



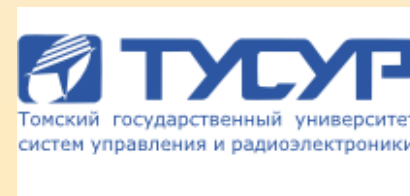
Применение средств когнитивной графики в интеллектуальных системах

А.Е. Янковская¹, А.В. Ямшанов², Н.М. Кривдюк³

¹ Томский государственный архитектурно-строительный университет

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет

^{1,2,3} Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

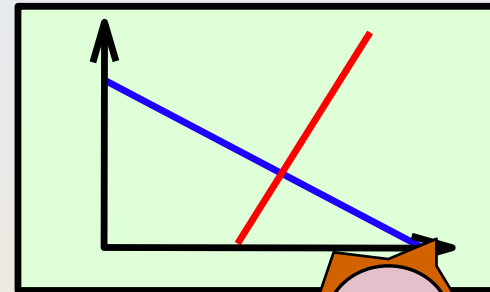
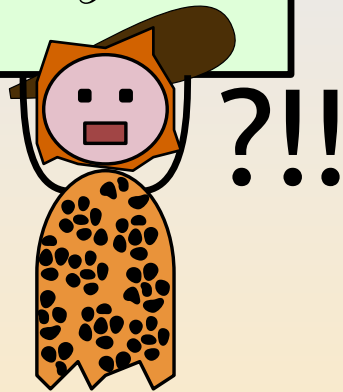


Содержание

1. Введение
2. Базовые понятия и определения
3. Представление данных и знаний
4. Когнитивные средства
5. Заключение
6. Благодарности
7. Литература

Введение (1/6)

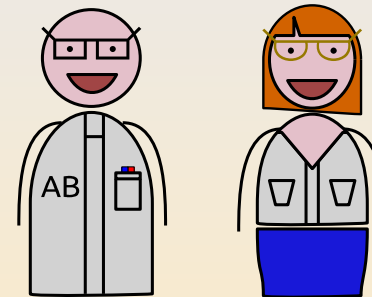
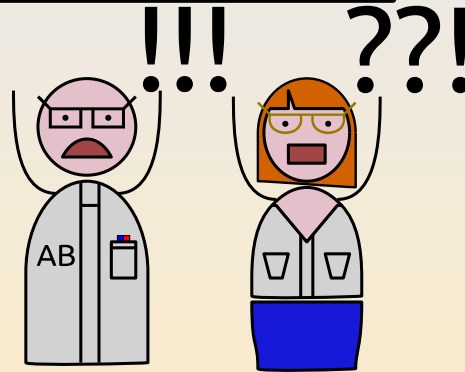
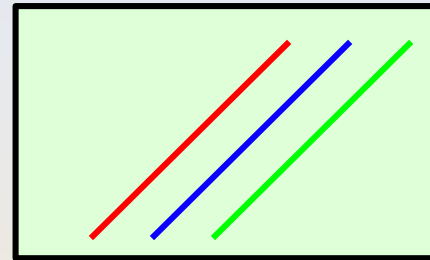
$$\begin{cases} x + 2y = 8 \\ 3x - 2y = 32 \end{cases}$$



Восприятие через образы - природный механизм познания информации человеком.

Введение (2/6)

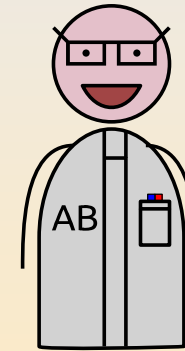
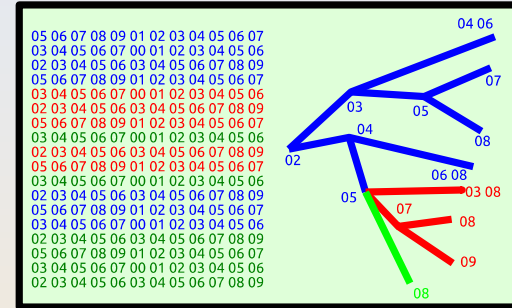
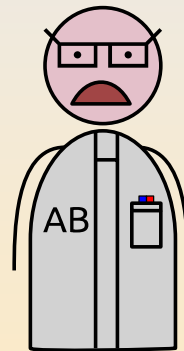
a	00	01	02	03	04	05	06
b	03	04	05	06	07	08	09
c	01	02	03	04	05	06	07



Когнитивная графика - лучшее средство для междисциплинарного взаимодействия.

Введение (3/6)

```
00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07
03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06
01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09
00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07
03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06
01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09
00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07
03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06
01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09
00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07
03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06
01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09
00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07
03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06
01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09
00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07
03 04 05 06 07 08 09 01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06
01 02 03 04 05 06 07 00 01 02 03 04 05 06 03 04 05 06 07 08 09
```



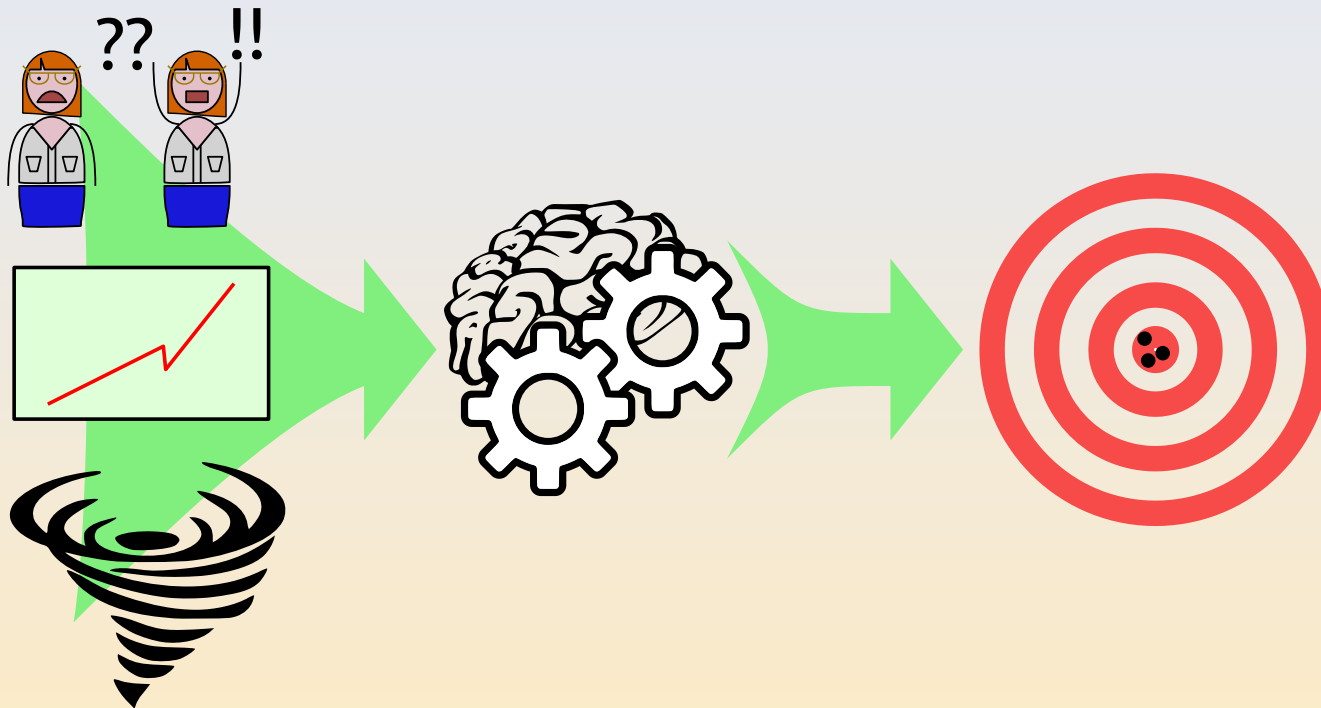
Когнитивная графика - простой способ восприятия большого количества информации.

Введение (4/6)



Когнитивная графика находит применение в большом количестве предметных областей.

Введение (5/6)

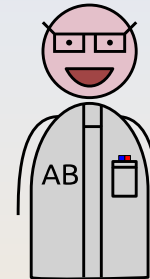
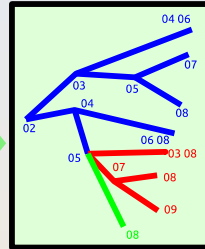


Когнитивная графика позволяет обрабатывать большое количество источников данных...

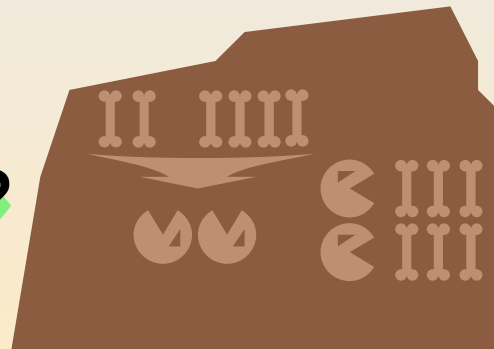
Введение (6/6)

```

000102030405060304050607080901020304050607
030405060708090102030405060700010203040506
010203040506070001020304050603040506070809
000102030405060304050607080901020304050607
030405060708090102030405060700010203040506
010203040506070001020304050603040506070809
000102030405060304050607080901020304050607
000102030405060304050607080901020304050607
030405060708090102030405060700010203040506
010203040506070001020304050603040506070809
000102030405060304050607080901020304050607
030405060708090102030405060700010203040506
010203040506070001020304050603040506070809
000102030405060304050607080901020304050607
030405060708090102030405060700010203040506
010203040506070001020304050603040506070809
000102030405060304050607080901020304050607
030405060708090102030405060700010203040506
010203040506070001020304050603040506070809
000102030405060304050607080901020304050607
030405060708090102030405060700010203040506
010203040506070001020304050603040506070809
000102030405060304050607080901020304050607
030405060708090102030405060700010203040506
010203040506070001020304050603040506070809
000102030405060304050607080901020304050607
030405060708090102030405060700010203040506
    
```



$$(2 + 4) / 2 = ?$$



... или большое количество самих данных и принимать решения.

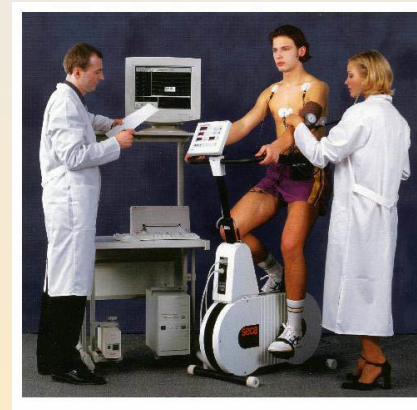
Базовые понятия и определения (1/5)

Для представления данных и знаний используется матричная модель, включающая целочисленную матрицу описаний (Q), задающую описание объектов в пространстве характеристических признаков z_1, z_2, \dots, z_m и целочисленную матрицу различий (R), задающую разбиение объектов на классы эквивалентности по каждому механизму классификации.



Базовые понятия и определения(2/5)

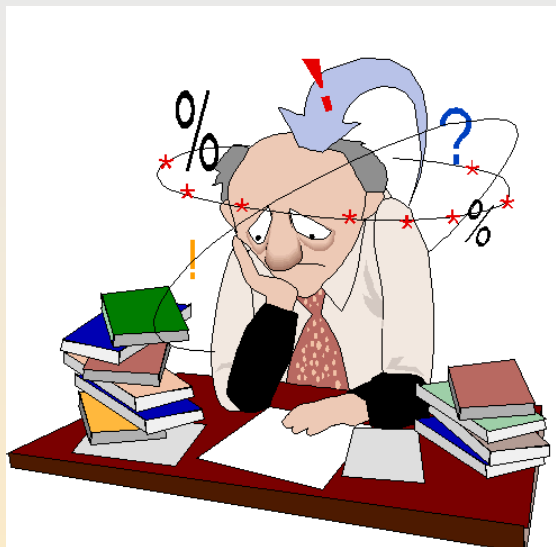
Диагностический тест (ДТ) – совокупность признаков, различающих объекты из разных образов, принадлежащих разным классам (образам).



Безусловный тест использует одновременно все признаки при принятии решений.

Базовые понятия и определения(3/5)

Безызбыточный ДТ содержит безызбыточное количество признаков.



Отказоустойчивый ДТ – тест, устойчивый к заданному числу ошибок измерения (занесения) значений признаков.

Базовые понятия и определения(4/5)

Зависимости

1) подмножества признаков с определенными легко интерпретируемыми свойствами

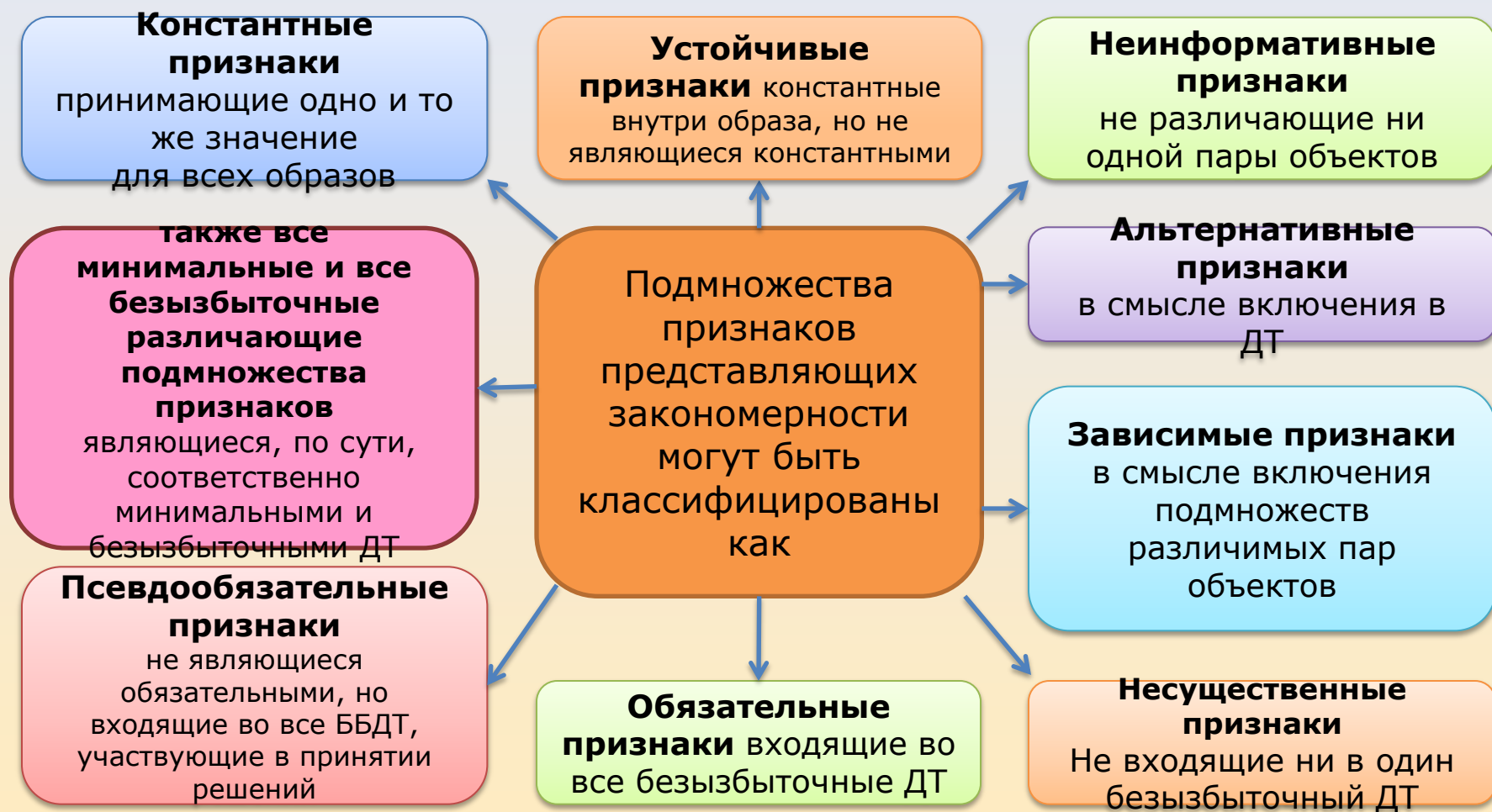
2) весовые коэффициенты признаков, характеризующие их индивидуальный вклад в различимость объектов из разных образов

а) влияющими на различимость объектов из разных образов

б) устойчиво наблюдаемыми для объектов из обучающей выборки

с) проявляющимися на других объектах той же природы

Базовые понятия и определения(5/5)

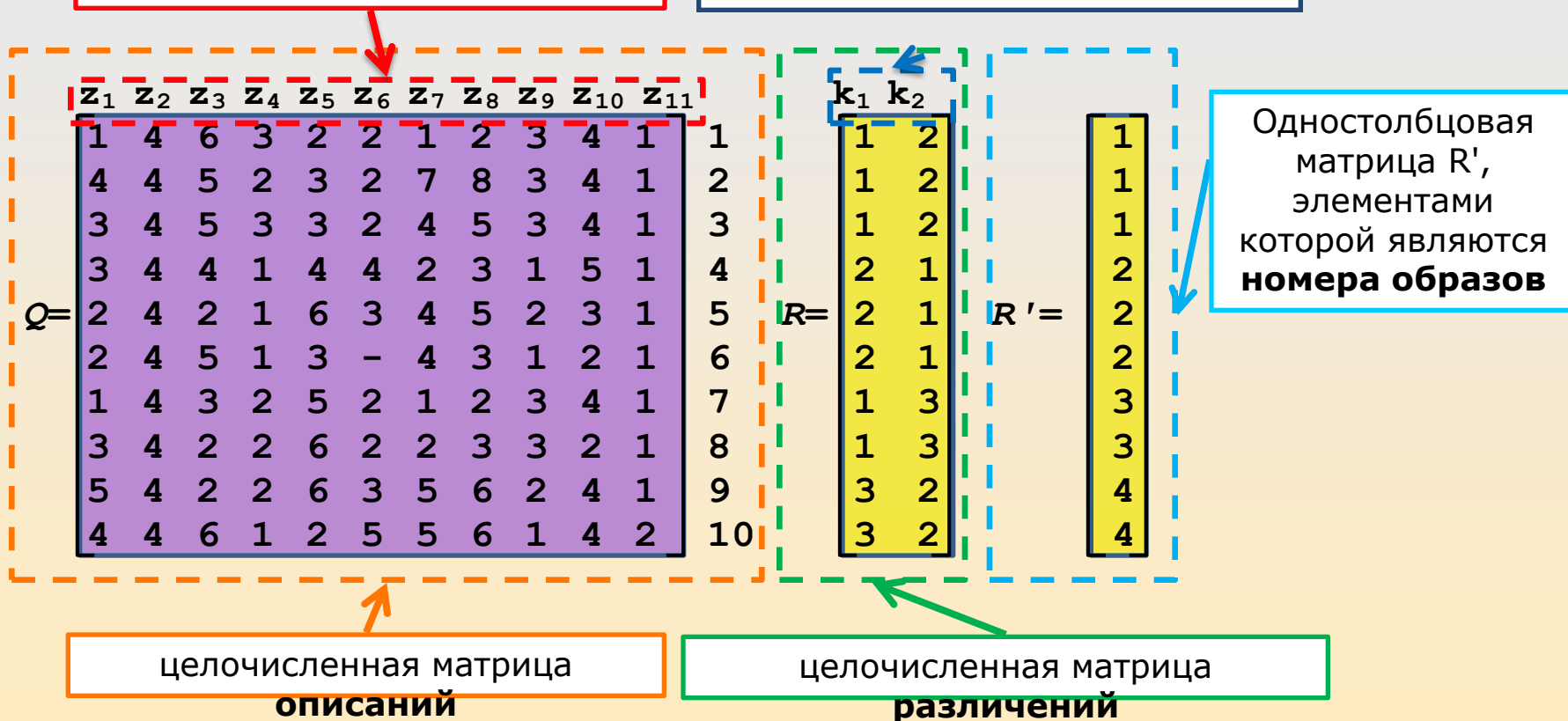


Представление данных и знаний (1/4)

Используется матричная модель для представления знаний и данных.

характеристические признаки

классификационные признаки



Представление данных и знаний (2/4)

Строки матрицы описаний Q сопоставляются **объектам обучающей выборки** из рассматриваемой проблемной области

Столбцы сопоставляются **характеристическим признакам, описывающим** в совокупности **каждый объект.**

Элемент q_{ij} матрицы Q задает значение j -го признака для i -го объекта

Одностолбцовая матрица R' , элементами которой являются **номера образов.**

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	
$Q =$	1	4	6	3	2	2	1	2	3	4	1	1
	4	4	5	2	3	2	7	8	3	4	1	2
	3	4	5	3	3	2	4	5	3	4	1	3
	3	4	4	1	4	4	2	3	1	5	1	4
	2	4	2	1	6	3	4	5	2	3	1	5
	2	4	5	1	3	4	3	1	2	1	1	6
	1	4	3	2	5	2	1	2	3	4	1	7
	3	4	2	2	6	2	2	3	3	2	1	8
	5	4	2	2	6	3	5	6	2	4	1	9
	4	4	6	1	2	5	5	6	1	4	2	10

	k_1	k_2
$R =$	1	2
	1	2
	1	2
	2	1
	2	1
	2	1
	1	3
	1	3
	3	2
	3	2

$R' =$	1
	1
	1
	2
	2
	2
	2
	3
	3
	4
	4

Строки матрицы различий R сопоставляются одноименным **строкам** матрицы Q .

Столбцы сопоставляются **уровням различия**, определяющие различные механизмы разбиения объектов на классы эквивалентности

Представление данных и знаний (3/4)

Типы матриц различения

**Диагностическ
ого типа ($R1$)**

Задаёт зависимые механизмы классификации.

**Организационно-
управленческого
типа ($R2$)**

Задаёт совокупность действий, например, терапевтических или превентивных мероприятий.

**Классификационн
ого типа ($R3$)**

Задаёт независимые механизмы классификации, например, мнения различных экспертов.

Представление данных и знаний (4/4)

Для представления отказоустойчивых ББДТ используется **бинарная матрица T** , где **столбцы** сопоставлены столбцам **матрицы описаний Q** , а **строки** сопоставлены **отказоустойчивым ББДТ**.

Элемент t_{ij} равен 1 если j -ый признак включен в i -th отказоустойчивый ББДТ.

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	
$T=$	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1
	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	2
	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	3
	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	4
	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	5
	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	6
	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	7
	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	8
	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	9
	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	10
	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	11
	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	12

Когнитивные средства

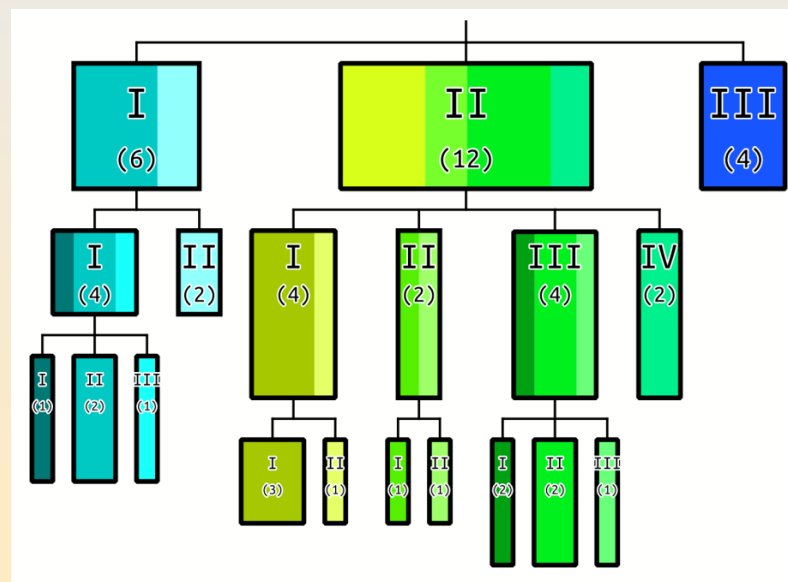
Представлены когнитивные средства для визуализации:

- информационных структур, представленных матрицами описаний и различений;
- закономерностей в данных и знаниях;
- принятия решений и их обоснования.

Визуализация информационных структур (1/4)

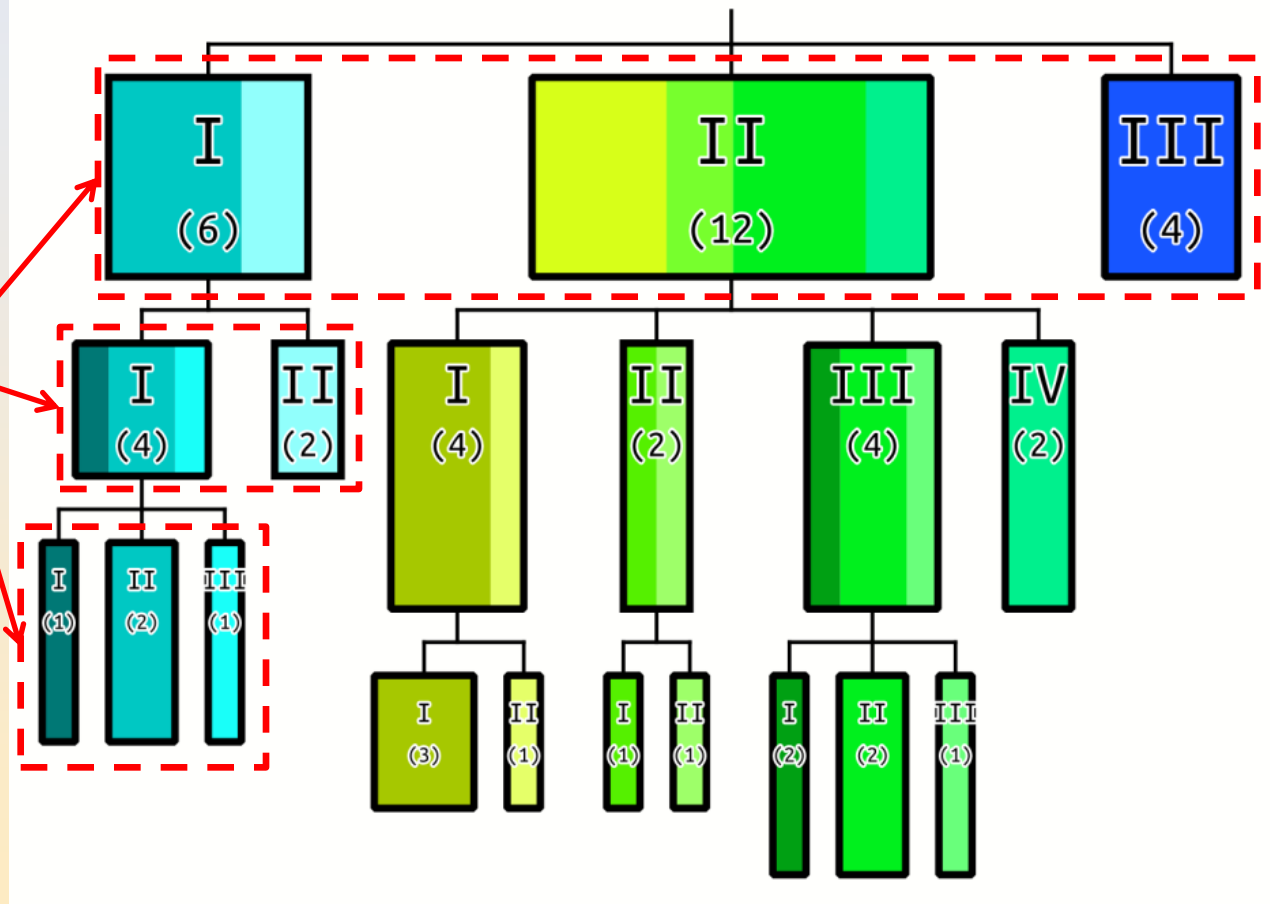
Когнитивное средство для визуализации **информационных структур**, заданных матрицами описания и различения, в виде **древовидной структуры**.

Данное когнитивное средство необходимо в том случае, когда используется матрица различений диагностического типа (R1).



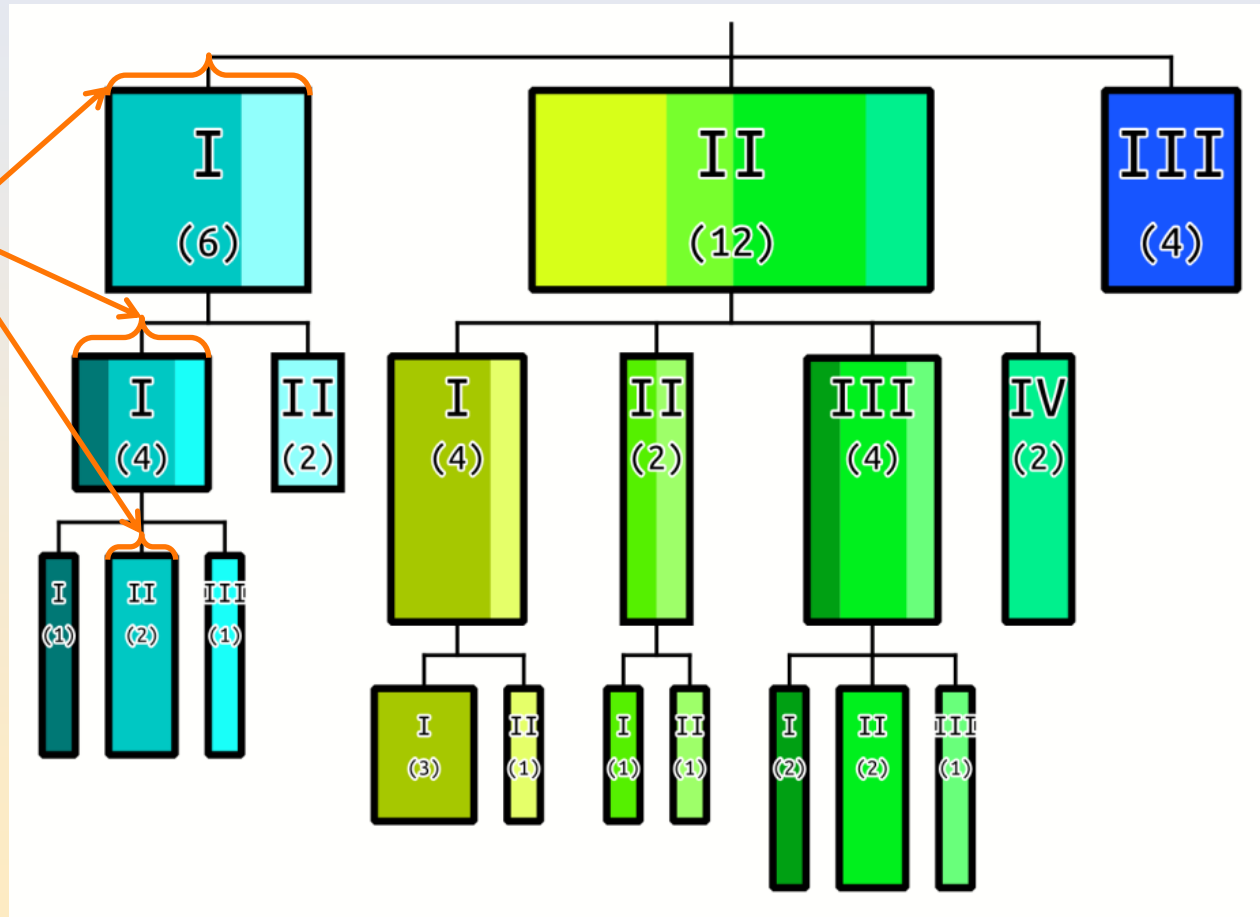
Визуализация информационных структур (2/4)

Количество уровней иерархии для каждого уровня соответствует числу классификационных алгоритмов.



Визуализация информационных структур (3/4)

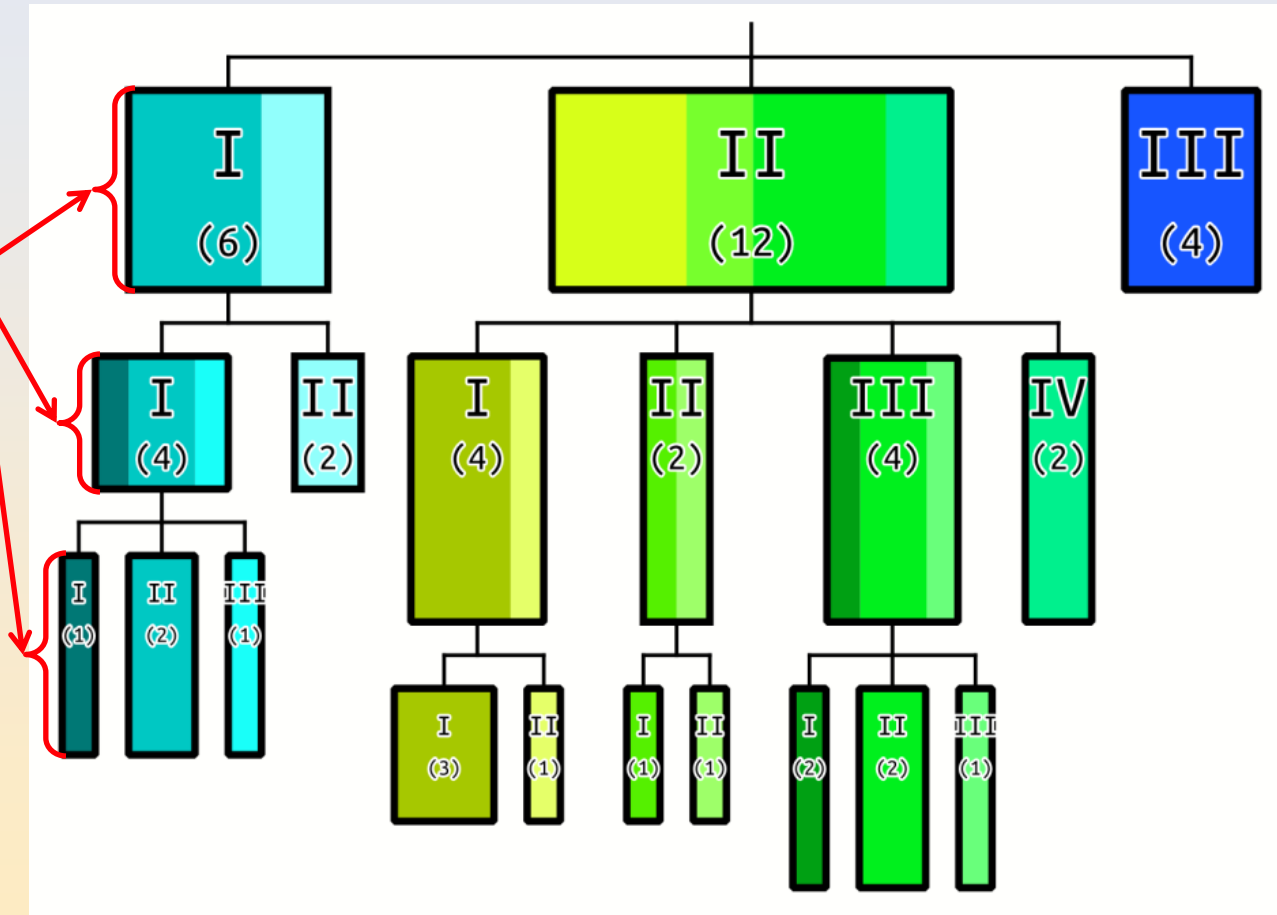
Ширина
прямоугольников
прямо
пропорциональна
количеству строк
матрицы описаний.



Визуализация информационных структур (4/4)

Высота

прямоугольников при одном механизме классификации прямо пропорциональна количеству этих классов.

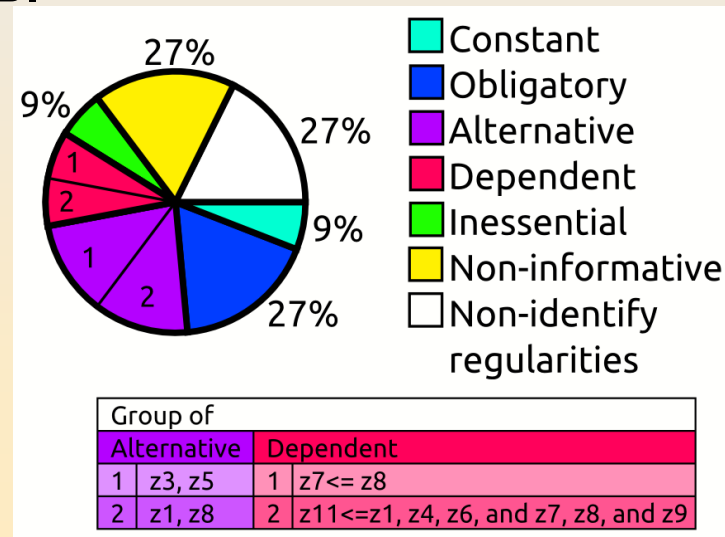


Визуализация закономерностей в данных и знаниях (1/2)

Подсистема оптимизации знаний является одной из **основных подсистем** интеллектуальных систем.

Предлагается использовать когнитивное графическое средство, визуализирующее **соотношение между различными группами признаков**.

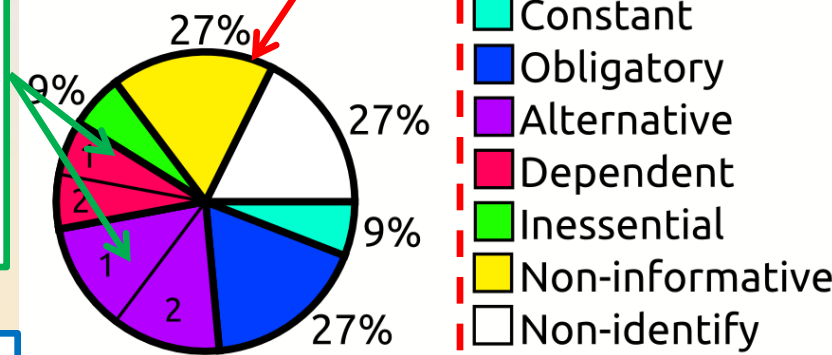
Данное когнитивное средство представляет собой круговую диаграмму с секторами, сопоставленным группам зависимостей, и подсекторами, сопоставленных подгруппам альтернативных и зависимых признаков.



Визуализация закономерностей в данных и знаниях (2/2)

Центральный угол прямо пропорционален **количеству признаков** соответствующей группы

группы



Каждой группе признаков сопоставляется сектор круга, окрашенный в соответствующий цвет.

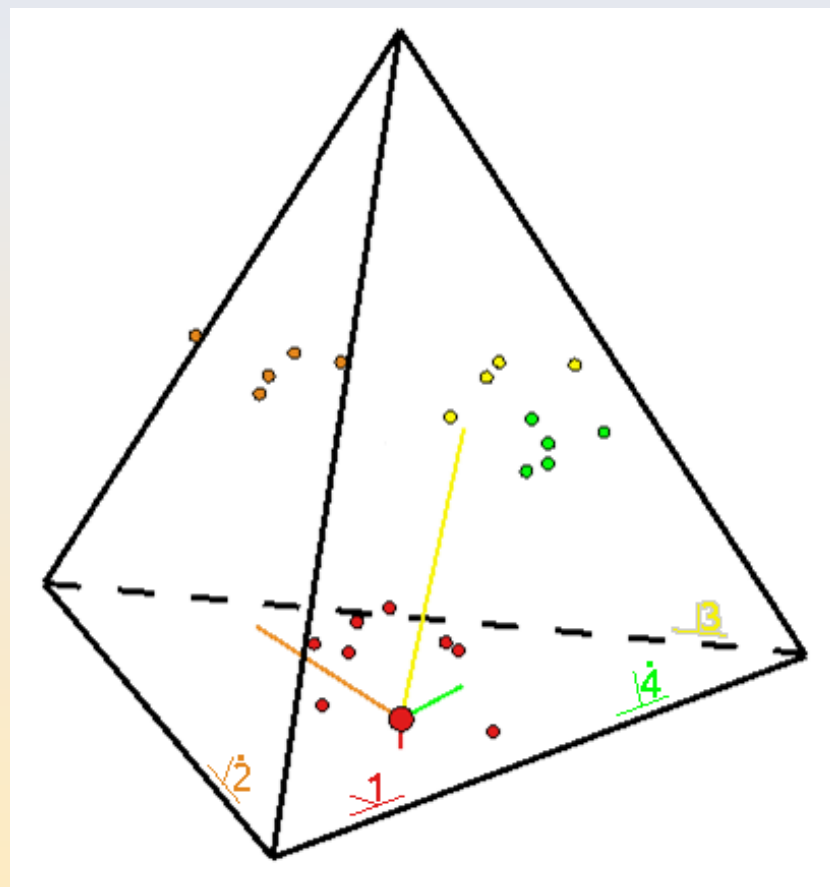
Group of	
Alternative	Dependent
1 z3, z5	1 z7<= z8
2 z1, z8	2 z11<=z1, z4, z6, and z7, z8, and z9

Сектора, в которых отмечены **альтернативные** и **зависимые признаки**, разделены на подсектора тонкой линией, с указанием номера соответствующей подгруппы

Характеристические **признаки**, включенные в подгруппы **альтернативных** и **зависимых** признаков, отображаются под круговой диаграммой.

Когнитивное средство «3-симплекс» Принятие решения (1/3)

Использование
3-симплекса для
принятия решений и
их обоснования



10-я Международная конференция «Интеллектуализация обработки информации – 2014»,
Греция о. Крит с 4 по 11 октября 2014

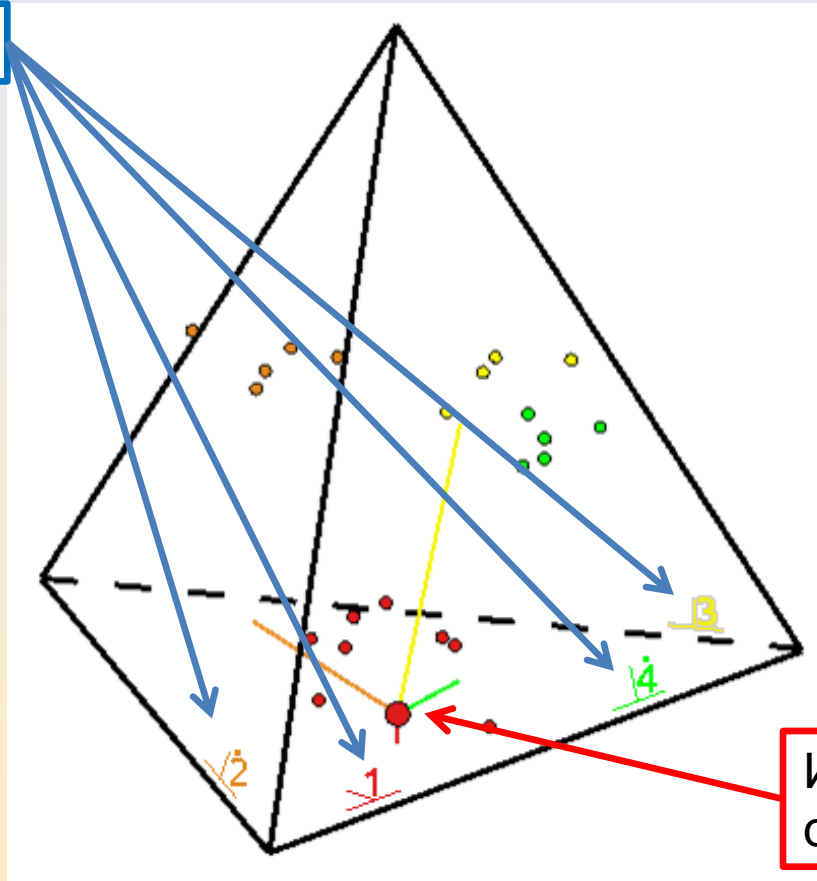
Когнитивное средство «3-симплекс»

Принятие решения (2/3)

Четыре образа

Каждый образ
сопоставлен с
одной гранью
3-симплекса

Каждому образ
сопоставлен свой
цвет.



Исследуемый объект

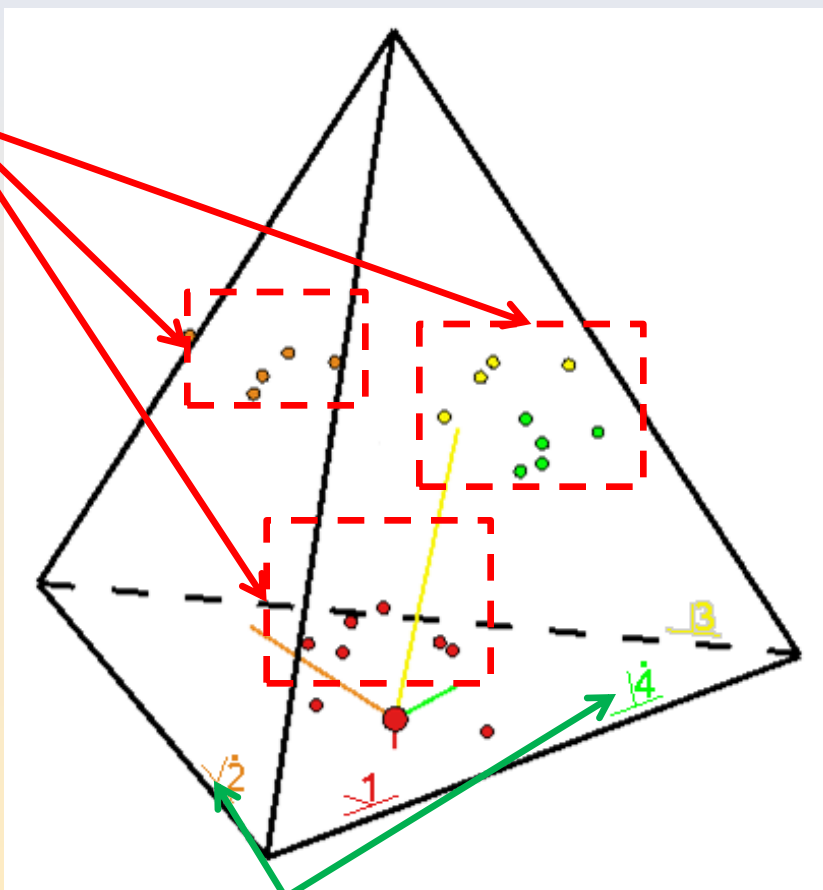
*10-я Международная конференция «Интеллектуализация обработки информации – 2014»,
Греция о. Крит с 4 по 11 октября 2014*

Когнитивное средство «3-симплекс»

Принятие решения (3/3)

Объекты из обучающей выборки

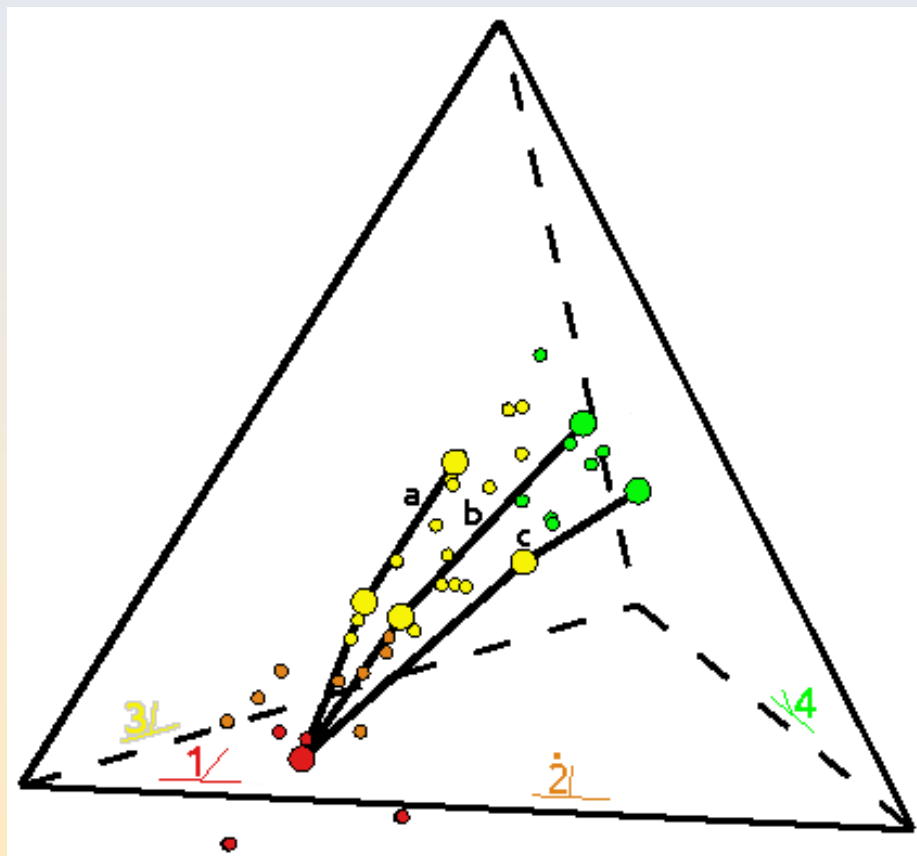
Месторасположение объектов для визуализации, представленных на рисунке, вычисляется путём преобразования пространства признаков, описывающих эти объекты, в пространство образов.



Видимые грани

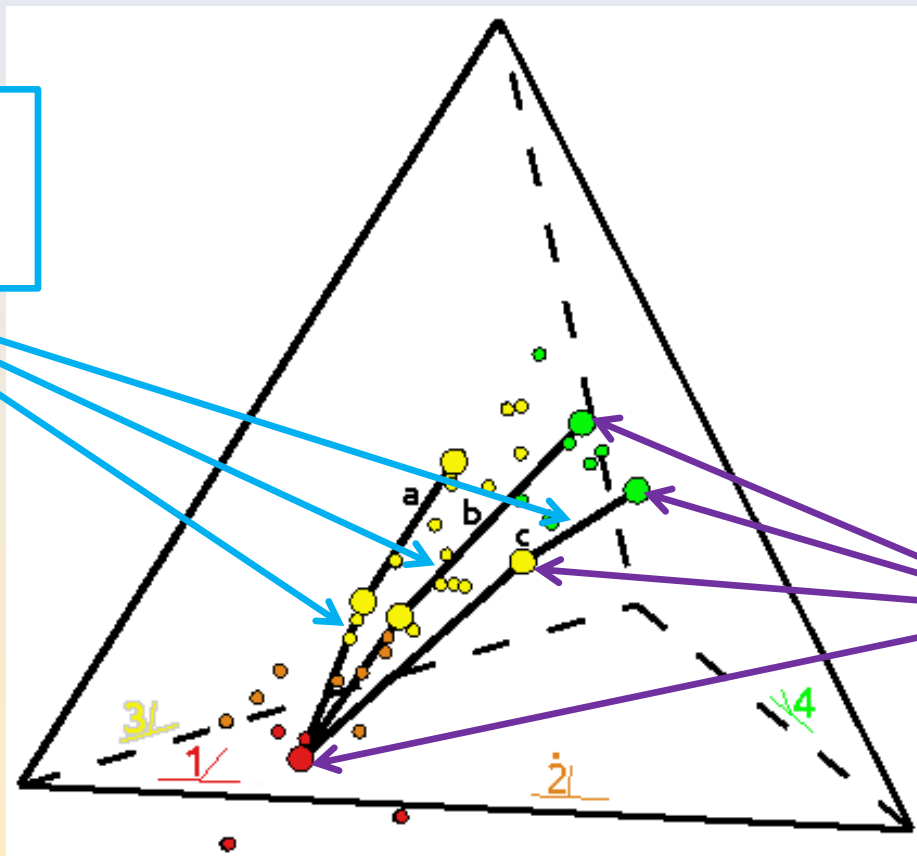
Когнитивное средство «3-симплекс» Визуализация динамики (1/4)

Использование
3-симплекса для
интеллектуальных
**обучающе-
тестирующих
систем**



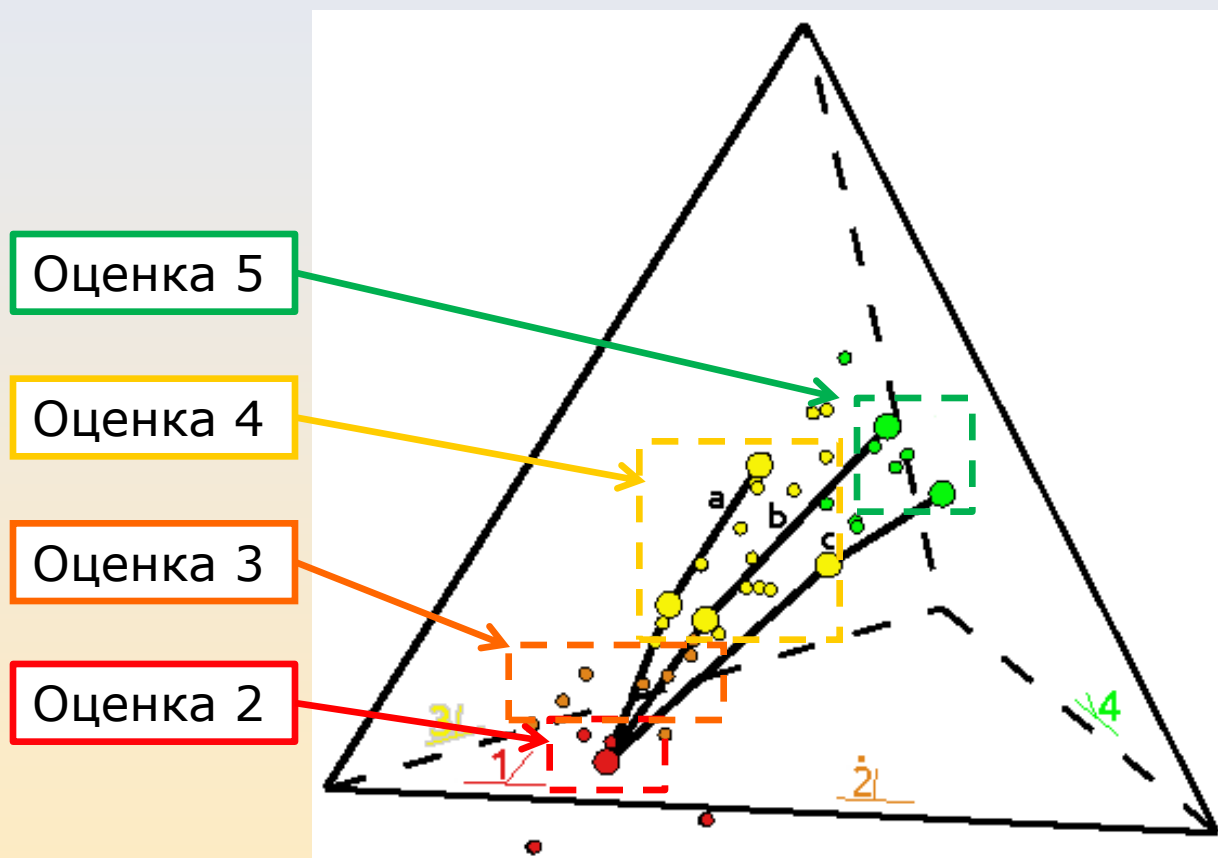
Когнитивное средство «3-симплекс» Визуализация динамики (2/4)

Динамики для
различных
респондентов



Результаты
тестов

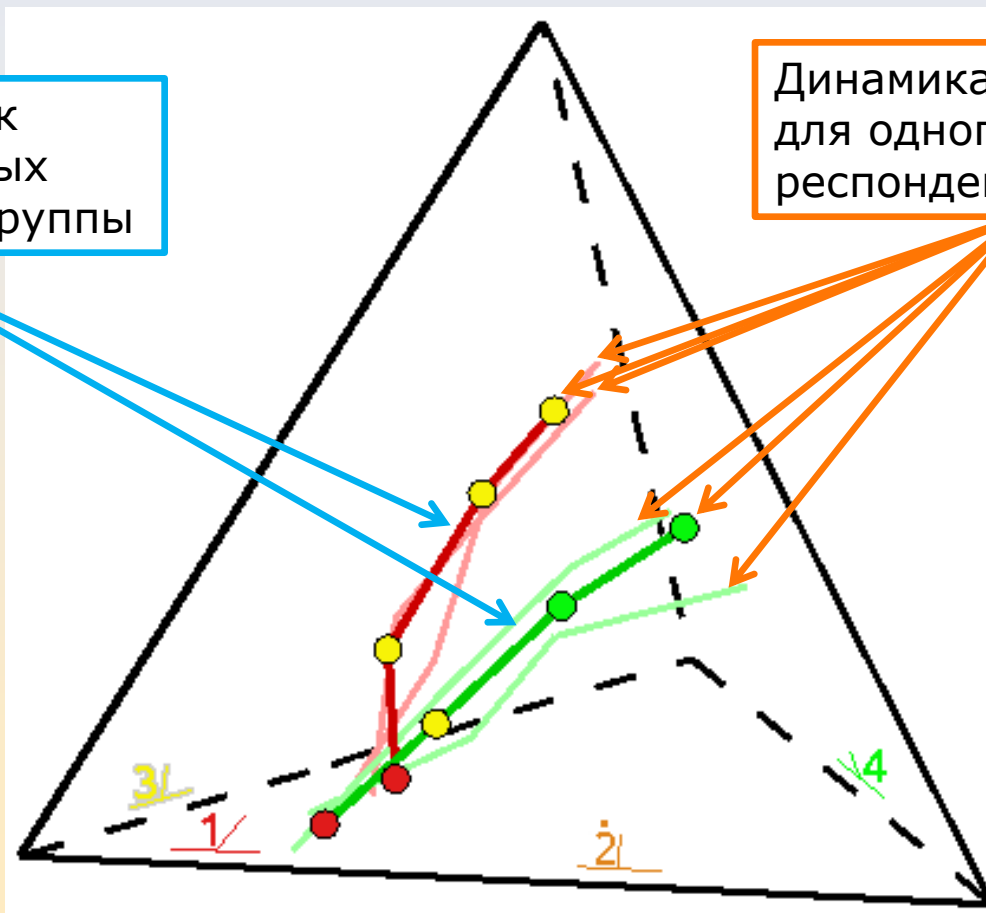
Когнитивное средство «3-симплекс» Визуализация динамики (3/4)



Когнитивное средство «3-симплекс» Визуализация динамики (4/4)

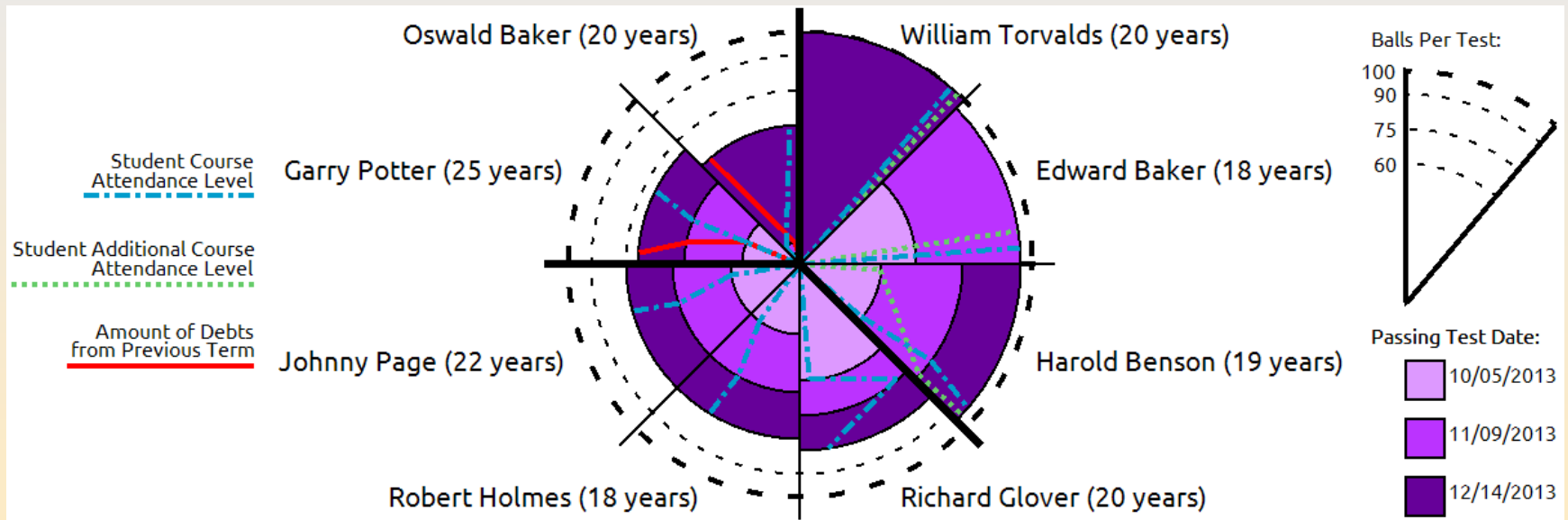
Разбиение динамик разных исследуемых процессов на подгруппы

Динамика процесса для одного респондента



Когнитивное средство «Мишень с отображением дополнительных зависимостей» (1/7)

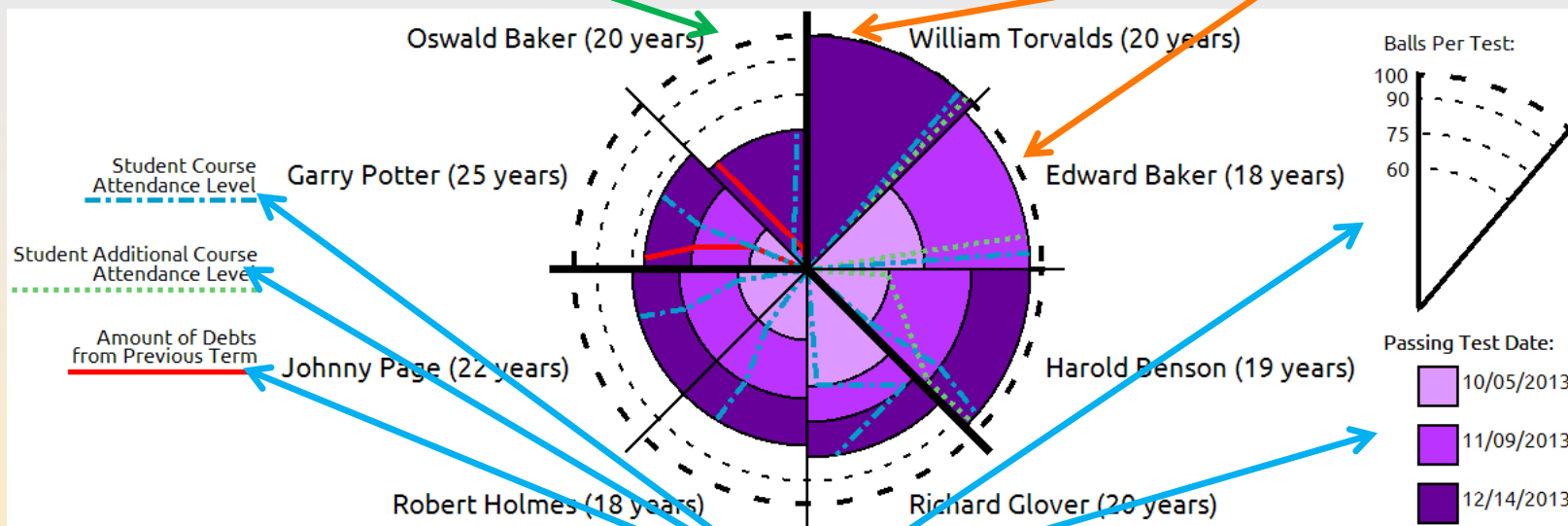
Первый режим отображения когнитивного средства «Мишень с отображением дополнительных зависимостей»



Когнитивное средство «Мишень с отображением дополнительных зависимостей» (2/7)

Круг разбивается на сектора размером $360^\circ/n$, где n - количество изучаемых объектов

Каждый сектор круга, сопоставлен исследуемому объекту

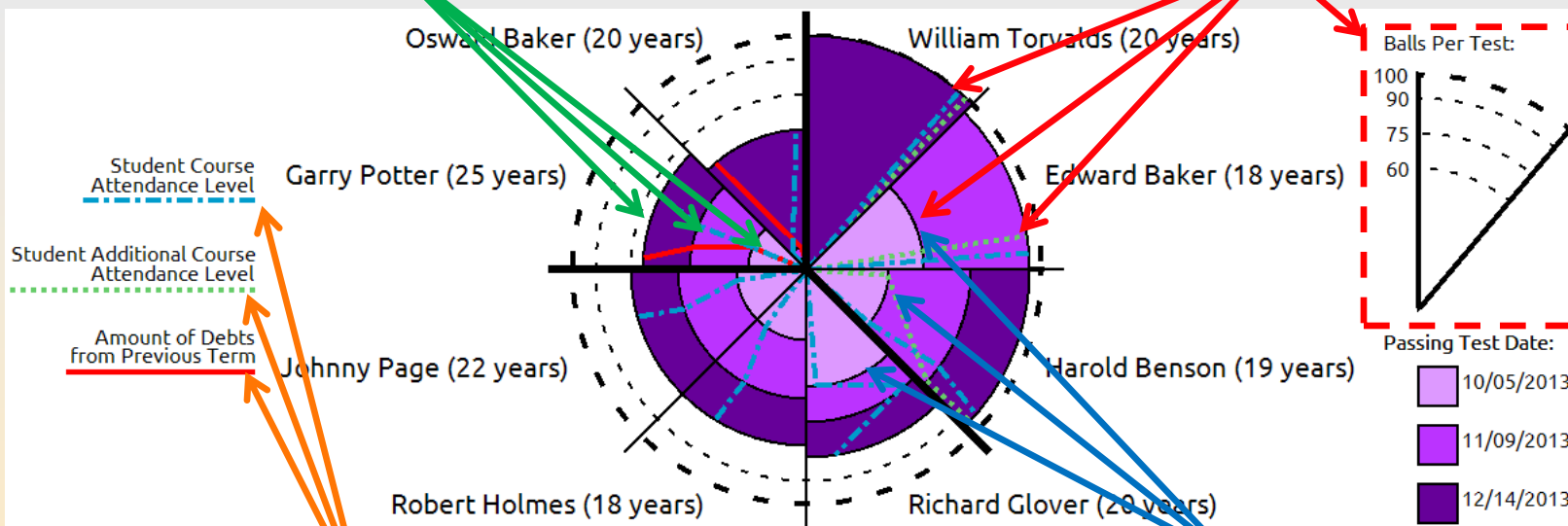


Мишень отображает различные параметры исследуемого процесса

Когнитивное средство «Мишень с отображением дополнительных зависимостей» (3/7)

Каждая дуга сопоставлена результату проведенного тестирования

Главный параметр исследуемого процесса, например, оценка



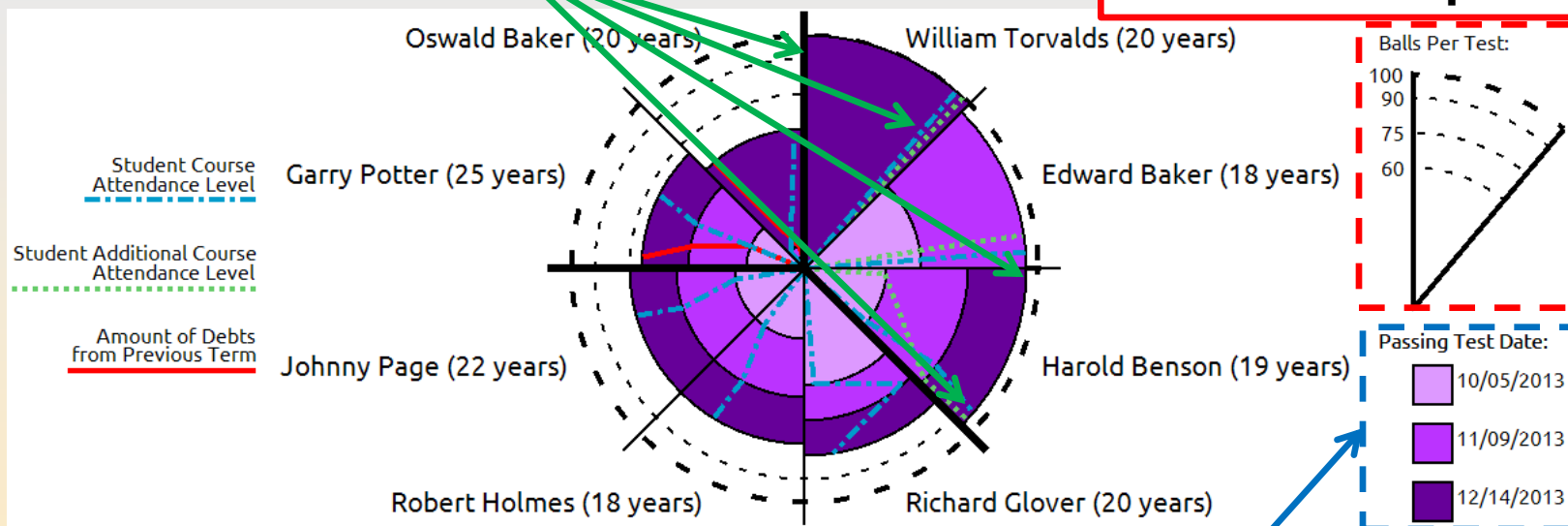
Дополнительные параметры для анализа исследуемого процесса.

Расстояние от дуги до центра диаграммы (радиус дуги) соответствует значению основного наблюдаемого параметра.

Когнитивное средство «Мишень с отображением дополнительных зависимостей» (4/7)

Значение параметра для каждой дополнительной зависимости сопоставлена **величине угла**, отложенного от начала сектора в направлении по часовой стрелке.

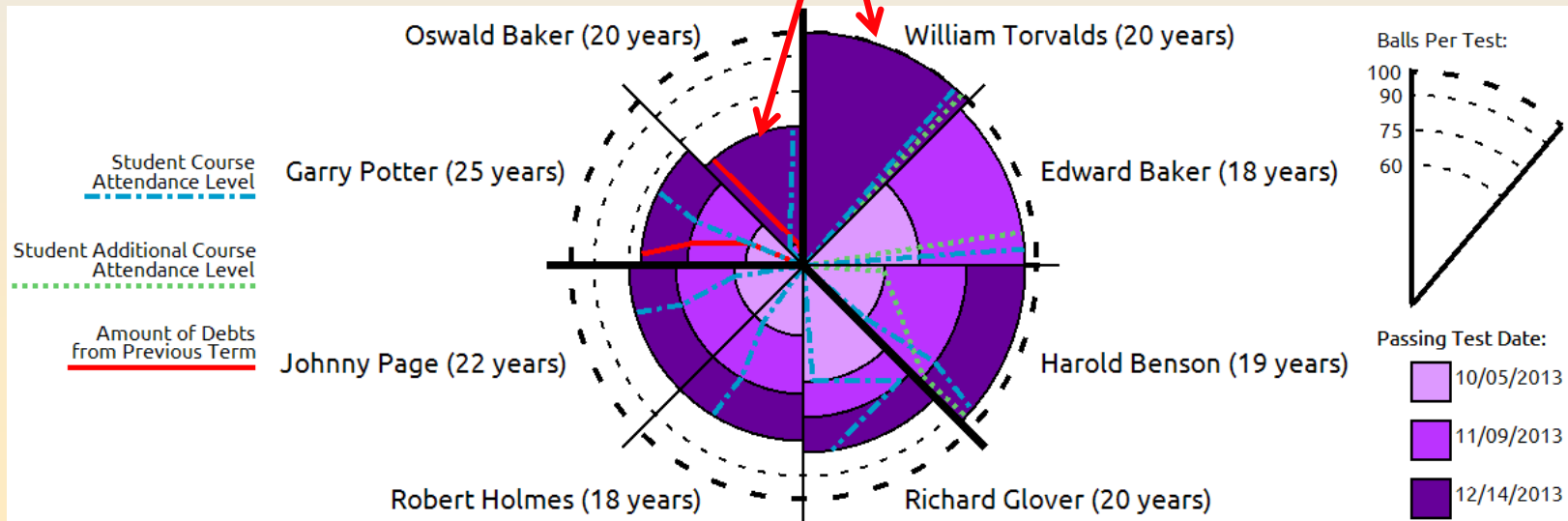
Пунктирными дугами обозначены **пороговые значения основного параметра**



Дата сдачи теста сопоставлена с **цветом сектора**

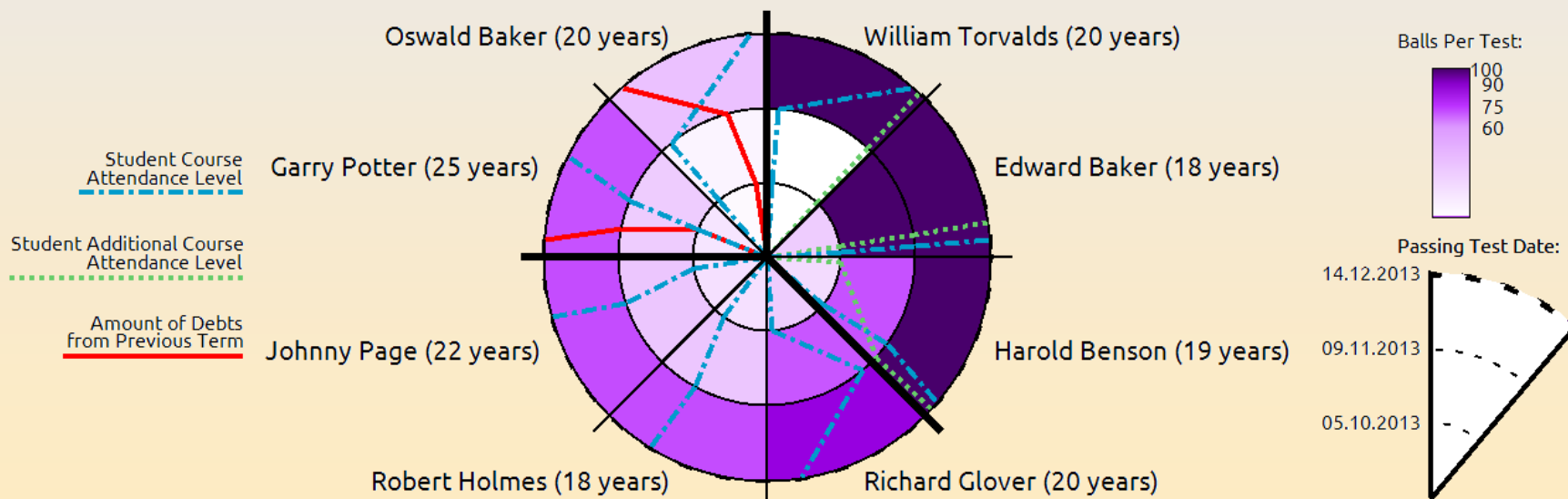
Когнитивное средство «Мишень с отображением дополнительных зависимостей» (5/7)

К сожалению, **в первом режиме отображения** может быть затруднено наблюдение за **дополнительными параметрами** для некоторых наборов данных, где главный параметр меняется незначительно.



Когнитивное средство «Мишень с отображением дополнительных зависимостей» (6/7)

Второй режим отображения когнитивного средства «Мишень с отображением дополнительных зависимостей»

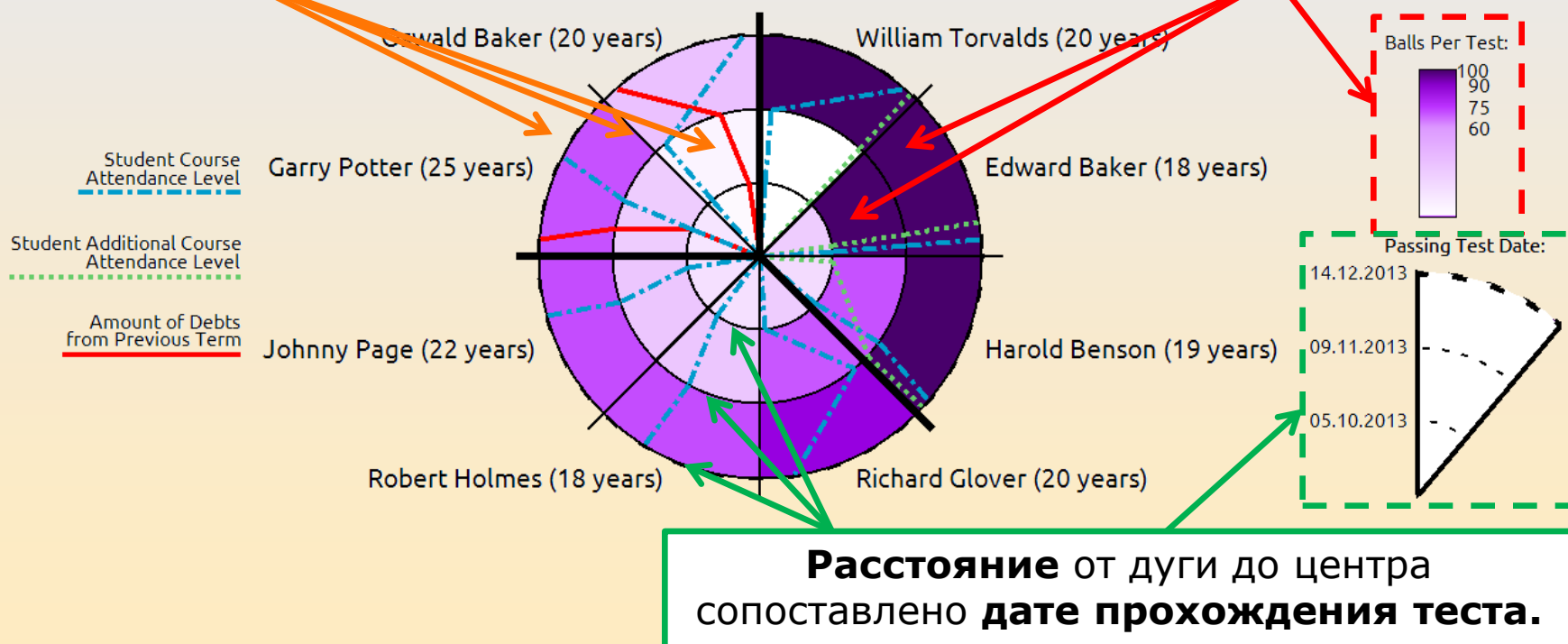


Когнитивное средство «Мишень с отображением дополнительных зависимостей» (7/7)

Отличия второго режима отображения от первого:

Расстояние между двумя соседними дугами
ПОСТОЯННА

Значение основного параметра сопоставлено цвету сектора, отделенного соответствующей дугой.



Заключение (1/2)

Результаты

Предложены новые и оригинальные когнитивные средства включая следующие:

- 1) для визуализации информационных структур, представленных в виде матриц описания и различения;
- 2) для визуализация закономерностей в данных и знаниях;
- 3) для принятия решений и их обоснования:
 - 1) 3-симплекс, используемый также для представления динамики процесса;
 - 2) мишень с отображением дополнительных зависимостей, применяемая для решения тех же задач, что и 3-симплекс, но предназначенная для более детального сравнения главной и дополнительных зависимостей.

Все представленные в докладе когнитивные средства реализованы в виде исследовательских прототипов.

Заключение(2/2)

Дальнейшие исследования

Дальнейшие исследования направлены на:

- 1) расширение когнитивных свойств средств когнитивной графики, представленных в докладе;
- 2) разработку новых оригинальных когнитивных средств;
- 3) программную реализацию когнитивных средств и их интеграцию в интеллектуальные системы для медицинской диагностики, дорожно-климатического районирования, обучающе-тестирующих систем и т.д.;
- 4) продвижение разработанных средств когнитивной графики для применения в интеллектуальных системах, разработанных другими исследователями;
- 5) создание фреймворка для облегчения процесса разработки когнитивных средств и их интеграции в интеллектуальные системы.



Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (проекты 13-07-00373а, 13-07-98037-r_sibir_a и 14-07-00673) и гранта РГНФ (проект № 13-06-00709а).

Литература (1/4)

1. R.M. Axelrod, "The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites," Princeton University Press, 1976.
2. A.A. Zenkin Cognitive Computer Graphics. Directory of Artificial Intelligence, Book 2 "Models and Methods", pp. 137–143, 1990 (in Russian).
3. R.G. Basaker, T.L. Saati, "Finite Graphs and Networks: An Introduction with Applications," Research Analysis Corp., Mc Graw Hill Company, NY-London-Toronto, 1965.
4. D.A. Pospelov, "Cognitive Graphics – a window into the new world," Software products and systems, pp. 4–6, 1992 (in Russian).
5. D.A. Pospelov, "Ten "hot spots" in research on artificial intelligence," Intelligent systems (MSU), vol. 1(1-4), pp. 47–56, 1996 (in Russian).
6. D.A. Pospelov, L.V. Litvintseva, "How to combine left and right?" News of Artificial Intelligence, N2, 1996. (in Russian).
7. A.A. Zenkin, "Cognitive Computer Graphics," Nauka, Moscow, 1991 (in Russian).
8. A.A. Zenkin, "Knowledge-Generating Technologies of Cognitive Reality," News of Artificial Intelligence, No. 2, pp. 72–78, 1996.
9. V.A. Albu, V.F. Khoroshevskiy, "COGR – Cognitive Graphics System, Design, Development, Application," Russian Academy of Science Bulletin, Technical Cybernetics, № 5, 1990 (in Russian).
10. B.A. Kobrinskiy, "Why should we take in account imaginary thinking and intuition in medical expert systems," Artificial Intelligence – 96, Proceedings of the 5th National Conference with International Participation, vol. II, Kazan, 1996 (in Russian).

Литература (2/4)

11. S.V. Kondratenko, A.E. Yankovskaya, "System of visualization TRIANG for decision-making substantiation with use cognitive graphics," Theses of the Third Conference on Artificial Intelligence, vol. 1, Tver, pp. 152–155 1992 (in Russian).
12. A.E. Yankovskaya, "Transformation of features space in patterns space on the base of the logical-combinatorial methods and properties of some geometric figures", Proceedings of the International Conference Pattern Recognition and Image Analysis: New Information, Abstracts of the I All-Union Conference, Part II, pp. 178-181, Minsk, 1991, (in Russian).
13. A.E. Yankovskaya, "Test recognizing medical expert systems with elements of cognitive graphics," Computer Chronicle № 8/9, pp. 61–83, 1994 (in Russian).
14. A.E. Yankovskaya, "Graphical tools in intelligent training recognition systems," Artificial Intelligence, Proceedings of the International Workshop, Part 2, pp. 101–106, Kazan, 1996 (in Russian).
15. A.E. Yankovskaya, "Decision-making and substantiation of decisions by methods of cognitive graphics based on knowledge of experts of different skills," Russian Academy of Sciences Bulletin, The theory and system of control № 5, pp. 125–128, 1997 (in Russian).
16. A.E. Yankovskaya, R.V. Ametov, "Intelligent subsystem of cognitive graphics of decision-making substantiation," Information Systems and Technology (IST-2000), Proceedings of the International Conference, Novosibirsk: Publishing House of Novosibirsk State Technical University, vol. 3, pp. 542–547, 2000 (in Russian).
17. A.E. Yankovskaya, R.V. Ametov, G.E. Chernogoryuk, "Graphical visualization of data, knowledge and regularities in the applied intelligent information systems," Artificial Intelligence, Scientific and Theoretical Journal № 2, pp. 279–284, Donetsk, 2000 (in Russian).

Литература (3/4)

18. A.E. Yankovskaya, F.F. Tetenev, G. E. Chernogoryuk, "Reflection of figurative thinking of the expert in intelligent recognition system of diseases pathogenesis," Computer Chronicle, № 6, pp. 77–92, 2000 (in Russian).
19. A.E. Yankovskaya, A. I. Gedike, R.V. Ametov, A. M. Bleikher, "IMSLOG-2002 Software Tool for Supporting Information Technologies of Test Pattern Recognition," Pattern Recognition and Image Analysis, vol. 13(4), pp. 650–657, 2003.
20. O.P. Kuznetsov, "Cognitive modeling of ill-structured situations," Pospelov`s readings, Issue 7, Artificial Intelligence – Problems and Perspectives, RAAI-Polytechnic Museum, Moscow, 2006 (in Russian) On-line access: <http://posp.raai.org/data/posp2005/Kuznetsov/kuznetsov.html>
21. A.E. Yankovskaya, D.V. Galkin, "Mathematical and computer methods of cognitive modeling of decision-making in intelligent systems," The Fourth International Conference on Cognitive Science, Tomsk State University, vol. 2, pp. 606–607, 2010 (in Russian).
22. A.E. Yankovskaya, D. V. Galkin, "Cognitive Computer Based on n-m Multiterminal Networks for Pattern Recognition in Applied Intelligent Systems," Proceedings of Conference GraphiCon'2009, Max Press, pp. 299–300, Moscow, 2009.
23. A.E. Yankovskaya, D. V. Galkin, G. E. Chernogoryuk, "Computer Visualization and Cognitive Graphics Tools for Applied Intelligent Systems," Proceedings of the IASTED International Conferences on Automation, Control and Information Technology, vol. 1, pp. 249–253, 2010.
24. A.E. Yankovskaya, "Logical tests and means of cognitive graphics," Publishing house: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011 (in Russian).

Литература (4/4)

25. Y.I. Zhuravlev, I.B. Gurevich, "Pattern Recognition and Image Analysis," Artificial intelligence in 3 volumes, vol. 2, Models and Methods: Ed. D.A. Pospelov – Moscow.: Radio and Communications, pp. 149–191 1990 (in Russian).
26. A.E. Yankovskaya, V.I. Mozheiko, "Optimization of a set of tests selection satisfying the criteria prescribed," 7th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-7-2004), Conference Proceedings, vol. I, pp. 145-148 St. Petersburg: SPbETU 2004.
27. F.P. Krendelev, A.N. Dmitriev, Y.I. Zhuravlev "Comparison of foreign deposits of Precambrian geological structure conglomerates with discrete mathematics," Reports of the USSR Academy of Sciences, T. 173, № 5, pp. 1149-1152, 1967 (in Russian).
28. A.E. Yankovskaya, R.V. Ametov, G.E. Chernogoryuk, "Graphics visualization data, knowledge and regularities in applied intelligent information systems," Artificial Intelligence, Scientific theory journal, № 2. pp. 279–284, Donetsk, 2000 (in Russian).
29. A.E. Yankovskaya, N. M. Krivdyuk, "Cognitive Graphics Tool Based on 3-Simplex for Decision-Making and Substantiation of Decisions in Intelligent System," Proceedings of the IASTED International Conference Technology for Education and Learning, pp. 463–469, 2013.
30. A.E. Yankovskaya, M. Semenov, D. Semenov, "Cognitive Tool for the Representation of Test Results of the Blended Education," Interactive System: Problem of Human-Computer Interaction, Collection of scientific papers, USTU, pp. 305–312, Ulyanovsk, 2013.



Спасибо за внимание!

А.Е. Янковская

¹ Томский государственный архитектурно-строительный университет

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет

^{1,2,3} Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

