будем считать, что поиск теряет смысл за определенным эталонным понятием, если:

1. У эталонного понятия в иерархии отсутствуют дочерние понятия.
2. Все дочерние понятия эталонного понятия обладают одним или более признаком, которого нет у проблемного понятия.

Из множества полученных понятий, за пределами которого поиск теряет смысл, выбирается то, с который проблемное понятие имеет наибольшее количество общих наиболее влияющих признаков на появление ЧС.

Рассмотрим в общем виде алгоритм категорийной классификации понятий. Примем за e_p понятие, которое классифицируется. В качестве категории – Kat принимаем категорию, для которой происходит идентификация понятий. Экспертом будем считать некоторое действующее лицо, которое способно положительно или отрицательно ответить на вопрос о наличии определенного признака у классифицируемого понятия. В роли эксперта может выступать человек или ЭС.

Шаг 1. Эксперт принимает решение о возможности перехода D_0 .

Шаг 2. Если переход невозможен, то считается, что понятие e_p не может принадлежать категории Kat и процесс классификации в данной категории прекращается.

Шаг 3. Переходим к следующей точке p_i , в которую приводит нас разрешенный положительно переход D_i .

Шаг 4. Получаем множество возможных переходов $D_k, k \in \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$, где m - количество дочерних классов для класса понятий e_i в категории Kat .

Шаг 5. Если число переходов равно нулю, то запоминаем класс, соответствующий точке текущей p_i в списке кандидатов Can родительских понятий для классифицируемого e_p . Возвращаемся в точку, из которой пришли в точку p_i . Если точка возврата p_0 , то заканчиваем поиск.

Шаг 6. Проверяем возможность осуществления каждого из переходов, полученных на шаге 4.

Шаг 7. Для каждого из возможных переходов продолжаем работу начиная с пункта 3 и возвращаясь на шаг 7 после завершения просмотра.

Шаг 8. По окончании проверки возвращаемся в ту точку, из которой пришли в точку p_i . Если точкой возврата является p_0 , то заканчиваем поиск.

Алгоритм идентификации понятий включает в себя три этапа:

- Поиск кандидатов.
- Выбор наиболее приближенного кандидата из категории.
- Выбор категории, к которой относится понятие.

Попытка классификации в обычном режиме проводится для всех категорий, имеющих в группе категорий или по выбору эксперта, на основании состояния предметной области, поиск может быть ограничен категориями по его выбору.

Наиболее подходящим считается класс, который имеет максимальное количество общих признаков с классифицируемым понятием. Если в категории обнаружено несколько классов кандидатов с одинаковым количеством общих признаков, то родительский класс выбирается либо по усмотрению эксперта либо любой (первый) из списка.

Затем сравниваются кандидаты из различных категорий и из них выбирается один с максимальным количеством общих признаков. В случае, если окажется несколько кандидатов с одинаковым максимальным количеством общих признаков, то решение о принадлежности той или иной категории принимает эксперт на основании собственного опыта.

Как было представлено ранее ситуация состоит из множества микроситуаций. В общем виде ситуацию предлагается представлять следующим образом:

- объявление объектов понятий;
- описание свойство объектов понятий;
- описание микроситуаций.

Объявление объектов понятий требуется, когда в ситуации представлены два или более однотипных понятия, например, одинаковое оборудование или сотрудники, занимающие одну и ту же должность в организации и(или) выполняющие одинаковые роли в данной ситуации.

Если требуется каким-либо образом охарактеризовать объекты понятий, то для них указываются значения атрибутов.

Каждую микроситуацию можно описать в виде простого предложения, состоящего из следующих частей – подлежащее, сказуемое и дополнение. Эти составляющие описывают центральное понятие, контекст и второстепенные понятия соответственно.

Данные принципы были положены в основу языка представления ситуаций, который позволяет описать проблемную ситуацию и затем провести поиск эталонной ситуации в базе знаний и выбрать связанное с ней проектное решение.

Состав описания ситуации выглядит следующим образом:

*ситуация : группа-микроситуаций | объявление-понятий группа-микроситуаций |
объявление-понятий свойства-понятий группа-микроситуаций*

Для сравнения ситуаций была определена мера сходства, выражающая расстояния между ситуациями. Сравнение ситуаций проводится путем расчета расстояний между микроситуациями, который включает в себя подсчет коэффициента подобия для входящих в данную микроситуацию понятий.

Общий принцип подсчета расстояний между понятиями, микроситуациями и ситуациями – это выделение общей части сравниваемых объектов и вычисление того, насколько каждый из них отличается от общей части.

Выводы

В результате проведенных исследований была сформирована методология микроситуационного представления ЧС, позволяющая эффективно применять повторное использование для поиска управляющих решений для ликвидации последствий ЧС. Была разработана технология, которая позволяет получить результат с учетом количественных и качественных параметров в моделях ЧС. Данное исследование дает возможность в условиях многокритериальности и неопределенности получить эффективное решение за счет использования прецедентных БД и БЗ. Следует подчеркнуть, что здесь была разработана технология наполнения прецедентную БЗ для ЭС и СППР за счет поиска информации в Интернет и социальных сетях. Развитие предлагаемого исследования будет направлено на разработку программных средств для ЭС и СППР в СЦ.

Используемые литературные источники

1. M.Ayaz Ahmad, Oleksandr Kuzomin, Vyacheslav Lyashenko, N. Ameer Ahamad. Microsituations as part of the formalization of avalanche climate to avalanche riskiness and avalanche safety classes in the emergency situations separation. ISSN 2320 5407 International Journal of Advanced Research (2015), Volume 3, Issue 4. P.684 -691.
 2. Oleksandr Kuzomin, Bohdan Tkachenko. Intellectual search engine of adequate information in internet for creating databases and knowledge bases. International Journal "Information Technologies Knowledge" Volume 9, Number 1, 2015. P.131- 138.
 3. Oleksandr Kuzomin, Mariia Tkachenko. Social search engine and intellectual database of people. International Journal "Information Technologies Knowledge" Volume 9, Number 1, 2015. P. 139 – 145.
-

Authors' Information



Oleksandr Kuzomin – Prof. Dr., Department of Informatics, Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv, Ukraine;

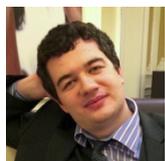
tel.: +38(057)7021515; e-mail: oleksandr.kuzomin@gmail.com

Major Fields of Scientific Research: General theoretical information research, Decision Making, Emergency Prevention, Data Mining, Business Informatics



Mihail Shtukin – PhD degree student, Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv; Ukraine; e-mail: shtumi@tut.by

Major Fields of Scientific Research: General theoretical information research, Decision Making, Emergency Prevention, Data Mining, Business Informatics



Bohdan Tkachenko – PhD degree student, Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv; Ukraine; e-mail: bohdan@tkachenko.io

Major Fields of Scientific Research: General theoretical information research, Knowledge Discovery and Engineering, Data Mining, Business Informatics



Mariia Tkachenko – PhD degree student, Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv; Ukraine; e-mail: mariia@tkachenko.io

Major Fields of Scientific Research: General theoretical information research, Knowledge Discovery and Engineering, Data Mining, Business Informatics

Information support of precedential approach in decision-making systems during emergencies

Oleksandr Ya. Kuzomin, Mihail Shtukin, Bohdan Tkachenko, Mariia Tkachenko

Abstract: *In this work we described database for emergencies prediction and decision making system, also we designed intellectual knowledge base for real-time data population and intellectual analysis*

Keywords: *emergencies, natural disaster, knowledge base, database, intellectual system, decision making*

ACM Classification Keywords: *H.3.3 Information Search and Retrieval*

Conference topic: *Information Technologies and Software Engineering - Information Systems*

TABLE OF CONTENTS

| | |
|--|-----|
| <i>Векторная система оценки проблемных ситуаций</i> | |
| Альберт Воронин, Юрий Зиатдинов | 3 |
| <i>Рекуррентный анализ самоподобных и мультифрактальных временных рядов</i> | |
| Людмила Кириченко, Алексей Барановский, Юлия Кобицкая..... | 16 |
| <i>Формализация описания и обработки временных характеристик объектов в условиях неопределенности</i> | |
| Виктор Крисиллов, Екатерина Городничая | 38 |
| <i>Исследование особенностей и востребованности современных инфокоммуникационных услуг в украине</i> | |
| Галина С. Гайворонская, Сергей В.Брицкий | 53 |
| <i>Информационная поддержка прецедентного подхода в системах принятия решений при чрезвычайных ситуациях</i> | |
| Олександр Куземин, Михаил Щукин, Богдан Ткаченко, Мария Ткаченко..... | 73 |
| <i>Table of contents</i> | 100 |