

УДК 004.8 (075.8)
ББК 32.965
JEL Code C45, C87, C88, D83, D87

Определение последующих десятичных знаков числа « π » по предшествующим знакам чисел « π », « e » и « f » с применением сценарного автоматизированного системно-когнитивного анализа

Луценко Евгений Вениаминович

ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
e-mail: prof.lutsenko@gmail.com, URL: <http://lc.kubagro.ru>

Лойко Валерий Иванович,

ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
e-mail: loyko9@yandex.ru

Аннотация: Актуальность научного изыскания обусловлена тем, что с одной стороны известны алгоритмы расчета чисел « π », « e » и « f » и понятно, что последовательность десятичных знаков в этих числах не случайна, т.е. существует закономерность в их последовательности, а с другой стороны эта закономерность неизвестна. Целью исследования является выявление закономерности между последующих десятичных знаков числа « π » по предшествующим знакам чисел « π », « e » и « f ». Для выявления этой закономерности применен новый метод искусственного интеллекта: сценарный автоматизированный системно-когнитивный анализ, основанный на системном обобщении теории информации и синтезе технического и фундаментального анализа. Основным результатом, полученный в результате выполнения данной работы состоит в том, что выявлены закономерности в последовательности десятичных знаков чисел « π », « e » и « f ». Эти закономерности не являются функциональными в классическом понимании и отображаются в форме сложной структуры, представляющей собой матрицу, шапки которой отражают предшествующие и последующие сценарии изменения знаков в ячейках a в ячейках таблицы находится количество информации в предшествующем сценарии о последующем. Другие результаты состоят в том, что 1) на основе знания этой информации оказывается возможным определить последующие знаки на основе предыдущих; 2) теория информации оказывается полезной в экспериментальных исследованиях в области теории чисел (высшая арифметика); 3) технический и фундаментальный анализ могут быть успешно применены в теории чисел. На основе полученных в ходе исследования результатов можно сделать обоснованный вывод о том, что цель работы достигнута: разработана технология, позволяющая с очень высокой достоверностью определять последующие десятичные знаки числа « π » по предшествующим знакам чисел « π », « e » и « f ». Статья будет полезна для специалистов, интересующимся применением теории информации, когнитивных и интеллектуальных технологий для решения задач теории чисел.

Ключевые слова: Сценарный Автоматизированный системно-когнитивный анализ, интеллектуальная система «Эйдос», теория чисел.

1. Вступление (Introduction)

В данной работе предлагается математическая модель, основанная на теории информации, обеспечивающая определение последующих десятичных знаков числа « π » по предшествующим знакам чисел « π », « e » и « f » (отношение длины окружности к ее радиусу, число Эйлера, «Золотое сечение»). Кроме того разработаны соответствующие технология и методика численных расчетов, а также реализующий их программный инструментарий.

Цель статьи предоставить не только теоретическую математическую модель определения последующих десятичных знаков числа « π » по предшествующим знакам чисел « π », « e » и « f », но и реализующий ее программный инструментарий, обеспечивающие решение следующих задач:

Задача 1. Когнитивно-целевая структуризация предметной области:

- разработка классификационных шкал;
- разработка описательных шкал.

Задача 2. Формализация предметной области:

- разработка градаций классификационных шкал;
- разработка градаций описательных шкал.
- кодирование исходных данных с помощью классификационных и описательных шкал и градаций и формирование обучающей выборки.

Задача 3. Синтез и верификация статистических и системно-когнитивных моделей.

Задача 4. Решение в наиболее достоверной модели задач:

- идентификации (распознавания, диагностики, классификации) и прогнозирования;
- поддержки принятия решений;
- исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели.

Рассмотрим суть математической модели АСК-анализа и ее применение для решения некоторых из поставленных задач.

2. Обзор литературы (Literature review)

С развитием теории информации появились работы, рассматривающие ее как более фундаментальную теорию, чем статистика и применяющую ее в статистике для решения задач статистики и развития статистики (Kulbak, 1967). В последующем развитии теории информации она стала основой некоторых методов в области когнитивных и интеллектуальных технологий (Lutsenko, 2002, 2018). Появилось много работ по применению теории информации, когнитивных и интеллектуальных технологий для решения задач статистики и теории чисел (Lutsenko, 2014) (http://lc.kubagro.ru/aidos/Work_on_emergence.htm).

Однако, в работе [4] автор решал задачу поиска закономерностей в сигнале на основе подхода, сходного с техническим анализом, т.е. изучался лишь один ряд чисел. В данной работе этот подход расширен путем дополнения фундаментальным подходом, т.е. для определения последующих значений десятичных знаков числа «*ri*» используются предшествующие знаки не только самого числа «*ri*», но и чисел «*e*» и «*f*».

Работа проведена в форме численного эксперимента. Иначе говоря, для достижения цели работы не только разработана математическая модель, но и применена реальная интеллектуальная система, реализующая эту математическую модель, в среде которой создано интеллектуальное приложение и проведены все расчеты.

Между тем путь от математической модели до реализующей ее программной системы долог и тернист. Этот путь включает разработку методики численных расчетов (т.е. структур данных и алгоритмов их обработки), а также программной реализации. Все это предполагает значительные затраты различных видов ресурсов: прежде всего интеллектуальных ресурсов, но также и длительного времени, и хорошего финансирования и полного альтруизма.

В данной статье приводится новая, ранее не описанная в мировой литературе, математическая модель, основанная на теории информации, а также ее применение для решения поставленных задач с помощью реализующего ее программного инструментария.

В этом заключается актуальность статьи и ее вклад в мировую науку.

2. Материалы и методы (Materials and methods)

2.1. Обоснование выбора метода и инструментария решения проблемы

As a method of the research we used Automated system-cognitive analysis (ASC-analysis), which is a new innovative method of artificial intelligence: it also has its own software tool – an intelligent system called "Eidos" (open source software) [2-4].

The Eidos-X++ system differs from other artificial intelligence systems in the following parameters:

- it was developed in a universal setting, independent of the subject area. Therefore, it is universal and can be applied in many subject areas (<http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm>);
- it is in full open free access (http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm) and has all the relevant source texts (http://lc.kubagro.ru/_AIDOS-X.txt);
- it is one of the first domestic systems of artificial intelligence of the personal level, i.e. it does not take special training in the field of technologies of artificial intelligence from the user (there is an act of introduction of system "Eidos" in 1987) (<http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos02/PR-4.htm>);
- it provides stable identification in a comparable form of strength and direction of cause-effect relationships in incomplete noisy interdependent (nonlinear) data of very large dimension of numerical and non-numerical nature, measured in different types of scales (nominal, ordinal and numerical) and in different units of measurement (i.e. does not impose strict requirements to the data that cannot be performed, and processes the data that can);
- it contains a large number of local (supplied with the installation) and cloud educational and scientific applications (currently 31 and 206 (http://aidos.byethost5.com/Source_data_applications/WebAppls.htm), respectively) (http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation_Aidos-online.pdf);

- it provides multilingual interface support in 51 languages. The language databases are included in the installation and can be replenished automatically;
- it supports on-line environment of knowledge accumulation and is widely used all over the world (<http://aidos.byethost5.com/map5.php>);
- the most time-consuming, computationally, are the operations of the synthesis models and implements recognition using graphic processing unit (GPU) where some tasks can only support up to several thousand times; the solution of these tasks is intelligent processing of big data, big information and big knowledge;
- it provides transformation of the initial empirical data into information, and its knowledge and solution using this knowledge of classification problems, decision support and research of the subject area by studying its system-cognitive model, generating a very large number of tabular and graphical output forms (development of cognitive graphics), many of which have no analogues in other systems (examples of forms can be found in: http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos18_LLS/aidos18_LLS.pdf);
- it well imitates the human style of thinking: gives the results of the analysis, understandable to experts according to their experience, intuition and professional competence.
- instead of making almost impossible demands on the source data (such as the normality of distribution, absolute accuracy and complete repetitions of all combinations of factor values and their complete independence and additivity), the automated system-cognitive analysis (ASC-analysis) offers to process this data without any preliminary processing and thereby transform it into information, and then transform this information into knowledge by applying it to achieve goals (i.e. for the management) and solving problems of classification, decision support, and meaningful empirical research of the domain being modeled.

What is the strength of the approach implemented in Eidos system? The strength is implementing an approach whose effectiveness does not depend on what we think about the subject area or whether we think at all. It generates models directly based on empirical data, rather than based on our understanding of the mechanisms for implementing patterns in this data. This is why Eidos models are effective, even if our understanding of the subject area is incorrect or totally absent.

And this as well is the weakness of this approach implemented in Eidos system. Models of the Eidos system are phenomenological models, i.e. they do not reflect the mechanisms of determination, but only the fact and nature of determination.

2.2. Суть метода и математической модели АСК-анализа

Суть метода АСК-анализа состоит в последовательном повышении степени формализации модели и преобразовании данных в информацию, а ее в знания и решении на основе этих знаний задач идентификации (распознавания, классификации и прогнозирования), поддержки принятия решений и исследования моделируемой предметной области [2-4].

В АСК-анализе все значения факторов рассматриваются *с одной единственной точки зрения: сколько информации содержится в их значениях о переходе объекта моделирования и управления, на который они действуют, в определенное будущее состояние, описываемое классом (градация классификационной шкалы), и при этом сила и направление влияния всех значений факторов на объект измеряется в одних общих для всех факторов единицах измерения: единицах количества информации* [2-4].

В сценарном АСК-анализе на основе анализа исходных данных выявляются ранее наблюдавшиеся прошлые и будущие сценарии развития событий и на основе их обобщения формируются обобщенные образы сценариев развития событий, которые рассматриваются в виде базисных функций классов и детерминирующих их значений факторов. При прогнозировании текущая ситуация сравнивается с этими обобщенными образами и разлагается в ряд по ним (прямое преобразование, объектный анализ). Средневзвешенный прогноз формируется путем обратного преобразования образов классов с их весами, т.е. как их взвешенная суперпозиция. При этом в качестве базисных функций используются обобщенные образы прогнозируемых сценариев того что будет и того что не будет с их весами, в качестве которых используется достоверность прогноза.

2.3. Синтез системно-когнитивных моделей и частные критерии знаний, многопараметрическая типизация

Математическая модель АСК-анализа и системы «Эйдос» основана на системной нечеткой интервальной математике [2-4] и обеспечивает сопоставимую обработку больших объемов фрагментированных и зашумленных взаимозависимых данных, представленных в различных типах шкал (номинальных, порядковых и числовых) и различных единицах измерения [2-4].

Суть математической модели АСК-анализа состоит в следующем.

Непосредственно на основе эмпирических данных рассчитывается матрица абсолютных частот. Используя «программистский стиль» расчет этой матрицы записывается с помощью формул (1). Если i -й признак был обнаружен объекте, принадлежащем j -му классу, то:

$$N_{ij} = N_{ij} + 1; N_{i\Sigma} = N_{i\Sigma} + 1; N_{\Sigma j} = N_{\Sigma j} + 1; N_{\Sigma\Sigma} = N_{\Sigma\Sigma} + 1 \quad (1)$$

На основе выражений (1) по формулам (2) рассчитываются матрицы условных и безусловных процентных распределений:

$$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{\Sigma j}}, P_{i\Sigma} = \frac{N_{i\Sigma}}{N_{\Sigma\Sigma}} \quad (2)$$

Отметим, что в АСК-анализе и его программном инструментарии интеллектуальной системе «Эйдос» используется два способа расчета матриц условных и безусловных процентных распределений:

1-й способ: в качестве $N_{\Sigma j}$ используется суммарное количество признаков по классу;

2-й способ: в качестве $N_{\Sigma j}$ используется суммарное количество объектов обучающей выборки по классу.

Затем на основе выражений (2) с использованием частных критериев, приведенных формулах (3), рассчитываются матрицы системно-когнитивных моделей:

$$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}, \quad I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij}N}{N_iN_j}, \quad I_{ij} = N_{ij} - \frac{N_iN_j}{N}, \quad I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$$

$$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_iN_j} - 1, \quad I_{ij} = P_{ij} - P_i, \quad I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$$

$$\sigma_{i\Sigma} = 2 \sqrt{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{ij} - \bar{I}_i)^2}, \quad H = 2 \sqrt{\frac{1}{(W \cdot M - 1) \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I})^2}}$$

Обозначения к формулам (1)-(3):

i – слово; j – класс; N_{ij} – количество встреч i -го признака у объектов j -го класса; N_i – количество встреч i -го слова по всей выборке; N_j – количество признаков у объектов j -го класса; N – количество признаков у всех объектов обучающей выборки; I_{ij} – частный критерий знаний: количество знаний в факте наблюдения i -го признака о том, что объект с этим признаком относится к j -му классу; Ψ – нормировочный коэффициент (Е.В.Луценко, 2002), преобразующий количество информации в формуле А.Харкевича в биты и обеспечивающий для нее соблюдение принципа соответствия с формулой Р.Хартли; P_i – безусловная относительная частота встречи i -го слова в обучающей выборке; P_{ij} – условная относительная частота встречи i -го признака у объектов j -го класса; W – количество классов; M – количество различных признаков у всех объектов; σ_i – ценность i -го признака для классификации объектов; H – качество модели.

На основе системно-когнитивных моделей, отличаются частыми критериями (3), решаются задачи идентификации (классификации, распознавания, диагностики, прогнозирования), поддержки принятия решений (обратная задача прогнозирования), а также задача исследования моделируемой предметной области путем исследования ее системно-когнитивной модели [2-4].

Для решения этих задач в АСК-анализе и системе «Эйдос» в настоящее время используется два аддитивных интегральных критерия.

2.4. Интегральные критерии и решение задач системной идентификации и принятия решений

Задача системной идентификации – это задача определения степени сходства (и различия) конкретного текста с обобщенными образами классов, соответствующих определенным авторам, жанрам и временным периодам. В моделях, приведенных в выражениях (4), отражено, какое количество информации содержится в каждом слове или лемме о принадлежности текста с этим словом к каждому из классов. Но в тексте содержится много слов.

Поэтому естественно считать, что текст принадлежит к тем классам, о принадлежности к которым в его словах содержится максимальное **суммарное** количество информации. Функция от частных критериев, имеющая определенное числовое значение, свое для каждого класса и отражающее степень принадлежности текста к данному классу, называется **интегральным критерием**. В результате получается, что некоторый определенный текст в различной степени принадлежит и не принадлежит к разным классам. Интегральные критерии применяются при решении как задачи идентификации или прогнозирования, так и задачи принятия решений. В настоящее время в системе «Эйдос» используется два аддитивных интегральных критерия: сумма знаний и резонанс знаний.

1-й интегральный критерий «Сумма знаний» представляет собой суммарное количество знаний, содержащееся в признаках объекта о его сходстве/различии с каждым из классов. Интегральный критерий представляет собой аддитивную функцию от частных критериев знаний(4):

$$I_j = (\bar{I}_j, \bar{L}_j). \quad (4)$$

В выражении круглыми скобками обозначено скалярное произведение. В координатной форме это выражение имеет вид (5):

$$I_j = \sum_{i=1}^M I_{ij} L_i, \quad (5)$$

где:

$\vec{I}_{ij} = \{I_{ij}\}$ – вектор j -го класса; $\vec{L}_i = \{L_i\}$ – вектор распознаваемого текста, т.е.:

$$\vec{L}_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{й фактор действует;} \\ n, & \text{где: } n > 0, \text{ если } i - \text{й фактор действует с истинностью } n; \\ 0, & \text{если } i - \text{й фактор не действует.} \end{cases}$$

2-й интегральный критерий «Семантический резонанс знаний» представляет собой *нормированное* суммарное количество знаний, содержащееся в признаках объекта о его сходстве/различии с каждым из классов. Интегральный критерий представляет собой аддитивную функцию от частных критериев знаний и имеет вид (6):

$$I_j = \frac{1}{\sigma_j \sigma_l M} \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I}_j) (L_i - \bar{L}), \quad (6)$$

где:

σ_j – среднее квадратичное отклонение частных критериев знаний вектора класса;

σ_l – среднее квадратичное отклонение по вектору распознаваемого текста.

3. Результаты (Data, Analysis, and Results)

3.1. Когнитивно-целевая структуризация предметной области

Когнитивно-целевая структуризация предметной области включает разработку классификационных и описательных шкал (таблицы 1 и 2). Это единственный неавтоматизированный этап АСК-анализа.

Таблица 1. Классификационные шкалы

KOD_CLSC	NAME_CLSC
1	PI
2	PI-FUTURE3

Таблица 2. Описательные шкалы

KOD_OPSC	NAME_OPSC
1	PI
2	E
3	F
4	PI-PAST3
5	E-PAST3
6	F-PAST3

3.2. Подготовка исходных данных, формализация предметной области

Исходные данные для апробации предлагаемого подхода были взяты с сайтов:

<http://www.eveandersson.com/pi/digits/1000000>

<https://apod.nasa.gov/htmltest/gifcity/e.2mil>

<https://www2.cs.arizona.edu/icon/oddsends/phi.htm>

На основе данных с этих сайтов создан файл исходных данных на 50000 строк.

http://aidos.byethost5.com/htdocs/Source_data_applications/Applications-000207/Inp_data_50000.xlsx

Однако из-за дефицита времени расчеты проведены на файле в 5000 строк, который можно скачать по ссылке: http://aidos.byethost5.com/htdocs/Source_data_applications/Applications-000207/Inp_data.xlsx.

Данные были представлены в виде таблицы 3.

Таблица 3. Исходные данные (фрагмент)

OBJNAME	Pi	e	F	Pi	e	F
1	3	2	1	3	2	1
3	1	7	6	1	7	6
4	4	1	1	4	1	1
5	1	8	8	1	8	8
6	5	2	0	5	2	0
7	9	8	3	9	8	3
8	2	1	3	2	1	3

Классификационная шкала выделена желтым фоном. Описательные шкалы без фона. Столбцы с зеленым фоном резервные и в данной работе не используются.

3.3. Формализация предметной области

Для ввода этих исходных данных в систему «Эйдос» и формализации предметной области был использован автоматизированный программный интерфейс (API-2.3.2.2) (рисунок 1).

2.3.2.2. Универсальный программный интерфейс импорта данных в систему "ЭЙДОС-X++"

Автоматическая формализация предметной области: генерация классификационных и описательных шкал и градаций, а также обучающей и распознаваемой выборки на основе базы исходных данных: "Inp_data"

— Задайте тип файла исходных данных: "Inp_data":

- XLS - MS Excel-2003
- XLSX - MS Excel-2007(2010)
- DBF - DBASE IV (DBF/NTX)
- CSV - Comma-Separated Values

Стандарт XLS-файла
Стандарт DBF-файла
Стандарт CSV-файла

— Задайте параметры:

- Нули и пробелы считать ОТСУТСТВИЕМ данных
- Нули и пробелы считать ЗНАЧЕНИЯМИ данных
- Создавать БД средних по классам "Inp_davr.dbf"?

Требования к файлу исходных данных

— Задайте диапазон столбцов классификационных шкал:

Начальный столбец классификационных шкал:
Конечный столбец классификационных шкал:

— Задайте диапазон столбцов описательных шкал:

Начальный столбец описательных шкал:
Конечный столбец описательных шкал:

— Задайте режим:

- Формализации предметной области (на основе "Inp_data")
- Генерации распознаваемой выборки (на основе "Inp_rasp")

— Задайте способ выбора размера интервалов:

- Равные интервалы с разным числом наблюдений
- Разные интервалы с равным числом наблюдений

— Задание параметров формирования сценариев или способа интерпретации текстовых полей "Inp_data":

- Не применять сценарный метод АСК-анализа
- Применить сценарный метод АСК-анализа

Параметры формирования сценариев:

— Прошлый период:

Глубина предыстории минимальная:
Глубина предыстории максимальная:

— Будущий период:

Горизонт прогнозирования минимальный:
Горизонт прогнозирования максимальный:

— Пояснение по сценарному методу АСК-анализа:

Когда сценарный метод АСК-анализа не применяется, то записи файла исходных данных "Inp_data" рассматриваются сами по себе независимо друг от друга. Если же он применяется, то как классы рассматриваются сценарии изменения значений полей классификационных шкал на заданное количество записей вперед от текущей записи (горизонт прогнозирования), а за значения факторов принимаются сценарии изменения значений полей описательных шкал на заданное их количество назад (глубина предыстории).

— Какие наименования ГРАДАЦИЙ числовых шкал использовать:

- Только интервальные числовые значения (например: "1/3-{59873.0000000, 178545.6666667}")
- Только наименования интервальных числовых значений (например: "Минимальное")
- И интервальные числовые значения, и их наименования (например: "Минимальное: 1/3-{59873.0000000, 178545.6666667}")

Ok Cancel

Рисунок 1.

Так как среди классификационных шкал есть числовая шкала, то система запрашивает количество числовых диапазонов, на которое ее разделять и мы задали 9 диапазонов (рисунок 2).

Ввод исходных данных из внешнего Excel-файла в систему «Эйдос» занял 2 минуты 9 секунд.

В результате в данном режиме автоматически разработаны градации классификационных и описательных шкал (таблицы 4 и 5), а затем с их использованием исходные данные закодированы и сформирована обучающая выборка (таблица 6):

2.3.2.2. Задание размерности модели системы "ЭЙДОС-X++"

ЗАДАНИЕ В ДИАЛОГЕ РАЗМЕРНОСТИ МОДЕЛИ

Суммарное количество градаций классификационных и описательных шкал: [9 x 27]

Тип шкалы	Количество классификационных шкал	Количество градаций классификационных	Среднее количество градаций на класс. шкалу	Количество описательных шкал	Количество градаций описательных шкал	Среднее количество градаций на опис. шкалу
Числовые	1	9	9,00	3	27	9,00
Текстовые	0	0	0,00	0	0	0,00
ВСЕГО:	1	9	9,00	3	27	9,00

— Задайте число интервалов (градаций) в шкале:

В классификационных шкалах: В описательных шкалах:

Пересчитать шкалы и градации Выйти на создание модели

Рисунок 2

Таблица 4. Классификационные шкалы и градации (фрагмент)

KOD_CLS	NAME_CLS
1	PI-1/9-{0.0, 1.0}
2	PI-2/9-{1.0, 2.0}
3	PI-3/9-{2.0, 3.0}
4	PI-4/9-{3.0, 4.0}
5	PI-5/9-{4.0, 5.0}
6	PI-6/9-{5.0, 6.0}
7	PI-7/9-{6.0, 7.0}
8	PI-8/9-{7.0, 8.0}
9	PI-9/9-{8.0, 9.0}
10	PI-FUTURE3-PI-FUTURE3-1,1,1
11	PI-FUTURE3-PI-FUTURE3-1,1,2
12	PI-FUTURE3-PI-FUTURE3-1,1,3
13	PI-FUTURE3-PI-FUTURE3-1,1,4
14	PI-FUTURE3-PI-FUTURE3-1,1,5
15	PI-FUTURE3-PI-FUTURE3-1,1,6
16	PI-FUTURE3-PI-FUTURE3-1,1,7
17	PI-FUTURE3-PI-FUTURE3-1,1,8
18	PI-FUTURE3-PI-FUTURE3-1,1,9

Таблица 5. Описательные шкалы и градации (фрагмент)

KOD_ATR	NAME_ATR
1	PI-1/9-{0.0000000, 1.0000000}
2	PI-2/9-{1.0000000, 2.0000000}
3	PI-3/9-{2.0000000, 3.0000000}
4	PI-4/9-{3.0000000, 4.0000000}
5	PI-5/9-{4.0000000, 5.0000000}
6	PI-6/9-{5.0000000, 6.0000000}
7	PI-7/9-{6.0000000, 7.0000000}
8	PI-8/9-{7.0000000, 8.0000000}
9	PI-9/9-{8.0000000, 9.0000000}
10	E-1/9-{0.0000000, 1.0000000}
11	E-2/9-{1.0000000, 2.0000000}
12	E-3/9-{2.0000000, 3.0000000}
13	E-4/9-{3.0000000, 4.0000000}
14	E-5/9-{4.0000000, 5.0000000}
15	E-6/9-{5.0000000, 6.0000000}
16	E-7/9-{6.0000000, 7.0000000}
17	E-8/9-{7.0000000, 8.0000000}
18	E-9/9-{8.0000000, 9.0000000}
19	F-1/9-{0.0000000, 1.0000000}
20	F-2/9-{1.0000000, 2.0000000}
21	F-3/9-{2.0000000, 3.0000000}
22	F-4/9-{3.0000000, 4.0000000}
23	F-5/9-{4.0000000, 5.0000000}
24	F-6/9-{5.0000000, 6.0000000}
25	F-7/9-{6.0000000, 7.0000000}
26	F-8/9-{7.0000000, 8.0000000}
27	F-9/9-{8.0000000, 9.0000000}
28	PI-PAST3-PI-PAST3-01,01,01
29	PI-PAST3-PI-PAST3-01,01,02
30	PI-PAST3-PI-PAST3-01,01,03
31	PI-PAST3-PI-PAST3-01,01,04
32	PI-PAST3-PI-PAST3-01,01,05
33	PI-PAST3-PI-PAST3-01,01,06
34	PI-PAST3-PI-PAST3-01,01,07
35	PI-PAST3-PI-PAST3-01,01,08
36	PI-PAST3-PI-PAST3-01,01,09
37	PI-PAST3-PI-PAST3-01,02,01
38	PI-PAST3-PI-PAST3-01,02,02
39	PI-PAST3-PI-PAST3-01,02,03
40	PI-PAST3-PI-PAST3-01,02,04
41	PI-PAST3-PI-PAST3-01,02,05
42	PI-PAST3-PI-PAST3-01,02,06
43	PI-PAST3-PI-PAST3-01,02,07
44	PI-PAST3-PI-PAST3-01,02,08
45	PI-PAST3-PI-PAST3-01,02,09
46	PI-PAST3-PI-PAST3-01,03,01
47	PI-PAST3-PI-PAST3-01,03,02

Таблица 6. Обучающая выборка (фрагмент)

NAME_OBJ	N2	N3	N4	N5	N6	N7
1	3			3	11	19
3	1			1	16	24
4	4			4	10	19
5	1			1	17	26
6	5			5	11	19
7	9			9	17	21
8	2			2	10	21
9	6			6	17	27
10	5			5	11	26
11	3			3	17	26

Обучающая выборка (таблица 6) по сути представляет собой базу исходных данных (таблица 3), закодированную с помощью классификационных и описательных шкал и градаций (таблицы 4 и 5).

В результате автоматической формализации предметной области подготовлены все необходимые условия для выполнения следующего этапа АСК-анализа: синтеза и верификации моделей.

Алгоритм выявления сценариев изменения значений факторов и сценариев поведения объекта моделирования [5]:

Шаг 1-й. Базовые шкалы и значения шкал формируются как обычно при формализации предметной области. При этом в качестве значений градаций числовых шкал рассматриваются числовые диапазоны, а в качестве значений текстовых шкал (номинальных и порядковых) рассматриваются уникальные текстовые значения. Числовые диапазоны могут быть либо равными с разным числом наблюдений, либо разными (адаптивными) с примерно одинаковым числом наблюдений.

Шаг 2-й: Организуется цикл по текущей записи базы исходных данных (таблица 3) от 1-й записи до последней.

Шаг 3-й. Организуется цикл по всем измерительным шкалам, как классификационным, так и описательным. Классификационные шкалы и градации используются для формального описания и кодирования будущих состояний объекта моделирования, а описательные, – как для формального описания и кодирования прошлых состояний самого объекта моделирования (его предыстории), так и для описания различных факторов, действующих на объект моделирования. Эти факторы могут быть классифицированы как зависящие от нашей воли (факторы управления, применение различных технологий), так и не зависящие от нее – это факторы окружающей среды. Факторы окружающей среды могут быть классифицированы в соответствии с иерархическими уровнями организации внешней среды: природной, технологической, организационной, экономической и политической и т.д.

Шаг 4-й. Относительно текущей записи базы исходных данных *по каждой шкале* определяются коды градаций базовых классификационных и описательных шкал на заданную глубину предыстории в прошлое и на заданный горизонт прогнозирования в будущее. На основе этой информации формируются и добавляются в справочники шкалы прошлых и будущих сценариев. Будущие сценарии образуются на основе базовых классификационных шкал, а прошлые – на основе базовых описательных шкал. Название шкалы-сценария образуется из названия базовой шкалы, на основе которой она образована, слова "Будущее" или "Прошлое" (FUTURE or PAST) и КОДОВ градаций базовой шкалы сценария.

Шаг 5-й. Конец цикла по шкалам.

Шаг 6-й. Конец цикла по записям базы исходных данных.

В сценарном АСК-анализе вектора классов (таблица 4) рассматриваются как базисные функции для разложения в ряд сценария идентифицируемой ситуации. При этом в качестве весовых коэффициентов разложения в ряд используются значения интегральных критериев сходства идентифицируемой ситуации с соответствующими классами (4), (5), (6) [2-4].

3.4. Синтез и верификация моделей

Процесс синтеза и верификации моделей на GPU занял 11 часов 35 минут.

Для оценки достоверности моделей в системе «Эйдос» используется F-мера Ван Ризбергена и две ее улучшенные модификации, предложенные проф.Е.В.Луценко [6]. По критерию L2 наилучшей по достоверности системно-когнитивной моделью является модель INF3 с интегральным критерием «Сумма знаний»: $L2=0,998$. Это очень хороший результат, говорящий о том, что на использованном объеме данных созданные модели позволяют практически безошибочно определять значения последующих десятичных знаков числа « r_i » по предшествующим знакам чисел « r_i », « e » и « f ».

Поэтому данная модель и выбрана в качестве текущей для решения поставленных в работе задач на последующих этапах АСК-анализа.

3.5. Придание статуса текущей наиболее достоверной модели INF4

Далее придадим наиболее достоверной модели INF3 статус текущей модели и в ней будем решать все поставленные задачи.

3.6. Решение задачи системной идентификации

При решении задачи идентификации для каждой позиции в знаках после запятой распознаваемой выборки в наиболее достоверной модели INF3 рассчитываются значения интегральных критериев для каждого класса, и все классы сортируются в порядке убывания значения интегрального критерия сходства (рисунок 3):

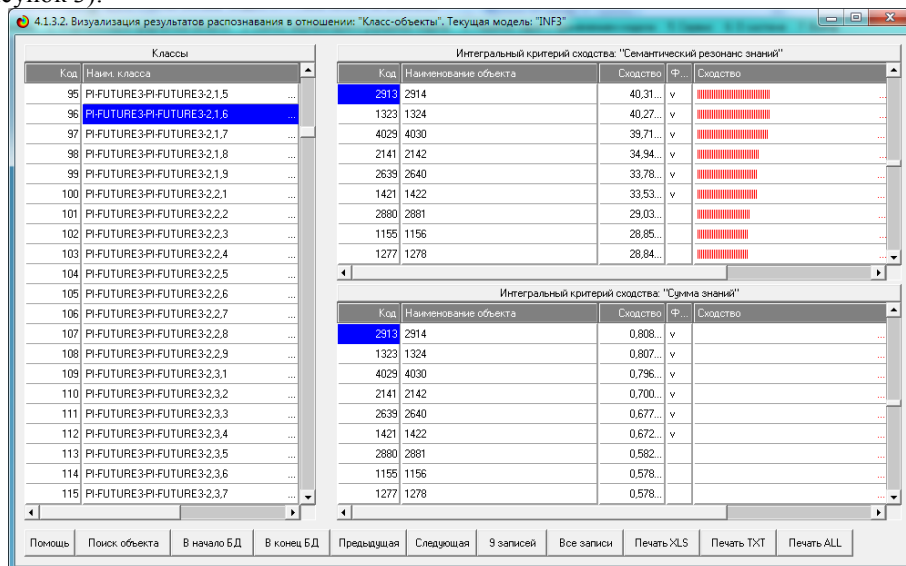


Рисунок 3

Птичкой отмечены результаты определения значений десятичных знаков, совпавшие с фактом.

3.7. Решение задачи принятия решений (вывод информации о результатах многопараметрической типизации)

На этапе синтеза моделей путем обобщения примеров обучающей выборки были созданы обобщенные образы классов. Представляет интерес, а что же это за образы классов. Можно вывести информацию об этом в форме SWOT-диаграмм [2-5], из которых видно какие значения десятичных разрядов и какие предшествующие сценарии наиболее характерны (слева) и нехарактерны (справа) для данного последующего сценария (рисунок 4):

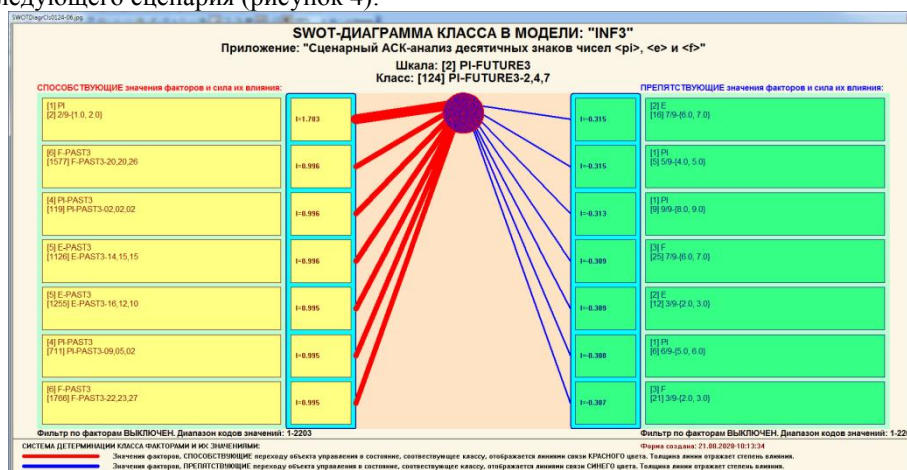


Рисунок 4

3.8. Решение задачи исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели

Если модель верно отражает моделируемую предметную область, то исследование модели обоснованно можно считать исследованием самой моделируемой предметной области.

В системе «Эйдос» исследование моделируемой предметной области включает: инвертированные SWOT-диаграммы значений факторов (семантические потенциалы слов); кластерно-конструктивный анализ классов; кластерно-конструктивный анализ значений факторов (слов); нелокальные нейроны; нелокальная нейронная сеть; 3D-интегральные когнитивные карты; 2D-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения классов; 2D-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения значений факторов (слов); когнитивные функции; значимость факторов и их значений; степень детерминированности классов и классификационных шкал [2-5].

В данной работе из-за ограничений на ее объем мы не будем рассматривать задачи исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели.

4. Обсуждение (Discussion)

По данным Академии Google в мире отсутствуют научные работы о применении информационных, когнитивных и интеллектуальных технологий для определения последующих знаков в десятичных разрядах числа « π » на основе предыдущих. Таким образом, данная работа авторов, посвященная этой тематике, обладает мировым уровнем научной новизны.

Поэтому данная статья представляет интерес для исследователей в данной предметной области и является актуальной.

5. Выводы (Conclusions)

5.1. Основные результаты

Основной результат, полученный в результате выполнения данной работы состоит в том, что выявлены закономерности в последовательности десятичных знаков чисел « π », « e » и « f ». Другие результаты состоят в том, что

- 1) на основе знания этой информации оказывается возможным определить последующие знаки на основе предыдущих;
- 2) теория информации оказывается полезной в экспериментальных исследованиях в области теории чисел (высшая арифметика);
- 3) технический и фундаментальный анализ могут быть успешно применены в теории чисел.

5.2. Итог статьи

На основе полученных в ходе исследования результатов можно сделать обоснованный вывод о том, что цель работы достигнута: разработана технология, позволяющая с очень высокой достоверностью определять последующие десятичные знаки числа « π » по предшествующим знакам чисел « π », « e » и « f ».

Как показывает анализ результатов численного эксперимента предложенное и реализованное в системе «Эйдос» решение поставленных задач является эффективным, что позволяет обоснованно утверждать, что цель работы достигнута. Любой желающий может лично ознакомиться с интеллектуальным Эйдос-приложением, т.к. оно размещено в Эйдос-облаке под номером 207:

http://lc.kubagro.ru/aidos/How_to_make_your_own_cloud_Eidos-application.htm

Сама система «Эйдос» относится к бесплатному открытому программному обеспечению. Ее можно скачать по ссылке: <http://lc.kubagro.ru/aidos/Aidos-X.htm>. Установить данное приложение можно в Диспетчере приложений (режим 1.3).

Список литературы (References)

1. Kulbak S. (1967). Information Theory and statistics. - М.: Nauka, 1967. - 408 p.
2. Lutsenko, E. V. (2002). Conceptual principles of the system (emergent) information theory and its application for the cognitive modelling of the active objects (entities). Paper presented at the *Proceedings - 2002 IEEE International Conference on Artificial Intelligence Systems, ICAIS 2002*, 268-269. doi:10.1109/ICAIS.2002.1048109 Retrieved from www.scopus.com
3. Lutsenko, E. V., Troshin, L. P., Zviagin, A. S., & Milovanov, A. V. (2018). Application of the automated system-cognitive analysis for solving problems of genetics. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 41(2), 1-8. doi:10.26480/jmerd.01.2018.01-08. Retrieved from www.scopus.com
4. Lutsenko E. V. (2014). Research of symbolic and digital series by methods of information theory and ask-analysis (on the example of the number π with one million decimal places) / E. V. Lutsenko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University (Scientific journal of Kubgau) [Electronic resource]. - Krasnodar: Kubgau, 2014. – №05(099). P. 319-355. - IDA [article ID]: 0991405022. - access Mode: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/22.pdf>, 2,312 u. p. 1.
5. Lutsenko E. V. (2020). Scenario ASK-analysis as a method of development on the basis of empirical data of basic functions and weight coefficients for the expansion into a series of functions of the state of an object or situation according to the theorem of A. N. Kolmogorov (1957) / Lutsenko E. V. // Polythematic

network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University (scientific journal of Kubgau) [Electronic resource]. - Krasnodar: Kubgau, 2020. – №06(160). - Access mode: <http://ej.kubagro.ru/2020/06/pdf/09.pdf>, 7,125 cu – IDA [article ID]: 1602006009. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-160-009>.

6. Lutsenko E. V. (2017). Invariant relative to data volumes fuzzy multiCLASS generalization Of the f-measure of reliability of van Riesbergen models in ask analysis and the Eidos system / E. V. Lutsenko // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University (Scientific journal of Kubgau) [Electronic resource]. - Krasnodar: Kubgau, 2017. – №02(126). P. 1-32. - IDA [article ID]: 1261702001. - access Mode: <http://ej.kubagro.ru/2017/02/pdf/01.pdf>, 2 u. p. 1.