

# Использование математического аппарата импликативных матриц при создании и сопровождении информационных систем

С. В. Козлов

**Аннотация** – В статье обсуждаются возможности использования методов функционального анализа данных при разработке и эксплуатации информационных систем. Рассматриваются особенности проектирования многомерных сетевых моделей информационных систем. Автором раскрывается сущность применения математического аппарата импликативных матриц в подготовке и анализе данных при принятии решений о функционировании системы. Актуальность статьи связана с возрастанием интереса к вопросу интерпретации семантических взаимосвязей структурных элементов при сопровождении информационных систем на основе функциональных соотношений.

**Ключевые слова** – информатика, информационные системы, базы данных, программирование, информационно-коммуникационные технологии, функциональный анализ, импликативные матрицы, соответствие Галуа, инвариантные методы, графовая модель.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация информационных систем разного вида нередко ставит перед пользователем вопросы об определенной ограниченности их функциональных возможностей. Как правило, большинство систем в независимости от предметной области их использования позволяют осуществлять различные операции манипулирования данными. Оболочка кроссплатформенной базы данных как основа программной реализации информационных систем обеспечивает ввод данных, их изменение, удаление, поиск и сортировку. Эти функции являются

стандартными. В тоже время роль информационных систем в различных сферах жизнедеятельности человека от производственной сферы до сферы оказания услуг претерпела значительные изменения в связи с последними достижениями в области информационно-коммуникационных технологий [1]. Информационные системы XXI века воспринимаются пользователями как интеллектуальные автоматизированные системы с разнообразным набором инструментов для решения прикладных задач.

В связи с этим возникает потребность в поиске инвариантных математических инструментов анализа данных относительно области применения информационных систем. Одним из подходов, который позволяет реализовать структурный и содержательный анализ информации в системе, выступает методология функционального анализа [2]. Ее возможности разнообразны и широки. Так, например, соответствие Галуа как метод функционального анализа открывает перспективные направления исследования количественных показателей и качественных взаимосвязей между элементами системы [3]. Анализ данных с привлечением соответствия Галуа позволяет характеризовать информационную систему с точки зрения использования ее интеллектуальных возможностей. В частности при рассмотрении разнообразных системных ситуаций, прогнозировании их развития и последующих изменений в работе системы, а также при экстраполяции полученной информации для моделирования ее дальнейшего поведения.

Однако наибольших показателей корреляционных значений с нередко интуитивными выводами пользователя методология функционального анализа достигает при совместном использовании других математических инструментов. Например, многие инструменты функционального анализа наиболее эффективно раскрывают свой потенциал при применении методологии графового моделирования и математического аппарата импликативных

---

Статья получена 30 октября 2017.  
Козлов Сергей Валерьевич, Смоленский государственный университет, доцент кафедры информатики, кандидат педагогических наук, доцент (email: svkozlov1981@yandex.ru)

матриц. Последние зачастую оказываются незаменимы на этапах проектирования системы, ее тестирования и в процессах эксплуатации как функциональный инструмент.

Так, графовое моделирование в совокупности с методологией соответствия Галуа расширяет системные функции интеллектуального анализа [4]. Совместное использование позволяет на ином качественном уровне содержательно интерпретировать количественные данные, полученные при разработке и в ходе работы программной среды информационной системы. Востребованным инструментом также оказывается и математический аппарат импликативных матриц. Реализация его возможностей как элемента информационной среды предлагает пользователю критериальный аппарат исследования поведения системы в той или иной моделируемой ситуации. Импликативные матрицы демонстрируют пользователю варианты развития тех или иных ситуаций при заданных условиях, что выступает основополагающим фактором при принятии им решений.

## II. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ИМПЛИКАТИВНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Для описания данных в разнообразных информационных системах во многих случаях табличный способ организации информации является наиболее предпочтительным. С одной стороны он достаточно нагляден и информативен, а с другой – при достаточной его простоте предоставляет пользователю широкий спектр математических инструментов по количественному и качественному анализу информации. Так, например, при представлении предметной области в виде графовой модели анализ удобно осуществлять с применением разнообразного набора матриц. Таковыми матрицами фундаментального анализа служат матрицы смежности, инцидентности и достижимости. Они позволяют изучать различные свойства и характер взаимодействия между элементами информационной системы. В теории графового моделирования определены многие алгоритмы матричной математики [5]. Например, велика роль при анализе данных алгоритма Дейкстры или алгоритма Прима-Краскала. Границы их применения в настоящее время хорошо изучены, а особенности применения могут быть сведены к композиции базовых алгоритмических структур.

В тоже время представление мира и порядка в нем многомерно и требует новых подходов к изучению связей между системными

элементами [6]. Двумя из множества передовых технологий организации и анализа данных являются Data Mining – интеллектуальный анализ информации и OLAP-технологии – анализ данных на основе многомерных структур. Возможности этих технологий изучены еще не в полной мере, однако их потенциал настолько велик, что использование только небольшого числа из их инструментов приводит к открытию более совершенных и структурно иных подходов в анализе данных [7, 8]. Технологии интеллектуального анализа данных и анализа многомерных структур развиваются параллельно друг другу, нередко используя одни и те же компоненты. Одним из таких объектов выступают многомерные матрицы, а инструментов интеллектуального анализа математический аппарат импликативных матричных порядков. Возможности импликативных матриц позволяют оценивать и задавать необходимые пользователю критерии в постоянно изменяющихся условиях функционирования информационной среды.

Многомерный подход позволяет описать структурный объект информационной системы как компонент различных ее подсистем. Это отражает характерную большинству процессов сложность и не однозначность их состояния. При этом информационная система не может трактоваться как неподвижный замкнутый на себя объект. С этой точки зрения ее характеризует развитие, которое в редких исключительных случаях протекает линейно. Проследить изменения в системе во многих случаях достаточно затруднительно в виду их сложноподчиненной структурированности или вовсе некоторой на первый взгляд хаотичности порядка.

В качестве инструмента такого анализа может быть использован математический аппарат импликативных матриц. Импликативная матрица представляет собой матрицу размера  $n$  на  $m$ . Элементами этой матрицы являются критерии анализа, которые связывают объекты системы, и компоненты многомерного массива данных соответственно. В качестве компонентов можно рассматривать как собственно системные объекты одного и того же или различного уровней, а также прямые или опосредованные взаимосвязи между ними. При этом заметим, что во многих случаях именно анализ взаимосвязей позволяет выявить латентные характеристики информационной системы, которые оказывают существенное влияние на ее поведение и развитие.

Фундаментальное отличие от матриц системных характеристик информационной среды заключается в том, что при

интеллектуальном многомерном анализе в качестве рассмотрения можно выбирать компоненты непосредственно друг с другом не связанные. Также можно изучать поведение системы, сформировав имплицативную матрицу как совокупность элементов и взаимосвязей между ними. То есть иными словами исследовать объекты разной формации. А это уже предтеча интеллектуального анализа данных. Помимо прочего можно ввести в рассмотрение, казалось бы, на первый взгляд никак не связанные между собой системные элементы или процессы. Они могут находиться даже не в параллельных срезах многомерной матрицы информационной системы. Взаимосвязь между ними может быть условно интуитивной и схематично отражаться в виде совокупности логических и причинно-следственных связей между объектами различных подсистем и их совокупностей. После чего, применив критерии анализа к этим объектам, можно выяснить степень их влияния на характер системных взаимодействий в целом. При этом нередко оказывается, что интуитивные предположения пользователя, основанные на некотором начальном анализе ситуации, находят свое подтверждение после имплицативного исследования компонентов информационной системы.

Рассмотрим ниже отдельные функциональные возможности математического аппарата имплицативных матриц при анализе данных и взаимосвязей между ними при создании и сопровождении информационных систем.

### III. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ИМПЛИКАТИВНЫХ МАТРИЦ ПРИ СОЗДАНИИ И СОПРОВОЖДЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Значительное количество моделей предметных областей в контексте анализа их состояния и поведения, а тем более прогнозирования, при решении задач управления требует представления в виде многомерных информационных систем. Многомерные системы позволяют описать объект с точки зрения различных его свойств, которые проявляются в разных ситуациях по-разному. Именно такие модели позволяют наиболее точно описать характеристики объектов системы и процессы, протекающие в ней.

Для описания структуры многомерной информационной системы наиболее целесообразно применять разнообразные сетевые модели, элементами которых в каждом из своих измерений служит графовая модель [9].

В общем случае это будут графы произвольной ориентации. В таких моделях возможно эффективное применение в качестве инструментов функционального анализа соответствия Галуа на основе инвариантов теории графов. В тоже время многомерность информационной системы требует расширения списка инструментов интеллектуального анализа многомерных данных.

Рассмотрим предметную область образования, структура которой многомерна и образует единое пространство обучения и воспитания для каждого отдельно взятого ученика. Обучение зависит от целого ряда факторов, которые не возможно в полной мере учесть при реализации формализации образовательного процесса в рамках линейных моделей [10]. Иначе говоря, только представление данной предметной области в виде информационной системы с многомерной организацией данных [11] открывает возможности интеллектуального анализа протекающих в ней процессов.

Ученик в такой информационной системе, прежде всего, объект обучения. Возможности его обучения зависят от многих факторов, а результаты могут различаться в силу целого ряда причин [12]. В виду этого только всесторонний анализ ситуации и ее отслеживание в режиме реального времени позволит достигнуть требуемых показателей обучения и как следствие достичь поставленных образовательных целей.

В среде информационной системе всесторонний интеллектуальный анализ должен базироваться на определенных критериях. Они не обязательно должны быть статичны, а скорее наоборот должны быть подвижны. То есть у пользователя интеллектуальной информационной системы должна быть возможность использовать встроенные функции и моделировать их на основе заданных параметров.

В качестве общих критериев анализа на основе математического аппарата имплицативных матриц можно выделить следующие:

1. В имплицативной матрице должно быть заданное (минимальное, максимальное, произвольное) число проверяемых «лишних» элементов, связанных с выделенными компонентами информационной системы.

2. Имплицативная матрица должна содержать элементы, которые имеют заданное (минимальное, максимальное, произвольное) число связей с компонентами других измерений многомерной структуры информационной системы.

3. Имплицативная матрица должна содержать элементы, которые имеют заданное

(минимальное, максимальное, произвольное) расстояние между компонентами многомерной структуры информационной системы.

4. Импликативная матрица должна содержать элементы, которые выделены в многомерной структуре информационной системы как базовые для компонентов различных подсистем.

5. Импликативная матрица должна содержать элементы, которые имеют более простую (сложную) структуру в многомерной среде информационной системы.

6. В импликативной матрице должно быть (отсутствовать) заданное количество (все, один, произвольное число) элементов остова графовой модели выбранной подсистемы многомерной информационной системы.

7. В импликативной матрице число связей с указанными элементами многомерной структуры информационной системы должно быть не менее  $n$  (и (или) не более  $m$ ).

Так в информационной системе организации учебного процесса, структура которого априори многомерна, можно выделить подсистему обучения учащихся, связанную с построением индивидуальных траекторий обучения. Эта подсистема в свою очередь также будет иметь многомерную организацию. В этой подсистеме важную роль играет мониторинг знаний и умений учащихся. Одним из наиболее эффективных средств осуществления мониторинга и учета достижений учащихся являются различные виды тестирования, организация которых требует особого внимания. Для построения индивидуальных траекторий обучения учащихся в группе или каждого в отдельности целесообразно применять специализированные методы анализа данных в режиме реального времени [13, 14]. Одним из таких методов может, как раз, и выступать математический аппарат импликативных матриц. Он позволяет осуществить анализ и синтез системных данных как количественный результат общих и индивидуальных тестирований.

Общие критерии анализа системных данных на основе математического аппарата импликативных матриц относительно специфики области можно сформулировать следующим образом.

K1. В тесте должно быть минимальное (максимальное или заданное) число проверяемых «лишних» элементов знаний.

K2. Тест должен содержать как можно более простые тестовые задания. Сложность тестовых заданий можно оценивать, например:

- а) числом проверяемых элементов знаний;
- б) максимальным расстоянием (на семантической сети многомерной матрицы)

между содержащимися в одном тестовом задании контролируруемыми элементами знаний;

в) экспертными оценками;

г) предполагаемым временем выполнения тестового задания.

K3. Тест должен содержать минимальное (максимальное или заданное) число тестовых заданий.

K4. Элементы знаний из заданного набора  $A$  должны повторяться не менее  $n$  раз (и (или) не более  $m$  раз).

Итак, пусть, например, в соответствии с выделенными критериями K1-K4 для некоторого ученика в среде информационной системы сгенерированы  $n$  тестов –  $T_1, T_2, \dots, T_k$ . Каждый из сгенерированных тестов  $T_i$  предназначен для контроля определенного набора элементов знаний. Требуется сформировать индивидуальный набор тестов  $IT = \{IT_1, IT_2, \dots, IT_m\}$ , проверяющий заданный набор  $A$  элементов знаний в соответствии с критериями оптимальным образом (таблица 1).

Таблица 1  
Импликативная матрица системы  
индивидуальных тестов  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_k\}$

Идентификатор теста	Элементы знаний изучаемого материала				
	$a_1$	$a_2$	...	$a_{n-1}$	$a_n$
$T_1$	+				
$T_2$		+			+
$T_3$	+	+		+	
$T_4$	+	+			+
...					
$T_k$				+	+

Очевидно, оптимальный набор индивидуальных тестов может быть сформирован различными способами. Так, например, для проверки набора элементов знаний  $A = \{a_1, a_2\}$  можно сформировать набор тестов  $IT_1 = \{T_1, T_2\}$ ,  $IT_2 = \{T_3\}$ ,  $IT_3 = \{T_4\}$ , каждый из которых обладает своими достоинствами и недостатками.

Набор тестов  $IT_1$  состоит из двух тестов  $T_1$  и  $T_2$ , контролирующих элементы знаний из набора  $A$ . При этом он почти не перегружен проверкой «лишних» элементов знаний – сверх предназначенных для проверки элементов знаний из набора  $A$  в нем контролируется только один элемент  $a_n$ .

Набор тестов  $IT_2$  состоит только из единственного теста  $T_3$ , и в этом смысле он

лучше набора тестов теста  $IT_1$ . С другой стороны, тест  $T_3$  сложнее каждого из тестов  $T_1$  и  $T_2$  (например, потому что перегружен по числу контролируемых элементов знаний).

Тестовый набор  $IT_3$  также состоит только из одного теста  $T_4$ , но может оказаться не равнозначным набору тестов  $IT_2$ , например, из-за большого семантического расстояния между элементами знаний  $a_2$  и  $a_n$ .

Для реализации описанных критериев на многомерной структуре семантической сети информационной системы можно использовать с некоторыми ограничениями общие алгоритмы теории графов. Так если характеристики наборов тестов представлены в форме импликативной матрицы, то задача об отыскании оптимального набора тестов эквивалентна задаче о наименьшем покрытии матрицы строками, стоимость которых численно равняется заданному показателю. Например, в качестве такого параметра можно выбрать планируемое время выполнения теста. Вследствие этого исходная импликативная матрица становится расширенной (таблица 2). Так как планируемое время выполнения теста довольно тесно связано с количеством проверяемых в тесте элементов знаний, то предложенный алгоритм дает вполне удовлетворительное решение поставленной задачи. Алгоритм решения задачи о наименьшем покрытии приведен в [15].

Таблица 2  
Расширенная импликативная матрица системы индивидуальных тестов  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_k\}$

Идентификатор теста	Элементы знаний изучаемого материала				Время выполнения теста
	$a_1$	$a_2$	...	$a_n$	
$T_1$	$a_{11}$	$a_{12}$		$a_{1n}$	$t_1$
$T_2$	$a_{21}$	$a_{22}$		$a_{2n}$	$t_2$
$T_3$	$a_{31}$	$a_{32}$		$a_{3n}$	$t_3$
$T_4$	$a_{41}$	$a_{42}$		$a_{4n}$	$t_4$
...					
$T_k$	$a_{k1}$	$a_{k2}$		$a_{kn}$	$t_k$

Если каждый элемент знаний  $a_j$ , из совокупности  $\{a_1, \dots, a_n\}$  требуется при тестировании проверить не менее  $b_j$  раз, то для решения задачи можно использовать методы целочисленного программирования. Например,

применить алгоритм минимизации функции  $F = t_1x_1 + t_2x_2 + \dots + t_kx_k$ , где  $x_1, x_2, \dots, x_k \in \{0,1\}$  при ограничениях

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \dots + a_{k1}x_k \geq b_1 \\ a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{k2}x_k \geq b_2 \\ \dots \\ a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \dots + a_{kn}x_k \geq b_{kn} \end{cases} \quad (1).$$

Если требуется минимизировать совокупность тестов по их количеству и по временным затратам, то для решения задачи об отыскании оптимального набора тестов можно воспользоваться методами решения многокритериальных задач, выбрав в качестве критериев минимизации функции  $F = t_1x_1 + t_2x_2 + \dots + t_kx_k$  и  $G = x_1 + x_2 + \dots + x_k$ , а в качестве ограничений – систему (1). Отметим, что использование импликативных матриц для анализа данных в информационных системах допускает применение и других методов линейного и нелинейного программирования.

Таким образом, с учетом дополнительных параметров в каждом конкретном случае можно выбрать из системы тестовых наборов наиболее оптимальный набор. Так такого рода параметрами, ввиду организации многомерной структуры информационной системы на основе семантических сетей, могут выступать инварианты теории графов совместно с математическим соответствия Галуа. Эти инварианты, подробно описанные в [16], целесообразно использовать в качестве критериев анализа системных данных с применением импликативных матриц. Они в силу инвариантности относительно представления предметной области информационной системы являются универсальным средством интеллектуального анализа.

Так, например, в качестве специализированных критериев анализа данных информационной системы, предметная область которой может быть представлена в виде семантической сети, на основе математического аппарата импликативных матриц можно выделить следующие группы критериев:

1. Полуустепень исхода вершины графа, полуустепень захода вершины графа, вектор полуустепеней исхода вершин графа, вектор полуустепеней захода вершин графа, полуустепень исхода графа и полуустепень захода графа.

2. Число слабых компонент графа, число независимости, число неплотности, число  $t$ -взаимозависимости и число  $t$ -взаимонезависимости.

3. Вектор разделения, центр, радиус, число полукомпонент диаметра  $p$ , диаметр,

полуплотность, вектор надежности, слабая перемычка, прочность слабой перемычки, вектор прочности графа.

Эти параметры можно считать специализированными. Они наряду с общими критериями анализа на основе математического аппарата импликативных матриц раскрывают возможности интеллектуального изучения многомерных данных информационных систем. Отличительной особенностью двух групп критериев от других средств функционального анализа является целенаправленное выявление латентных взаимосвязей между компонентами многомерной структуры. Импликативные матрицы позволяют задавать разнообразные условия на отбор контента информационной среды. В тоже время основное их назначение исследование влияния одних компонентов на другие и изучение характера непосредственного, а чаще опосредованного взаимодействия.

Итак, импликативные матрицы совместно с инвариантами теории графов и методологией соответствия Галуа образуют совокупность методов теоретического и практического исследования структуры и содержания информационных систем. Импликативные матрицы выступают действенным инструментом анализа данных в естественных условиях многомерных данных. Они позволяют изучать компоненты информационной среды разных порядков, исследовать особенности и степень влияния одних компонентов на другие. Иными словами характер их применения можно определить как интеллектуальный. Именно это делает аппарат импликативных матриц востребованным в практике применения для анализа данных и взаимосвязей между ними в многомерных информационных системах.

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Математический аппарат импликативных матриц может быть полезен как инструмент анализа данных во многих информационных системах. Свое широкое применение относительно предметной области информационной системы импликативные матрицы находят благодаря использованию различных критериев изучения информации. Ряд общих критериев и специализированных параметров для анализа данных целесообразно заложить еще на этапе проектирования программной среды системы. Это изначально сделает систему многофункциональной, что особенно важно ввиду многомерной структуры большинства информационных систем. Также это позволит заложить в проектируемую среду, а впоследствии и разработать вспомогательные компоненты программной оболочки. Последнее

актуально с точки зрения эргономики среды, так как для рядового пользователя информационной системы важен результат работы, а не отдельные нюансы его получения.

В связи с этим разработчик должен предусмотреть возможность интерпретации общих и специализированных критериев импликативных матриц относительно предметного содержания информационной среды. Он должен на понятном пользователю языке сформулировать задаваемые критерии для построения импликативных матриц. Также и результат обработки данных с помощью их математического аппарата обязан соответствовать содержательному языку предметной области. В ином случае степень использования функционала импликативных матриц будет сводиться к нулю.

Отметим, что предусмотреть все эти особенности разработчику программной среды информационной системы не так уж и сложно. Сравнительная простота программной разработки в части реализации математического аппарата импликативных матриц обеспечивается за счет их инвариантности относительно характеристических системных свойств. Это является преимуществом перед другими средствами анализа данных информационных систем.

В завершении подчеркнем, что специализированные критерии импликативных матриц, основанные на инвариантах теории графов и соответствии Галуа, можно модифицировать в каждом отдельно взятом случае. Это позволяет более детально учитывать особенности структуры и содержания информационной системы, а, следовательно, и получать более точные результаты. Своевременные объективные данные и вовсе выступают решающим фактором нормального содержательного функционирования и структурного развития информационных систем.

Также хотелось заметить, что вышесказанное позволяет охарактеризовать математический аппарат импликативных матриц как универсальное средство интеллектуального анализа. Это вытекает из модифицируемости инвариантов теории графов, соответствия Галуа на базе импликативных матриц относительно специфики предметной области информационной системы. Заложенные при проектировании многомерной информационной системы как инструменты анализа ее содержания, они непосредственно участвуют в ее трансформации на всем процессе эксплуатационного цикла. Они выступают ключевыми инструментами функционального анализа при принятии решений и встроенными автоматизированными компонентами

интеллектуального существования многомерной среды информационной системы.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Размахнина А. Н., Баженов Р. И. О применении экспертных систем в различных областях // Постулат. – 2017. – № 1 (15). – С. 38.
- [2] Кон П. М. Универсальная алгебра / П. М. Кон; пер. с англ. Т. М. Баранович; под ред. А. Г. Куроша. – М.: Мир, 1968. – 351 с.
- [3] Козлов С. В. Использование соответствия Галуа как инварианта отбора контента при проектировании информационных систем // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2015. Т. 2. № 11. С. 220-225.
- [4] Баженов Р. И., Лопатин Д. К. О применении современных технологий в разработке интеллектуальных систем // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2014. – № 3 (93). – С. 263-264.
- [5] Зыков А. А. Основы теории графов. – М: Вузовская книга, 2004. – 664 с.
- [6] Мунерман В. И., Самойлова Т. А. Обучение методам разработки информационно-аналитических систем на основе облачных технологий (на примере MICROSOFT AZURE) // Системы высокой доступности. – 2016. – Т. 12. № 4. – С. 3-11.
- [7] Кобылинский А. С., Баженов Р. И. Поддержка принятия решений с помощью построения дерева решений в программе PRECISIONTHREE 7 // Постулат. – 2016. – № 11 (13). – С. 15.
- [8] Ковалёв В. А., Мунерман В. И. Использование многомерных матриц для решения задач нахождения путей в графе // Системы компьютерной математики и их приложения. – 2016. – № 17. – С. 52-53.
- [9] Емельченков Е. П., Киселева О. М. О представлении предметных областей с помощью семантических сетей // NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 2. № 42. – С. 17-23.
- [10] Козлов С. В. Применение методов функционального анализа при формировании оптимальных стратегий обучения школьников // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 3-2. – С. 182-185; URL: <http://www.expeducation.ru/ru/article/view?id=9696> (дата обращения: 21.04.2016).
- [11] Максимова Н. А. Моделирование информационно-образовательной среды учебного заведения // Концепт. – 2016. – № 5. – С. 195-200.
- [12] Бояринов Д. А. Метод последовательного приближения к заданным целям обучения в рамках информационного образовательного пространства личностного развития учащихся // Мир науки. – 2014. № 4. – С. 1.
- [13] Козлов С.В. Применение соответствия Галуа для анализа данных в информационных системах // Траектория науки. 2016. Т. 2. № 3 (8). С. 18.
- [14] Киселева О. М., Тимофеева Н. М., Быков А. А. Формализация элементов образовательного процесса на основе математических методов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – С. 224.
- [15] Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 432 с.
- [16] Козлов С. В. Интерпретация инвариантов теории графов в контексте применения соответствия Галуа при создании и сопровождении информационных систем // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. № 7. – С. 38-44.

# Use of a mathematical apparatus of implicative matrixes in the creation and support of information systems

S.V. Kozlov

*Abstract* – In article possibilities of use of methods of the functional analysis of data during the developing and operation of information systems are discussed. Features of design of multidimensional network models of information systems are considered. The author reveals the essence of the application of a mathematical apparatus of implicative matrixes in preparation and data analysis in case of making decisions on functioning of system. The relevance of article is connected with increase of interest in a question of interpretation of semantic interrelations of structural elements at support of information systems on the basis of functional ratios.

*Keywords* – informatics, information systems, databases, programming, information and communication technologies, functional analysis, implicative matrixes, compliance of Galois, invariant methods, graph model.