

Санкт-Петербургский государственный университет
Математическое обеспечение и администрирование
информационных систем

Кафедра системного программирования

Добряков Дмитрий Алексеевич

Внедрение технологий адаптивного обучения в
систему Comapping

Курсовая работа

Научный руководитель:
старший преподаватель Немешев М.Х.

Санкт-Петербург

2019

Оглавление

1. Введение	3
2. Используемые технологии	4
2.1. MindMapping.....	4
2.2. Comapping	5
3. Постановка задачи	6
4. Обзор предметной области	7
4.1. Адаптация курса	7
4.2. Тестирование и алгоритмы оценки	8
5. Обзор существующих решений:.....	10
6. Реализация	12
6.1. Основная идея	12
6.2. Comapping API	13
6.3. Модель курса.....	14
6.4. Модель студента	15
6.5. Тестирование	15
6.6. Учебная модель.....	15
7. Апробация.....	17
8. Результаты	19
9. Список источников.....	20

1. Введение

У традиционной системы обучения, применяемой сегодня в школах и университетах, есть один существенный недостаток. Групповые формы подачи материала (лекции, уроки) основаны на общих психолого-педагогических принципах преподавания и не учитывают индивидуальных особенностей каждого отдельного студента. Курс обучения един для всех, и преподаватель при всем желании не может подстраиваться под каждого из учеников. Однако индивидуальные качества и способности могут как положительно, так и отрицательно сказываться на ходе обучения. Их правильный учет может привести к значительному повышению скорости и эффективности усвоения материала. Одним из решений данной проблемы является личный репетитор, который постарается найти индивидуальный подход и построить личную программу исходя из нужд своего ученика. Но такой подход требует больших затрат живого труда преподавателей, а потому является малоэффективным.

С развитием технологий появилась возможность компьютеризировать процесс образования и начать создавать программы и курсы, обучающие студентов без вмешательства реального учителя. Преимущества такого подхода очевидны: труд преподавателей сведен к минимуму, обучение может происходить в любое время и в любом месте. Но возникает проблема построения такой системы, которая действительно сможет предоставить студенту все необходимые инструменты и возможности для эффективного обучения, подстроиться под его индивидуальные особенности и адаптироваться под изменяющийся уровень знаний, взяв на себя роль настоящего преподавателя. Такая система называется *системой адаптивного обучения*.

Для реализации принципов адаптивного обучения, такая система должна уметь:

- оценивать индивидуальные качества обучаемого, его входной уровень подготовки
- базируясь на этой обновляемой оценке, предоставлять персональный план обучения, адаптированный под конкретного обучаемого

2. Используемые технологии

2.1. MindMapping

MindMapping – метод структуризации идей, мыслей и концепций графически в виде диаграммы (дерева) связей.

Концепции или идеи связаны ветвями и отходят от некоторого центрального понятия (рисунок 1).

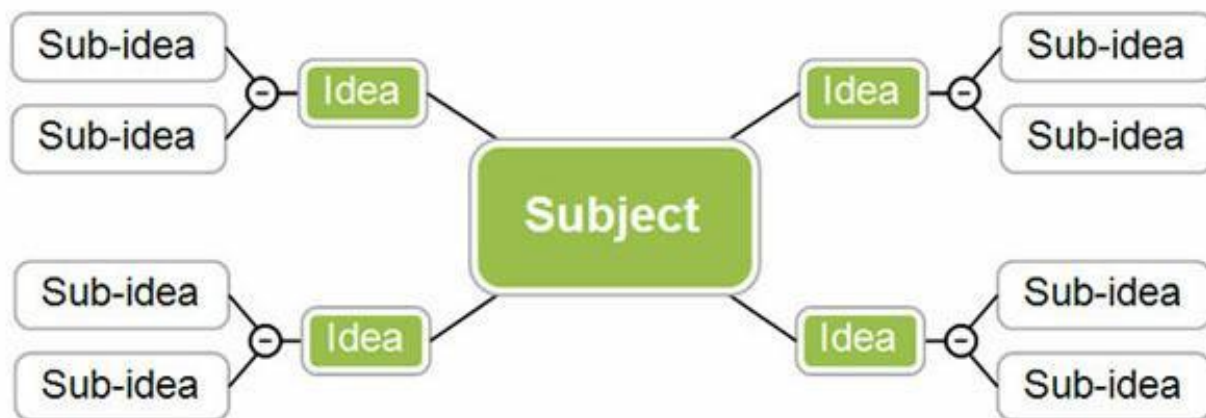


Рисунок 1 – MindMap

MindMap'ы имеют множество областей применения, таких, как: структуризация знаний, конспектирование, brainstorming, планирование и проектирование проектов, обучение и другие. Их достоинством является скорость и легкость получения общего представления о заложенной информации за счёт визуализации.

2.2. Comapping

Comapping – онлайн-система создания и редактирования MindMap'ов, удобно представляющая информацию в виде масштабируемого дерева.

Сервис Comapping (рисунок 2) дает широкие возможности для создания образовательных курсов, предоставляя в распоряжение такие виды узлов, как: текст, презентация, фото, видео, файл произвольного типа и полнотекстовый узел (содержащий HTML-фрагменты, состоящие из любых допустимых браузером компонентов), – и покрывая тем самым все или почти все нужды, возникающие при составлении учебного курса.

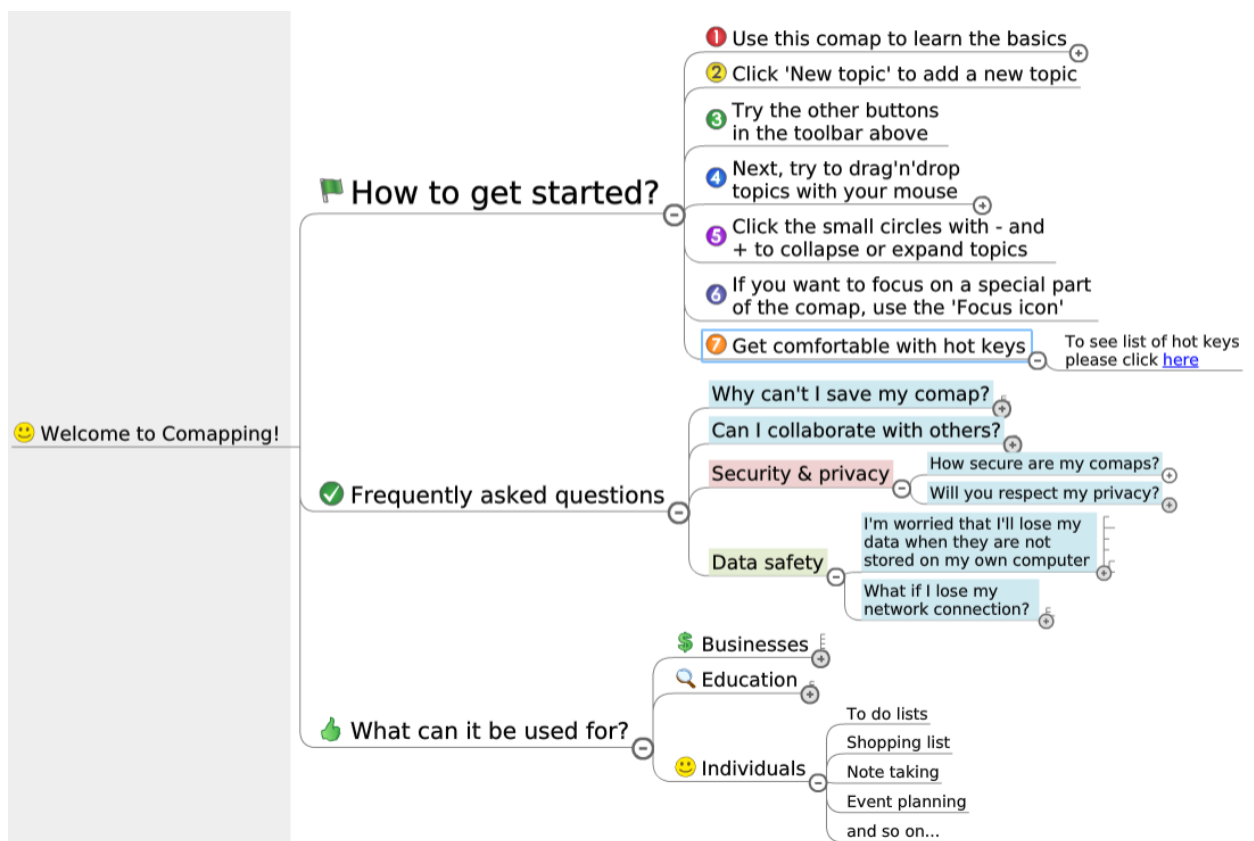


Рисунок 2 – Comapping

3. Постановка задачи

Целью данной работы является создание мобильного приложения для платформы iOS для работы с системой Comapping, а также внедрение в него возможностей адаптивного обучения, что позволит объединить в одном месте преимущества сразу двух эффективных инструментов, упрощающих образовательный процесс.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- изучить методы адаптивного обучения, алгоритмы адаптивного тестирования и оценки
- исследовать существующие решения, реализующие принцип адаптивного обучения
- разработать подход к реализации создания адаптивного курса на основе системы Comapping
- разработать и реализовать приложение для платформы iOS для работы с сервисом Comapping, с использованием его API
- разработать и реализовать в приложении модуль адаптивного обучения, позволяющий создавать адаптивные курсы и проходить по ним обучение
- провести тестирование

4. Обзор предметной области

Систему адаптивного обучения можно поделить на следующие компоненты: [1]

- Expert model (Модель эксперта)

Содержит информацию курса

- Student model (Модель студента)

Содержит данные о студенте, его текущем прогрессе

- Instructional model (Учебная модель)

Предоставляет студенту актуальную обучающую информацию, обрабатывает результаты его тестирования, определяет его сильные и слабые стороны

- Instructional environment (Учебная среда)

Пользовательский интерфейс для работы с системой

4.1. Адаптация курса

Один из подходов к реализации адаптивного курса состоит в том, что его видимое содержание подстраивается и изменяется с течением времени, оценивая изменения в результатах обучаемого, за счет работы учебной модели.

Для того, чтобы такой подход был реализуем, необходимо, чтобы материал курса был поделен на не крупные части – элементарные модули, которые в некоторых случаях возможно переставлять между собой для организации персональной последовательности обучения.

С учетом того, что такие модули чаще всего будут связаны друг с другом так, что один можно изучать только после другого – необходимо также определить некоторые правила, задающие возможные последовательности их порядка.

Один из способов это сделать – это подход, основанный на *компетенциях* [2].

Под компетенцией в данном контексте понимается определенный набор навыков, знаний или умений, который требуется получить в результате образовательной программы или ее части.

Составляется общее дерево компетенций курса (рисунок 3) и для каждого элементарного модуля определяется набор входных (необходимых для освоения перед началом) и выходных (получаемых в результате) компетенций. На основе этой информации, можно составить курс как ориентированный путь в двудольном графе, состоящем из модулей и компетенций.

Но для того, чтобы курс стал действительно адаптивным для обучающегося, необходимо также учитывать его изменяющиеся уровни владения компетенциями, и перестраивать курс исходя из этой обновляющейся оценки (например, часть информации курса он может знать еще до его начала, и тогда некоторые модули можно опустить).



Рисунок 3 – пример дерева компетенций

4.2. Тестирование и алгоритмы оценки

Для того, чтобы своевременно отслеживать изменения в уровне подготовки обучающегося, необходимо регулярно проводить его тестирование. Однако нужно учитывать, что слишком частое тестирование в скором времени начнет утомлять и отвлекать студента от изучения материала, поэтому необходимо поддерживать определенный баланс, а также иметь некоторую теоретическую оценку его знаний, которая в нужный момент сможет дополнить приближение реальной оценки, основанное на тестировании. Для этих целей применимо множество формул.

В 1885 году, Г. Эббингауз эмпирически получил уравнение «кривой забывания» – обратной экспоненциальной зависимости оставшегося в памяти материала от времени:

$$R(t) = e^{-\frac{t}{s}}$$

Здесь s – это характеристика памяти конкретного человека.

Было предложено несколько вариантов «кривой обучения», то есть, зависимости усвоения материала, определяемого как количество его успешных воспроизведений за единицу времени, от числа испытаний в единицу времени. Подобные функции получили А. Щукарев [3], Т. Робертсон [4] и Л. Терстоун [5].

Для примера, вариант, выведенный А. Щукаревым:

$$y(n) = a - be^{-cn}$$

Здесь a есть предел усвоения при $n \rightarrow \infty$, a , b и c подбираются эмпирически.

Item Response Theory (современная теория тестирования) позволяет оценить вероятность правильного ответа на основе параметров о знаниях студента и сложности задания. Благодаря такой оценке, становится возможным подбирать задания, соответствующие уровню студента, не являющимися для него слишком простыми или слишком сложными. Этого можно достигнуть, например, выбирая вопросы с вероятностью правильного ответа ≈ 0.75 .

5. Обзор существующих решений:

Существует множество систем, реализующих принцип адаптивного обучения. Однако большинство из них специализированы на одной какой-либо узкой теме, будь то изучение иностранного языка, программирования или математики. Например, Math Garden.

Math Garden (рисунок 4) – адаптивная система обучения арифметике для детей, объединяющая в единое целое подход Item Response Theory и шахматный рейтинг ELO. Решение задания приравнивается к выигрышу в партии и в соответствии с этим обновляются рейтинги ребенка и задачи. [6]

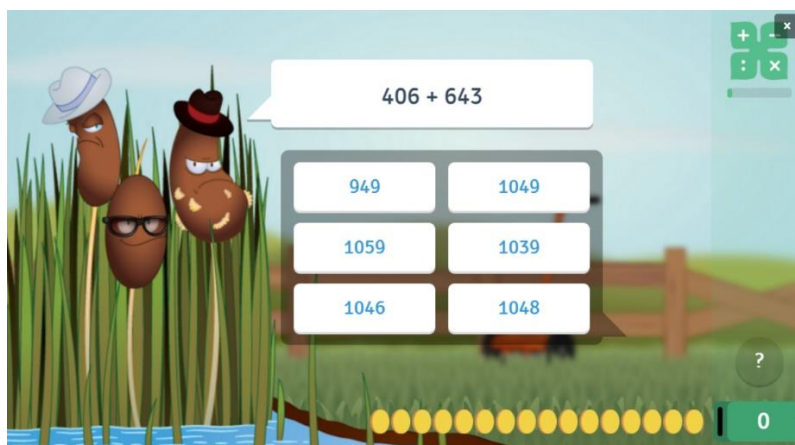


Рисунок 4 – Math Garden

Но существует гораздо меньше решений, позволяющих пользователю самому поучаствовать в формировании используемого для обучения контента по желаемой теме.

Stepik – российский сервис, содержащий большое число образовательных курсов и возможности для их создания. Интересен тем, что предоставляет адаптивную рекомендательную систему, частично основанную на идеях, унаследованных от Math Garden.

Однако сами интерактивные курсы здесь имеют простую линейную структуру и не являются адаптивными, что является недостатком.

Area9 – система создания адаптивных курсов. Содержит три различных модуля: модуль создания структуры курса, модуль создания тестов по элементам курса и модуль управления материалами, определяемыми результатами каждого теста.

Обучение происходит за счёт ответов на вопросы, причем помимо самого ответа также указывается степень уверенности в нем, что в дальнейшем учитывается при оценке усвоения материала.

Система в первую очередь ориентирована на повышение профессиональной квалификации работников. Недостатком является сложность: создание курса невозможно произвести самостоятельно –этим занимается специальная команда разработчиков и, как следствие, это довольно дорого стоит.

Knewton – первая в мире компьютерная система адаптивного обучения, появившаяся в 2008 году. Основана на тех же двух принципах: сложная оценка характеристик студента и динамическое построение индивидуальной образовательной траектории. В 2011 году компания провела эксперимент совместно с Аризонским государственным университетом по внедрению адаптивных технологий в процесс образования. По итогам эксперимента, результаты студентов улучшились на 18%, а процент отчислений упал на 47%, что говорит об эффективности системы.

В 2018 году была выпущена открытая для доступа платформа *Knewton Alta*, позволяющая персонализировать обучение. Но ее главным недостатком является невозможность самостоятельно создавать материал для своего курса. Вместо этого система позволяет выбирать нужный материал из большой существующей базы, и создавать для него собственные задания, обеспечивающие адаптивность обучения.

Таким образом, каждая из рассмотренных систем обладает своими недостатками, связанными со сложностями, высокой ценой или невозможностью создания собственного адаптивного курса. Существуют и другие сервисы с аналогичными проблемами (например, *Mindjomo*, *Dreambox* и другие). Кроме того, ни одно из найденных решений не использует преимуществ использования MindMapping'а для обучения, что наводит на мысль о реализации такой системы.

Приложение на iOS позволит сделать создание адаптивных курсов более доступным и возможным для реализации собственными руками.

6. Реализация

Для реализации приложения выбран язык Swift, так как целевой платформой является iOS.

6.1. Основная идея

Предлагается следующий подход к созданию адаптивного курса на основе системы Comapping (рисунок 5):

Преподавателем создаются две различные карты MindMap, в одной из которых он описывает структуру самого курса, со всеми учебными материалами и разбитую на модули, а в другой – структуру дерева компетенций, используемых в курсе.

После этого, к каждому учебному модулю привязываются входные и выходные компетенции из второго дерева.

Кроме того, создается база тестов, где, помимо прочего, для каждого теста определено, на какие компетенции он рассчитан.

Студент может иметь доступ как к дереву курса, так и к дереву компетенций, для того чтобы наглядно понимать свой уровень и видеть, над чем необходимо работать (возле каждой компетенции отображается уровень ее освоения).

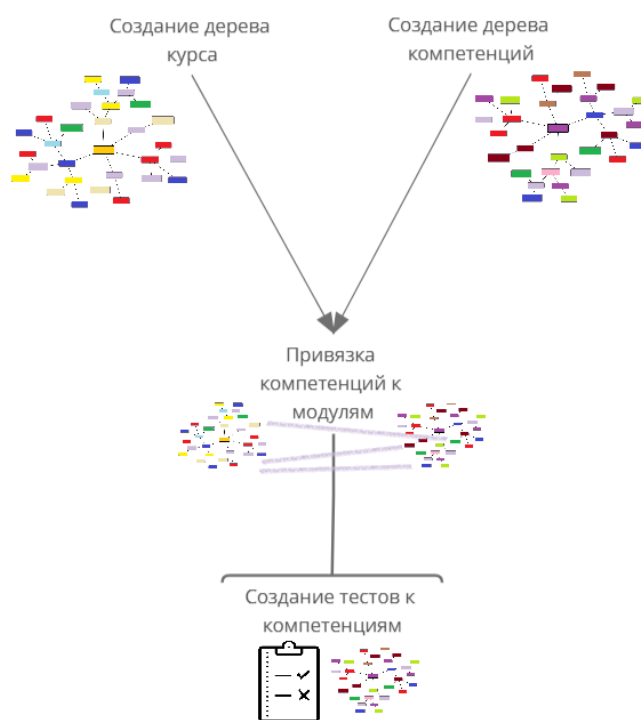


Рисунок 5 – создание курса

6.2. Comapping API

Чтобы иметь возможность вести работу с сервером Comapping внутри приложения, необходимо воспользоваться его API.

Comapping хранит карты пользователей в формате XML с интуитивно-понятной структурой, удобно описывающей дерево MindMap и его характеристики (рисунок 6). Корневой элемент состоит из трех частей: мета-информации о самой карте (<metadata>), ее текущего визуального представления (<presentation>) и информации о содержимом. Узлы дерева хранятся внутри тега <node>, а их узлы-потомки представляются аналогичными вложенными тегами. Каждый узел сопровождается дополнительной информацией, такой как уникальный id, прикрепленный файл, иконка и прочее.

```
<node id="1058529" priority="1">
  <note><![CDATA[This is a note]]></note>
  <text><![CDATA[Use this comap to learn the basics]]></text>
  <node arrow="blue" flag="caution" id="1058530" smiley="happy"
star="yellow" taskCompletion="50">
    <icon name="clock"/>
    <task deadline="tomorrow" estimate="1 day" responsible="You"
start="today"/>
    <text><![CDATA[Don't worry - you can't break anything no
matter how hard you try!]]></text>
  </node>
</node>
```

Рисунок 6 – XML-представление карты

Для работы с XML документами в приложении используется библиотека *SWXMLHash* [7].

6.3. Модель курса

Курс представляет собой две карты: карту образовательных модулей (рисунок 7) и карту компетенций (обе карты создаются в системе Comapping и затем связываются друг с другом в рамках приложения). Для каждого модуля хранятся множества входных и выходных компетенций, а также такая характеристика как ориентировочное время на изучение. Кроме того, в модель курса входит база тестов, то есть вопросов с вариантами ответов, ориентированных на осваиваемые компетенции.

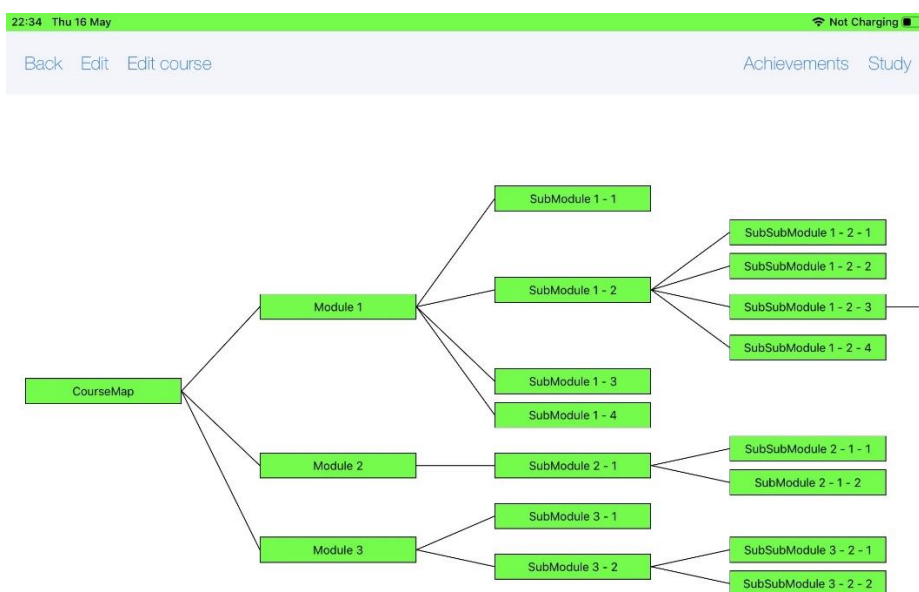


Рисунок 7 – Карта курса

6.4. Модель студента

В модели студента хранятся текущие уровни знания осваиваемых компетенций, корректируемые по мере прохождения курса. С течением времени, уровень компетенций падает в соответствии с кривой забывания Г. Эббингауза, а по достижению некоторого порога компетенция получает статус неосвоенной.

Также уровень компетенций обновляется по результатам завершения модулей и прохождения тестов.

6.5. Тестирование

Корректировка значений при прохождении тестов происходит согласно пересчету рейтинга ELO, взятого из шахмат (рисунок 8).

$$\mathbb{E}_A = \frac{1}{1 + 10^{\frac{R_B - R_A}{400}}}, \quad R'_A = R_A + K \cdot (S_A - \mathbb{E}_A)$$

Рисунок 8 – Вычисление ELO-рейтинга

6.6. Учебная модель

Для построения индивидуальной траектории обучения используется следующий алгоритм [7].

На основе разметки курса составляется двудольный граф (рисунок 9), состоящий из вершин двух типов (образовательных модулей и компетенций). Для каждой из списка целевых (неосвоенных) компетенций строится ведущая к ней последовательность модулей в этом графе: начиная с последовательности целевых компетенций, алгоритм уходит в глубь графа, на всяком шаге заменяя каждую компетенцию на один из соответствующих ей модулей, для которых она является выходной, а каждый модуль, соответственно, – на последовательность всех входных для него компетенций. Это продолжается до тех пор, пока в последовательности не останется компетенций, не освоенных студентом в данный момент.

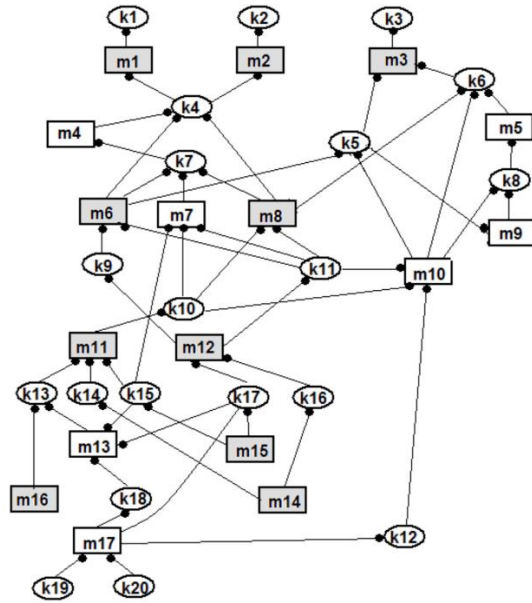


Рисунок 9 – Граф компетенций и модулей

Таким образом, алгоритм представляет собой преобразование некоторого логического выражения с несколько модифицированными правилами вывода (пример на рисунке 10, целевые компетенции: k1, k2, k3)

$$M = k1*k2*k3$$

$$M = (m1*k4)*(m2*k4)*(m3*k5*k6) = m1*k4*m2*m3*k5*k6$$

$$M = m1*(m4*k7 + m6*k9*k11 + m8*k10*k11)*m2*m3*(m6*k9*k11 + m10*k10*k11*k12)*(m8*k10*k11 + m10*k10*k11*k12 + m5*k8) = \dots$$

=

$$m1*m2*m3*m4*m7*m10*m11*m12*m14*m15*m16*m17*k19*k20 +$$

$$m1*m2*m3*m6*m8*m11*m12*m14*m15*m16 +$$

$$m1*m2*m3*m6*m10*m11*m12*m14*m15*m16*m17*k19*k20 +$$

$$m1*m2*m3*m8*m10*m11*m12*m14*m15*m16*m17*k19*k20$$

Рисунок 10 – Пример построения траекторий

7. Апробация

Тестирование работы адаптивного модуля было проведено на качественном уровне. Были созданы несколько простых моделей псевдо-курсов с различными конфигурациями компетенций и предприняты попытки симуляции их прохождения.

Примером такого курса является курс топологии, представленный на рисунке 11.

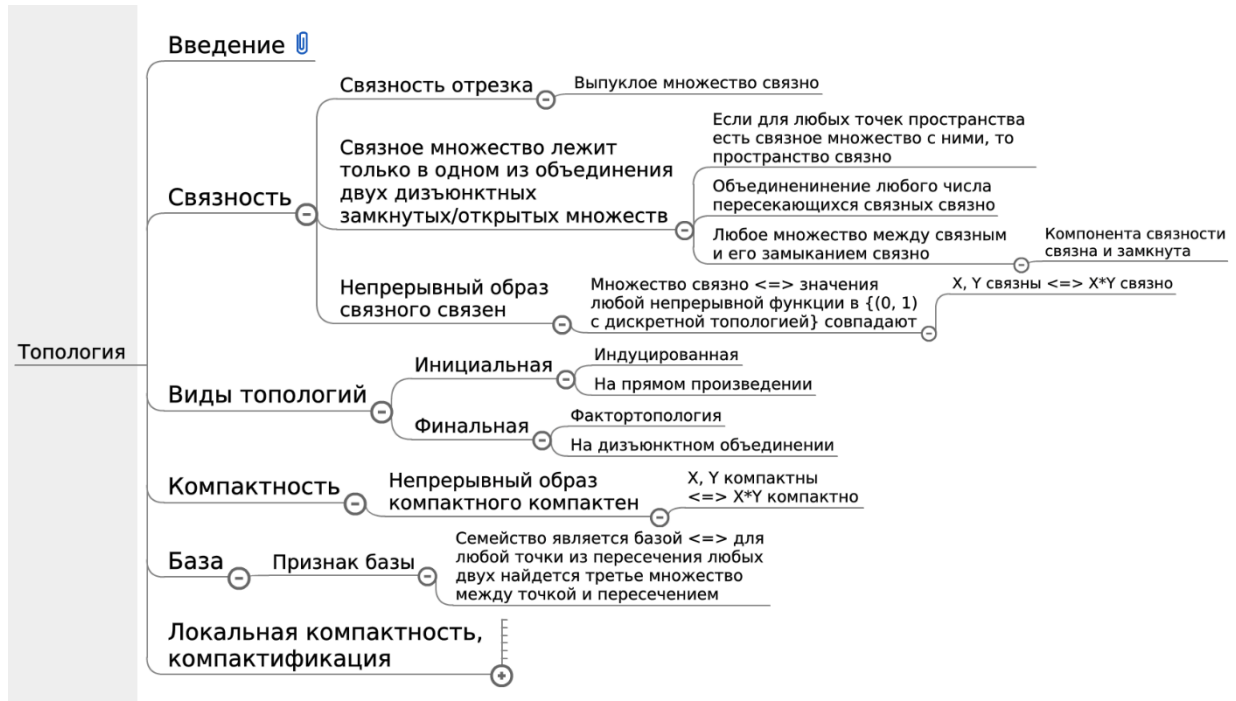


Рисунок 11 – Курс топологии

Для этого курса была составлена карта компетенций (рисунок 12), после чего проведены необходимые действия по привязке компетенций к модулям и подготовке курса.

В результате, система демонстрировала образовательные модули в логическом порядке и не показала противоречивых результатов.

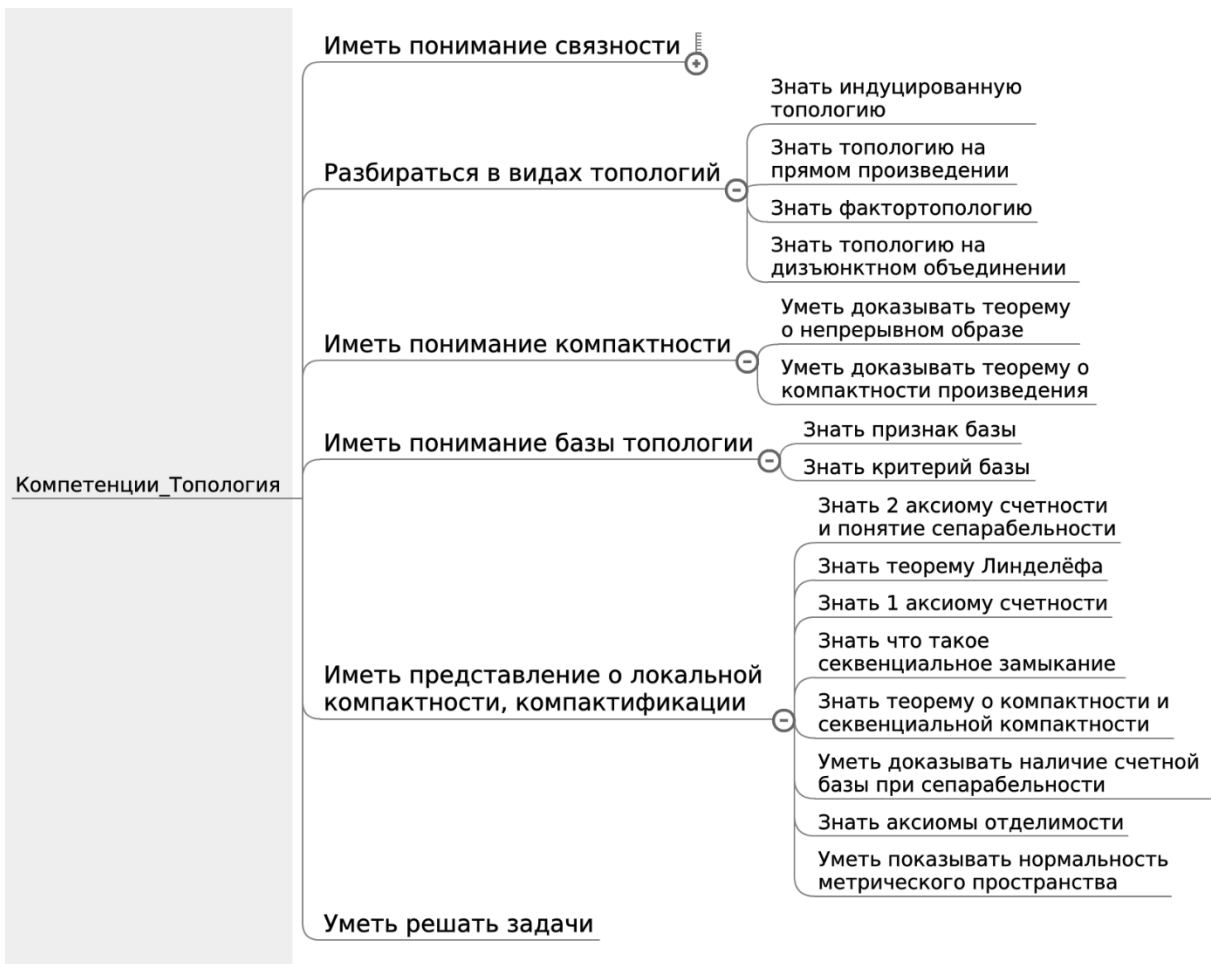


Рисунок 12 – Компетенции для курса топологии

8. Результаты

- Изучены основные методы адаптивного обучения, алгоритмы адаптивного тестирования и оценки
- Исследованы существующие решения, реализующие принцип адаптивного обучения
- Разработан подход к реализации создания адаптивного курса на основе системы Comapping
- Разработано и реализовано приложение для платформы iOS для работы с сервисом Comapping, с использованием его API
- Разработан и реализован модуль адаптивного обучения в приложении, позволяющий создавать адаптивные курсы и проходить по ним обучение
- Проведено тестирование

9. СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Adaptive Learning Systems: A Tool to Personalize Learning — URL: http://www.tatainteractive.com/pdf/White-Paper_Adaptive_Learning_Systems.pdf
- [2] И.А. Кречетов, В.В. Кручинин. Об одном алгоритме адаптивного обучения на основе кривой забывания
- [3] Schukarew A. Uber die energetischen Grundlagen des Gesetzes von Weber Fechner und der Dynamik des Gedachtnisses
- [4] Robertson T. B. Sur la dymanique chimique du systeme nerveux central
- [5] Thurstone L. L. The learning curve equation
- [6] S. Klinkenberg, M. Straatemeier, H.L.J. van der Maas. Computer adaptive practice of Maths ability using a new item response model for on the fly ability and difficulty estimation
- [7] URL: <https://github.com/drmohundro/SWXMLHash> (дата обращения: 16.05.2019)
- [8] Норенков И.П., Соколов Н.К. Синтез индивидуальных маршрутов обучения в онтологических обучающих системах