

Применение соответствия Галуа для анализа данных в информационных системах

Козлов Сергей Валерьевич

Смоленский государственный университет, доцент кафедры информатики, кандидат педагогических наук, доцент, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы анализа данных в информационных системах. Автором раскрыты возможности применения соответствия Галуа для выявления характерных особенностей структуры информационной системы. Рассмотрена специфика использования соответствия Галуа для анализа контента информационных систем с использованием инвариантов теории графов. Проанализированы аспекты внедрения математического аппарата соответствия Галуа для исследования взаимосвязей между элементами адаптивной обучающей информационной системы индивидуального тестирования.

Ключевые слова: индивидуальное обучение, функциональный анализ, соответствие Галуа, графовая модель, оптимальная траектория обучения, автоматизированные адаптивные системы обучения.

Введение

Проблема анализа данных в информационных системах определяет одну из главных задач при их структурном проектировании и формирует дальнейшую логику их функционирования. Задача состоит в выборе математических инструментов и выработке методологических подходов для анализа, как структурных элементов информационной системы, так и ее содержательного наполнения [1, 2]. Определение набора инструментария важно сделать на этапе проектирования информационной системы. В этом случае временные потери при анализе текущего состояния системы, полноты и корректности данных будут минимальны [3, 4]. При сопровождении баз данных информационной системы не придется кардинально изменять принципы ее функционирования.

Математических инструментов для анализа данных информационных систем предлагается достаточно большое множество. Все они в той или иной степени эффективны [5, 6]. Одни проявляют свои достоинства на конкретной предметной области базы данных информационной системы, выступая специальными методами [7, 8]. Другие являются универсальными, независимыми от собственного содержания базы данных системы [9]. Есть и такие математические инструменты, которые позволяют анализировать не только содержательную сторону элементов базы данных, но изучать поведение и взаимовлияние самих элементов различных подсистем.

Так в качестве общего метода для анализа данных и структурных элементов информационной системы можно успешно применять соответствие Галуа. Соответствие Галуа определено как функциональное отношение меж-

ду подмножествами элементов двух множеств [10]. Так как множества могут быть любой природы, то таковой математический инструмент может быть использован для анализа данных в информационных системах из различных областей. Соответствие Галуа позволяет анализировать данные в любой информационной системе с произвольной организацией данных. Методология применения соответствия Галуа не зависит от вида реализации информационной системы. Информационная система может быть представлена в табличной форме, иерархии соподчиненных структур, на основе фреймовых элементов и в иных видах. Базы данных информационной системы могут располагаться как на одном компьютере в виде единого ядра и подсистем, так и на разных сетевых компьютерах. Все это определяет характер структурного и содержательного взаимодействия, но не оказывает существенного влияния на применение методологии соответствия Галуа, что позволяет ее трактовать как инвариант при исследовании информационных систем.

Результаты исследования

Применение соответствия Галуа для анализа данных в информационных системах можно разбить на два направления. Первое направление заключается в анализе структуры баз данных информационной среды. Предположим, что имеется начальная модель информационной системы, которая предназначена для последующей реализации. Уже на данном этапе проектирования информационной системы можно с использованием соответствия Галуа совершенствовать структуру модели.

Соответствие Галуа определено как функциональное соотношение, которое оперирует взаимными отображениями Γ и Γ' на булеанах двух заданных множеств X и Y . При этом для любого подмножества X_1 множества X_2 следует, что множество $\Gamma(X_2)$ есть подмножество множества $\Gamma(X_1)$. И, наоборот, для любого подмножества Y_1 множества Y_2 следует, что множество $\Gamma'(Y_2)$ есть подмножество множества $\Gamma'(Y_1)$. Также множества X и Y могут быть получены как подмножества при композиции взаимнообратных отображений. Множество X есть подмножество множества, полученного при отображении $\Gamma'(\Gamma(X))$, а множество Y есть подмножество множества, полученного при отображении $\Gamma(\Gamma'(Y))$.

Таким образом, так как в любой модели информационной системы можно выделять подмножества структурных элементов, то можно говорить не только о применимости данной методологии, но и о ее инвариантности относительно структурной реализации модели. Проиллюстрируем применение соответствия Галуа на примере образовательной области. Рассмотрим адаптивную обучающую информационную систему индивидуального тестирования компетенций учащихся [11].

При моделировании данной системы следует предусмотреть подсистемы учебного материала, тестирования знаний и умений школьников, тра-

екторий обучения учеников и некоторые другие. Реализовать в программной оболочке указанные системы можно различными способами [12]. Но как показывает практика применения, наиболее удачным способом выступает табличная организация данных на основе графовых моделей [13, 14]. Графовые модели являются подвижной формой интерпретации табличных данных. Математический аппарат теории графов обладает рядом инвариантных форм, которые результативно описывают информацию, полученную с применением соответствия Галуа.

К таким инвариантам теории графов эффективно сопоставимым с инвариантным методом анализа структуры и контента информационной системы, основанному на соответствии Галуа можно отнести:

1. Полустепень исхода вершины графа и полустепень захода вершины графа, вектор полустепеней исхода вершин графа и вектор полустепеней захода вершин графа.

2. Полустепень исхода графа и полустепень захода графа.

3. Число слабых компонент графа, число независимости, число t -взаимозависимости, число t -взаимонезависимости.

4. Вектор разделения, центр, радиус, число полуконтакт диаметра p , вектор надежности.

5. Прочность связи, число полуконтакт диаметра p , вектор надежности, прочность связи.

Первые четыре группы инвариантов позволяют анализировать взаимосвязи между элементами информационной системы. Пятая группа инвариантов – между отдельными множествами графовой модели информационной системы. Данные группы инвариантов теории графов целесообразно использовать, начиная с этапа проектирования информационной системы с последующим применением на этапах ее отладки и функционирования.

Так подсистему учебного материала можно структурировать блочно по отдельным темам, разделам и параграфам. К каждой теме можно привязать сгенерированную информационной средой графовую модель, которые образуют единую систему обучения. Здесь соответствие Галуа на основе инвариантов теории графов позволяет математически автоматизировано обнаружить влияние одних элементов системы на другие. Это дает возможность уже на этапе проектирования определить ключевые элементы системы для последующего анализа при наполнении информационной среды данными. Также такое применение соответствия Галуа во многом окончательно разрешает вопрос о необходимости использования дополнительного математического инструментария для анализа поведения системы. Так в систему индивидуального тестирования компетенций учащихся помимо собственно соответствия Галуа на этапе проектирования после применения структурного анализа ее элементов был заложен для использования математический аппарат импликативных матриц [15]. Аппарат импликативных матриц, объединенный с методологией соответствия Галуа, выступает методом построения оптимальных траекторий обучения школьников.

Подсистема знаний и умений школьников строится на основе полученных графовых моделей системы учебного материала после выполнения ими учебных заданий. То есть все системы или иначе графовые модели знаний и умений конкретного ученика на всех этапах его обучения представляют собой нагруженные подграфы графов учебного материала. Это позволяет сопоставлять компетенции ученика с ключевыми элементами системы знаний по изучаемой теме.

Таким образом, можно говорить о втором направлении применения соответствия Галуа – на этапе функционирования информационной системы. Продолжим рассмотрение адаптивной обучающей информационной системы индивидуального тестирования компетенций учащихся. Опишем кратко алгоритмы ее функционирования.

Ученик с использованием информационной среды этой системы или без нее изучает тематический материал. Перед изучением очередной темы проводится тестирование, которое позволяет определить исходный уровень знаний школьника и его притязания – заявленный уровень достижений. Так уже на предварительном этапе входного тестирования использование соответствия Галуа выявляет степень корреляции уровней обученности, мотивации и достижений учащегося. Это позволяет выработать – автоматизировано сгенерировать в информационной системе – оптимальные траектории обучения школьника. В дальнейшем по мере обучения эти траектории уточняются или видоизменяются в системе, опять же с использованием соответствия Галуа.

При выполнении промежуточных тестов соответствие Галуа позволяет не только анализировать обучаемость и обученность школьника. Оно позволяет «посмотреть» на учебный процесс в целом. При помощи его аппарата можно построить модели малых групп обучения внутри класса или его отдельно взятой группе учащихся. Соответствие Галуа при проведении анализа выполнения заданий учащимися формирует целостную картину обучения, сопоставляя индивидуальные результаты обучения между собой. Его математический аппарат позволяет выделять ключевые элементы. В качестве данных элементов могут выступать отдельные ученик или их группы, формируя относительные системы отсчета обучения. Также можно рассматривать и собственно элементы знаний, вырабатывая план их изучения. Наконец, можно в качестве элемента взять задание или их совокупность, которые проверяют некоторый набор знаний и умений, и строить обучение вокруг него.

Итоговое тестирование позволяет на основе полученных данных выяснить, сколь эффективным оказалось обучение, скорректировать способы подачи учебного материала, сформировать группы учеников для дальнейшего обучения. Главная цель данного направления применения соответствия Галуа – построение оптимальных траекторий обучения, формирование индивидуальных планов обучения с учетом профилизации образовательно-

го процесса на средних и высших ступенях [16-18]. При этом важной особенностью обучения с применением методологии соответствия Галуа является «подвижность» групп и их малые формы в решении поставленной учебной задачи. Это позволяет действительно реализовывать принципы индивидуализации и дифференциации обучения при достижении образовательного результата оптимальным образом.

Следует также сказать и об адаптивности траектории обучения. Соответствие Галуа как инструмент информационной системы гибко на уровне ее внутренней функций реализует доступными методами наполнение индивидуальных и групповых траекторий. Методология предоставляет ученикам выбор тактики и стратегии на каждом шаге обучения. Одни ученики могут выбрать выполнение множества относительно легких заданий – от простого к сложному. Другие – одно задание, которое покрывает целый ряд получаемых компетенций одновременно, демонстрирующее применение всех полученных знаний и умений. Широта такого варьирования зависит только степени наполнения базы данных заданий информационной системы. Автоматизацию же выбора позволяет осуществлять аппарат соответствия Галуа совместно с аппаратом имплицативных матриц в рамках функционирующей адаптивной информационно-обучающей системы.

Выводы

Практические исследования применения адаптивной обучающей информационной системы индивидуального тестирования компетенций учащихся с использованием соответствия Галуа демонстрируют эффективность данной методологии. Методология соответствия Галуа применима в различных образовательных областях, особенно она действенна в дисциплинах естественнонаучного профиля. Также ее успешно можно применять в межпредметных и полипредметных областях знаний для выявления характерных особенностей взаимодействия различных подсистем рассматриваемых наук [19]. Следует подчеркнуть, что применение соответствия Галуа для анализа данных в информационно-обучающих системах возможно на любом уровне. Данная методология может быть успешно реализована на повседневных уроках, факультативных и элективных занятиях, предметных кружках и в научной творческой деятельности, для подготовки к олимпиадам и экзаменам, а также во внеурочное время для самоподготовки [20-22].

В области образования в целом подобные информационные системы, основанные на соответствии Галуа, можно рассматривать как образовательные мониторинговые системы. Они позволяют в рамках целостной системы эффективно отслеживать уровень обученности, диагностировать обучаемость учащихся, определяя истинную картину их учебных достижений.

Перечень использованных источников

1. Баженов Р. И. О применении современных технологий в разработке интеллектуальных систем / Р. И. Баженов, Д. К. Лопатин // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2014. – № 3 (93). – С. 263-264.
2. Максимова Н. А. Формирование ресурсного обеспечения информационно-образовательной среды учебного заведения [Электронный ресурс] / Н. А. Максимова // Современные проблемы науки. – 2015. – № 2. – Режим доступа: <http://science.esrae.ru/199-911>. – Загл. с экрана.
3. Козлов С. В. Основы применения педагогической технологии индивидуального тестирования для формирования оптимальной траектории обучения [Электронный ресурс] / С. В. Козлов // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 4 (36). – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2014/04/32353>. – Загл. с экрана.
4. Бояринов Д. А. Метод последовательного приближения к заданным целям обучения в рамках информационного образовательного пространства личностного развития учащихся [Электронный ресурс] / Д. А. Бояринова // Мир науки. – 2014. – № 4. – Режим доступа: <http://mir-nauki.com/PDF/20PMN414.pdf>. – Загл. с экрана.
5. Андреева А. В. ИСУ ВУЗ как инструмент управления качеством образования / А. В. Андреева, Н. А. Максимова // В мире научных открытий. – 2013. – № 11.8 (47). – С. 22-28.
6. Киселева О. М. Реализация принципа индивидуализации образовательного процесса с использованием программы «Траектория обучения» [Электронный ресурс] / О. М. Киселева // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 5-2 (37). – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/33745>. – Загл. с экрана.
7. Штепа Ю. П. Оценка сложности учебных задач по информационному моделированию / Ю. П. Штепа // Информатика и образование. – 2014. – № 2(251). – С. 66-67.
8. Бояринов Д. А. Автоматизированная система поддержки обучения детей с ограниченными возможностями / Д. А. Бояринов, Н. А. Максимова // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». – 2014. – Т. 1. – № 12 (67). – С. 68.
9. Киселева О. М. Использование математических методов для формализации элементов образовательного процесса [Электронный ресурс] / О. М. Киселева // Концепт. – 2013. – № 02 (февраль). – 0,4 п. л. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2013/13032.htm>. – Загл. с экрана.
10. Кон П. М. Универсальная алгебра / П. М. Кон ; пер. с англ. Т. М. Баранович ; под ред. А. Г. Куроша. – Москва : Мир, 1968. – 351 с.
11. Козлов С. В. Актуальные вопросы использования адаптивных информационно-образовательных систем в профильной школе / С. В. Козлов // Наука и образование в XXI веке : сб. научных трудов по материалам Межд.

науч.-практ. конф., 30 сентября 2013 г. : в 34 частях. – Тамбов : Бизнес-Наука-Общество, 2013. – Ч. 21. – С. 48-51.

12. Козлов С. В. Программный комплекс «Advanced Tester»: проектирование индивидуальных тестов в автоматизированной информационной системе [Электронный ресурс] / С. В. Козлов // Современная педагогика. – 2014. – № 9. – Режим доступа: <http://pedagogika.snauka.ru/2014/09/2696>. – Загл. с экрана.

13. Киселева О. М. Формализация элементов образовательного процесса на основе математических методов / О. М. Киселева, Н. М. Тимофеева, А. А. Быков // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2014. – № 1. – С. 146.

14. Бояринов Д. А. Новые информационные технологии в системе управления качеством учебного процесса / Д. А. Бояринов // Известия Смоленского государственного университета. – 2012. – № 4(20). – С. 464-471.

15. Козлов С. В. Математические аспекты выбора оптимального набора тестовых заданий индивидуального теста [Электронный ресурс] / С. В. Козлов // Психология, социология и педагогика. – 2014. – № 9(36). – Режим доступа: <http://psychology.snauka.ru/2014/09/3603>. – Загл. с экрана.

16. Козлов С. В. Особенности обучения школьников информатике в профильной школе [Электронный ресурс] / С. В. Козлов // Концепт. – 2014. – № 1. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2014/14006.htm>. – Загл. с экрана.

17. Баженов Р. И. О разработке информационной системы по учету оценочных средств в университете [Электронный ресурс] / Р. И. Баженов, Д. Е. Мохно // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 5-1 (37). – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/34815>. – Загл. с экрана.

18. Богданова В. В. Организация интегрированных уроков информатики с другими учебными предметами [Электронный ресурс] / В. В. Богданова, Ю. П. Штепа // Психология, социология и педагогика. – 2014. – № 11 (38). – Режим доступа: <http://psychology.snauka.ru/2014/11/3995>. – Загл. с экрана.

19. Козлов С. В. Методические рекомендации использования автоматизированной дидактической системы индивидуального тестирования [Электронный ресурс] / С. В. Козлов // Психология, социология и педагогика. – 2014. – № 10. – Режим доступа: <http://psychology.snauka.ru/2014/10/3702>. – Загл. с экрана.

20. Киселева М. П. Информатика и новые информационные технологии в системе подготовки будущего учителя / М. П. Киселева // Педагогическая информатика. – 2008. – № 2. – С. 36-40.

21. Шевченко Н. В. Методические аспекты организации пропедевтической работы по информатике в рамках кружка по робототехнике [Электронный ресурс] / Н. В. Шевченко, Ю. П. Штепа // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 12-3 (44). – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2014/12/41513>. – Загл. с экрана.

22. Сенчиков В. В. Применение интерактивных технологий при изучении курса геометрии в школе // Концепт. – 2013. – № 10. – Режим доступа: <https://e-koncept.ru/2013/13197.htm>. – Загл. с экрана.

© С. В. Козлов

Applying Galois compliance for data analysis in information systems

Kozlov Sergey

*Smolensk State University, Associate Professor of Department of Informatics,
PhD in Pedagogic Science, Associate Professor, Russia*

Abstract. The article deals with the data analysis in information systems. The author discloses the possibility of using Galois compliance to identify the characteristics of the information system structure. The author reveals the specificity of the application of Galois compliance for the analysis of information system content with the use of invariants of graph theory. Aspects of introduction of mathematical apparatus of Galois compliance for research of interrelations between elements of the adaptive training information system of individual testing are analyzed.

Keywords: individual learning, functional analysis, Galois compliance, graph model, the optimal trajectory of learning, automated adaptive learning system.

© S. Kozlov