

Математические особенности использования возможностей программного комплекса «Advanced Tester» как инструмента функционального анализа системных данных

С. В. Козлов

Аннотация – В статье обсуждаются вопросы применения методов функционального анализа данных при работе с информационными системами. В качестве примера раскрываются инструментальные возможности программного комплекса «Advanced Tester» при анализе системных данных. Основное внимание уделяется сущности использования соответствия Галуа совместно с другими методами функционального анализа. Рассматривается комплексное применение соответствия Галуа, инвариантов теории графов и математического аппарата импликативных матриц. Автором описана сущность данного подхода при построении индивидуальных траекторий обучения в программной среде «Advanced Tester». Особое значение придается анализу элементов индивидуальных графовых моделей, ассоциированных с компонентами учебного материала. А именно, выявляются с помощью соответствия Галуа латентные структурные и содержательные связи компонентов учебного материала. Рассматриваются особенности изучения взаимосвязей между элементами графовой модели на основании данных применения соответствия Галуа. Исследуются показатели оценки графа на основе его инвариантных числовых характеристик. Разбираются варианты автоматизированного генерирования индивидуальных тестов для дальнейшего обучения с помощью математического аппарата импликативных матриц. Раскрывается естественный

многомерный характер структуры импликативных матриц в среде программного комплекса «Advanced Tester». Актуальность статьи связана с ростом интереса к проблеме интерпретации семантических взаимосвязей структурных элементов при сопровождении информационных систем на основе математических методов функционального анализа данных.

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

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время рынок информационных услуг предоставляет пользователю широкий выбор средств прикладного программного обеспечения. По назначению предлагаемые программные средства можно условно разделить на две категории. Первую группу составляют программные продукты универсального как общего, так и специализированного прикладного назначения. Здесь находятся и офисные приложения, и программы обработки графики, и математические пакеты, и различного рода инструментальные средства от мощных систем программирования до узконаправленных моделирующих систем. Вторую группу образуют информационные системы разных категорий и формаций. Одни из них ориентированы на хранение данных и обработку пользовательских запросов. Ввиду этого они могут быть охарактеризованы как информационно-справочные системы. В их

Статья получена 31 октября 2018.
Козлов Сергей Валерьевич, Смоленский государственный университет, доцент кафедры информатики, кандидат педагогических наук, доцент (email: svkozlov1981@yandex.ru)

числе и общеизвестные среды, и программные оболочки специального назначения [1]. Другие среды являются программными оболочками, которые необходимы для решения всевозможных практических задач, относящихся к различным сферам человеческой деятельности. Это могут быть задачи функционирования производства [2], задачи образовательной области [3, 4] и сферы здравоохранения [5], экономические задачи [5] и другие [7].

Программная реализация информационных систем может существенно отличаться друг от друга. При этом в разработках целесообразно использовать современные программные средства [8, 9] и методы [10, 11]. Основными широко используемыми программными оболочками можно считать MS Visual Studio и Embarcadero RAD Studio, а также языки и пакеты разработки web-приложений. Именно на функциональных возможностях данных и подобного рода систем разрабатываются большинство современных кроссплатформенных приложений [12]. Возможности их таковы, что они позволяют учесть требования самого требовательного заказчика. При этом набор реализованных в инструментальных системах технологий разработки программных продуктов постоянно совершенствуется и расширяется.

Особое место среди программных продуктов, представляющих собой информационные системы, занимают специализированные программы, особенность которых выражается в наличии инструментов обработки данных инвариантных относительно предметной области [13]. Основное их достоинство заключается в том, что они имеют встроенные универсальные интерфейсы интеллектуального анализа семантических и структурных характеристик системы. Это позволяет встраивать их при проектировании и создании информационных сред как автономные модули функционального анализа данных.

Одним из примеров такого рода интеллектуальных информационных систем может служить программная оболочка «Advanced Tester». Основное ее назначение – построение индивидуальных траекторий обучения учащихся оптимальным образом [14]. Одним из программных модулей данной системы служит программный интерфейс, который реализует методологию анализа соответствия Галуа [15] для принятия решений о ходе дальнейшего обучения. Выбор траектории осуществляется на основании автоматически сгенерированных вариантов обучения в соответствии с многокритериальным выбором на базе математического аппарата

импликативных матриц. Собственно же структура информационной среды «Advanced Tester» представляет собой многомерную систему, описанную посредством языка семантических сетей и графовых моделей.

II. ПРИМЕНЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ГАЛУА ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ «ADVANCED TESTER»

Информационная система «Advanced Tester» представляет собой программную среду, реализованную посредством структур языка программирования высокого уровня СИ. Одна из основных функций системы состоит в построении индивидуальных траекторий обучения с помощью интеллектуального анализа данных. Интеллектуальный анализ данных в программной среде построен на применении соответствия Галуа и математического аппарата импликативных матриц. Данные в системе представлены в виде многомерных матриц, связанных между собой в единую семантическую сеть.

Интеллектуальный анализ данных в информационной системе «Advanced Tester» осуществляется в двух плоскостях. Первая задача заключается в построении индивидуальных траекторий обучения оптимальным образом. Вторая задача состоит в оптимизации взаимосвязей между структурными элементами многомерных матриц. Рассмотрим подробно решение каждой из этих задач.

Индивидуальные траектории обучения в современных системах обучения должны максимально учитывать действия множества факторов. В реальных условиях обучения осуществить многофакторный анализ собственными силами учителя практически невозможно. Здесь и приходят на помощь новейшие адаптивные информационно-коммуникационные технологии XXI века. Учителю следует посредством информационного комплекса «Advanced Tester» или подобной ему программной оболочки систематически проводить тестовые опросы учеников. То направление персонального развития способностей, которое учитель иной раз интуитивно улавливает среди разрозненного потока информации, характеризующего индивидуальную среду обучения учащегося, программа должна получить посредством проведенного анализа и синтеза данных. Помимо прочего она должна спроектировать возможные ситуации дальнейшего изменения ситуации в условиях постоянно изменяющихся факторов воздействия и предложить на выбор пользователя информационной системы

различные траектории обучения, а также программно построить их.

Программная оболочка информационной системы «Advanced Tester» содержит графовые модели учебного материала по изучаемой дисциплине. Часть из этих моделей является встроенными в систему. Они соответствуют федеральному государственному стандарту обучения и отражают логику изложения учебного материала в школьных учебниках и учебно-дидактических материалах. Таких моделей по укрупненным дидактическим единицам может быть несколько в зависимости от числа различных учебников федерального комплекта. Модели по одной теме также могут отличаться друг от друга ввиду характера обучения. Для базового уровня обучения может быть своя модель. А для углубленного уровня – модель, которая содержит дополнительные элементы. Они могут, как уточнять уже имеющиеся элементы знаний графовой модели, так и содержать новые элементы, соответствующие абсолютно новым дидактическим единицам.

Тем не менее, эти модели не являются статическими. Учитель в ходе обучения может их изменять. Он может дополнять новые элементы в систему или удалять уже имеющиеся элементы. Для этого ему следует загрузить в программную оболочку информационной системы «Advanced Tester» имеющуюся модель – открыть файл – и внести в нее изменения. Это осуществляется посредством интуитивно понятного пользовательского интерфейса. Как и в любой современной программной среде подобного рода действия можно выполнить с помощью системного меню, элементов панели инструментов и специализированных окон с управляющими элементами – кнопками, списками, переключателями и другими объектами.

При изменении графовой модели учебного материала пользователь в режиме реального времени видит производимые изменения. После осуществления всех необходимых действий редактируемую модель следует сохранить. Пользователь может сгенерировать в программной оболочке «Advanced Tester» и собственную модель. Для этого ему необходимо указать элементы данной модели и связи между ними. Элементы можно выбрать из базы данных информационной среды либо описать самостоятельно. Связи задаются между элементами модели с помощью указания исходной и конечной вершин графа, соответствующих элементам учебного материала.

Таким образом, каждая модель программной среды «Advanced Tester» является

динамически изменяющимся объектом информационной системы. При этом она, как правило, представляет собой сеть. Это обусловлено тем, что изучение того или иного компонента учебного материала требует знаний в различных смежных с данным вопросом темах.

Для каждого ученика в соответствии с изучаемой темой и выбранной сетевой моделью учебного материала внутри программной оболочки «Advanced Tester» генерируется индивидуальная модель обучения. Изначально она представляет собой одну из моделей программного комплекса, которую учитель выбрал для ученика в соответствии с его индивидуальными характеристиками. Данные параметры могут отражать опыт изучения предшествующего учебного материала, мотивацию ученика, его личностные запросы. Учитель может выбрать исходную модель как, базирываясь на интуитивных представлениях, указав в системе набор необходимых с его точки зрения параметров, так и воспользоваться встроенными в систему инструментами. Автоматическая генерация модели возможна посредством соответствия Галуа, заложенного в данный выбор. Функция системы на основании данных о выполнении входного тестирования учащихся и их личностных запросов определяет группы учеников и соответствующие каждому из них индивидуальные модели обучения.

Индивидуальные модели учащихся хранятся в базе данных программной оболочки «Advanced Tester». При этом они терпят изменения после выполнения учеником очередного теста или тематического задания. Также возможны изменения в индивидуальной модели при воздействии других входящих факторов, например, личностных запросов. Изменения в индивидуальной модели учащегося происходят после анализа его результатов тестирований. Они осуществляются посредством соответствия Галуа, учитывающего элементы графовой модели, которые ученик усвоил и не усвоил на данный временной промежуток.

Анализ элементов знаний основан на применении соответствия Галуа в совокупности с инвариантами теории графов [16, 17]. В программном комплексе «Advanced Tester» в качестве таковых элементов использования предусмотрены такие инструменты как число слабых компонент графа, число независимости, число t -взаимозависимости, число t -взаимонезависимости, вектор разделения, центр, радиус, число полукомпонент диаметра p , диаметр и полуплотность, вектор надежности, слабая перемычка, прочность слабой перемычки, вектор прочности графа и другие функции. Эти функции позволяют

дополнительно исследовать информацию о состоянии индивидуальной графовой модели.

Собственно же применение соответствия Галуа на индивидуальной графовой модели состоит в следующем. После проведения очередного тестирования в базе сведений об ученике программно будут изменены параметры тех элементов учебного материала, которые на данный момент ученик усвоил и тех, которые не усвоил. Данная информация также будет отражена и на графовой модели индивидуальных знаний учащегося. Она генерируется в автоматизированном режиме, так как для каждого тестового задания имеется ассоциированный с ним список вершин графа. При этом может оказаться так, что разные тестовые задания проверяли одни и те же элементы знаний, то есть покрытие вершин графа не отвечало требованию минимальности. Это могло происходить как сознательно ввиду выбранной индивидуальной траектории обучения ученика, так и нет. В последнем случае это обусловлено неполнотой покрытия тестовыми заданиями графовой модели. Этот недостаток можно выявить с помощью функциональных инструментов, реализующих инварианты теории графов. Устранить выявленную неполноту базы тестов информационной системы можно добавив в нее необходимые объекты.

Применение соответствия Галуа для выделенной группы элементов, которые ученик не усвоил, позволяет выявить факторы из-за чего это произошло и определить круг возможных причин. Выделенные вершины индивидуальной графовой модели учащегося могут быть единичными, образовывать группы, быть концевыми или внутренними вершинами. Даже такая минимальная характеристика неувоенных элементов уже позволяет провести содержательный анализ, стоящий на соответствии Галуа.

Если вершина индивидуальной графовой модели является единичной и концевой, то естественно предположение, что ученик либо не усвоил данный конкретный элемент знаний, либо есть проблемы в учебном материале, на который он опирается, и с которым он системно связан. Следовательно, для проверки данных гипотез необходимо сгенерировать в программной среде «Advanced Tester» такие индивидуальные тесты, которые проверяют обе эти возможные ситуации. Аналогично следует поступить и в других подобных ситуациях. Так, если вершина является единичной и внутренней, а связанные с ней элементы диаметра $p=1$ усвоены, то следует сгенерировать тесты, проверяющие эти вершины совместно с ней. При этом вероятным фактором неверного выполнения тестового

задания, связанным с такого рода вершиной, как правило, будет внешнее воздействие.

Если ученик не усвоил группу элементов знаний, ассоциированных с концевыми вершинами, то следует определить множество, содержащее элементы, на которые эти вершины опираются. При этом функционально в среде информационной системы «Advanced Tester» можно варьировать радиус минимального покрытия для связанных вершин. В данном случае наиболее вероятной будет гипотеза о том, что ошибка ученика кроется в недостаточном знании элемента, являющегося центром для заданного радиуса. Именно для ее проверки в первую очередь следует сгенерировать очередной тест.

Если же ученик не усвоил группу элементов знаний, ассоциированных с внутренними вершинами, то следует определить множество диаметра p , включающее все данные элементы и те элементы, с которыми они связаны заданным радиусом. После этого необходимо сгенерировать дополнительные тесты для их выполнения учеником. Как правило, такие результаты выполнения тестовых заданий свидетельствуют о системных ошибках в суждении ученика и требуют коррекции индивидуальной траектории обучения.

Также возможна ситуация, когда группа неувоенных элементов знаний включает вершины графовой модели разных типов. В таком случае либо это опять факт системных ошибок в изучении учебного материала, либо свидетельство нерелевантности тестовых заданий. Оба данных варианта предполагают дополнительную проверку знаний перед принятием окончательных решений. Здесь при генерации нового теста можно задействовать и другие функциональные инструменты программной оболочки «Advanced Tester», реализующие инварианты теории графов.

При этом основное назначение применения соответствия Галуа подразумевает выявление тех системных элементов, по свойствам которых можно судить о характеристиках других элементов и прогнозировать их поведение. Такое использование соответствия Галуа характеризует его как инструмент интеллектуального анализа данных. Допустим, например, что ученик при изучении очередного блока учебного материала демонстрирует, что он не усвоил элементы знаний, ассоциированные с вершинами, обладающими сходными параметрами, что при изучении и предыдущей темы. Тогда, в будущем при изучении следующей темы необходимо предусмотреть генерацию такого индивидуального теста, который учитывает данные параметры.

Также соответствие Галуа как инструмент интеллектуального анализа данных следует применять для построения индивидуальных траекторий обучения учеников, обладающих на заданном временном промежутке сходными характеристиками. Соответствие Галуа позволяет анализировать выполнение тестовых заданий выбранной группы учащихся. В данном случае для каждой конкретной ситуации можно выделить подмножество группы учеников, по результатам обучения которой можно судить об обучении других учеников, которые образуют данную группу. Состав групп для каждого исследуемого случая может быть произвольным. В одних ситуациях ключевыми элементами, образующими множество Галуа, могут быть одни элементы группы, в других иные элементы. Это определяется характером изучаемой связи между элементами исследуемых множеств при их взаимном отображении. Одним из этих множеств выступает исследуемая группа учеников, другим множеством группа элементов графовой модели изучаемого материала. Это позволяет в динамике следить за изменениями, происходящими в обучении, как отдельных учащихся, так и их групп, учитывая разнообразные факторы.

Такой интеллектуальный анализ позволяет выявить латентные параметры информационной системы. Они могут характеризовать как объекты системы, так и связи между ними. Применение такого инструмента в программном комплексе «Advanced Tester» позволяет выявить устойчивость функционирования отдельных элементов индивидуальных графовых моделей учеников. В свою очередь, накопление информации о состоянии информационной среды в разных ситуациях позволяет формировать оптимальным образом в режиме реального времени стратегии поведения в конкретной ситуации при принятии значащих решений, а также прогнозировать результаты обучения учащихся.

III. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ИМПЛИКАТИВНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ «ADVANCED TESTER»

Соответствие Галуа является не единственным инструментом анализа данных в информационной системе «Advanced Tester». Для формирования индивидуальных траекторий обучения учащихся в системе также применяется математический аппарат импликативных матриц.

Рассмотрим ситуацию, когда, после проведения очередного тестирования учащихся,

следует принять решение об их дальнейшем обучении. За формирование группы учеников и выбор индивидуальных траекторий обучения в системе «Advanced Tester» отвечает соответствие Галуа. Когда выбор сделан на основании имеющихся системных данных, необходимо наполнить содержанием генерируемые индивидуальные тесты. Это происходит с помощью математического аппарата импликативных матриц [18].

Каждой вершине графовой модели изучаемого учебного материала сопоставлен набор заданий ассоциированных с ним. Также и с каждым заданием ассоциирован набор вершин графа. Эти сведения хранятся в базе данных информационной системы «Advanced Tester» в виде табличных записей. Число записей не является постоянной величиной, оно изменяется как по мере изменения количества вершин графовой модели, так и при изменении числа тестовых заданий. Это обусловлено тем, что индивидуальные графовые модели учащихся должны учитывать причинно-следственные связи обучения для каждого конкретного ученика. Добавление вершины в индивидуальную графовую модель влечет и изменение набора тестовых заданий ассоциированных с данной группой ее элементов.

Тем самым это влечет отсутствие в информационной системе большого числа встроенных тестов. В этом просто нет необходимости. Минимально необходимый набор состоит из тестов входного и итогового контроля заданной сложности. Они необходимы для объективной оценки обучения вне зависимости от выбранной траектории обучения. Все остальные промежуточные тесты индивидуального контроля знаний генерируются автоматизировано.

Для автоматизации подбора тестовых заданий служит математический аппарат импликативных матриц. Пользователь программного комплекса «Advanced Tester» может выбрать один из критериев формирования очередного теста. В этом случае, если система может сгенерировать набор тестов, то он будет предложен ему для решения. Если тестов несколько, то тест можно либо назначить случайным образом, либо зафиксировать выбор учителем, либо подобрать с помощью дополнительных критериев. В качестве критериев, как правило, выступает базовый набор. Он включает параметр проверки только неувоенных элементов знаний, минимальность (максимальность) покрытия дополнительно проверяемых вершин, заданный параметр проверки разными заданиями одного и того же элемента знаний, сложность тестовых заданий и теста в целом. Формирование тестов в

зависимости от указанного критерия базируется на построении в базе данных системы импликативных матриц.

Отличие импликативных матриц от «обычных» матриц состоит в том, что строятся они по заданному критерию. При этом внутренний отбор элементов соответствия также разрешается системой дополнительных критериев. Каждому тесту в соответствующей таблице базы данных информационной системы назначается уникальный идентификатор. Затем в зависимости от заданных критериев ему сопоставляется набор элементов знаний, которые он проверяет. Элементы знания ассоциированы с вершинами графовой модели. Дополнительными критериями могут выступать время выполнения теста или отдельных заданий. Также указывается количество проверки каждого элемента знаний данным тестом. Можно задать и дополнительные параметры. Например, для этого целесообразно воспользоваться инвариантами теории графов, которые уже применяются в среде программного комплекса «Advanced Tester». Они были перечислены выше.

Таким образом, база данных программного комплекса «Advanced Tester» хранит информацию об основной и расширенной импликативных матрицах систем тестов. Структура каждой импликативной матрицы является многомерной. Ввиду этого для полного изучения их свойств следует использовать специальные методы анализа многомерных структур [19, 20]. К простейшим методам такого исследования элементов многомерных импликативных матриц относят извлечение, агрегацию и другие способы анализа данных. К специализированным методам можно отнести методы функционального анализа данных, в частности соответствия Галуа.

Многомерные структуры отражают естественный характер описания свойств объектов и возможных действий с ними. А так как формирование индивидуальной траектории обучения носит многокритериальный характер, то их выбор вполне естественен и оправдан структурой и содержанием объектов информационной системы «Advanced Tester».

При генерации индивидуальных тестов система может определить неполноту системы тестовых заданий в соответствии с заданными критериями. В таком случае будет предложено либо выбрать тест с другими параметрами либо программно дополнить базу данных информационной системы необходимыми объектами. Для этого в программном комплексе «Advanced Tester» имеется интуитивно понятный интерфейс работы с элементами редактируемой части объектов базы данных.

Для расширения элементной базы системы следует либо создать новое тестовое задание с помощью встроенных инструментов программного комплекса «Advanced Tester», либо импортировать его в систему, если оно отвечает заданным параметрам. Для нового задания необходимо задать формулировку, правильный ответ, набор дистракторов, сложность и набор ассоциированных с ним вершин. Для удобства пользователя, в отличие от формирования базы данных на начальном этапе работы с информационной системой «Advanced Tester», минимально необходимый набор тестовых заданий может быть сгенерирован автоматически. Для каждого такого тестового задания будет указана сложность и набор ассоциированных с ним вершин графовой модели. Пользователю остается только лишь сформулировать соответствующее тестовое задание, указать правильный ответ и разработать систему дистракторов. Когда база данных будет соответствующим образом дополнена новыми тестовыми заданиями, критерий формирования теста с заданными параметрами станет доступным для использования.

Как было отмечено выше, соответствие Галуа при формировании индивидуального теста также может служить одним из дополнительных критериев выбора. Кроме прочего этот инструмент раскрывает широкие возможности по анализу собственно подсистемы импликативных матриц программного комплекса «Advanced Tester». Он позволяет выявить группы соответствия во множествах тестовых заданий и элементов графовой модели. Это открывает перспективы для исследования латентных параметров при изучении свойств и взаимосвязей между данными множествами объектов. В совокупности все это дает возможность модифицировать элементы системы тестовых заданий и элементов знаний графовой модели еще на начальных стадиях проектирования и создания встроенных объектов системы необходимых для построения индивидуальных траекторий обучения учащихся.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Математические особенности использования возможностей программного комплекса «Advanced Tester» как инструмента функционального анализа системных данных демонстрируют востребованность такого рода программных продуктов на рынке информационных услуг. Математический аппарат, заложенный в данную информационную систему, обладает инвариантными характеристиками

относительно предметной области. Инвариантны инструменты теории графов, методы применения имплицативных матриц, и, конечно, методология соответствия Галуа. При этом наиболее оптимально их использование в совокупности. В этом случае эффект от их совместного применения наиболее выражен. Также возможно их использование и с другими методами функционального анализа системных данных.

В тоже время примеры использования подобного рода информационных систем в настоящее время только находят свое отражение в повседневной практике. Однако, за такими программными комплексами, как информационная система «Advanced Tester», будущее. Особенно перспективно применение такого рода систем в производственной сфере [21]. Во-первых, структура систем в этой сфере носит естественный сложный многомерный характер, что предопределяет наличие встроенных в их среду инструментов интеллектуального анализа данных. Во-вторых, объемы информации в таких системах настолько велики, что обработка больших объемов информации в режиме реального времени либо затруднительна ввиду ограниченности системных ресурсов, либо нецелесообразна в контексте принятия управленческих решений в сжатые сроки. Соответствие Галуа, как один из основных инструментов анализа, в таких информационных средах позволяет в заданный срок сначала выявить латентные параметры системы. А затем, на основе полученной информации по анализу поведения выделенных групп элементов, дает возможность прогнозировать развитие системных процессов. При этом в каждой отдельно взятой ситуации системный анализ ведется на своей группе элементов – ключевых объектов и их взаимосвязей для принятия обоснованного оптимального решения в данной конкретной ситуации.

Как инструмент программного комплекса «Advanced Tester» соответствие Галуа позволяет принимать взвешенное решение при формировании индивидуальных траекторий обучения учащихся. Это позволяет снизить временные затраты учителя, как одного из объектов учебного процесса, в организации индивидуального обучения и его реализации в повседневной практике. В свою очередь такая автоматизация процесса обучения с применением инструментов интеллектуального анализа данных высвобождает его время и открывает перспективы эффективного планирования своей деятельности и оптимального построения предметного

обучения учеников в современных условиях постоянно возрастающих потоков данных.

Кроме того, использование возможностей математического аппарата программного комплекса «Advanced Tester» в различных прикладных областях знаний как универсального средства анализа многомерной структуры объектов информационных систем позволяет совершенствовать их семантические характеристики. Выявление особенностей взаимосвязей между элементами системы влияет на устойчивость ее работы. Это характеризует математический аппарат программного комплекса «Advanced Tester» как универсальное функциональное средство эффективного изучения системных данных. Таким образом, все это в совокупности отражает необходимость внедрения подобного рода программных комплексов в различные сферы человеческой деятельности.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Меленевский Е. С., Баженов Р. И. Разработка информационной системы по учёту ремонтных работ в автосервисе // Постулат. – 2017. – № 1 (15). – С. 43.
- [2] Максимова Н. А., Бочаров А. А. О стратегии инновации опыта ОАО «ПО «Кристалл» // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 7-1. – С. 166-169.
- [3] 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.
- [4] Козлов С. В. Актуальные вопросы использования адаптивных информационно-образовательных систем в профильной школе // Наука и образование в XXI веке: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции 30 сентября 2013 г.: в 34 частях. – Ч. 21. – Тамбов: Бизнес-Наука-Общество, 2013. – С. 48-51.
- [5] Пасюков А. А., Баженов Р. И. Разработка интернет магазина для продажи китайских лекарств, используя CMS систему ocStore // Постулат. – 2017. № 5-1 (19). – С. 102.
- [6] Кошевенко С. В., Сильченкова С. В. Структура информационной системы образовательного менеджера // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. – 2015. – Т. 1. – С. 69-71.
- [7] Размахнина А. Н., Баженов Р. И. О применении экспертных систем в различных областях // Постулат. – 2017. – № 1 (15). – С. 38.

- [8] Мунерман В. И. Реализация параллельной обработки данных в облачных системах // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017. Т. 13. № 2. – С. 57-63.
- [9] Максимова Н. А. Описание работы web-сервиса // Постулат. – 2017. – № 8 (22). – С. 17.
- [10] 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.
- [11] Емельченков Е. П., Киселева О. М. О представлении предметных областей с помощью семантических сетей // NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 2. № 42. – С. 17-23.
- [12] Винокуров А. С., Баженов Р. И. Разработка кроссплатформенного мобильного приложения в среде RAD Studio XE8 // Современная техника и технологии. – 2017. – № 2 (66). – С. 24-29.
- [13] 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.
- [14] 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).
- [15] Кон П. М. Универсальная алгебра / П. М. Кон; пер. с англ. Т. М. Баранович; под ред. А. Г. Куроша. – М.: Мир, 1968. – 351 с.
- [16] Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 432 с.
- [17] Зыков А. А. Основы теории графов. – М: Вузовская книга, 2004. – 664 с.
- [18] Козлов С. В. Использование математического аппарата импликативных матриц при создании и сопровождении информационных систем // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. № 12. – С. 16-23.
- [19] Соколов Н. П. Введение в теорию многомерных матриц. – Киев: Наукова думка, 1972. – 176 с.
- [20] Муха В. С. Математические модели многомерных данных // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2014. – № 2 (80). – С. 143-158.
- [21] Козлов С. В. Использование функциональных возможностей информационных систем в производственной сфере // Энергетика, информатика, инновации – 2017 (электроэнергетика, электротехника и теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве): сборник трудов VII-ой Международной научно-технической конференции. В 3 томах. – Смоленск. – 2017. – Т. 1. – С. 298-301.

The mathematical features of use of the capabilities of software "Advanced Tester" as a tool for functional analysis of the system data

S.V. Kozlov

Abstract – In article issues of application of methods of the functional analysis of data are discussed during the work with information systems. As an example tool opportunities of the program complex "Advanced Tester" reveal in the analysis of system data. The main attention is paid to essence of use of compliance of Galois together with other methods of the functional analysis. Complex use of compliance of Galois, invariants of the theory of counts and mathematical apparatus of implicative matrixes is considered. The author has described essence of this approach at creation of individual trajectories of training in the program environment "Advanced Tester". Particular importance is attached to the analysis of elements of the individual graph models associated with components of a training material. Namely, latent structural and substantial communications of components of a training material come to light by means of Galois's compliance. Features of studying of interrelations between elements of graph model on the basis of data of use of compliance of Galois are considered. Indicators of assessment of the count on the basis of his invariant numerical characteristics are investigated. Options of the automated generation of individual tests for further training by means of a mathematical apparatus of implicative matrixes are analyzed. The natural multidimensional nature of structure of implicative matrixes in the environment of the program complex "Advanced Tester" reveals. The relevance of article is connected with growth of interest in a problem of interpretation of semantic interrelations of structural elements at support of information systems on the basis of mathematical methods of the functional analysis of data.

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

REFERENCES

- [1] Melenevskij E. S., Bazhenov R. I. Razrabotka informacionnoj sistemy po uchjotu remontnyh rabot v avtoservise // Postulat. – 2017. – # 1 (15). – S. 43.
- [2] Maksimova N. A., Bocharov A. A. O strategii innovacii opyta OAO «PO «Kristall» // Fundamental'nye issledovanija. – 2015. – # 7-1. – S. 166-169.
- [3] Kiseleva O. M., Timofeeva N. M., Bykov A. A. Formalizacija jelementov obrazovatel'nogo processa na osnove matematicheskikh metodov // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2013. – # 1. – S. 224.
- [4] Kozlov S. V. Aktual'nye voprosy ispol'zovanija adaptivnyh informacionno-obrazovatel'nyh sistem v profil'noj shkole // Nauka i obrazovanie v XXI veke: sbornik nauchnyh trudov po materialam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii 30 sentjabrja 2013 g.: v 34 chastjah. – Ch. 21. -Tambov: Biznes-Nauka-Obshhestvo, 2013. – S. 48-51.
- [5] Pasjukov A. A., Bazhenov R. I. Razrabotka internet magazina dlja prodazhi kitajskih lekarstv, ispol'zuja CMS sistemu ocStore // Postulat. – 2017. # 5-1 (19). – S. 102.
- [6] Koshevenko S. V., Sil'chenkova S. V. Struktura informacionnoj sistemy obrazovatel'nogo menedzhera // Innovacii na osnove informacionnyh i kommunikacionnyh tehnologij. – 2015. – T. 1. – S. 69-71.
- [7] Razmahnina A. N., Bazhenov R. I. O primenenii jekspertnyh sistem v razlichnyh oblastjah // Postulat. – 2017. – # 1 (15). – S. 38.

- [8] Munerman V. I. Realizacija paralel'noj obrabotki dannyh v oblachnyh sistemah // *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie*. – 2017. T. 13. # 2. – S. 57-63.
- [9] Maksimova N. A. Opisanie raboty web-servisa // *Postulat*. – 2017. – # 8 (22). – S. 17.
- [10] Kozlov S. V. Ispol'zovanie sootvetstvija Galua kak invarianta otbora kontenta pri proektirovanii informacionnyh sistem // *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie*. – 2015. – T. 2. # 11. – S. 220-225.
- [11] Emel'chenkov E. P., Kiseleva O. M. O predstavlenii predmetnyh oblastej s pomoshh'ju semanticheskikh setej // *NovaInfo.Ru*. – 2016. – T. 2. # 42. – S. 17-23.
- [12] Vinokurov A. S., Bazhenov R. I. Razrabotka krossplatformennogo mobil'nogo prilozhenija v srede RAD Studio XE8 // *Sovremennaja tehnika i tehnologii*. – 2017. – # 2 (66). – S. 24-29.
- [13] Kozlov S. V. Interpretacija invariantov teorii grafov v kontekste primenenija sootvetstvija Galua pri sozdanii i soprovozhdenii informacionnyh sistem // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2016. – T. 4. # 7. – S. 38-44.
- [14] Kozlov S. V. Primenenie metodov funkcional'nogo analiza pri formirovanii optimal'nyh strategij obuchenija shkol'nikov // *Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija*. – 2016. – # 3-2. – S. 182-185; URL: <http://www.expeducation.ru/ru/article/view?id=9696> (data obrashhenija: 21.04.2016).
- [15] Kon P. M. *Universal'naja algebra* / P. M. Kon; per. s angl. T. M. Baranovich; pod red. A. G. Kurosha. – M.: Mir, 1968. – 351 s.
- [16] Kristofides N. *Teorija grafov. Algoritmicheskij podhod*. – M.: Mir, 1978. – 432 s.
- [17] Zykov A. A. *Osnovy teorii grafov*. – M: Vuzovskaja kniga, 2004. – 664 s.
- [18] Kozlov S. V. Ispol'zovanie matematicheskogo apparata implikativnyh matric pri sozdanii i soprovozhdenii informacionnyh sistem // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2017. – T. 5. # 12. – S. 16-23.
- [19] Sokolov N. P. *Vvedenie v teoriju mnogomernyh matric*. – Kiev: Naukova dumka, 1972. – 176 s.
- [20] Muha V. S. *Matematicheskie modeli mnogomernyh dannyh* // *Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki*. – 2014. – # 2 (80). – S. 143-158.
- [21] Kozlov S. V. Ispol'zovanie funkcional'nyh vozmozhnostej informacionnyh sistem v proizvodstvennoj sfere // *Jenergetika, informatika, innovacii – 2017 (jelektrojenergetika, jelektrotehnika i teplojenergetika, matematicheskoe modelirovanie i informacionnye tehnologii v proizvodstve)*: sbornik trudov VII-oj Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii. V 3 tomah. – Smolensk. – 2017. – T. 1. – S. 298-301.